

**Kognitive Verarbeitung von  
Dimensionsadjektiven  
- ein konstruktivistisch-konnektionistisches Modell  
zur Produktion von Äußerungen mit dem  
Dimensionsadjektiv "groß"**

**D i s s e r t a t i o n**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Philosophie  
an der Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft  
der Universität Bielefeld

eingereicht von

**Kerstin Alber**

Gutachter:

Prof. Dr. Gert Rickheit

Priv. Doz. Dr. Dr. Horst Müller

Bielefeld, den 23. Juni 2000

## DANKSAGUNG

Mein ganz besonderer Dank gilt dem Betreuer meiner Dissertation, Herrn Prof. Dr. Gert Rickheit, der es mir ermöglicht hat, diese Dissertation an der Universität Bielefeld durchzuführen und mir über den langen Zeitraum der Entstehung Mut gemacht hat, meinen eigenen Ansatz zu realisieren. Ich möchte mich bedanken, daß er mir die Chance gegeben hat, einen Teil dieser Dissertation im Rahmen des Graduiertenkollegs „Aufgabenorientierte Kommunikation“ an der Universität Bielefeld zu absolvieren. In diesem Zusammenhang bedanke ich mich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Förderung für den Zeitraum vom Frühjahr 1996 bis Herbst 1997. Außerdem danke ich Herrn Priv. Doz. Dr. Dr. Horst Müller für seine Aufgeschlossenheit, die Zweitkorrektur zu übernehmen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Günter Linhart, der mich in das von ihm entwickelte Simulationstool VieNet 2.0 für Neuronale Netze eingeführt hat und mir mit Geduld und Rat bei dem Simulationsteil dieser Arbeit zu Seite stand, insbesondere auch meine Besuche in Wien auf das Angenehmste gestaltete.

Ich danke meiner Familie und meinem Freundeskreis für ihr Verständnis und die vielseitige Unterstützung. Danken möchte ich auch den Kolleginnen und Kollegen der Württembergischen Landesbibliothek, die mir neben der Entstehung dieser Dissertation ein freundliches Arbeitsklima bereiteten.

Mein innigster Dank gilt meinem Freund Christian Kiefer, der immer an mich glaubte und mir in allen Phasen mit Geduld, hilfreichen Gesprächen und originellen Einfällen zur Seite stand.

Stuttgart, im Juni 2000

Kerstin Alber

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildungsverzeichnis	IX
Einführung	1
1 Sprachproduktion	3
1.1 Einleitung	3
1.2 Sprachproduktionsmodelle	3
1.2.1 Autonome und interaktive Konzeptionen	4
1.2.2 Prozesse und Produkte	5
1.2.3 Inkrementelle versus nicht-inkrementelle Produktion	6
1.2.4 Theoretische und computergestützte Modelle	7
1.3 Makrostufen des Sprachproduktionsprozesses	8
1.3.1 Konzeptualisierung	9
1.3.2 Formulierung und Artikulation	10
1.4 Erweiterungen von Sprachproduktionsmodellen	12
1.4.1 Erweiterung um Faktoren der Systemumgebung	12
1.4.2 Erweiterung des kognitiven Systems um interne Faktoren	17
1.4.3 Erweiterung um Verhaltenskomponenten des kognitiven Systems	19
1.4.4 Die Bedeutung der Erweiterungen für die Modellierung von Sprachproduktionsprozessen	20
1.5 Konzeptualisierung im Sprachproduktionsprozeß	20
1.5.1 Strukturierungsstufen	21
1.5.2 Repräsentationsformate	27
1.5.3 Übergänge	33

1.6	Die Bedeutung der Konzeptualisierung im Sprachproduktions- prozeß für das Dimensionsadjektiv „groß“	36
2	Ableitung der Modellprämissen und Hypothesen aus dem System- Umwelt-Komplex	40
2.1	Der System-Umwelt-Komplex	40
2.1.1	Das sprachverarbeitende Individuum	41
2.1.1.1	Operationale Geschlossenheit und Autonomie	41
2.1.1.2	Strukturen und Prozesse	44
2.1.2	Umweltinformationen	45
2.1.3	Soziales System	48
2.1.4	Positionen im System-Umwelt-Komplex	49
2.2	Die Darstellung der Umwelt in einem Ebenenmodell	51
2.3	Denkrichtungen zur Entstehung von Umweltwissen im Individuum	54
2.3.1	Repräsentation von Umweltinformationen	54
2.3.2	Konstruktion von Umweltwissen	59
2.4	Denkrichtungen zur Wissensnutzung	61
2.4.1	Regelgeleitete Informationsverarbeitung	61
2.4.2	Assoziative Wissensnutzung	62
2.5	Die Bedeutung der Wissensbildung und Wissensnutzung für die Linguistik	65
2.5.1	Semantische Aspekte	68
2.5.2	Syntaktische Aspekte	69
2.6	Die Neufundierung des Sprachproduktionsprozesses	73

3	Das Dimensionsadjektiv „groß“ in linguistischen Ansätzen	75
3.1	Konzeptuelle Befunde	76
3.2	Semantische Befunde	81
3.2.1	Teilaspekte der Semantik	81
3.2.2	Codierung	82
3.2.3	Sinn	87
3.2.4	Referenz	90
3.3	Syntaktische Befunde	93
3.3.1	Homomorphismus und Autonomie	93
3.3.2	Prädikative Verwendung	97
3.3.3	Attributive Verwendung	102
3.3.4	Überführbarkeit von attributiven und prädikativen Mustern	105
3.3.5	Unterschiede zwischen der attributiven und prädikativen Verwendung	109
3.3.6	Komparative Verwendung	115
3.4	Pragmatische Befunde	124
3.5	„Groß“-Äußerungen im Sprachproduktionsprozeß	130
3.5.1	„Groß“-Äußerungen als Propositionen	130
3.5.2	„Groß“-Äußerungen in der Konzeptualisierungsphase des Sprachproduktionsprozesses	131
3.5.3	„Groß“-Äußerungen auf der formulativen Ebene	133
3.6	Die Bedeutung produktorientierter linguistischer Analysen für die prozeßorientierte Modellierung des Sprachproduktionsprozesses des Dimensionsadjektivs „groß“	135

4	Die Modellkonzeption	140
4.1	V- und D-Modul als kognitive Verarbeitungsinstrumentarien	140
4.1.1	Strukturannahmen	140
4.1.2	Funktionale Annahmen	145
4.1.2.1	Schablonenansatz	145
4.1.2.2	Arbeitsteiliger Ansatz	148
4.1.3	Prozessurale Annahmen	155
4.1.4	Exkurs: Konnektionistische Modellierung eines kompetitiven Desambiguierungsnetzwerks für ein Sprecher/Hörer-System	160
4.2	Bestandteile der Modellkonzeption	165
4.2.1	Statuszuweisungen des V- und D-Moduls - eine Argumentation auf der Basis sprachpsychologisch fundierter Repräsentationssysteme	165
4.2.2	Begriffsbildung versus Konzeptbildung - eine Argumentation zur Wissensbildung aus sprachpsychologischer Sicht	167
4.2.2.1	Begriffsbildung - die statische Repräsentationsannahme	168
4.2.2.2	Konzeptbildung - die dynamische Repräsentationsannahme	171
4.2.2.3	Wissensstrukturtypbildung des Adjektivs „groß“	175
4.2.3	Prototyp - eine Argumentation für die gemittelte Repräsentation	181
4.2.3.1	Prototypen in der Gradiententheorie	181
4.2.3.2	Basisebene	187
4.3	Modellierungen dynamischer Prozesse mit dem V- und D-Modul	189
4.3.1	Wissensnutzung	189

4.3.2	Wissensaufbau	198
4.3.3	Paradoxon	206
4.4	Zusammenfassende Darstellung der Konzeption des V- und D-Moduls	208
4.4.1	Informationsbasis des V- und D-Moduls	208
4.4.2	Wissensstrukturtypen - das Ergebnis des Konzeptualisierungsprozesses	209
4.4.3	Arbeitsweise des V- und D-Moduls	211
4.5	Konsequenzen für die Abbildung des V- und D-Moduls in einer Simulation	212
5	Interdisziplinäre Befunde zur Stützung der Modellannahmen	214
5.1	Experimentelle Befunde	214
5.1.1	Prozesse der Konzeptualisierung	214
5.1.1.1	Verarbeitung von Größenrelationen	214
5.1.1.2	Interferierende Einflüsse bei der Codierung der relativen Größeninformation	220
5.1.1.3	Konzeptualisierungsabfolge der Größeninformation	225
5.1.1.4	Aktivierungsdynamik in Adjektiv-Nomen-Kompositionen	226
5.1.2	Prozesse der formulativen Ebene	230
5.1.2.1	Minimal-, Unter- und Überspezifikation	230
5.1.2.2	Bevorzugte G-O und G-F-O-Muster	234
5.1.2.3	Markiertheitseffekt	237
5.2	Ontogenetische Entwicklung	239
5.2.1	Die kindlichen Entwicklungsstufen bei Piaget	240
5.2.2	Ontogenetische Experimente	245

5.2.2.1	Erwerb des Begriffsinhalts von „groß“	245
5.2.2.2	Erwerb von Positiv-, Komparativ- und Superlativ- formen	247
5.2.3	Gesamtentwicklung der kognitiven Fähigkeiten zur Bildung des Dimensionsadjektivs „groß“	249
5.3	Stützung aus neurophysiologischer Sicht	260
5.3.1	Verarbeitungswege der visuellen Information	261
5.3.1.1	Corticale Verarbeitung	264
5.3.1.2	Forminformation	268
5.3.1.3	Größeninformation	271
5.3.2	Verarbeitung der Größeninformation	272
5.3.2.1	Größeninformation als unmittelbare Abbildung	273
5.3.2.2	Größeninformation als Konstruktionsprozeß	275
5.3.2.3	Größeninformation als Hypothesenbildung	277
5.3.3	Entwicklung der Fähigkeit zur Größenkonstanz	280
5.3.4	Kategoriale Wahrnehmung	284
5.3.5	Kapazität des Arbeitsgedächtnisses	289
5.4	Bedeutung der Integration interdisziplinärer Forschung	295
6	Simulation kognitiver Prozesse für das Dimensionsadjektiv „groß“ im Sprachproduktionsprozeß	298
6.1	Der Einsatz neuronaler Netze für Sprachproduktionsmodelle	298
6.1.1	Simulation und Experiment	298
6.1.2	Denkrichtungen und der Einsatz neuronaler Netze	299
6.1.2.1	Kognitivistische Modellierung und semantische Netze	301
6.1.2.2	Konnektionistische Modellierung und Spreading- Activation-Netze	302

6.1.2.3	Konstruktivistische Modellierung und Neuronale Netze	315
6.1.3	Neuronale Netze für die Simulation der kognitiven Verarbeitung des Dimensionsadjektivs „groß“	322
6.2	Simulation der perzeptuellen Wahrnehmung von Größe	333
6.2.1	Theoretische Implikationen für die Simulation	333
6.2.2	Die Modellierung von Churchland und Sejnowski	336
6.2.3	Simulation der Konstruktion der Größeninformation	339
6.3	Simulation der Konzeptualisierung von „groß“ im Langzeitgedächtnis: D-Modul	343
6.3.1	Objektkategorisierung	344
6.3.1.1	Einfluß der Exemplarerfahrung	346
6.3.1.2	Einfluß der Kategorieerfahrung	359
6.3.1.3	Einfluß der Distinktivität	366
6.3.1.4	Einfluß der Distinktivität und der Kategorieerfahrung	371
6.3.1.5	Bedeutung der Objektkategorisierung für die Herausbildung von Bezugssystemen	384
6.3.2	Ausbildung von Bezugssystemen	389
6.3.2.1	Einfluß der Größenwertstreuung auf den Differenzierungsprozeß	393
6.3.2.2	Einfluß der Größenprägnanz auf den Differenzierungsprozeß	402
6.4	Simulation der Konzeptualisierung von „groß“ im Sprachproduktionsprozeß: V-Modul	413
6.4.1	Verlaufssimulation mit ex/ex-Statuszuweisungen	414
6.4.2	Verlaufssimulation mit end <sub>2</sub> /end <sub>2</sub> -Statuszuweisungen	418
6.4.3	Verlaufssimulation mit ex/end <sub>2</sub> -Statuszuweisungen	424
6.4.3.1	Nicht-paradoxe Fall	425

6.4.3.2	Paradoxer Fall	431
6.5	Bedeutung der Simulationsergebnisse für den Sprachproduktionsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“	435
7	Schlußbemerkungen	441
	Anmerkungen	448
	Literaturverzeichnis	469

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

	Seite
Abbildung 1.1: Makrostufen der Sprachproduktion	9
Abbildung 1.2: Übersicht der Sprachproduktionskonzeptionen	12
Abbildung 1.3: Übersicht über situative Erweiterungen der Systemumgebung	14
Abbildung 1.4: Wechselwirkungen zwischen Subjekt und Umwelt	17
Abbildung 1.5: "black-box" der Konzeptualisierung	21
Abbildung 1.6: Theoretische Ansätze zwischen Perzeption und Formulierung	36
Abbildung 3.1: Bewertungsadjektive und Dimensionsadjektive	78
Abbildung 3.2: Absolute und relative Komparation	80
Abbildung 3.3: Relative Komparationsformen	83
Abbildung 3.4: Absolute Komparationsformen	84
Abbildung 3.5: Sonderstellung des DA „groß“ nach Lang	86
Abbildung 3.6: Antonyme und komplementäre Gegensatzrelationen	89
Abbildung 3.7: Verb- und Nomeneigenschaften von Adjektiven	94
Abbildung 3.8: Syntaktische Valenzen relativ und absolut komparierter Adjektive	96
Abbildung 4.1: Erweiterung der Skala der absoluten Komparation	141
Abbildung 4.2: Erweiterung der Skala der relativen Komparation	144
Abbildung 4.3: Schablonenansatz	147
Abbildung 4.4: Arbeitsteiliger Ansatz	154
Abbildung 4.5: Statuszuweisungen	158
Abbildung 4.6: Kombinationen von Statuszuweisungen	159
Abbildung 4.7: Eingabeschicht des Desambiguierungsnetzwerks	161
Abbildung 4.8: Zwischenschicht des Desambiguierungsnetzwerks mit lateraler Inhibitierung	163
Abbildung 4.9: Aktivationswege im Repräsentationssystem	167
Abbildung 4.10: Begriffsbildung und Konzeptbildung	174
Abbildung 4.11: Aufbau und Nutzung von Wissen	176
Abbildung 4.12: Ansätze zur Wissensrepräsentation und -nutzung	178

Abbildung 4.13: Wissensstrukturtyp	180
Abbildung 4.14: Prototyp-, Frequenz- und Exemplarmodelle	184
Abbildung 4.15: Übersicht über die Modellsimulationen	213
Abbildung 5.1: Experimentalbedingungen bei Schiefers	221
Abbildung 5.2: Äquilibrationsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“	250
Abbildung 5.3: Überblick über die Entwicklungselemente für die Größenkonstanz	282
Abbildung 6.1: Denkrichtungen und simulative Methodik	300
Abbildung 6.2: Gesamtüberblick über die durchgeführten Simulationen	332
Abbildung 6.3: Netzwerke zur Berechnung der Disparität, absoluten Entfernung und Größe	337
Abbildung 6.4: Gesamtvektoren - Netzhautbildgröße und Entfernung	338
Abbildung 6.5: Codierung der absoluten Größe aus Netzhaut- bild- und Entfernungsinformation	340
Abbildung 6.6: Input-Output-Zuordnungen für das Größenlernen	341
Abbildung 6.7: Ergebnisse der Simulation zur Größenkonstruktion	342
Abbildung 6.8: Operationalisierung der unabhängigen Variablen Exemplarerfahrung	347
Abbildung 6.9: Simulation mit Zentrumsvektoren	349
Abbildung 6.10: Trainingswerte der M1-Hypothese-Simulation	350
Abbildung 6.11: Testwerte der M1-Hypothese-Simulation	351
Abbildung 6.12: Relationswerte der M1-Hypothese-Simulation	351
Abbildung 6.13: Vergleich der Relationswerte von Standard- und M1- Hypothese-Simulation	353
Abbildung 6.14: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M1- Hypothese-Simulation	354
Abbildung 6.15: Vergleich der Testleistung der Standard- und M1- Hypothese-Simulation	355
Abbildung 6.16: Operationalisierung der unabhängigen Variablen Kategorieerfahrung	359
Abbildung 6.17: Trainingswerte der M2-Hypothese-Simulation	360
Abbildung 6.18: Testwerte der M2-Hypothese-Simulation	361

Abbildung 6.19: Relationswerte der M2-Hypothese-Simulation	362
Abbildung 6.20: Vergleich der Relationswerte von Standard- und M2-Hypothese-Simulation	363
Abbildung 6.21: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M2-Hypothese-Simulation	363
Abbildung 6.22: Vergleich der Testleistung der Standard- und M2-Hypothese-Simulation	364
Abbildung 6.23: Operationalisierung der Distinktivität	367
Abbildung 6.24: Trainingswerte der M3-Hypothese-Simulation	368
Abbildung 6.25: Testwerte der M3-Hypothese-Simulation	368
Abbildung 6.26: Relationswerte der M3-Hypothese-Simulation	369
Abbildung 6.27: Operationalisierung der Distinktivität und Kategorieerfahrung	372
Abbildung 6.28: Trainingswerte der M4-Hypothese-Simulation	373
Abbildung 6.29: Testwerte der M4-Hypothese-Simulation	374
Abbildung 6.30: Relationswerte der M4-Hypothese-Simulation	375
Abbildung 6.31: Vergleich der Relationswerte der Standard- und M4-Hypothese-Simulation	376
Abbildung 6.32: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M4-Hypothese-Simulation bei 10.000 Lernzyklen	377
Abbildung 6.33: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M4-Hypothese-Simulation bei 500 Lernzyklen	378
Abbildung 6.34: Vergleich der Testwerte der Standard- und M4-Hypothese-Simulation bei 10.000 Lernzyklen	379
Abbildung 6.35: Vergleich der Testwerte der Standard- und M4-Hypothese-Simulation bei 500 Lernzyklen	380
Abbildung 6.36: Differenzierungswerte Versuch 1 der M6-Hypothese: Geringe Größenwertstreuung	394
Abbildung 6.37: Differenzierungswerte Versuch 2 der M6-Hypothese: Mittlere Größenwertstreuung	396
Abbildung 6.38: Gewinnerunits des Versuchs 2 nach 10.000 Lernzyklen	397

Abbildung 6.39: Vergleich der Differenzierungswerte von Versuch 2 und 5 nach 10.000 Lernzyklen	397
Abbildung 6.40: Differenzierungswerte von Versuch 3	398
Abbildung 6.41: Differenzierungswerte Versuch 3 der M6-Hypothese: Große Größenwertstreuung	398
Abbildung 6.42: Matrix der Gewinnerunits des Versuchs 3	399
Abbildung 6.43: Differenzierungswerte der Versuche 6, 7 und 8 nach 10.000 Lernzyklen	405
Abbildung 6.44: Matrix der Prototypen 1, 2 und 7 nach 5.000 Lernzyklen	406
Abbildung 6.45: Matrix der Prototypen 1, 2 und 7 nach 8.000 Lernzyklen	408
Abbildung 6.46: Matrix der Prototypen 1, 2 und 7 nach 10.000 Lernzyklen	409
Abbildung 6.47: Dynamik der Differenzierung in Versuch 7	410
Abbildung 6.48: Dynamik der Differenzierung in Versuch 8	410
Abbildung 6.49: Inputvektoren der Verlaufssimulation 1	414
Abbildung 6.50: Inputvektoren für die Verlaufssimulation 2	415
Abbildung 6.51: Entfernungskennzeichnung der Gewinnerunits für die Verlaufssimulation	415
Abbildung 6.52: Ergebnisse der Verlaufssimulationen 1 und 2	416
Abbildung 6.53: Inputvektoren der Verlaufssimulation 3	419
Abbildung 6.54: Inputvektoren der Verlaufssimulation 4	419
Abbildung 6.55: Inputvektoren nach 100 Lernzyklen	423
Abbildung 6.56: Inputvektoren für die Verlaufssimulation 5/nicht-para- doxer Fall	425
Abbildung 6.57: Die Relationen „größer als“ und „kleiner als“ im V-Modul	426
Abbildung 6.58: Positionierung der Gewinnerunits auf der V-Map	428
Abbildung 6.59: Ermittlung des Gesamtrangs für den Beispielfall	428
Abbildung 6.60: Exemplarischer Screen-Shut von V5/nicht-paradoxer Fall	430
Abbildung 6.61: Inputvektoren für die Verlaufssimualtion 6 /paradoxer Fall	431
Abbildung 6.62: Auflösung der paradoxen Situation	433

## EINFÜHRUNG

An einem sonnigen wolkenfreien Septembernachmittag befand ich mich auf dem Nachhauseweg von der Bibliothek. Nachdem ich in den zur Abfahrt bereitstehenden Bus eingestiegen war, bekam ich den folgenden Dialog zwischen einem Vater und seiner wahrscheinlich sechsjährigen Tochter zufällig mit.

Kind (deutet mit dem Finger an die Fensterscheibe des Busses und zeigt auf ein Sportflugzeug am Himmel): „Schau mal Papa, da oben ist ein ganz kleines Flugzeug!“ (Vater reagiert nicht).

Kind (denkt nach): „Aber wenn’s runter kommt, dann ist es ganz arg groß.“ (Kind sucht Bestätigung von Vater).

Vater: „Wenn’s runter kommt, dann wird es größer, aber es ist immer noch ein kleines Flugzeug.“

(Kind schweigt und denkt nach).

Zu diesem Zeitpunkt hatte ich mich bereits seit längerem mit einem gedanklichen Modell beschäftigt, das beschreibt, wie das Dimensionsadjektiv „groß“ und seine Abstufungsformen kognitiv verarbeitet und im Sprachproduktionsprozeß konzeptualisiert werden. Als ich diesen Dialog hörte, fühlte ich mich auf wundersamste Weise in die Überlegungen zu meiner Arbeit versetzt und mir war augenblicklich klar, daß es keine geeignetere Einführung in die Problemstellung dieser Arbeit geben würde.

Am Schluß hinterläßt der Dialog den Eindruck, daß das Kind allein bleibt mit der Frage, was das Flugzeug nun ist - groß, größer oder klein? Woher kommt dieser Eindruck?

Ausgangspunkt ist die verbalisierte Beobachtung des Kindes, daß da oben ein Flugzeug ist, dem es die Eigenschaft „klein“ zuordnet. Wenn das Kind nach einer kurzen Pause feststellt, daß das Flugzeug, wenn es näher kommt, groß ist, dann bringt es damit auf beeindruckende Weise sein Wissen über den Zusammenhang von der Größe eines Objekts und dessen Entfernung zum Ausdruck. Hierin zeigt sich, daß das Kind die Zuordnung von Größe auf den Wahrnehmungseindruck gründet und sich

dabei der Schwierigkeit bewußt ist, wonach die Eigenschaft Größe einem Objekt nicht fest zuordenbar ist, sondern mit dem Kontext bzw. der Situation variiert.

Der Vater bestätigt einerseits die sich auf das Wahrnehmungsergebnis gründende Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“, wenn er die Linearität des Zusammenhangs von Größe und Entfernung mit dem Größerwerden eines Objektes zum Ausdruck bringt. Gleichzeitig korrigiert er die Sprachverwendung des Kindes insofern, als daß er das Kind darauf aufmerksam macht, daß es sich hier um ein kleines Flugzeug handelt. Damit stellt der Vater die auf der Wahrnehmung basierende Verwendung von „groß“ eine weitere Form der Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“ gegenüber, die aus seinen Erfahrungen bzw. aus dem längerfristigen Größenwissen über eine Klasse von Flugzeugen herrührt. Demnach bezeichnet er das Flugzeug als „klein“, weil es ein Sportflugzeug ist.

Obwohl beide Sprecher im selben Dialog dieselbe Formulierung „ein kleines Flugzeug“ verwenden, beziehen sie sich offensichtlich auf unterschiedliche innere Zustände und Prozesse, die stark von ihren individuellen Entwicklungsständen geprägt sind. Der Analyse der Produktion von sprachlichen Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ und seinen Abstufungsformen auf dem Hintergrund dieser Erkenntnis gilt das Hauptinteresse dieser Arbeit.

# 1 Sprachproduktion

## 1.1 Einleitung

In der Dissertation *Kognitive Verarbeitung von Dimensionsadjektiven - ein konnektionistisches Modell zur Produktion von Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“* geht es um die Charakterisierung des Sprachproduktionsprozesses, welcher Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ und des Antonyms „klein“ sowie den jeweiligen Komparationsabstufungen hervorbringt. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Modellierung derjenigen konzeptuellen Strukturen, die in der Folge von einem Sprecher mit den syntaktisch/semantischen Mustern der absoluten bzw. relativen Komparation assoziiert werden können. Der letzte Abschnitt des ersten Kapitels gibt einen Gesamtüberblick über die Arbeit. Mit den Zusammenfassungen, die im Anschluß an die einzelnen Kapitel erfolgen, ist es möglich, sich einen schnellen Überblick über die Hauptaussagen zu verschaffen.

Für eine allgemeine Beschreibung des Sprachproduktionsprozesses sind nachfolgende Begriffsklärungen notwendig sowie Erläuterungen zu Sprachproduktionsmodellen und zum konzeptionellen Vorgehen dieser Arbeit.

## 1.2 Sprachproduktionsmodelle

Bei den Modellkonzeptionen zur Sprachproduktion besteht Einigkeit darüber, daß sich der Sprachproduktionsprozeß aus unterschiedlichen Prozeßkomponenten zusammensetzt (Rickheit & Strohner, 1993).

In diesem Zusammenhang wird teilweise von Modularität gesprochen (Schwarz, 1992b, 1994). Der Begriff der Modularität bezieht sich ursprünglich darauf, daß mentale Funktionen in Modulen organisiert sind, in denen lokal begrenzte Verarbeitungsprozesse ablaufen. Diese Sichtweise wird durch die Hirn- und Aphasieforschung gestützt (Black, 1993). Fodor (1983) erweitert den Modul-Begriff, indem er ihn für domänenspezifische Inputsysteme kognitiver Verarbeitungssysteme

verwendet, die sich durch informationelle Abgeschlossenheit und voneinander unabhängige Verarbeitungsprozesse kennzeichnen lassen. Entsprechend läßt sich für den Modularitätsbegriff die Unterscheidung von struktureller und prozeduraler Modularität treffen (Schwarz, 1992a). Rickheit und Strohner (1993) plädieren für den Verzicht auf den Begriff Modularität zugunsten der Unterscheidung von Autonomie und Interaktivität für die Beschreibung von Sprachproduktionsmodellen.

In den folgenden Abschnitten werden einige Unterschiede in den Modellkonzeptionen vorgestellt, die Schwerpunkte in der wissenschaftlichen Diskussion bilden und die für diese Arbeit wesentlich sind.

### **1.2.1 Autonome und interaktive Konzeptionen**

Autonome Konzeptionen unterscheiden sich von interaktiven Konzeptionen dadurch, daß bei ersteren die internen Verarbeitungsprozesse auf jeder Stufe unabhängig von den früheren bzw. späteren Stufen betrachtet werden, während bei letzteren wechselseitige Einflüsse der vor- und nachgelagerten Stufen für den jeweiligen Verarbeitungsprozeß mitberücksichtigt werden (Rickheit & Strohner, 1993; Pechmann, 1994).

Aufgrund dieses unterschiedlichen Grundverständnisses konzentrieren sich die einzelnen Modelle auf verschiedene Aspekte der Sprachproduktion. Während sich für ein autonomes Modell eine umfassende Beschreibung aller Verarbeitungsmodule anbietet, beschränken sich interaktive Modelle wegen der komplexen Interdependenzen zwischen den Modellkomponenten häufig auf Teilausschnitte der Sprachproduktion.

Als wichtigster Vertreter der autonomen Konzeption kann Levelt (1989) angesehen werden, der in seiner Veröffentlichung „Speaking“ eine umfassende Charakterisierung des Sprachproduktionsprozesses liefert, indem er den Verlauf von der frühesten Stufe der Konzeptualisierung bis hin zur Artikulation vollständig beschreibt. Ebenfalls in der Tradition der seriellen Modelle stehen Fromkin (z.B. Fromkin, 1988) und Garrett (z.B. Garrett, 1988), die allerdings nur einen Teilprozeß der Sprachproduktion, nämlich vorrangig den der Formulierung, berücksichtigen.

Autonome Konzeptionen haben den Vorteil, daß aufgrund des linearen Sprachproduktionsverlaufes klare Hypothesenbildungen für die experimentelle Forschung möglich sind (Rickheit & Strohner, 1993; Pechmann, 1994).

Die interaktiven Konzeptionen beschränken sich stärker auf einzelne Prozeßkomponenten und deren wechselseitige Beeinflussungen, da bedingt durch die zusätzlich berücksichtigten Rückkopplungsprozesse die Komplexität der Abläufe zunimmt. Eine umfassende interaktive Konzeption stellen Herrmann und Grabowski (1994) mit ihrer Veröffentlichung „Sprechen“ vor. Die Konzeption von Bock (1982, 1987) konzentriert sich auf die Wechselwirkungen innerhalb der Prozeßstufe der Formulierung, während bei den Modellen von Dell (z.B. 1986) und Schade (1992) die Interdependenzen zwischen den Prozeßstufen der Formulierung und der Artikulation zentral stehen.

Das in dieser Arbeit in Kapitel 4 vorgestellte Modell kann als interaktive Konzeption bezeichnet werden, weil es die Wechselwirkungen auf der Prozeßebene der Konzeptualisierung beschreibt.

### **1.2.2 Prozesse und Produkte**

Die Untersuchung von Sprachproduktionsprozessen kann auf verschiedenen Ebenen erfolgen. Diese Unterscheidung ist auf dem Hintergrund eines kognitiven Systems zu verstehen, das aus seiner Umwelt Informationen aus verschiedenen Informationsquellen bezieht. Es lassen sich die Ebene der semantischen, syntaktischen und pragmatischen Produktion unterscheiden.

Die semantische Produktion umfaßt die Codierung, darunter ist die Transformation von Information zu verstehen, sowie die Sinnproduktion, welche die Beziehungen zu anderen Konzepten herstellt und die Referenz, bei welcher die Konzepte mit der externen Informationsquelle verbunden werden. Die syntaktische Produktion bringt die semantischen und pragmatischen Informationen in eine syntaktische Struktur. Die pragmatische Produktion bezieht sich auf die kommunikative Umwelt des kognitiven Systems, die aus der Kommunikationssituation und den Kommunikationspartnern besteht (Rickheit & Strohner, 1993).

Eine andere Sichtweise geht davon aus, die Sprachproduktionsprozesse anhand der von ihnen hervorgebrachten Resultate zu beschreiben, d.h. nach den Produkten, den linguistischen Einheiten, die am Ende des Prozesses stehen, also den Phonemen, Silben, Morphemen, Wörtern, Sätzen sowie größeren textuellen Einheiten und Diskursen. Dabei ist es m.E. wichtig zu sehen, daß für die Produktion aller dieser Einheiten die oben charakterisierten semantischen, syntaktischen und pragmatischen Ebenen zur Beschreibung der Produktionsabläufe dienen können.

Im Verlauf dieser Arbeit wird in Kapitel 3 das Adjektiv „groß“ als Produkt untersucht. Unter Produkten verstehe ich in der Folge die syntaktisch/semantischen Muster, welche das Dimensionsadjektiv „groß“ enthalten. Der Prozeßaspekt wird in Kapitel 4 behandelt.

### **1.2.3 Inkrementelle versus nicht-inkrementelle Produktion**

Ein weiterer Unterscheidungspunkt über den Prozeßverlauf liegt in der Beantwortung der Frage, ob beim Sprachproduktionsprozeß zunächst alle Stufen durchlaufen werden oder ob die Verarbeitung auf den einzelnen Stufen parallel erfolgen kann. Entsprechend lassen sich nicht-inkrementelle Konzeptionen von inkrementellen unterscheiden (Pechmann, 1994).

Bei der inkrementellen Konzeption wird zunächst ein Teil der Äußerung konzeptualisiert und geht dann als Input in die Stufe der Formulierung ein. Gleichzeitig kann ein weiterer Teil der Äußerung auf der Stufe der Konzeptualisierung bearbeitet werden (Kempen & Hoenkamp, 1987). In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach der Größe der kognitiven Einheit, die innerhalb einer Prozeßstufe parallel verarbeitet werden kann.

Pechmann (1994) geht der Frage nach, ob eine kognitive Einheit, wie die der komplexen Nominalphrase maximal inkrementell generiert wird. Die Ergebnisse der hierzu durchgeführten Experimente werden in Kapitel 5 zusammen mit anderen experimentellen Befunden vorgestellt.

### 1.2.4 Theoretische und computergestützte Modelle

Ein weiteres Unterscheidungskriterium zwischen den Modellen kann darin gesehen werden, ob diese eher einen theoretischen Schwerpunkt setzen im Sinne der klassischen Theoriebildung oder ob es sich um computergestützte Modelle handelt.

Dieses Kriterium ist auf dem Hintergrund eines experimentell-simulativen Kreislaufes zu sehen, der als experimentell-simulative Methode (Eikmeyer, 1988; Eikmeyer u.a., 1993; Strohner, 1995) oder „empirical cycle including computer modelling“ (Dijkstra & de Smedt, 1996) bezeichnet wird. Dabei handelt es sich um eine Erweiterung der klassischen Theoriebildung um einen simulativen Anteil, welcher die theoretischen Modellkomponenten zunächst formalisiert, die Operationen in Algorithmen beschreibt und diese schließlich auf einer Computerarchitektur implementiert. Marr (1982) nennt diese drei Ebenen „computational level“, „algorithmic level“ und „physical realization“. Für die Modelle zur Sprachproduktion bedeutet das, daß sie unterschiedliche Abschnitte des Kreislaufes berücksichtigen können. Entsprechend lassen sich rein theoretische Modelle, formalisierte Modelle und Computermodelle unterscheiden.

Der Vorteil einer solchen Erweiterung um die simulative Komponente wird vor allem darin gesehen, daß die durch die Simulation erzielten Ergebnisse mit den experimentellen Resultaten verglichen werden können, was zu neuer Hypothesenbildung, zu Modifikationen der Theorie und somit zur Durchführung weiterer Experimente führen kann. Desweiteren können simulative Manipulationen durchgeführt werden, die experimentell nicht möglich sind. Hierfür können zum einen ethische Gründe wie beispielsweise Eingriffe in Gehirnareale oder zum anderen Gründe der Praktikabilität wie Zeitfaktoren oder unzugängliche Bereiche ausschlaggebend sein. Mit Hilfe von Simulationen können die Hypothesen einer Theorie überprüft werden, der ein empirisches Fundament weitgehend fehlt (Rickheit & Strohner, 1993).

Im Zusammenhang mit Lernvorgängen können Computersimulationen dazu dienen, ein besseres Verständnis der Lernmechanismen zu erlangen. Spada und Wichmann (1996) halten hierfür rein experimentelle Untersuchungen für nicht ausreichend und schlagen daher einen Weg von der Theorie über eine Formalisierung hin zu einem

Computerprogramm vor. Den Vorteil einer solchen „lauffähig“ gemachten Theorie sehen die Autoren darin, daß ein Experimentieren mit dem Lernmodell möglich wird, d.h. daß situative/systemexterne und individuelle/systeminterne Variationen vorgenommen werden und resultierende Auswirkungen auf den Lernprozeß systematisch erfaßt werden können. Auf diese Weise werden anhand des Modells selbst wieder Daten erzeugt.

Die Modellkonzeptionen zur Sprachproduktion unterscheiden sich somit methodologisch voneinander. Bei den einzelnen Konzeptionen lassen sich theoretische, experimentelle und simulative Anteile unterschiedlicher Gewichtung unterscheiden. Eher theoretisch geprägt sind die Arbeiten von Levelt (1989) und Herrmann und Grabowski (1994), während beispielsweise die Konzeptionen von Bock (1982, 1987) zusätzlich experimentelle, die von Dell (1986) und Schade (1992) mit konnektionistischen Netzwerkarchitekturen simulative Anteile enthalten.

Aufgrund der gewählten Art der Formalisierung können bei Computermodellen zur Sprachproduktion symbolische, subsymbolische oder hybride Modelle unterschieden werden. In Kapitel 2 erfolgt eine Auseinandersetzung mit dem symbolischen und subsymbolischen Paradigma. In Kapitel 6 wird das Erlernen und die Verarbeitung der konzeptuellen Strukturen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ im Sprachproduktionsprozeß mit Hilfe eines Computermodells simuliert, das dem subsymbolischen Paradigma folgt.

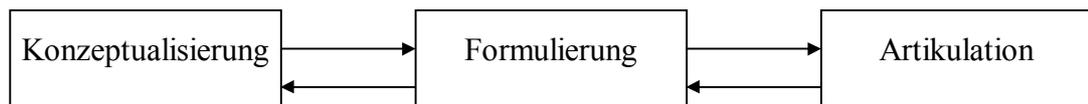
### **1.3 Makrostufen des Sprachproduktionsprozesses**

Sprachproduktionsmodelle unterscheiden für gewöhnlich in der einen oder anderen Form drei Hauptbereiche der Verarbeitung: einen pragmatisch/konzeptuellen, einen syntaktisch/semantisch formulativen und einen sensomotorisch artikulatorischen Bereich (Pechmann, 1994; Schwarz, 1992a).

Die Abbildung der einzelnen Verarbeitungsschritte auf diesen drei Makrostufen (Anm.1) fällt jedoch bei den einzelnen Konzeptionen unterschiedlich aus, bedingt durch die unterschiedlichen theoretischen Schwerpunkte. Im folgenden wird anhand der Modellkonzeptionen von Bock (1982), Herrmann und Grabowski (1994) und

Levelt (1989) verdeutlicht, welche einzelnen Komponenten des Sprachproduktionsprozesses den drei Makrostufen zugeordnet werden können.

Abbildung 1.1: Makrostufen der Sprachproduktion



### 1.3.1 Konzeptualisierung

In der Theorie von Bock wird die Stufe der Konzeptualisierung als „referential arena“ (vgl. Bock 1982, S. 3) bezeichnet. Auf dieser Stufe vollzieht sich die Transformation von nicht-linguistischer in linguistische Information. Das Ergebnis des Konzeptualisierungsprozesses ist die Bereitstellung von nicht-sprachlichen Repräsentationen in propositionalen Formaten. Diese werden anschließend semantisch weiterverarbeitet.

Bei Levelt (1989) berücksichtigt die Stufe der Konzeptualisierung zusätzlich die Faktoren und Bedingungen, die den konzeptuellen Rahmen bilden, in dem die konzeptuellen Prozesse eines Sprechers stattfinden. Hierzu zählen verschiedene Regeln der sprachlichen Interaktion, die Deixis, d.h. die Verankerung der Äußerung im räumlich-zeitlichen Kontext sowie die pragmatischen Intentionen, welche der Sprecher mit seiner Äußerung verfolgt. Als weitere Komponente kommt bei dem Ansatz von Levelt auf der Stufe der Konzeptualisierung das Monitoring hinzu. Dabei handelt es sich um ein System, welches dem Sprecher eine Überwachung seiner eigenen Produktion ermöglicht und bei Bedarf Fehlerkorrekturen im Verlauf des Sprachproduktionsprozesses einleiten kann. Auf der Stufe der Konzeptualisierung wird die vorsprachliche Informationsstruktur generiert, welche als „preverbale message“ (vgl. Levelt, 1989, S. 9) bezeichnet wird.

In der Konzeption von Herrmann (1994) wird die Stufe der Konzeptualisierung am umfassendsten charakterisiert. Sie wird als Zentrale Kontrolle bezeichnet und umfaßt

den Fokusspeicher und die Zentrale Exekutive. Der Fokusspeicher stellt den deklarativen Teil des Arbeitsgedächtnisses dar und enthält Informationen über den Ist-Soll-Zustand des Sprechersystems, d.h. der Umgebungskonstellation und des Partners. Bei der Zentralen Exekutive handelt es sich um ein komplexes operatives Teilsystem, welches u.a. die Aufarbeitung und Linearisierung der Fokusinformation bewerkstelligt.

### **1.3.2 Formulierung und Artikulation**

Die zweite Stufe des Sprachproduktionsprozesses nennt Levelt die Stufe der Formulierung. Hier findet die Transformation der nicht-sprachlichen Information in eine sprachliche Äußerung statt. Diese Stufe umfaßt die grammatische Encodierung und die phonologische Codierung. Beim Sprachproduktionsprozeß werden auf der Stufe der grammatischen Encodierung die entsprechenden Lemmas aktiviert. In einem zweiten Schritt werden diese Lemmas bestimmten Positionen in syntaktischen Strukturen zugeordnet. Das Ergebnis der grammatischen Encodierung bezeichnet Levelt als Oberflächenstruktur. Diese wird anschließend auf der Stufe der phonologischen Encodierung phonologisch spezifiziert.

In der Konzeption von Bock wird die Stufe der Formulierung mit Hilfe dreier Subsysteme charakterisiert: Es gibt jeweils einen Bereich für die syntaktische, semantische und phonologische Verarbeitung, wobei mitbedingt durch die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses in diesen Bereichen die einzelnen Einheiten um ihre Selektion konkurrieren.

In Herrmanns Konzeption werden die Inhalte der Stufe der Formulierung auf die vorausgehende Stufe der Konzeptualisierung und die nachfolgende Stufe der Encodierung verteilt. Die semantisch-pragmatische Planung der Äußerung wird der umfassenden Stufe der Konzeptualisierung zugeordnet und die syntaktischen und phonologischen Aspekte der zu produzierenden Äußerung der Stufe der Encodierung. In den Konzeptionen von Levelt und Bock erfolgt die semantische Verarbeitung auf der Stufe der Formulierung. Bei Levelt ist es der Teilprozeß der Aktivierung der Lemmas, bei Bock gibt es einen semantischen Bereich. Außerdem enthält die Stufe

der Formulierung in beiden Ansätzen eine weitere Prozeßkomponente, deren Input eine sowohl semantisch als auch bereits syntaktisch spezifizierte Kette von Morphemen ist. Bei Levelt heißt sie Stufe der phonologischen Encodierung, bei Bock gibt es einen Bereich für die phonologische Codierung. Diese Verarbeitungskomponenten umfassen weitgehend dasselbe wie die Encodierung bei Herrmann.

Die Konzeption von Herrmann setzt einen Schwerpunkt auf die Steuerung des Sprachproduktionsprozesses auf den sich wechselseitig beeinflussenden Stufen der Zentralen Kontrolle, der Hilfssysteme und des Encodiermechanismus. Die Abläufe auf der Stufe der Artikulation, die Herrmann als Artikulationsgenerierung bezeichnet, werden theoretisch nicht näher spezifiziert.

Bei Levelt wird mit der Stufe der Artikulation ein eigenständiges, den Prozessen der Stufen der Konzeptualisierung und Formulierung gleichgestelltes Verarbeitungsmodul vorgestellt. Auf der Stufe der Artikulation wird der phonetische Plan, das Ausgabeprodukt der Stufe der Formulierung, in eine Reihe neuromuskulärer Instruktionen umgesetzt.

Als Äquivalent zu dieser Stufe kann in der Konzeption von Bock der Verarbeitungsbereich der motorischen Programmierung angesehen werden.

Die Einteilung des Sprachproduktionsprozesses in die Makrostufen mit den verschiedenen Prozeßkomponenten der diskutierten theoretischen Konzeptionen soll zusammenfassend in der folgenden Abbildung 1.2 verdeutlicht werden.

Abbildung 1.2: Übersicht der Sprachproduktionskonzeptionen

	Autonomes Modell Levelt (1989)	Kompetitions- Modell Bock (1982)	System-Regulations- Modell Herrmann und Grabowski (1994)
Konzeptuali- sierung	message generation, monitoring, preverbale message	referential arena	Zentrale Kontrolle: Fokusspeicher und Zentrale Exekutive
Formulierung	grammatical encoding, phonological encoding	semantic arena, phonological arena, phonetic arena	Encodiermechanis- mus
Artikulation	articulation	motoric arena	Artikulations- generierung

## 1.4 Erweiterungen von Sprachproduktionsmodellen

### 1.4.1 Erweiterung um Faktoren der Systemumgebung

Im vorhergehenden Abschnitt wurde der Sprachproduktionsprozeß nur im Hinblick auf seine Komponenten und deren Wechselwirkungen charakterisiert und dabei implizit der Sprecher als informationsverarbeitendes System verstanden, welcher in einem Sprachproduktionsprozeß Sprache generiert, das heißt zu einem Input einen bestimmten Output produziert.

In der Folge werden nun Erweiterungen dieser rein informationsverarbeitenden Auffassung skizziert.

Die wesentlichste Erweiterung betrifft den Situationsbegriff, welcher die menschliche Informationsverarbeitung in ein Ökosystem einbettet, worunter die Einheit von Lebewesen und Umwelt verstanden wird. Rickheit und Strohner (1993) prägen in diesem Zusammenhang den Begriff der Ökometapher in Abgrenzung zur Computer- und Gehirnetapher (Strohner, 1994). Diese umfassendere Sicht von Mensch und Umwelt wird nach dem Gegenstand der Analyse jeweils mit dem Begriff der „Situiertheit“ bezeichnet, d.h. die Analyse des menschlichen Verhaltens wird als Theorie der „sitierten Handlung“ benannt, die der Kommunikation als „sitierte Kommunikation“ und die der Kognition als „sitierte Kognition“ (vgl. Rickheit & Strohner, 1993, S. 12). Das Verständnis von sitierter Kognition hat Auswirkungen auf die Sichtweise von Wissen und Lernen.

Beim *Wissen* lassen sich deklarative und prozedurale Wissenskomponenten unterscheiden (z.B. Herrmann, 1982, 1994; Gadenne, 1996). Für das deklarative Wissen bedeutet Situiertheit, daß verschiedene Wissensrepräsentationssysteme unterschieden werden können. Neben dem längerfristig gespeicherten Wissen muß zum einen zusätzlich temporäres situationsspezifisches Wissen, welches sich auf die Diskurssituation bezieht, unterschieden werden. Als weitere Folge der Situiertheit ergibt sich zum anderen die Forderung nach einem perzeptuellen Wissenssystem, welches die eingehende sensorische Information der wahrgenommenen Objekte aus der Umgebung des Sprechers für eine gewisse Zeit speichert. Das Wissen aus diesen verschiedenen Wissenssystemen wirkt zusammen und beeinflußt den Aufbau der im Diskursverlauf gebildeten Repräsentationen. Diese Repräsentationen sind als dynamisch zu charakterisieren, da die Informationen aus den Wissenssystemen zu unterschiedlichen Zeitpunkten zur Verfügung stehen und die Repräsentationen sich auch innerhalb des Diskursverlaufs ständig verändern. Sie sind flexibel, weil sie in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation unterschiedlich aufgebaut werden (Mangold-Allwin, 1993). Die Repräsentationen werden vom Sprechenden in einem Konstruktionsprozeß aktiv und individuell gebildet (vgl. Kapitel 2).

Ebenso können *Lernvorgänge* als situiert bezeichnet werden, da es sich hierbei um Prozesse handelt, in welchen systeminterne Komponenten mit systemexternen situativen Faktoren in Wechselwirkung stehen (Mandl u.a., 1995; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998;).

Die nachfolgende Aufstellung gibt einen Überblick über unterschiedliche Verwendungsweisen des Situationsbegriffs in der Literatur (Anm. 2).

Abbildung 1.3: Übersicht über situative Erweiterungen der Systemumgebung

Ansatz	Erweiterung der Systemumgebung
Rickheit & Strohner (1994) „Situierete künstliche Kommunikatoren“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• natürlicher und künstlicher Kommunikator</li> <li>• Aufgabe</li> <li>• Diskurs</li> <li>• sensorisch gemeinsam zugängliche Weltsituation</li> </ul>
Mangold-Allwinn u. a. (1995) „Situative Determinanten“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kommunikatives Ziel</li> <li>• Kommunikationspartner</li> <li>• diskursiver Kontext</li> </ul>
Levelt (1989) „Faktoren und Bedingungen für Konzeptualisierung“	<ul style="list-style-type: none"> <li>• informationsverarbeitendes System als Kommunikationsteilnehmer</li> <li>• Normen und Konventionen</li> </ul>

Die Ansätze in Abbildung 1.3 richten ihren Fokus jeweils auf andere Aspekte der Systemumgebung, die sich auf aufgaben- und anwendungsorientierte Kommunikation, experimentelle Designs zu Sprachproduktionsprozessen bzw. das Kommunikationswissen beziehen. Im folgenden werden die spezifischen Systemerweiterungen für die einzelnen Ansätze vorgestellt.

Im Sonderforschungsbereich SFB 360 an der Universität Bielefeld (Anm.3) wird die Forderung nach der Berücksichtigung von Situiertheit auf maschinelle Systeme hin ausgeweitet (Schade u.a., 1995). Maschinelle Systeme sind kognitive Systeme, die die Informationsverarbeitung natürlicher kognitiver Systeme simulieren (Strohner, 1994) und als situierete künstliche Kommunikatoren in Interaktion zu anderen Kommunikatoren treten. Sie besitzen sowohl die Fähigkeit zum Dialog mit menschlichen Partnern als auch die Fähigkeit zur Interaktion mit ihrer nicht-sprachlichen Umwelt. Dies entspricht einer Integration von sprachlicher und nicht-

sprachlicher Situation (Rickheit & Strohner, 1994; Hildebrandt u.a., 1995). In einem sogenannten Basis-Szenario sollen ein künstlicher und ein natürlicher Kommunikator in einer bestimmten Situation eine Aufgabe bewältigen, indem sie miteinander agieren und sprachlich kommunizieren. Dabei findet in bezug auf den Sprachproduktionsprozeß eine Fokussierung auf einen Teilausschnitt des übergeordneten Szenarios statt, in welcher der Sprecher am Diskurs in einer speziellen Situation beteiligt ist.

Eine Spezifikation von situativen Faktoren und deren experimentelle Überprüfung sowie ihr Einfluß auf Benennungsprozesse erfolgt in Mangold-Allwinn u.a. (1993, 1995). Zu den situativen Determinanten im Zusammenhang mit der Objektbenennung zählen die Autoren das kommunikative Ziel, den Kommunikationspartner und den diskursiven Kontext.

Bei der kommunikativen Zielsetzung produzieren die Sprecher ihre Objektbenennungen so, daß sie instrumentell sind, d.h. daß sie der Zielerreichung in optimaler Weise dienen. Bei den Experimenten lassen sich als kommunikative Ziele „Beschreiben“ und „Instruieren“ unterscheiden. Die Autoren zeigen, daß die unterschiedliche Zielsetzung unterschiedliche Benennungen zur Folge hat.

Der Kommunikationspartner ist eine weitere situative Einflußgröße, denn der Sprecher richtet sich bei seiner Sprachproduktion an den von ihm angenommenen Charakteristika des Partners sowie dessen kognitiver und sprachlicher Kompetenz aus.

Die situative Determinante des Diskurskontextes hat Einfluß auf die vom Sprecher produzierten Äußerungen, der diese in textuelle bzw. diskursive Zusammenhänge einordnet. Für die Objekte, auf die der Sprecher mit seiner Äußerung referiert bedeutet das, daß sie durch die situative Determinante des Diskurskontextes den Status einer Neueinführung, des Erhaltes bzw. der Wiederaufnahme zugeordnet bekommen. Diese Art von diskursiver Beeinflussung einer Referenzproduktion bezeichnen die Autoren als referentielle Bewegung (Mangold-Allwinn u. a., 1995).

Levelt (1989) versteht den Sprecher zum einen als informationsverarbeitendes System, zum anderen aber auch als Kommunikationsteilnehmer. Er definiert

sprachliche Interaktion zwischen einem oder mehreren Personen als die kanonische Situation allen Gebrauchs von Sprache. Hierzu gehören Interaktion, Deixis und Intention.

Die Interaktion umfaßt Regeln zum Sprecherwechsel und der Eingliederung des Redebeitrags, sowie die Befolgung der Kooperationsprinzipien, wie der Grice'schen Kommunikationsmaximen (Grice, 1979). Solche Normen und Konventionen können als Wissens Elemente bezeichnet und zu den situativen Faktoren gezählt werden. Durch die Deixis werden die Beiträge der Gesprächsteilnehmer im räumlich-zeitlichen Kontext verankert.

Die Gesprächsteilnehmer verfolgen mit ihren Äußerungen bestimmte pragmatische Intentionen. Sie lassen sich in unterschiedliche Illokutionen fassen und hierfür lassen sich verschiedene typische Satzmuster beschreiben.

Das informationsverarbeitende System ist also gleichzeitig ein Kommunikationsteilnehmer, der mit anderen sprachlich interagiert in einem gemeinsam geteilten räumlich-zeitlichen Kontext und bestimmte Ziele verfolgt.

Für eine Klassifikation der situativen Komponenten der genannten Ansätze bietet sich meiner Ansicht nach ein von Bronfenbrenner (1981) für sozialwissenschaftliche Studien entwickelte Einteilung an. Er unterscheidet in seinem Werk „Die Ökologie der menschlichen Entwicklung“ für die Umwelt der Person verschiedene Systeme, welche die Art und Weise der Auseinandersetzung der Person mit seiner Umwelt beschreiben. Die Wechselwirkungen zwischen der Umwelt und dem Subjekt teilt er ein in das Makro-, -Exo-, Meso- und Mikrosystem. Eine denkbare Übertragung dieser Konzeption auf die Einteilung der oben beschriebenen situativen Faktoren ist in der folgenden Abbildung 1.4 dargestellt.

Abbildung 1.4: Wechselwirkungen zwischen Subjekt und Umwelt

Wechselwirkung Subjekt - Umwelt	Bronfenbrenner	Situative Faktoren
Makrosystem	Gesamtheit aller Wechselwirkungen zwischen den Lebensbereichen	Normen und Konventionen
Exosystem	Lebensbereiche, an denen das Individuum nicht selbst beteiligt ist	Kommunikationsmaximen
Mesosystem	Wechselbeziehungen zwischen mehreren Lebensbereichen, an denen das Individuum beteiligt ist	Kommunikationspartner
Mikrosystem	Lebensbereich, an dem das Individuum beteiligt ist	Dialogsituation

In Kapitel 2 erfolgt die Einordnung des Ansatzes von Bronfenbrenner in die systemtheoretische Position, die dieser Arbeit zugrunde liegt. In Kapitel 4 werden mit dem Ansatz von Bronfenbrenner die speziellen situativen Komponenten für die Sprachproduktion des Dimensionsadjektivs „groß“ beschrieben.

#### 1.4.2 Erweiterung des kognitiven Systems um interne Faktoren

Neben den bisher dargestellten Erweiterungen der Systemumgebung kann auch das informationsverarbeitende System selbst differenzierter gesehen werden. In den bisher vorgestellten Ansätzen werden für eine Kommunikationssituation mindestens zwei voneinander getrennt zu betrachtende Akteure - der Sprecher und der Hörer - unterschieden. Aus der Sicht des Sprechers ist der Hörer Teil seiner Umwelt und zählt daher zur Situation. Das getrennte Verständnis von Sprecher und Hörer wird als Hörer-Sprecher-Dichotomie bezeichnet (Herrmann, 1994). Die Erweiterung der Sichtweise des Sprechers als kognitives System besteht nun darin, daß der Hörer zum

einen weiterhin zur Sprechersituation gezählt wird und zum anderen in das kognitive Sprecher-System selbst als interner Faktor eingeht. Dieses komplexere System bezeichnet Herrmann (1994) als integriertes Hörer/Sprecher-System (H/S-System). Die Erweiterung des einfachen kognitiven Systems um den internen Faktor des Partners hat zur Folge, daß sich im integrierten H/S-System ein inneres Partnermodell etabliert, welches die Partnererwartungen abbildet. Die Verinnerlichung des Partner-Modells ist für den Sprachproduktionsprozeß insofern von Bedeutung, weil der Sprecher unter Berücksichtigung des von ihm unterstellten Partnerverhaltens seine Sprachproduktion ausrichtet. Auf diese Weise ist der Grice'sche-Mechanismus im integrierten Hörer/Sprecher realisiert (vgl. Grice, 1979; Harras, 1983).

Die weiteren theoretischen Ausführungen von Herrmann machen das integrierte H/S-System selbst zum Gegenstand zusätzlicher systeminterner Erweiterungen. Das komplexe kognitive System wird um die inneren Faktoren des Operierens zur Erreichung oder zur Aufrechterhaltung von Soll-Lagen ergänzt. Hierzu wird für das integrierte H/S-System ein zentrales Subsystem angenommen, das sogenannte „Umgebungsrepräsentations- und Operatorenauswahlsystem“ (UOS), in welchem zum einen die jeweilige Systemumgebung des H/S-Systems sowie zum anderen die Ist- und Soll-Zustände des H/S-Systems repräsentiert sind. Es bestehen Interaktionsbeziehungen vom UOS zu weiteren Subsystemen. Hierzu zählen das Langzeitspeichersystem und ein Subsystem, welches die Informationen aus der Systemumgebung aufnimmt und verarbeitet sowie exekutive Subsysteme, welche die Ist-Soll-Differenzen erkennen und entsprechende Operationen auslösen.

Mit den Erweiterungen des integrierten H/S-Systems um die Subsysteme werden weitere situative Bestandteile in das kognitive informationsverarbeitende System integriert. Diese integrative Komponente kann m.E. wie bereits die Erweiterung um das Partner-Modell als Reduktion der Umwelt des kognitiven Systems zugunsten der Integration dieser Umwelt in das kognitive System angesehen werden. Durch die Interaktionsrelationen zwischen den Subsystemen können Informationen intern ausgetauscht werden und im System zu Veränderungen führen.

Die integrative Komponente sowie die Interaktivität der Subsysteme stellen Voraussetzungen dar, um Lernprozesse in kognitiven Systemen zu modellieren. Herrmann selbst verzichtet auf die theoretische Einbeziehung von Lernprozessen im

Sprachproduktionsprozeß. Die vorliegende Arbeit stellt einen Ansatz vor, wie Lernprozesse in ein Sprachproduktionsmodell integrierbar sind (vgl. Kap. 4). Die Integration von Lernprozessen, die verantwortlich sind für den Aufbau von individuellem Wissensbesitz, erfordert für die Modellbildung eine holistische Sichtweise des System-Umwelt-Komplexes (vgl. Kap. 2).

### **1.4.3 Erweiterung um Verhaltenskomponenten des kognitiven Systems**

Während die Darstellung der systemerweiternden Faktoren der Umwelt den Informationsinput und somit die sensomotorische Informationsrelation zum kognitiven System berücksichtigt, betrifft die effektorische Informationsrelation des kognitiven Systems zu seiner Umwelt sozusagen die Outputseite des Informationsaustausches. Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, bilden die Ist-Soll-Lagen den inneren Zustand im kognitiven System und entsprechen Spannungszuständen, die letztlich zu Handlungen führen. Der Soll-Zustand wird gewissermaßen vom kognitiven System bewußt gewollt und muß letztlich nicht sprachlich realisiert werden. Sprache ist auf dem Hintergrund des Regulationsprinzips zum Ausgleich der Ist-Soll-Differenzen eine spezielle Realisierung der menschlichen Situationsbewältigung (Rickheit & Stohner, 1993). In diesem Sinne ist Sprechen eine Handlung von mehreren Handlungsalternativen. Dabei erfordert jede Handlung eine intentionale Zielbestimmung (Anm. 4).

Herrmann und Grabowski (1994) charakterisieren Sprechen als ein sporadisches und suppletorisches Mittel zur Regulation des Sprechers, d.h. Sprache ist eines von vielen anderen möglichen Regulationsmitteln. Die Erweiterung des kognitiven Systems um seine Verhaltenskomponenten besteht darin, daß diesem neben dem Sprechen andere Regulationsmittel wie beispielsweise Gesten oder andere Formen non-verbaler Verhaltens zur Verfügung stehen, die wechselseitig oder gemeinsam eingesetzt werden (Anm. 5). Dieser Aspekt wird in der vorliegenden Arbeit nicht weiter verfolgt.

#### **1.4.4 Die Bedeutung der Erweiterungen für die Modellierung von Sprachproduktionsprozessen**

Es bleibt festzuhalten, daß die Erweiterungen des informationsverarbeitenden Systems in den Punkten der situativen Einbettung, in der systeminternen Charakterisierung und im resultierenden Systemverhalten gesehen werden können.

Eine wichtige Folge dieser Erweiterungen ist die differenziertere Sicht von Wissenssystemen, welche im situierten Sprachproduktionsprozeß zusammenwirken. Als Folge der obigen Erweiterungen sollten m.E. folgende Wissenskomponenten für den situierten Sprachproduktionsprozeß berücksichtigt werden:

- Wissenskomponente für längerfristig gespeichertes Wissen,
- Wissenskomponente für temporäres situatives Wissen (z.B. Dialogwissen),
- Wissenskomponente für sensorisches Wissen (z.B. perzeptuell),
- Wissenskomponente für Normen und Konventionen,
- Wissenskomponente Partnermodell,
- Wissenskomponente Ist-Soll-Wissen.

Mit der Beschreibung und Zuordnung von „Statuszuweisungen „ werden in Kapitel 4 die Wissenskomponenten sensorisches, temporäres und längerfristiges Wissen und ihr Einfluß auf den Aufbau der konzeptuellen Strukturen des Dimensionsadjektivs „groß“ modelliert. Die Wissenskomponenten für Normen und Konventionen, das Partnermodell und das Ist-Soll-Wissen werden ebenfalls in dieses Modell integriert.

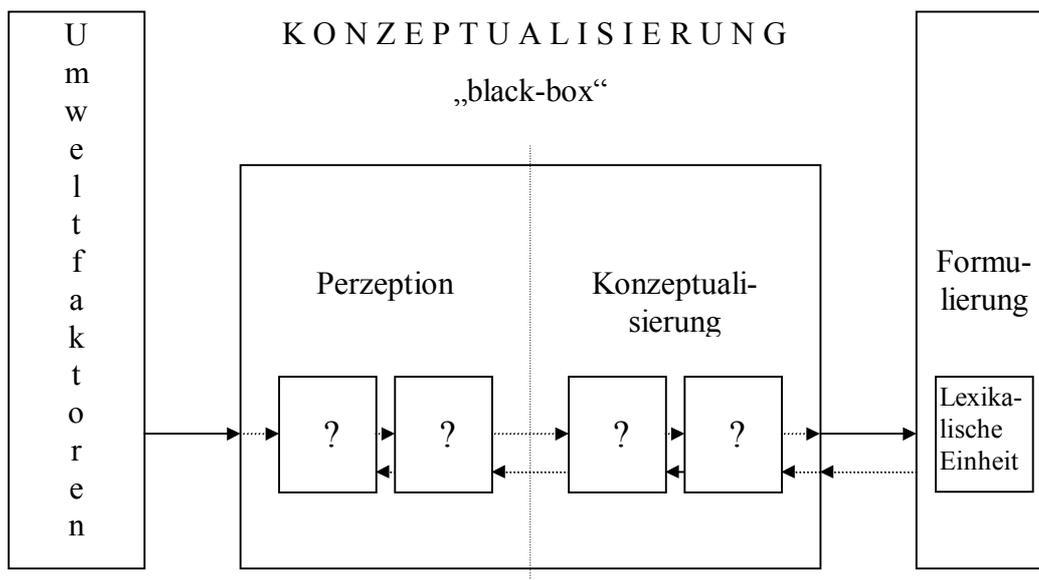
#### **1.5 Konzeptualisierung im Sprachproduktionsprozeß**

Der Prozeß der Konzeptualisierung ist gegenüber den späteren Verarbeitungsstufen innerhalb des Sprachproduktionsprozesses am wenigsten untersucht worden.

Am häufigsten ist dieser Prozeß im Zusammenhang mit der nachfolgenden Stufe der Formulierung beschrieben worden. Es geht dabei um die Frage, wie bestimmten konzeptuellen Strukturen bestimmte lexikalische Einheiten zugeordnet werden können (z.B. Herrmann & Grabowski, 1994). Unter Berücksichtigung der Situiertheit des

Sprachproduktionsprozesses ergibt sich für den Aufbau der konzeptuellen Strukturen die Forderung nach der Integration multimodaler Informationen aus den verschiedenen Sinneskanälen sowie die Einbeziehung von kommunikativen und situativen Bedingungen. Dabei ist der Prozeß der Konzeptualisierung als dynamischer Prozeß zu betrachten.

Abbildung 1.5: „black-box“ der Konzeptualisierung



Die Abbildung 1.5 veranschaulicht die folgenden Fragestellungen:

1. Welche Strukturierungsstufen lassen sich unterscheiden?
2. Welche Repräsentationsformate weisen diese Strukturierungen auf?
3. Wie vollzieht sich der Übergang von einem Repräsentationsformat zum anderen?

Anhand dieser Fragen soll ein Überblick über bestehende Modellkonzeptionen zum Aufbau von konzeptuellen Strukturen gegeben werden.

### 1.5.1 Strukturierungsstufen

In der Regel wird der Prozeßverlauf nur vom Produkt der Konzeptualisierung hin zu den späteren Stufen betrachtet, wohingegen Vorstufen des Prozeßverlaufs hin zur

Konzeptualisierung sowie Abläufe in der Konzeptualisierungsphase weitgehend unberücksichtigt bleiben.

Während die traditionelle linguistische Theorie also bislang die Vorstufen des Sprachproduktionsprozesses unberücksichtigt läßt, sind m.E. aufgrund der theoretischen Positionen und Ergebnisse linguistischer Arbeiten Rückschlüsse auf die konzeptuellen Strukturen innerhalb des Sprachproduktionsprozesses möglich. Unter diesem Blickwinkel sind die theoretischen Überlegungen von Bierwisch (1987) zur konzeptuellen Struktur von Dimensionsadjektiven zu interpretieren. Nach Bierwisch gibt es Repräsentationen auf der konzeptuellen Ebene, die auf dem System konzeptueller Regeln und Einheiten C basieren und die aus einem Schema von Möglichkeiten UC hervorgehen. Überträgt man diese Vorstellung auf die Aktualgenese, so wird die konzeptuelle Repräsentation auf eine semantische Repräsentation bezogen. Diese beruht nach Bierwisch auf der Grammatik G. In den späteren Ausführungen beschreibt er diese im Sinne der I(internal)-language von Chomsky (Bierwisch, 1996). Die Grammatik G geht wiederum aus einem Raster von Prinzipien der UG hervor. Im Zusammenhang mit der durch G bestimmten semantischen Struktur und der durch C bestimmten konzeptuellen Struktur wird vom Zwei-Ebenen-Modell gesprochen (z.B. Lang, 1994).

Die produktorientierte Sichtweise von Bierwisch läßt letztlich offen, wie die individuelle Eigenständigkeit der konzeptuellen Struktur realisiert wird. Statt dessen repliziert er im Grunde die semantische Struktur auf der Stufe der Formulierung im Verhältnis 1:1 auf die Stufe der Konzeptualisierung (Anm. 6). Die Bedeutung seines Ansatzes für diese Arbeit kann darin gesehen werden, daß er sich der Frage der konzeptuellen Strukturierungen stellt und somit einen Ausgangspunkt für weitere Studien liefert.

Lang (1989) erweitert das Zwei-Ebenen-Modell von Bierwisch um die weitere Ebene der perzeptiven Strukturbildung, die er als System P bezeichnet (Anm. 7). Damit geht er einen Schritt weiter, indem er das betrachtete Objekt und den Betrachter in seinen Ansatz zur Konzeptualisierung von Dimensionsadjektiven aufnimmt.

Das Objekt wird mit Hilfe von betrachterunabhängigen Gestalteigenschaften beschrieben, das heißt, dem Objekt wird ein inhärentes Proportionsschema (IPS)

zugeordnet. Für die Objekte, die mit Hilfe von Dimensionsadjektiven belegt werden sollen, sind dabei die wichtigen Informationen des inhärenten Proportionsschemas die Achseninformation und die räumliche Begrenztheit.

Die vom Objekt ausgehenden visuellen Informationen sind allerdings nur ein Teil der vom Betrachter wahrgenommenen Informationen, denn dieser nimmt über seine weiteren Sinneskanäle wie das Gleichgewichtsorgan sowie über den aufrechten Gang und die Augenlage die Positions- und Lageeigenschaften des Objektes wahr. Die sensorischen Informationen werden vom Betrachter in einem mentalen Modell repräsentiert, d.h. in einem Kategorisierungsraster, das Lang anschließend als Primären Orientierungsraum (POR) bezeichnet, konzeptuell rekonstruiert.

Für die Repräsentation der Objekte, die mit Dimensionsadjektiven belegt werden können, bedeutet die Unterscheidung von IPS und POR, daß für sie zum einen positionsunabhängige konzeptuelle Repräsentationen erstellt werden, die als gedächtnisfixierte Repräsentationen angenommen werden. Lang spricht in diesem Zusammenhang von der Primäridentifizierung. Zum anderen werden Repräsentationen über die Objektabmessungen erstellt, die widerspiegeln, wie sich die Objekte einem Betrachter in einer jeweiligen Situation, also kontextuell spezifiziert, präsentieren (Anm. 8). Im Grunde muß also von einer zweigeteilten Repräsentation gesprochen werden (Anm.9).

Die Primäridentifikation und die kontextuelle Spezifizierung könnten m.E. als Prozeßstufen eines Sprachproduktionsprozesses abgebildet werden. Lang selbst spricht nicht vom Sprachproduktionsprozeß, sondern von der Anwendung eines Dimensionsadjektivs. Diese Anwendung hat gewissermaßen den Status einer Implementierung von Kombinatorik in ein EDV-Programm (Anm.10). Für diese Kombinatorik werden die Objekte mit Hilfe der Gestalteigenschaften (IPS) und Lageeigenschaften (POR) in Form von Objektschemata beschrieben. Auf der anderen Seite werden für die Dimensionsadjektive Lexikoneinträge erstellt (vgl. Kap.3). Für die Zuordnung der Lexikoneinträge zu den Objektschemata werden Verträglichkeitsbedingungen aufgestellt. Die Abbildung von lexikalischen Einheiten auf konzeptuelle Strukturen ist somit relativ starr, weil sie mit der Verträglichkeitsbedingung einmalig festgelegt wird (vgl. die Ausführungen zum „Mapping“ in Kap. 1.5.3). Auf diese Weise lassen sich zulässige und unzulässige

Kombinationen ableiten. So ist beispielsweise eine unzulässige Kombination „ein hoher Ball“, weil das Objektschema von „Ball“ im dreidimensionalen Raum keine herausstechende Achse hat, wohingegen der Lexikoneintrag von „hoch“ sich auf die Raumachse „vertikal“ bezieht. Diese produktorientierte Auffassung vernachlässigt den Fall, daß ein individueller Sprecher (Anm.11) die Formulierung „ein hoher Ball“ in einer bestimmten Situation verwenden könnte, was m.E. ein Indiz für die Forderung nach einem prozeßorientierten Ansatz ist, bei dem sich überhaupt nicht die Frage nach dem Überprüfungskriterium „ist ein hoher Ball zulässig?“ ergibt, sondern der Fragestellung nachgegangen wird, wie im Sprachproduktionsprozeß eine solche Äußerung gebildet werden kann.

Der Ansatz von Lang zur Erklärung von Dimensionsadjektiven an der Schnittstelle zwischen konzeptueller und sprachlicher Strukturbildung liefert ein theoretisches Grundgerüst für die perzeptuelle Herleitung zum konzeptuellen Objektschema, jedoch werden Dimensionsadjektive nur als sprachliches Phänomen im Sinne lexikalischer Einheiten betrachtet. Für Dimensionsadjektive fehlt im Grunde eine perzeptuelle Herleitung für Konzeptualisierungsprozesse.

Jackendoff (1996) stellt ein Modell vor, das vor die Stufe der Konzeptualisierung die Perzeptionsstufe stellt. Im Unterschied zu den zuvor beschriebenen Modellen wählt er ein Perzeptionsmodell, das auf wahrnehmungspsychologische Grundlagen und deren Anwendung für das künstliche Sehen zurückgeht. In Anlehnung an den Vision-Ansatz von Marr (1982) formuliert er für die Perzeptionsstufe ein Modul für die räumliche Repräsentation, welches der 3D-Repräsentation von Marr weitgehend entspricht (vgl. Kapitel 5.3.1.2). Dieses Modul nennt er „spatial representation“ (SR). Es stellt eine abstrakte und betrachterunabhängige Repräsentation des Objekts dar.

Weiterhin stellt er das Modul der „conceptual structure“ (CS) vor, welches eine universelle Repräsentation auf dem Hintergrund der Informationen aus SR im Zusammenspiel mit anderen modalen Sinnesinformationen bildet. Dabei legen die Einzelsprachen die Bündelung der konzeptuellen Elemente fest und unterscheiden sich so in der Belegung ihrer semantischen Muster. Die Repräsentation auf der konzeptuellen Ebene kann unmittelbar auf die „Leerstellen“ der syntaktischen Strukturen bezogen werden, die ebenfalls einzelsprachlich variieren. Somit

unterscheidet sich Jackendoff von Bierwisch und Lang insofern, als daß er keine semantische Strukturierungsstufe annimmt, da diese bereits in der konzeptuellen Stufe enthalten ist.

Die Bedeutung des Ansatzes von Jackendoff im Hinblick auf die Strukturierungsstufen der Konzeptualisierung liegt m.E. in seiner interdisziplinären Vorgehensweise. Durch die interdisziplinäre Bereitstellung einer eigenständigen perzeptuellen Stufe wird eine Replizierung der sprachlichen auf die perzeptuelle Struktur vermieden. Gleichzeitig wird die umfassende Betrachtung des Ablaufs von der Wahrnehmung über die Kognition hin zur sprachlichen Äußerung möglich, wobei allerdings dem Ansatz das dynamische Element fehlt. Die räumlichen und konzeptuellen Strukturen werden aufeinander mit Hilfe von Korrespondenzregeln bezogen („mapping“) und bilden so die Schnittstelle zwischen dem visuellen und dem sprachlichen System. Die Informationen aus den beiden Systemen werden in Lexikoneinträge für die Objekte zusammengeführt. Die Formalisierung in Form von Lexikoneinträgen sowie die regelhaften Zuordnungsvorschriften zeugen von einem produktorientierten Grundverständnis. Es wird somit nicht die Frage gestellt, wie ein kognitives System die Informationen auf den unterschiedlichen Strukturierungsstufen intern herausbildet und sie dynamisch für den Sprachproduktionsprozeß nützt. Ebenso ausgeklammert bleibt die Frage nach der Einbindung von Lernprozessen sowie deren Einfluß auf die Veränderung der konzeptuellen Strukturen.

Herrmann & Graf (1995) verfolgen einen anderen Weg mit ihrem kognitionspsychologischen Ansatz, indem sie im Gegensatz zu Bierwisch keine semantische Strukturierungsstufe und im Gegensatz zu Jackendoff kein integriertes konzeptuell-semantisches Modul annehmen, sondern semantisches Wissen bildet sich bei ihnen vielmehr durch das Lernen von assoziativen Verbindungen und manifestiert sich somit nicht in einer Strukturierungsstufe. Das entspricht einem psychologischen Verständnis von Semantik (Harras u.a., 1996). Semantisches Wissen ist nach Ansicht der Autoren Restriktionswissen, das heißt, daß aufgrund des Kontexts sich eine Beschränkung ergibt, mit welchem Wort ein Konzept belegt werden kann. Diese Beschränkungen werden in der Linguistik mit Hilfe von Regeln erfaßt. Die Autoren argumentieren, daß dieses Regelwissen im konnektionistischen Paradigma mit Hilfe

von exzitatorischen und inhibitorischen Verbindungen in einem Netzwerk modelliert werden kann.

In der Markenmixkonzeption von Herrmann & Grabowski (1993; 1994) stehen die S-Marken stellvertretend für semantische Bedeutungsanteile (Engelkamp, 1994). Sie sind strukturell-abstrakt und gehen als ein Teil in die Konzeptualisierung ein. Nach Engelkamp nehmen die S-Marken eine Sonderstellung ein, weil sie Repräsentationsteile darstellen, die zu Bewußtseinsinhalten führen und sich so von den anderen Marken unterscheiden, die trotz Aktivierung nicht zu Bewußtseinsinhalten führen (Anm. 12). Nach Herrmann und Grabowski (1995) können Größenmerkmale von Objekten sowohl abstrakt als auch sensorisch-visuell abgebildet sein. Auf diesem Hintergrund zeigt der eigene Ansatz für das Dimensionsadjektiv „groß“, wie ein sensorisch-visuelles Merkmal durch Lernprozesse die Ausbildung eines strukturell-abstrakten Merkmals bewirkt (vgl. Kap. 4).

Bei Herrmann und Grabowski gibt es keine eigenständige perzeptuelle Stufe (Anm.13). In ihrem Ansatz nehmen sie Informationen an, die bereits über verschiedene Sinneskanäle zum kognitiven System gelangt sind und dort unterschiedlich schnell in die Konzeptformation eingehen (Mangold-Allwinn, 1993). Mit der Intention des Sprechers, ein Objekt zu benennen, erfolgt intern ein Zusammenspiel von Konzept-Marken und Wort-Marken, bei dem zu einem frühen Zeitpunkt die Wahrscheinlichkeit größer ist, daß perzeptuelle Eigenschaften über die Konzept-Marken die Wortbildung beeinflussen und erst zu einem späteren Zeitpunkt der Einfluß der abstrakten Marken Bedeutung erlangt (Anm.14). Das bedeutet, daß im Grunde zu keinem Zeitpunkt die Stufe der Konzeptualisierung abgeschlossen ist und anschließend die Stufe der Formulierung folgt.

Die Bedeutung des Ansatzes von Herrmann und Grabowski für die Frage der Strukturierungsstufen liegt somit darin, daß die Stufenvorstellung durch die Verzahnung von Konzept- und Wort-Markenkomplexen aufgehoben wird und an die Stelle der Vorstellung von festen Stufen die Betonung des dynamischen Prozeßverlaufs tritt.

Abschließend können für die Frage der Strukturierungsstufen zwei Blickrichtungen unterschieden werden, die Einfluß auf die im nächsten Abschnitt behandelte Frage

nach dem Format der Repräsentationen auf der Strukturierungsstufe der Konzeptualisierung haben.

Die eine Blickrichtung hat den Charakter einer Replikation von sprachlicher auf konzeptuelle Strukturbildung. In diesem Zusammenhang spricht Preston (1997) von Lingualismus. Ein Grund für die Übertragung der Vorstellungen zur sprachlichen Strukturierung auf die vorsprachliche Ebene kann darin gesehen werden, daß der sprachliche Output im Hinblick auf Phonologie, Morphologie und Syntax strukturell erfaßbar ist und es damit nahe liegt, ähnliche, sprachnahe Strukturierungen für die „black-box“ der Konzeptualisierung anzunehmen. Daß die Ansätze zur Strukturierung von konzeptuellen Repräsentationen vom linguistischen Strukturwissen beeinflusst werden, kann als generelles Problem bei Konzeptualisierungsansätzen gesehen werden (Nuyts & Pederson, 1997). Für die Frage nach den Repräsentationsformaten werden auf der Grundlage dieses Verständnisses propositionale Repräsentationen angenommen und in einer extremen Sichtweise wird die Sprache nach Fodor (1983) zum Werkzeug des Geistes.

Die andere Blickrichtung geht von einer Unabhängigkeit der konzeptuellen und sprachlichen Strukturbildung aus (z.B. Levison, 1997; Bickel, 1997). Zur Eigenständigkeit der konzeptuellen Struktur tragen derzeit Ansätze bei, die perzeptuelle Informationen und ihren Einfluß auf die Strukturbildung berücksichtigen. Insgesamt bildet die Integration interdisziplinärer Forschung die Grundlage für Erklärungsansätze, die den Strukturierungen der „black-box“-Konzeptualisierung einen eigenständigen Charakter verleihen. Für die Frage der Repräsentationsformate führt diese Auffassung im Bereich der visuellen Informationsintegration zu analogen, bildbasierten Repräsentationen.

### **1.5.2 Repräsentationsformate**

Im folgenden soll die Frage nach den Repräsentationsformaten auf dem Hintergrund des in Kapitel 1.4 hergeleiteten erweiterten Verständnisses des situierten Sprachproduktionsprozesses diskutiert werden. Dabei dienen die drei Erweiterungen *Systemumgebung*, *interne Faktoren* sowie *Verhaltenskomponenten* als

Strukturierungshilfe, um die Vielzahl der Ansätze und ihre Bedeutung für den situierten Sprachproduktionsprozeß systematisch zu erfassen.

Die mentalen Repräsentationen eines kognitiven Systems sind nach Schwarz (1992a) systeminterne Zustände, die systemexterne Zustände abbilden. Die Theorien zur *Repräsentation* werden als mentale Modelle bezeichnet (Rickheit & Strohner, 1993). In dieser Arbeit wird der Begriff der Repräsentation nicht im Sinne einer Abbildung von externen in interne Systemzustände verwendet, wie das in dem kognitivistischen und i.e.S. dem konnektionistischen Paradigma der Fall ist, sondern im Verständnis von inneren individuellen Konstruktionen wie sie im Konstruktivismus und teilweise im Konnektionismus angenommen werden (vgl. Kapitel 2). Von *Repräsentationsformaten* wird in dieser Arbeit gesprochen, um die Binnenstrukturierungen der Konzeptualisierung zu beschreiben, die sich für den situierten Sprachproduktionsprozeß ergeben. Hierbei sind insbesondere Repräsentationsformate des längerfristigen Wissensbesitzes und Repräsentationsformate, die im Sprachproduktionsprozeß aufgebaut werden, zu unterscheiden.

Die Erweiterung des kognitiven Systems um Faktoren der Systemumgebung bedeutet für die Frage nach der Gestaltung der Repräsentationsformate eine Ablösung von unitären Repräsentationstheorien durch multimodale Repräsentationstheorien.

Zu den unitären Theorien zählt die Common-Code-Theorie, bei welcher die Bedeutungen in den Knoten eines semantischen Netzwerks repräsentiert sind und somit ausschließlich linguistische Informationen berücksichtigt werden. Aufgrund der Netzwerkarchitektur lassen sich Ober- und Unterbegriffshierarchien mit Hilfe von Is-a- und Has-a-Kanten erstellen sowie weitere Relationen zwischen Begriffen angeben, die sich gut formalisieren lassen (z.B. Eschenbach, 1988; Fellbaum, 1996; Opwis & Lürer, 1996).

Durch die Einbettung des kognitiven Systems in die Systemumgebung bewirkt die sensomotorische Informationsrelation, daß mulitmodale Informationen in die mentale Repräsentation eingehen können. Als einer der ersten Ansätze, der in diese Richtung geht, kann die Duale-Codierungstheorie von Paivio (1971) angesehen werden. Paivio unterscheidet sprachliche Repräsentationsbestandteile, die er Logogene nennt und

visuelle Repräsentationsbestandteile, die sogenannten Imagene, die analog repräsentiert sind. Das Repräsentationsformat der sprachlichen Information ist stark an den Bedeutungshierarchien von semantischen Netzwerken orientiert.

Insgesamt zeigt der Ansatz von Paivio, daß bereits die Integration von einem zusätzlichen, multimodalen Repräsentationsbestandteil in das Repräsentationsformat die Möglichkeit eröffnet, Teilabläufe des Sprachproduktionsprozesses wie den Abruf von längerfristigem Wissen aus Gedächtnissystemen zu erklären. Dadurch, daß kein dazwischengeschaltetes amodales Repräsentationssystem angenommen wird, wie in den Hybrid-Theorien, hat Paivio einen Schritt vorweggenommen, der erst wieder in der Markenmixkonzeption von Herrmann & Grabowski (1994) aufgegriffen wurde.

In den Hybrid und den multimodalen Hybrid-Theorien (vgl. Engelkamp, 1994) kommt den visuellen bzw. multimodalen Informationen nur eine periphere Bedeutung zu, denn das eigentliche Repräsentationsformat bildet die amodale Repräsentation, die unabhängig von den Sinneseindrücken ist.

Der theoretische Ansatz von Herrmann & Grabowski (1994) kann im Gegensatz zu Engelkamp (1994) m.E. nicht den multimodalen Hybrid-Theorien zugerechnet werden, weil er auf die Annahme einer unabhängigen amodalen Repräsentation verzichtet. Die Funktion der amodalen Repräsentation wird teilweise von den S-Marken übernommen, die jedoch den anderen, multimodalen Marken gleichgestellt sind. In der Markenmixkonzeption repräsentieren drei Marken-Gruppen die Repräsentationsmodi strukturell-abstrakt, emotiv-bewertend und imaginal (vgl. Kapitel 3). Die einzelnen Repräsentationsmerkmale entstammen jeweils einer dieser drei Gruppen und stellen somit Repräsentationsbestandteile auf einer niedrigeren Ebene dar. Sie haben somit den Status von subsymbolischen Merkmalen. Auf diese Weise hat Herrmann mit seinem Ansatz die traditionellen symbolischen Repräsentationstheorien mit einem neuen, subsymbolischen Paradigma konfrontiert.

Die m.E. wesentlichste Innovation des Ansatzes von Herrmann besteht darin, daß die Vorstellung einer starren Repräsentationsauffassung aufgegeben wird. Im Zusammenhang mit den Erweiterungen des kognitiven Systems um interne Faktoren, führt die Unterscheidung von den beiden Subsystemen, Langzeitspeichersystem und UOS (vgl.1.4.2) zu einer Unterscheidung der entsprechenden Repräsentationsformate.

Damit stellt sich die Frage nach den Repräsentationsformaten des längerfristig gespeicherten Wissens und des für die Aktualgenese bereitgestellten Wissens. Die Frage der Repräsentationsformate im Langzeitgedächtnis (LZG) kann mit den Forschungsergebnissen von Herrmann so beantwortet werden, daß im LZG nur die modalitätsspezifischen Marken und ihre Merkmale gespeichert sind. Somit gibt es keine starre Festlegung der Kombination dieser Marken in Form eines übergeordneten Repräsentationsformats. Die Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis (AG) sind temporäre Konzeptformationen, die als flexibel und dynamisch zu bezeichnen sind. Dabei tragen die längerfristig gespeicherten Marken in Abhängigkeit von situativen Bedingungen zur Konzeptgenerierung im AG bei (Mangold-Allwinn u.a., 1995). Die Aktivierung der längerfristig gespeicherten Marken erfolgt zeitversetzt. Das bedeutet, daß einzelne Konzeptmerkmale zu einem früheren Zeitpunkt in die Konzeptformation eingehen, die im zeitlichen Anschluß wieder verblässen können. So können beispielsweise visuelle Informationen schneller imaginale Marken aktivieren und somit die Konzeptgenerierung im AG beeinflussen. Deshalb läßt sich zu keinem Zeitpunkt ein Konzept auf ein festes Repräsentationsformat zurückführen.

Die differenzierte Sichtweise von Repräsentationsformaten des längerfristigen Gedächtnissystems und des Arbeitsgedächtnisses findet Eingang in die jüngere kognitionslinguistische Forschung. Charakteristisch für das Zusammenspiel von LZG und AG ist beispielsweise der Ansatz von Mangold und Barattelli (1995) zur Modellierung von Objektbenennungen. Die Autoren unterscheiden u.a. ein Subsystem für längerfristig gespeichertes Wissen sowie ein Subsystem für die dynamisch im Benennungsprozeß gebildeten Repräsentationen. Den in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Modellierungen zum Sprachproduktionsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ liegen die repräsentatorischen Subsysteme dieses Ansatzes von Mangold und Barattelli zugrunde (vgl. Kapitel 4.2.1). Während in dem Ansatz von Mangold und Barattelli die Konzeptgenerierung im AG in Abhängigkeit von situativen Faktoren wie der Beschaffenheit der Kontextobjekte oder den Partnermerkmalen untersucht wird, zeigt beispielsweise Carroll (1995), daß die Organisation der Information im AG von der kommunikativen Aufgabe beeinflusst wird (vgl. auch Engelkamp, 1994). Nach Carroll nimmt die lexikalische Information der Einzelsprache zusätzlich Einfluß auf den Konzeptualisierungsprozeß. Ein weiterer Ansatz, der die Interaktion von LZG und

AG berücksichtigt und dabei die dynamischen Prozesse im AG modelliert, wird von Strohner und Brose (1994) vorgestellt, der sich mit der Aktivierungsdynamik in Adjektiv-Nomen-Konstruktionen beschäftigt (vgl. Kapitel 5.1.1.4).

Im SFB 360 der Universität Bielefeld werden im Teilprojekt „Konzeptdynamik“ Prozesse der kognitiven Informationsverarbeitung auf der Grundlage des Zusammenwirkens von LZG und AG modelliert (Jung & Wachsmuth, 1994). Dabei werden für beide Repräsentationssysteme imaginale und strukturell-abstrakte Repräsentationsanteile berücksichtigt. Für die Überlegungen zu den Repräsentationsformaten wird diskutiert, ob für die aktuellen imaginalen Repräsentationen und für die generischen, längerfristigen Repräsentationen jeweils ein betrachterzentriertes Repräsentationsformat oder ein objektzentriertes Repräsentationsformat angenommen werden soll (vgl. Anm.9). Im Zusammenhang mit den imaginalen generischen Repräsentationsbestandteilen wird der Form eine wichtige Stellung eingeräumt. Die imaginalen Anteile generischer Repräsentationen werden als „imaginaler Prototyp“ bezeichnet. Dem Prototyp entspricht dabei kein konkretes Mitglied der betreffenden Objektklasse, sondern er stellt eine „gemittelte“ Repräsentation dar. In dem in Kapitel 4 vorgestellten Modell dieser Arbeit kommt der abstrakten prototypischen Repräsentation, die mittels der Größeninformation aufgebaut wird, eine zentrale Bedeutung zu (vgl. Kapitel 4.2.3).

Insgesamt kann festgehalten werden, daß die Erweiterung des kognitiven Systems um interne Faktoren zu einer differenzierten Betrachtung der Repräsentationssysteme und den damit verbundenen Repräsentationsformaten führte. Die Interaktion von LZG und AG mit der Fokussierung auf den Informationsfluß von LZG zu AG ist vor allem für den Sprachproduktionsprozeß zum Forschungsgegenstand geworden. Der hier vorgestellte Ansatz betrachtet mit der Integration von Lernprozessen zusätzlich den Aufbau von längerfristig gespeichertem Wissensbesitz als Folge der Verarbeitungsprozesse im AG und berücksichtigt somit auch die Verlaufsrichtung der Information vom AG zum LZG.

Die Betrachtung der Repräsentationsformate unter dem Blickwinkel der Erweiterung des kognitiven Systems um Verhaltenskomponenten führt zu Repräsentationsmodellen, die zusätzliche motorische Repräsentationsbestandteile

integrieren. Ein Beispiel hierfür ist das multimodal-motorische Hybrid-Modell von Engelkamp (1994). Auch die Markenmix-Konzeption von Herrmann beinhaltet mit der Hinzunahme der Repräsentationskategorie von Wörtern ein outputnahes Repräsentationsformat. Für die Modellierung des Sprachproduktionsprozesses bedeutet die Aktivierung von Konzeptmarken und Wortmarken, daß von einem dynamischen Ablauf gesprochen werden kann, ohne daß klar voneinander abgrenzbare Prozeßstufen beschrieben werden müssen. Auf diese Weise kann die Wortproduktion m.E. vollständig subsymbolisch erfolgen, weil sich die Frage der regelhaften Zuordnung von konzeptueller Repräsentation zum Wort in Form einer Symbolmanipulation nicht stellen kann. Es gibt unter dem Blickwinkel der Dynamik keine starren Repräsentationsformate, die für die Symbolmanipulation geeignet wären.

Deshalb ist m.E. anstelle des Begriffs der Repräsentationsformate im weiteren Verlauf der Arbeit von der Vorstellung des Konzepts auszugehen. Schwarz (1992a) beschreibt den Konzeptbegriff als Ergebnis mentaler Operationen, die von individuellen Objektexemplaren abstrahieren und so deren gemeinsame Merkmale extrahieren. Diese Fähigkeit zur Kategorisierung stellt nach Schwarz vermutlich eine pränatale Disposition dar, die zusammen mit den Umwelterfahrungen des kognitiven Systems die Konzeptbildung ermöglichen. Zusätzlich werden die Aspekte der Dynamik, wie Konzeptgenerierung im AG und Übergang von Konzeptmarkenkomplexen zu Wortmarkenkomplexen, in den in dieser Arbeit verwendeten Konzeptbegriff integriert. Als Konzept wird das Ergebnis von individuellen Konstruktionsprozessen bezeichnet, bei denen Lernprozesse an der Herausbildung dieser Konstruktionen beteiligt sind. Konzepte werden im AG gebildet und im LZG werden überdauernde, d.h. längerfristige Wissenskomponenten gespeichert. Dieses Wissen liegt m.E. in Form von kognitiven topologischen Karten vor, die nach Prinzipien der Ähnlichkeit organisiert sind, was durch neurophysiologische Befunde nahegelegt wird (vgl. Kap.5).

„Man muß davon ausgehen, daß auch die höchsten menschlichen Fähigkeiten...auf kartenähnlichen Repräsentationen von allgemeinen Strukturen der Erfahrung beruhen.“  
(Spitzer 1996, S.267)

Für das Dimensionsadjektiv „groß“ soll in dieser Arbeit gezeigt werden, daß die hierfür verantwortlichen „tools“, das sogenannte Dimensionierungs-Modul (D-Modul)

und Vergleichs-Modul (V-Modul) sowohl für den Aufbau des LZG-Wissens als auch für die Konstruktion von AG-Inhalten verantwortlich sind (vgl. Kap. 4).

Die Organisation der topologischen Karten erfolgt auf der Grundlage des ökonomischen Speicherprinzips, das bedeutet zum einen, daß die abstrakten Repräsentationen mit Hilfe der imaginalen Prototypen als speichersparend zu bezeichnen sind und zum anderen, daß sich innere Verarbeitungsprozesse, die bewußtseinsunabhängig sind, mit Hilfe der „tools“ schnell bewerkstelligen lassen.

Allgemein werden Konzepte als Grundbausteine menschlichen Wissens bezeichnet (Herrmann & Graf, 1995). Es wird davon ausgegangen, daß im LZG sich auf der Grundlage dieser elementaren Einheiten (Schwarz, 1992a, 1992b) komplexere Repräsentationen in Form von konzeptuellen Propositionen oder Schemata bilden (Stillings u. a., 1989). Auf der anderen Seite bilden sogenannte Prädikat-Argument-Relationen (Herrmann, 1994) die propositionale Informationsbasis von Sätzen. Der Aufbau von größeren Einheiten in der Aktualgenese wird mit Symbolmanipulationen erklärt (Fodor & Pylyshyn, 1988).

So bildet im Falle des Dimensionsadjektivs „groß“ beispielsweise „der Elefant ist groß“ eine Proposition, die in dieser Form geäußert werden kann. Eine Aussage dieser Arbeit besteht darin, daß bei einem sehr propositionsnahen Satz, der verbalisiert wird, die herkömmliche Theorie von Symbolmanipulation ausgeht, während hier in der Folge der Schluß nahe gelegt wird, daß auf der Grundlage der subsymbolischen Konzeptformation in Verbindung mit den „tools“ solche propositionsnahen Äußerungen subsymbolisch konzeptualisiert und in der Folge verbalisiert werden können (Anm.15).

### **1.5.3 Übergänge**

In den vorhergehenden Abschnitten ist deutlich geworden, daß die Frage der Übergänge zwischen den einzelnen Stufen des Sprachproduktionsprozesses eng zusammenhängt mit der Frage der entsprechenden Repräsentationsformate. Unter dem Blickwinkel eines Verständnisses von Dynamik ist die Trennung sowohl in

Stufen als auch in die entsprechenden Repräsentationsformate aufzuheben. Bewegt man sich dennoch in der Tradition statischer Modelle, so läßt sich die Frage nach den Übergängen mit dem „Mapping“ beschreiben. Das bedeutet, daß in den Konzeptionen von Bierwisch, Lang und Jackendoff die Strukturierungsstufen und die entsprechenden Repräsentationsformate so formalisiert werden, daß sie aufeinander abbildbar sind. Dieser Abbildungsprozeß findet jeweils an den Schnittstellen statt (Schwarz, 1994).

Ein Beispiel dafür, wie die Frage des Übergangs in statischen Sprachproduktionsmodellkonzeptionen unter Einbeziehung situativer Faktoren gelöst wird, stellt Levelt (1989) vor. Mit der Makro- und Mikroplanung unterscheidet er für die Stufe der Konzeptualisierung zwei Phasen, die sequentiell aufeinander folgen.

Die Mikroplanung bringt die konzeptuelle Information in ein propositionales Repräsentationsformat. Der Übergang von der Konzeptualisierung zur Formulierung vollzieht sich ebenfalls sequentiell und es gibt kein Feedback zwischen Formulierung und Konzeptualisierung (Rickheit & Strohner, 1993).

Allgemein gehen die statischen Ansätze von feststehenden Stufen aus, bei denen die Voraussetzung für den Übergang in ein anderes Repräsentationsformat ist, daß zu einem bestimmten Zeitpunkt fest verfügbare sowie klar voneinander abgrenzbare Repräsentationsformate vorliegen.

Ein Ansatz für die Sprechhandlung des Aufforderns von Herrmann (1982) läßt sich m.E. ebenfalls auf die Fragestellung des Übergangs beziehen. Anstelle einer Abfolge von sequentiellen Stufen, wie bei Levelt, erfolgt für die Phase der Konzeptualisierung die Bereitstellung von kognitiven Informationen in einer sogenannten propositionalen Basis. In Abhängigkeit von situativen Faktoren, wie z.B. Partnermerkmalen, erfolgt die Selektion einer propositionalen Komponente, die in der Folge encodiert wird. Dieses Selektionsprinzip bezeichnet Herrmann (1982) als pars-pro-toto-Prinzip und stellt damit ein anderes Übergangsprinzip für die Phase der Konzeptualisierung vor.

In den dynamischen Konzeptionen werden zum einen, sich im jeweiligen Sprachproduktionsprozeß dynamisch bildende Konzepte angenommen und zum anderen wird von fließenden Übergängen sowie von einem Feed-back-

Informationsfluß zwischen den Verarbeitungsbereichen des Sprachproduktionsprozesses ausgegangen.

Eine dynamische Modellierung des Übergangs und der Interaktion zwischen den Verarbeitungsstufen der Konzeptualisierung und Formulierung stellen Graf u.a. (1996) vor. Die Autoren wählen für die Modellierung der Übergänge zwischen den Verarbeitungsbereichen eine konnektionistische Modellierung. Die Repräsentationsbereiche der Konzept- und Wortinformation bilden zusammen mit den Figuren (vgl. Anm.13) sogenannte Netzwerke (Anm.16). Die Repräsentationsmodi strukturell-abstrakt, imaginal, emotiv-bewertend bilden jeweils Teilnetze dieser übergeordneten Netze und werden als modale Teilnetze bezeichnet. Zwischen Konzeptnetz und Wortnetz bestehen wechselseitige Aktivationspfade. Soll zu einem Konzept ein passendes Wort gefunden werden (Anm.17), was der Sprachproduktion einer Bezeichnung entspricht, so interessiert die Aktivationsausbreitung vom Konzeptnetz hin zum Wortnetz. Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, werden Konzepte dynamisch im AG generiert (vgl.1.5.2). In die konnektionistische Modellierung übertragen bedeutet das, daß sich im Konzeptnetz die Aktivierung dynamisch aufbaut, d.h., daß zu unterschiedlichen Zeitpunkten die modalen Teilnetze des Konzeptnetzes aktiviert sind. Für die Aktivierung des Wortnetzes hat das eine ebenfalls dynamische Aktivierung der entsprechenden Teilnetze zur Folge (Anm. 18). Deshalb werden die Übergänge als dynamisch bezeichnet und es können beispielsweise Nuancen in der Wortwahl oder erschwerte Wortfindung modelliert werden (Herrmann & Grabowski, 1994; Herrmann, 1992).

Insgesamt lassen sich bei der Frage nach der Überführung von einer Struktur in eine andere, statische Ansätze, welche die Strukturen aufeinander abbilden, von dynamischen Ansätzen, welche graduelle Überführungsprozesse zwischen den Verarbeitungsbereichen beschreiben, unterscheiden. Solche dynamischen Modelle existieren für die Übergänge von den konzeptuellen Strukturen (K) zu den lexikalischen Einheiten (F). Für den Übergang von Strukturierungen der perzeptuellen Verarbeitungsstufe (P) zu den konzeptuellen Strukturen gibt es derzeit meines

Wissens keine dynamischen Modellkonzeptionen. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Einordnung verschiedener exemplarischer Ansätze:

Abbildung 1.6: Theoretische Ansätze zwischen Perzeption und Formulierung

		Übergang	
		Mapping	Dynamik
Verarbeitungs- bereiche	$P \rightarrow K$	Lang (1989) Jackendoff (1996)	?
	$K \rightarrow F$	Bierwisch (1987)	Graf u.a. (1996) Herrmann & Grabowski (1994)

Die vorliegende Arbeit liefert am Beispiel der kognitiven Verarbeitung des Dimensionsadjektivs „groß“ einen Beitrag zur Beschreibung dieser noch wenig untersuchten Prozesse, die in ihrer Bedeutung für den Sprachproduktionsprozeß betrachtet werden.

### 1.6 Die Bedeutung der Konzeptualisierung im Sprachproduktionsprozeß für das Dimensionsadjektiv „groß“

Den übergeordneten Rahmen der vorliegenden Dissertation bildet der situierte Sprachproduktionsprozeß. Dabei wird für die Modellierung der Produktion von Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ der Schwerpunkt auf die Prozeßverläufe der Konzeptualisierung gesetzt. Für die Konzeptualisierung stellt Nuyts fest:

„ Conceptualization sits at the core of the black-box problem of the human mind (Nuyts, 1992): it never reveals itself directly at the observable surface of human behaviour; it only appears indirectly, in disguise, coded or filtered through the 'structural principles' of many different types of behavioural systems, linguistic and otherwise... “ (Nuyts, 1997, S.3f)

Die Untersuchung von linguistischem Verhalten ist somit nur eine von vielen Möglichkeiten sich der „black-box“ der Konzeptualisierung zu nähern. Mit der Integration der Verarbeitungsstufe der Perzeption, als Folge der Situiertheitsforderung für den Sprachproduktionsprozeß, wird die prinzipielle Möglichkeit aufgezeigt, den Sprachproduktionsprozeß von der Perzeption über die Konzeptualisierung hin zur Formulierung und Artikulation zu beschreiben. Die Betrachtung des Sprachproduktionsprozesses als regulativer Prozeß eines kognitiven Systems erfordert für die Modellbildung eine holistische Sichtweise des System-Umwelt-Komplexes, was im nächsten Kapitel beschrieben wird.

Als wesentlichste programmatische Aussagen für die Untersuchung des Sprachproduktionsprozesses für das Dimensionsadjektiv „groß“ ergeben sich aufgrund der bisherigen Ausführungen:

- Der Konzeptualisierungsprozeß muß *interdisziplinär* untersucht werden, weil die „black-box“ der Konzeptualisierung zusätzlich von der multisensorischen Input- und nicht nur von der sprachlichen Outputseite her betrachtet werden muß.
- Die Konzeptualisierung erfolgt als *offener* Teilprozeß, weil zu keinem Zeitpunkt die Stufe der Konzeptualisierung abgeschlossen ist und somit anschließend die Stufe der Formulierung folgen kann.
- Der Konzeptualisierungsprozeß ist *dynamisch*, weil die konzeptuellen Strukturen im AG ständigen Veränderungen unterliegen. Die Informationen aus den Wissenssystemen stehen zu unterschiedlichen Zeitpunkten zur Verfügung und verändern sich innerhalb des Diskursverlaufs. Für das Dimensionsadjektiv „groß“ spielt der Einfluß der Wissenskomponenten für sensorisches, temporäres und längerfristiges Wissen eine wesentliche Rolle.
- Der Konzeptualisierungsprozeß ist *interaktiv*, weil zwischen den Subsystemen des LZG und AG ein wechselseitiger Informationsaustausch stattfindet. Zum einen stellt das längerfristig gespeicherte Wissenssystem Wissenskomponenten für die Aktualgenese bereit und zum anderen werden durch Lernprozesse Informationen aus dem AG in das LZG übernommen.
- Bei der Konzeptualisierung wird Wissen *konstruiert*, d.h. es werden Konzepte gebildet, die aufgrund der Situiertheit eine eigenständige Wirklichkeit im

kognitiven System bilden. Im Zusammenhang mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ ist die individuelle Herausbildung einer „gemittelten“ Repräsentation hierfür ein Beispiel (Anm. 19).

- Bei der Konzeptualisierung wird Wissen *individuell und aktiv* konstruiert, d.h. daß die Konzepte intra- und interpersonell variieren und Bewußtseinsprozesse die Wahrnehmungsprozesse beeinflussen können.
- Die Fähigkeit zur Kategorisierung bildet die Voraussetzung für die Konzeptbildung. Die Kategorisierung wird *ontogenetisch gelernt*.
- *Lernprozesse* sind beteiligt am Sprachproduktionsprozeß.

Für das weitere Vorgehen in dieser Arbeit werden folgende Schritte gewählt:

Im nächsten Kapitel erfolgt die theoretische Ableitung von Hypothesen aus einem holistischen System-Umwelt-Verständnis. Dabei bilden die Hypothesen den Ausgangspunkt für eine simulative Überprüfung in Kapitel 6 mit Hilfe neuronaler Netzwerke.

In Kapitel 3 werden die linguistischen Grundpositionen zu Dimensionsadjektiven dargestellt und eine Reihe von Überlegungen verschiedener Autoren zu den spezifischen Charakteristika des Dimensionsadjektivs „groß“ beschrieben.

In Kapitel 4 erfolgt die Darstellung der eigenen Modellierung der sogenannten „tools“, die als D-Modul und V-Modul den Sprachproduktionsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ als Konzeptualisierungsprozeß entsprechend den oben genannten programmatischen Aussagen abbilden. Die Bedeutung dieser „tools“ für den Sprachproduktionsprozeß wird durch das Deckblatt der Arbeit veranschaulicht. Die Kernaussage besteht darin, daß diese „tools“ im Konzeptualisierungsprozeß verantwortlich sind für den Aufbau von LZG-Wissen und auch für die Konstruktion von AG-Inhalten und in der Folge mit Hilfe dieser „tools“ propositionsnahe Äußerungen subsymbolisch konzeptualisiert werden. Sie schieben sich sozusagen zwischen die Perzeption (P) und die Wortknoten (WK) und liegen selbst als „Programme“ im LZG bereit.

In Kapitel 5 werden theoretische und experimentelle Erkenntnisse aus anderen Wissenschaftsdisziplinen diskutiert, insoweit sie einen Beitrag für den Sprachproduktionsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ leisten können.

In Kapitel 6 erfolgt die Überprüfung der in Kapitel 2 aufgestellten Hypothesen anhand von Netzwerken, die die in Kapitel 4 vorgestellten „tools“ simulieren. Dabei sind als Vorteile der Simulation die Modellierung dynamischer Prozesse zu sehen, die sowohl ontogenetische Prozesse als auch Lernprozesse darstellen können, die in einem experimentellen Design aufgrund der „black-box“-Charakteristika nicht darstellbar gewesen wären.

In Kapitel 7 wird ein Ausblick auf weitere Forschungsbemühungen gegeben, die sich aufgrund der in den vorausgegangenen Kapiteln diskutierten Aussagen ergeben.

## 2 Ableitung der Modellprämissen und Hypothesen aus dem System-Umwelt-Komplex

### 2.1 Der System-Umwelt-Komplex

Die erweiterte Sichtweise des Sprachproduktionsprozesses um die Faktoren der Situiertheit führt zur Einbeziehung der Wechselwirkungen des sprachverarbeitenden kognitiven Systems mit seiner Umwelt in die theoretische Analyse des Sprachproduktionsprozesses. In der Systemtheorie (Luhmann, 1984; Maturana & Varela, 1987) wird das Verhältnis vom Individuum und der ihn umgebenden Umwelt als System-Umwelt-Komplex bezeichnet. Das System-Verhalten wird aus dem Blickwinkel des kognitiven Systems analysiert. Die Verhaltensweisen sind Folgen der Wechselwirkungen mit der Umwelt und ermöglichen dem Individuum eine ständig verbesserte Situationsbewältigung. Für die Anpassung an die Umwelt wählt von Glasersfeld den biologischen Begriff der *Viabilität*:

„Da die Ausdrücke ‘Anpassung’ und ‘angepaßt’ häufig mißverstanden werden und der Ausdruck ‘angemessen’ oder ‘adäquat’ gewöhnlich utilitaristisch aufgefaßt wird, verwende ich den biologischen Begriff Viabilität. Handlungen, Begriffe und begriffliche Operationen sind dann viabel, wenn sie zu den Zwecken oder Beschreibungen passen, für die wir sie benutzen.“ (Von Glasersfeld 1996, S.43)

Im Sprachproduktionsprozeß wird das Individuum, welches Sprache hervorbringt als Ausgangspunkt der Untersuchung gewählt und sein hervorgebrachtes sprachliches Verhalten durch System- und System-Umweltveränderungen erklärt. Dabei betreffen diese Veränderungen sowohl Modifikationen der längerfristigen Wissensstrukturen als auch die Konstruktionsprozesse, die es dem sprachverarbeitenden Individuum ermöglichen, in einer konkreten Kommunikationssituation eine *funktional passende* sprachliche Äußerung hervorzubringen. Die Aufgabe für das kognitive System bzw. neuronale System besteht nach Peschl darin

„... , jene Strukturen, Prozesse und Dynamik bereitzustellen, die *adäquates* (= ein in die Umwelt *funktional passendes*) *Verhalten* zu generieren imstande sind.“ (Peschl 1994, S.30, Hervorhebungen des Autors)

In der vorliegenden Arbeit umfaßt der Konzeptualisierungsprozeß für das Dimensionsadjektiv „groß“ sowohl den Aspekt der *Wissensbildung* als längerfristige Situationsbewältigung als auch der *Wissensnutzung* als Bewältigung einer konkreten Einzelsituation. Dabei bewirken die ontogenetischen Lernprozesse die Ausbildung von individuellen Bezugssystemen, die als mentale Konstruktionen viabel sind. Die dynamische Bereitstellung der Informationen in der Konzeptualisierungsphase des Sprachproduktionsprozesses erfolgt mit Hilfe der „tools“, die u.a. als Werkzeuge der Wissensnutzung für die funktional passende Äußerung verantwortlich sind.

### **2.1.1 Das sprachverarbeitende Individuum**

Betrachtet man das sprachverarbeitende Individuum als ein kognitives System, so läßt es sich mit Hilfe bestimmter Eigenschaften beschreiben, die für Systeme im allgemeinen zutreffen (Luhmann, 1984). Ein sprachverarbeitendes Individuum kann deshalb als kognitives System bezeichnet werden, weil es mit dem zentralen Nervensystem eine transformierende Instanz besitzt (Rickheit & Strohner, 1993). Die Transformationsfunktion erfordert die Integration sensomotorischer Informationen, womit der Sprachproduktionsprozeß vollständig beschrieben werden kann. Für Pechl bedeutet das:

„...die Transformation, welche die sensomotorische Integration repräsentiert und im neuronalen Substrat physisch verkörpert, ist letztendlich für die Generierung des Verhaltens verantwortlich.“ (Pechl, 1994, S.3)

Für die Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“ gilt entsprechend, daß perzeptuell eingehende Information in Wissensbesitz transformiert und auf diesen im Sprachproduktionsprozeß Bezug genommen wird und daraus sprachliches Verhalten resultiert.

#### **2.1.1.1 Operationale Geschlossenheit und Autonomie**

Eine im Hinblick auf das Verständnis der vorliegenden Arbeit wichtige Eigenschaft eines solchen kognitiven Systems ist, daß dieses ein in sich geschlossenes System

bildet. Ein solches operational geschlossenes System ist das menschliche Nervensystem (Maturana & Varela, 1987). In diesem erfolgt der Wissensaufbau mittels eines Netzwerkes von untereinander in Verbindung stehenden einzelnen Einheiten, die ihre Verbindungen zueinander ständig neu verstärken oder abschwächen. Für die Wahl der Methodik bedeutet das, daß sich die Abläufe in einem solchen Netzwerk mit Hilfe eines neuronalen Netzwerkes simulativ abbilden lassen.

Ein kognitives System kann zunächst unabhängig von seiner Umwelt beschrieben werden, das heißt, das sprachverarbeitende Individuum besitzt die Eigenschaft der *Autonomie*. Im systemtheoretischen Verständnis kennzeichnet die *autopoietische Organisation* von Systemen diese als autonom. Autopoiesis bedeutet, daß sich Systeme ständig selbst mit ihren Elementen erzeugen (Schwanitz, 1990). So ist jedes autonome System in der Lage, seine eigenen Gesetzmäßigkeiten hervorzubringen und erhält auf diese Weise seine Individualität.

Jedes sprachverarbeitende Individuum baut sich seinen ihm eigenen Wissensbesitz auf, auf welchen es bei der Sprachproduktion zugreift. Dieses Wissen unterliegt im Verlaufe der Entwicklung des Individuums ständigen Veränderungen. Zu keinem Zeitpunkt jedoch gleicht dieses Wissen dem eines anderen Individuums. Entsprechend baut sich jedes sprachverarbeitende Individuum sein eigenes Wissen bezüglich des Adjektivs „groß“ auf. Dabei vollzieht sich diese Entwicklung in Abhängigkeit von anderem bereits entstandenem Wissen. Im Falle des Dimensionsadjektivs „groß“ muß bereits Wissen über die Objektklassen vorhanden sein. In Objektklassen werden Gegenstände aufgrund von Ähnlichkeiten zusammengefaßt. Es muß eine genügend große Vertrautheit mit den Objektklassen bestehen, damit in der Folge eine erweiterte Klassifikation mit Hilfe der Größeninformation erfolgen kann. Die Konstruktion bzw. Kategorisierung der einzelnen Objektklassen ist kein homogener Prozeß. Das bedeutet, daß bestimmte Objektklassen schneller kategorisiert werden und somit zu einem früheren Zeitpunkt ein höheres Vertrautheitsmaß erlangt wird als für andere Klassen. Als Einflußfaktoren auf eine inhomogene Ausbildung der Objektkategorisierung lassen sich unterscheiden:

a) Faktoren, die in der Auseinandersetzung des Individuums mit den Vertretern der Objektklasse begründet sind. Sie werden mit dem Begriff *Exemplarerfahrung* erfaßt. Die Exemplarerfahrung gibt darüber Auskunft, wie häufig sich einem Betrachter eine

Teilmenge der Exemplare einer Klasse präsentiert. Eine Objektklasse kann sich dem Betrachter in Form von vielen verschiedenen Exemplaren präsentieren, d.h. daß die Exemplarvielfalt groß ist. Präsentieren sich dem Individuum dagegen nur wenige Exemplare, die es dafür mehrfach wahrnimmt, so ist die Exemplarvielfalt klein und die Exemplarerfahrung groß. Für die Herausbildung eines Vertrautheitsmaßes stellt sich die Frage, ob dieses schneller gebildet wird, wenn das Individuum mit vielen verschiedenen Exemplaren oder mit wenigen, dafür aber mehrfach präsentierten Exemplaren konfrontiert wird.

b) Faktoren, die im Zusammenwirken der gleichzeitigen Kategorisierung verschiedener Klassen begründet sind. Die *Kategorieerfahrung* bezeichnet den Anteil an Vertretern einer Klasse im Verhältnis zum Anteil der übrigen Vertreter der anderen Klassen, wobei alle Klassen gleichzeitig, also parallel präsentiert werden. Das bedeutet, daß ein Betrachter gleichzeitig mit einer bestimmten Klasse und ihren Vertretern regelmäßig öfter oder weniger oft konfrontiert wird als mit anderen Klassen und deren Vertretern seines Erfahrungsbereichs.

c) Faktoren, die in der Auseinandersetzung des Individuums mit den Klassen begründet sind. Die Gesamtheit der Vertreter einer Klasse kann sich von der Gesamtheit der Vertreter einer anderen Klasse verschieden stark unterscheiden. So sind sich beispielsweise Hunde und Katzen generell einander ähnlicher als es Hunde und Bäume zueinander sind. Dies wird mit Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit, d.h. *Distinktivität* bezeichnet.

Der Einfluß, den die Faktoren der Exemplarerfahrung, Kategorieerfahrung und Distinktivität auf den Prozeß der Objektkategorisierung nehmen, wird mit folgenden Modellhypothesen formuliert:

*M1-Hypothese: Je größer die Exemplarerfahrung, desto besser ist die Kategorisierung.*

*M2-Hypothese: Je größer die Kategorieerfahrung, desto besser ist die Kategorisierung.*

*M3-Hypothese: Unterscheiden sich Klassen bezüglich ihrer Ähnlichkeit zueinander, so bilden sich Unähnlichkeiten zwischen den Klassen in Form von Kategorien schneller heraus.*

### 2.1.1.2 Strukturen und Prozesse

Zur Beschreibung der Abläufe in einem kognitiven System ist aus systemtheoretischer Sicht eine Unterscheidung in Strukturen und Prozesse möglich (Schwanitz, 1990). Diese tragen zum Aufbau der Systeme bei. Ihnen obliegt somit eine ordnungsbildende Funktion. Im Zusammenhang mit der kognitiven Verarbeitung des Dimensionsadjektivs „groß“ im Sprachproduktionsprozeß lassen sich hier Wissensstrukturen sowie Prozesse zur Sprachproduktion und zum Wissensaufbau unterscheiden.

In Bezug auf die Wissensstrukturen spielen hierbei verschiedene Formen von Wissenszuständen eine Rolle. Bei der Produktion einer Äußerung mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ greift das Individuum auf bereits gebildetes Wissen bezüglich der Größen bestimmter Objektklassen zurück. Gleichzeitig kann das Individuum perzeptuell mit neuem Größenwissen konfrontiert werden, oder es können Größenverhältnisse im Diskursverlauf eingehen. Alle diese Wissenskomponenten beeinflussen die Selektion des Größenadjektivs oder einer seiner Abstufungen. Aus theoretischer Sicht ist dabei die Unterscheidung wichtig, welcher Status jeweils diesen Wissensformen zugeschrieben werden kann. Für die Modellbildung bietet sich an, die einzelnen Wissenskomponenten entsprechend der Herkunft aus den Gedächtnissystemen jeweils mit sogenannten Statuszuweisungen zu kennzeichnen.

Als Prozesse lassen sich solche unterscheiden, die Strukturen aufbauen und solche die diese Strukturen im Sprachproduktionsprozeß nutzen. Die Prozesse der Sprachproduktion laufen im Arbeitsgedächtnis ab und sind daher an dessen Kapazitätsbeschränkung gebunden (Rickheit & Strohner, 1993). Diese Kapazitätsbeschränkung ist Bestandteil der Modellkonzeption in Kapitel 4. Das V- und D-Modul des Modells sind Verarbeitungsinstrumentarien, die im Arbeitsgedächtnis ablaufen und sowohl für den längerfristigen Wissensaufbau als auch für die Wissensnutzung in der Aktualgenese verantwortlich sind. Ihr wechselseitiges Zusammenspiel führt zu Modifikationen sowohl der temporären als auch der längerfristig gespeicherten Strukturen.

### 2.1.2 Umweltinformationen

Die bisherige Kennzeichnung des sprachverarbeitenden Individuums als autonom steht nicht in Widerspruch zu seiner engen Verflochtenheit mit der ihn umgebenden Umwelt. Im systemtheoretischen Verständnis ist mit der autopoietischen Organisation von Systemen der *Akt der Unterscheidung* verbunden. Ein Individuum konstituiert sich als unterschiedlich vom umliegenden Milieu. Diese Umwelt kann selbst als System verstanden werden. Sie ist die Umgebung des Lebewesens mit einer eigenen strukturellen Dynamik. Beide Systeme stehen miteinander in Interaktion und verändern durch ihren wechselseitigen Einfluß ihre inneren Strukturen. In der Systemtheorie werden Zustandsänderungen in der Struktur des Lebewesens, die von Zuständen in dessen Umwelt ausgelöst werden, als *Perturbationen* bezeichnet. Umwelt und Individuum sind füreinander Quellen von Perturbationen, man spricht hier auch von *struktureller Kopplung*. Nach den Einflußmöglichkeiten werden verschiedene Umwelten unterschieden, die in Abschnitt 2.2 systematisiert werden.

Für das sprachverarbeitende Individuum, welches Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ im Sprachproduktionsprozeß produziert, ist die Interaktion mit seiner Umwelt hierfür Grundvoraussetzung. So kann es beispielsweise einem bestimmten Objekt nur dann die Eigenschaft „groß“ zuschreiben, wenn es über Wissen verfügt, wie die anderen Objekte derselben Objektklasse zu diesem in Bezug auf die Eigenschaft Größe kategorisiert werden können. Wird beispielsweise ein Objekt wahrgenommen und in einem ersten Schritt als „Elefant“ kategorisiert, so nimmt das Individuum parallel dazu Information über die Größe dieses Elefanten wahr. Die Größeninformation kann zusammen mit der Klasseninformation dann in einem zweiten Schritt genutzt werden, um das wahrgenommene Objekt, den Elefanten, näher zu beschreiben als „großen Elefanten“ oder „kleinen Elefanten“. Hierzu muß ein Vergleich mit bereits gespeichertem Wissen über die Größe eines durchschnittlichen Elefanten stattfinden. Erhält das Individuum aus seiner Umwelt die Größeninformation über den speziell wahrgenommenen Elefanten mit Hilfe seiner visuellen Sinnesorgane, dann wird diese Information zu weiteren internen Konstruktionsprozessen verwendet und es bildet sich eine interne Strukturierung des Größen- und Objektwissens heraus. Die Art und Weise der Zugriffsmöglichkeiten des

Individuums auf die Umweltinformation ist durch seine internen, durch die Phylogenese vorgegebenen Strukturierungen beschränkt, d.h. aufgrund der biologischen Anlagen, bestehend aus Sensoren und Effektoren und der Organisationsprinzipien, kann von Strukturdeterminiertheit des kognitiven Systems gesprochen werden. Die Wahrnehmung der Größeninformation ist durch die Struktur des kognitiven Systems determiniert. Für den Verarbeitungsprozeß der Größeninformation, welche für weitere Konzeptualisierungsprozesse notwendig ist, wird angenommen, daß sich diese Information zusammensetzt aus Netzhautbildinformation und Entfernungsinformation (vgl. Kapitel 5).

Das sprachverarbeitende Individuum lernt im Rahmen seiner Ontogenese sämtliche Informationen in Beziehung zu setzen zu anderen, bereits intern herausgebildeten Strukturen. Für die Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ wird die perzeptuelle Information mit dem Wissen über einzelne Objektklassen, das sich gemäß der Modellhypothesen 1 bis 3 herausbildet, verknüpft. Wichtig ist hierbei der Aspekt des Lernens, der sich aus der Interaktionsrelation des Individuums mit seiner Umwelt ergibt. Dabei verändern sich die internen Strukturierungen des Individuums fortlaufend. Das Lernen ist damit die Verknüpfung von Strukturen und Prozessen und somit die dritte Dimension des kognitiven Systems. Lernen verhilft dem kognitiven System zu einer immer optimaleren Anpassung an seine Umwelt, wodurch eine verbesserte Situationsbewältigung erzielt wird (Rickheit & Strohner, 1993). In Rahmen der Simulation in Kapitel 6 wird dieser Aspekt des Lernens des sprachverarbeitenden Systems mittels der Variation der Lernrate in unterschiedlichen Szenarien simuliert. Damit soll gezeigt werden, wie sich das Größenwissen graduell im kognitiven System aufbaut. Für das sprachverarbeitende Individuum im Sprachproduktionsprozeß bedeutet das, daß den Entwicklungsstufen des Lernens jeweils Wissensstufen entsprechen, die Beschränkungen für das Individuum im Sprachproduktionsprozeß darstellen.

Um Aussagen über den Zusammenhang zwischen Umwelt und der strukturellen Kopplung des kognitiven Systems treffen zu können, müssen Hypothesen über die Einflußgrößen getroffen werden, die für die Entwicklung der internen Strukturierung

des Größenwissens beim Individuum verantwortlich sind. Dieses Größenwissen, so wird hier angenommen, wird bezüglich einzelner Objektklassen herausgebildet, wobei die Beschaffenheit der Umweltinformationen Einfluß auf den inneren Konstruktionsprozeß hat. Für die Größeninformation wird angenommen, daß die wesentlichen Einflußgrößen die Größenwertstreuung und die Größenprägnanz sind.

Mit der *Größenwertsteuerung* wird das Spektrum der vorliegenden Ausprägungsmerkmale von Größe innerhalb einer Objektklasse bezeichnet. Die Größenklassen stehen für die Unterschiede in den Größenausprägungen der einzelnen Objekte einer Klasse. Liegen die Objekte einer Klasse in Größen vor, welche keine großen Unterschiede aufweisen, so wird, laut der nachfolgenden M6-Hypothese, sich für diese Klasse auch keine Differenzierung in der Kategorisierungsleistung mittels der Größe herausbilden. Die Kategorisierungsleistung besteht darin, daß es im Individuum zur Ausbildung eines *Bezugssystems* kommt, das individuell konstruiert wird und als Gedächtnisbesitz längerfristig zur Verfügung steht.

Unter *Größenprägnanz* wird eine un stetige Größenwertstreuung verstanden, d.h. die Größenausprägungen in einer Objektklasse liegen diskontinuierlich vor. Es gibt beispielsweise viele „kleine“ Exemplare einer Objektklasse in unterschiedlicher Größenausprägung, während es von den „großen“ Exemplaren nur eine Größenausprägung gibt und Exemplare, die in der Größenausprägung dazwischen liegen, überhaupt nicht vorkommen.

Es lassen sich folgende Modellhypothesen der späteren Simulation ableiten:

*M6-Hypothese: Je größer die Größenwertstreuung, desto differenzierter ist die Klassifikation.*

Diese Hypothese leitet sich ab aus der Annahme, daß ein kognitives System im Kontext des System-Umwelt Bezugs ein immer adäquateres Instrumentarium zur Situationsbewältigung entwickelt. Die komplexere Umwelt wird in der Simulation in Kapitel 6 operationalisiert durch die zunehmende Größenwertstreuung. Die Differenzierung der inneren Struktur des kognitiven Systems ist somit das Resultat der Interaktionsrelation und ein Ergebnis der Situationsbewältigung dieser komplexeren Umwelt. Konkret bedeutet dieses für die Operationalisierung der

Situationsbewältigung, daß sich im sprachverarbeitenden Individuum verschiedene Bezugssysteme für die entsprechenden Objektklassen ausbilden.

*M7-Hypothese: Je größer die Größenprägnanz, desto schneller bilden sich die Klassifikationsbereiche heraus.*

Diese Hypothese basiert auf der Annahme, daß aufgrund der Schnelligkeit der zu treffenden Entscheidungen die prägnantere Information für die entsprechende Objektklasse vorrangig intern verarbeitet wird, das bedeutet, daß sich die Fähigkeit zur „groß-klein“-Unterscheidung für diese Objektklasse schneller herausbildet. Im Bezugssystem bilden sich die Extremwerte schneller heraus, bevor dann eine ausdifferenziertere Klassifikation für die dazwischenliegenden Größenwertvariationen stattfindet (Anm. 1).

### **2.1.3 Soziales System**

Neben der Interaktion eines Individuums mit seiner Umwelt tritt es auch in ständige Interaktion mit anderen Individuen. Diese beeinflussen sich wechselseitig und verändern sich miteinander. In der Systemtheorie spricht man hier von einem gemeinsamen *strukturellen Driften* der Organismen und von ihrer Ko-Ontogenese.

Wenn mehrere solcher Organismen rekursiv interagieren, resultieren daraus die sogenannten *sozialen Systeme* (Luhmann, 1984; Maturana & Varela, 1987). Diese sozialen Systeme bringen wie alle Systeme eine eigene Phänomenologie hervor, in diesem Fall die soziale Phänomenologie. Bei den interagierenden Individuen ist das die Kommunikation und Sprache. Diese Sichtweise ordnet somit die Frage nach der Sprache nicht dem kognitiven System zu. Die resultierende Phänomenologie wird nicht intern vom kognitiven System hervorgebracht und sollte daher getrennt analysiert werden. Stellt man die Frage, welche Bedeutungen bestimmten Ausdrücken einer Sprache als soziales Phänomen zugeschrieben werden können, dann ist diese Vorgehensweise meiner Ansicht nach allein schon deswegen nicht praktikabel, weil hierzu unzählig viele individuelle Bedeutungen berücksichtigt werden müssten. Herrmann und Graf (Herrmann & Graf, 1995) unterscheiden in diesem Zusammenhang eine psychologische von einer linguistischen Vorgehensweise. In der

psychologischen Sichtweise konstituieren sich Bedeutungen im Kopf des Individuums, während bei der linguistischen Sichtweise erst der Blick auf das Kollektiv Bedeutungen hervorbringt. Die Frage nach den Bedeutungen der Ausdrücke einer Sprache und der Struktur von Sprache ist somit eine Frage des sozialen und nicht des kognitiven Systems. In dieser Arbeit wird die Verlaufsrichtung von der Ausbildung von individuellem Gedächtnisbesitz bis hin zur Assoziation mit Ausdrücken einer Sprache besprochen. Dabei lernt das Individuum im Laufe seiner Entwicklung seinen inneren ausgebildeten kognitiven Strukturen bestimmte Bezeichnungen der allgemein verwendeten Sprache zuzuordnen und somit funktional passende sprachliche Äußerungen hervorzubringen.

#### **2.1.4 Positionen im System-Umwelt-Komplex**

Anhand der Komponenten des System-Umwelt-Komplexes lassen sich drei Positionen ableiten, die aus unterschiedlichen Perspektiven auf den System-Umwelt-Komplex Bezug nehmen. Diese Differenzierung ist von Bedeutung für die Einordnung der folgenden argumentativen Positionen und die Verdeutlichung des eigenen Ansatzes.

Als Folge der strukturellen Kopplung des Individuums zu seiner Umwelt ergeben sich die Systempositionen 1 und 2.

*Systemposition 1:* Die Systemposition 1 beschreibt die wechselseitige strukturelle Kopplung des Systems an seine Umwelt aus dem Blickwinkel des kognitiven Systems. Das bedeutet, daß das Individuum und der Bereich seiner inneren Zustände und Strukturveränderungen betrachtet werden. Es erfolgt eine interne Betrachtung des System-Umwelt-Komplexes.

*Systemposition 2:* Die Systemposition 2 betrachtet die Interaktion von Individuum und Umwelt aus einer neutralen Perspektive, d.h. aus der Vogelperspektive. Es erfolgt eine externe Betrachtung des System-Umwelt-Komplexes. Diese Betrachtungsweise liefert Beschreibungen der Perturbationen von System und Umwelt. Als Ergebnis der strukturellen Kopplung des Systems zur Umwelt bringt das

kognitive System Verhalten hervor. Für die Sichtweise des kognitiven Systems bedeutet das, das seinem Verhalten von einem externen Betrachter Bedeutung zugeschrieben werden kann.

Maturana und Varela (1987) sprechen im Zusammenhang mit der Unterscheidung der beiden Betrachtungsweisen, die hier mit Systemposition 1 und 2 gekennzeichnet werden, von der sogenannten „logischen Buchhaltung“ im Sinne einer logischen Trennung der beiden Positionen:

„indem wir genau unterscheiden zwischen dem Operieren eines Organismus und der Beschreibung seiner Verhaltensweisen.“ (Maturana & Varela 1987, S. 222)

Erfolgt die Betrachtung der Gesamtheit der kognitiven Systeme bzw. System-Umwelt-Komplexe, so ergibt sich mit der Systemposition 3 eine weitere Betrachtungsebene, bei welcher ebenfalls ein neutraler Betrachter das hervorgebrachte Verhalten von gemeinsam handelnden Organismen bzw. Systemen beschreibt.

*Systemposition 3:* Die Systemposition 3 betrachtet das soziale System, d.h. die Gesamtheit der einzelnen kognitiven System-Umwelt-Komplexe. Sie beschreibt die von ihm hervorgebrachte Phänomenologie, die Kommunikation und die Sprache. Sie stellt die Frage nach den Elementen und ihrer Verwendung (Anm. 2).

In einem erweiterten Verständnis der Systemposition 1 wird der Versuch unternommen, die Konstruktion des Umweltwissens des Individuums als Entwicklungsprozeß im Individuum zu beschreiben, bei welchem alle System-Umwelt-Wechselwirkungen ausgehend vom kognitiven System beschrieben werden. Hierzu bedarf es eines Umweltmodells, welches alle Wechselwirkungen erfaßt und gleichzeitig die Möglichkeit bietet, diese aus dem Blickwinkel des sich selbst organisierenden kognitiven Systems zu beschreiben. Dabei ist aus methodologischer Sicht wichtig, daß Modelle zur Nachbildung kognitiver Prozesse des sich selbstorganisierenden Systems entwickelt werden, die auf den kleinsten gemeinsamen Nenner zurückführbar sind. Für diesen stellt Peschl fest:

„Neuronale Systeme sind die Basis aller kognitiven Phänomene und sind für die Generierung jeglichen Verhaltens verantwortlich.“ (Peschl 1994, S. 27)

## 2.2 Die Darstellung der Umwelt in einem Ebenenmodell

Eine Einheit wie beispielsweise ein kognitives System und sein ihn umgebendes Milieu beeinflussen sich ständig gegenseitig. Die Folge sind Strukturänderungen im kognitiven System, welche wiederum determiniert sind von der vorgegebenen Struktur des kognitiven Systems. Eine hieran anknüpfende Sichtweise vertritt Bronfenbrenner (1981). Die Erforschung der menschlichen Entwicklung muß seiner Ansicht nach auf dem Hintergrund der strukturellen Kopplung gesehen werden.

„Ausgangspunkt [für die Erforschung der menschlichen Entwicklung] ist ein bestimmtes Verständnis der in der Entwicklung begriffenen Person und ihrer Umwelt, insbesondere der allmählich entstehenden *Wechselwirkungen* zwischen beiden; ich definiere Entwicklung hier als dauerhafte Veränderung der Art und Weise, wie die Person die Umwelt wahrnimmt und sich mit ihr auseinandersetzt.“ (Bronfenbrenner, 1981, S.19)

Im Zentrum stehen die *Beziehungen* zwischen den Lebensbereichen. *Umwelt* ist für Verhalten und Entwicklung bedeutsam, wie sie wahrgenommen wird und nicht, wie sie in der „objektiven“ Realität sein könnte (Bronfenbrenner, 1981). Es gibt keine objektive Umwelt, sondern nur individuelle Konstruktionen der Umwelt, die sich aufgrund der Wechselwirkungen von Individuen mit der Umwelt ergeben. Jedes Individuum steht in seinen ihm eigenen Interaktionsrelationen, kein anderes Individuum macht genau dieselben Erfahrungen oder befindet sich in genau denselben Situationen. In jedem Individuum bildet sich individuell konstruierter Wissensbesitz heraus. Für diese direkten Wechselwirkungen von Individuum und Umwelt werden bei Bronfenbrenner zwei Subsysteme definiert.

Das ist zum einen das *Mikrosystem*. Es bezeichnet einen bestimmten Lebensbereich des Individuums. Zu diesem Lebensbereich zählen bestimmte Personen, die jeweils bestimmte Rollen zugeschrieben bekommen. Mit diesen Rollen assoziiert das Individuum spezielle Verhaltensweisen und Erwartungen. Weitere Elemente des Mikrosystems sind die Tätigkeiten oder Aktivitäten, die den Lebensbereich auszeichnen sowie die zwischenmenschlichen Beziehungen, die zwischen der Person oder den Personen des Lebensbereichs und dem Individuum, das in Relation zu diesem Lebensbereich steht, bestehen.

Das andere System umfaßt alle Wechselwirkungen der Gesamtheit der Lebensbereiche, zu denen das Individuum direkten Zugang hat. Es wird als *Mesosystem* bezeichnet. Mit diesen beiden Subsystemen steht das Individuum in

direkten Wechselwirkungen. Sie bilden die Grundlage für die Entstehung von individuellem Wissensbesitz.

Neben diesen beiden Subsystemen definiert Bronfenbrenner das *Exosystem*. Es bezeichnet die Wechselwirkungen zwischen allen Lebensbereichen, zu welchen das Individuum keinen direkten Zugang hat. Diese Lebensbereiche können jedoch Einfluß haben auf Lebensbereiche, mit denen das Individuum in direkter Wechselwirkung steht. Außerdem können Lebensbereiche des Individuums solche des Exosystems beeinflussen.

Insgesamt kann die Umwelt als Gesamtkomplex aller ineinandergeschachtelter und miteinander in Wechselwirkung stehender Systeme betrachtet werden. Bronfenbrenner wählt hierfür die Bezeichnung *Makrosystem*. Das Makrosystem umfaßt alle Relationen zwischen Individuen und Lebensbereichen sowie die Relationen zwischen den Lebensbereichen. Das Individuum ist am Makrosystem beteiligt. Durch seine direkten Wechselwirkungen mit seinem Mesosystem beeinflusst es beispielsweise Mikro- und Mesosysteme anderer Individuen. Gleichmaßen unterliegt es den Einflüssen der Exosysteme, auch wenn es auf diese keinen direkten Einfluß hat.

Die Ebenendarstellung der Umwelt stellt ein geeignetes Modell für das sprachverarbeitende Individuum dar, weil dieses damit in die Gesamtheit aller Wechselwirkungen eingebettet ist. Auf diese Weise kommt dem sprachverarbeitenden Individuum eine Doppelfunktion zu. Zum einen bildet das Makrosystem die Umwelt für das Individuum, die dieses intern konstruiert. Zum anderen ist das Individuum aus der Perspektive des Makrosystems ein Teilbereich davon und konstituiert durch seine Wechselwirkungen das Makrosystem mit. Somit werden mit dem Modell sowohl die inneren Konstruktionsprozesse der Sprachproduktion als auch die Prozesse des Hervorbringens der sprachlichen Phänomenologie erfaßt. Die Sprache erfüllt auf diese Weise eine Doppelfunktion: Sie ist kognitiv und kommunikativ wirksam (Klix, 1998a).

In Kapitel 1 wurden einige systemexterne Faktoren vorgestellt, welche in die einzelnen Sprachproduktionsmodellkonzeptionen Eingang gefunden haben. Das

Ebenenmodell der Umwelt bietet m.E. eine Möglichkeit, diese Faktoren systematisch zu erfassen und sie ausgehend von den kognitiven Prozessen des Individuums zu modellieren.

Das Analog des Mikrosystems bildet die konkrete Dialogsituation, in der sich das sprachproduzierende Individuum befindet. Zu ihr steht das Individuum in direkter struktureller Kopplung. Sie existiert nur in der Wechselwirkung mit dem Individuum. Eine kommunikative Situation ist somit immer subjektiv (Rickheit & Strohner, 1993). Zu der Dialogsituation gehören die Kommunikationsteilnehmer, denen vom Individuum bestimmte Rollen zugewiesen werden können und an die das sprachverarbeitende Individuum bestimmte Erwartungen und Vorstellungen knüpft. (Anm. 3) Desweiteren zählt das Thema dazu, welchem die Aufmerksamkeit der Kommunikationsteilnehmer gilt. Innerhalb der Dialogsituation können zusätzlich Teilaspekte des Themas fokussiert werden. Zur Dialogsituation gehören außerdem die konkreten Handlungsziele und -pläne des Individuums (Herrmann & Grabowski, 1994).

Das Mesosystem stellt eine Abstraktion von der konkreten Dialogsituation dar. Es umfaßt alle kommunikativen Wechselwirkungen, in denen das sprachverarbeitende Individuum im Rahmen seiner verschiedenen Lebensbereiche steht. Es beinhaltet alle Dialogsituationen sowie das Wissen des Individuums um mögliche Kommunikationspartner und die Verhaltenserwartungen an diese in den verschiedenen kommunikativen Situationen. Das Mesosystem umfaßt die Gesamtheit der Handlungssituationen und die kommunikativen Ziele des Individuums sowie das instrumentelle Wissen, wie diese in den einzelnen konkreten Situationen realisiert werden können.

Neben diesen direkten Wechselwirkungen sind für das sprachverarbeitende Individuum als Kommunikationsteilnehmer die Wechselwirkungen anderer Individuen relevant. Aus dem Blickwinkel des sprachverarbeitenden Individuums bilden sie das Exosystem. Andere Kommunikationsteilnehmer stehen in Wechselwirkungen zu ihren ihnen eigenen Mikro- und Mesosystemen. Sie machen ihre kommunikativen Erfahrungen bezüglich Handlungszielen, Kommunikationspartnern sowie der Operationalität von kommunikativen Mitteln sowie der Gestaltung des Redebeitrags. Das sprachverarbeitende Individuum steht nicht in direkter Wechselwirkung zu

diesem System, wirkt aber durch die Wechselwirkungen in seinen Kommunikationssituationen, die sein Mesosystem bilden, an dem Exosystem „Kommunikationsmaximen“ mit. Dieses Exosystem wirkt gleichzeitig auf die Mesosysteme der einzelnen Individuen ein. Die Beeinflussung kann in der „Befolgung“ der Kommunikationsmaximen gesehen werden.

Die Gesamtheit aller Wechselwirkungen wird mit dem Makrosystem erfaßt. Das sprachverarbeitende Individuum mit seinen Wechselwirkungen zu den Subsystemen ist ein Bestandteil davon. Das Makrosystem umfaßt als übergeordnetes System die sprachlichen Normen und Konventionen einer Sprachgemeinschaft. Das sprachverarbeitende Individuum steht zu diesem System in keiner direkten strukturellen Kopplung. Durch seine Wechselwirkungen prägt es aber dieses System mit. Das sprachverarbeitende Individuum ist somit konstitutiver und konstituierender Bestandteil dieses Makrosystems.

### **2.3 Denkrichtungen zur Entstehung von Umweltwissen im Individuum**

Es lassen sich zwei unterschiedliche Standpunkte vertreten, wie die wechselseitige Beeinflussung von kognitivem System und Umwelt zu beschreiben ist. Diese bilden die Grundlage für die unterschiedlichen theoretischen Standpunkte, für welche sich mit dem Kognitivismus, dem Konnektionismus und dem Konstruktivismus eigene Theorien herausgebildet haben.

#### **2.3.1 Repräsentation von Umweltinformationen**

Die erste Sichtweise wird im Rahmen der Theorie des Kognitivismus und in einem engerem Sinne, auch von den Vertretern des Konnektionismus vertreten. Sie geht davon aus, daß eine Umwelt vorliegt, die vom kognitiven System abgebildet wird. Die Arbeitsweise des kognitiven Systems ist somit *repräsentationistisch*: Information aus dem umgebenden Milieu wird „aufgenommen“, verarbeitet und im kognitiven System

verinnerlicht. Die theoretischen Ansätze des Kognitivismus und Konnektionismus unterscheiden sich in der Folge darin, wie diese Repräsentation aussehen kann.

Innerhalb des *Kognitivismus* geht man davon aus, daß es sich bei diesen Repräsentationen um symbolische Repräsentationen handelt. Eine weitere Annahme besteht darin, daß die Intelligenz eines kognitiven Systems in ihren wesentlichen Merkmalen so stark einem Computer ähnelt, daß Kognition als Rechnen mit symbolischen Repräsentationen definiert werden kann (Helm, 1991). In diesem Zusammenhang spricht man auch von der Computermetapher (Rickheit & Strohner, 1993; Strohner, 1995).

Wichtig für die Frage der Repräsentation ist, daß die symbolischen Repräsentationen physikalisch im informationsverarbeitenden System vorliegen. Im Computer sind damit die Speicherzustände gemeint, die Kombinationen von 0-en und 1-en aufweisen. Dabei entspricht '0' dem Zustand „Strom fließt nicht“ und '1' dem Zustand „Strom fließt“. Diese Speicherzustände befinden sich auf der untersten Betrachtungsebene, die als *physikalische Dimension* bezeichnet wird. Dieser Dimension entspricht in der kognitivistischen Sichtweise der menschlichen Informationsverarbeitung im Gehirn die *neuronale Ebene*. (Helm, 1991)

Die nächsthöhere Ebene ist die der Symbole, die auch *algorithmische Ebene* oder *syntaktische Ebene* genannt wird.

Beim Computer können hier verschiedene weitere Ebenen unterschieden werden wie beispielsweise die unterste Ebene, die des Maschinencodes oder die Ebene einer höheren Programmiersprache. Auf der algorithmisch-syntaktischen Ebene wird angegeben, wie sich die Symbole aufbauen. Es lassen sich Daten-Symbole und Programm-Symbole, die auf die Datensymbole angewendet werden und diese verändern, unterscheiden. Beide Symbolformen sind im gleichen Medium gespeichert und in gleicher Weise als 0-1-Folgen kodiert. Bei der Manipulation der Daten-Symbole durch die Programm-Symbole beziehen sich die algorithmischen Umformungsregeln ausschließlich auf die formalen Eigenschaften, d.h. die physikalische Form der Symbole. Eine solche Umformulierungsregel besagt beispielsweise, daß an irgendeiner Stelle des Programms eine '0' in eine '1' umgewandelt wird. Werden die Symbole der algorithmischen Ebene von einem

Betrachter interpretiert, bekommen sie auf diese Weise Bedeutung. Diese Ebene wird als *semantische Dimension* bezeichnet. Wie gesehen, betreffen die Operationen zwar die formalen Eigenschaften der Symbole, aber sie sind semantisch gesteuert. Symbole können daher unter einem doppelten Aspekt gesehen werden: Einerseits sind es konkrete physikalische Objekte, andererseits haben sie Bedeutung. Durch die semantische Interpretation durch einen Betrachter bekommen die Symbole den Charakter von Unterscheidungen. Jede dieser Unterscheidungen ist für das Programm von Bedeutung. Diese Unterscheidungen werden in der Syntax, dem Symbolcode, festgelegt. Die Syntax legt fest, wie sich die Symbole aufbauen. Welche Symbole aufgebaut werden sollen, d.h. welche Unterscheidungen notwendig sind, hingegen, wird von der Semantik festgelegt. Man sagt daher, daß die Syntax eines Computerprogramms dessen Semantik encodiert (Varela, 1990).

Bewegt man sich wie in der kognitivistischen Sichtweise in der Computermetapher, so stellt sich die Frage nach der Analogie zu dieser algorithmisch-syntaktischen Ebene bei der menschlichen Informationsverarbeitung.

Der Symbolismus bezeichnet diese Ebene als die „Sprache des Geistes“ (Fodor, 1975). Auf dieser Ebene befinden sich die Symbole. Die Symbole der Sprache des Geistes sind die propositionalen Einstellungen. Propositionale Einstellungen sind innere Zustände im sprachverarbeitenden Individuum, die eine kausale Rolle bei der Entstehung von Handlungen aufweisen (Helm, 1991). Sie liegen in einem bestimmten Modus vor und drücken so eine Überzeugung, einen Wunsch u.s.w. aus. Deweiteren haben sie einen Inhalt. Dieser Inhalt wird im „daß“-Satz, der der Einleitung durch den Modus folgt, ausgedrückt. Ein Beispiel für eine propositionale Einstellung ist: „Erna glaubt, daß Elefanten große Tiere sind.“ Eine solche propositionale Einstellung zu haben bedeutet, daß im sprachverarbeitenden Individuum eine entsprechende mentale Repräsentation gebildet wurde. Propositionale Einstellungen haben den Charakter von Datensymbolen. Sie entsprechen den bedeutungstragenden Symbolen, die manipuliert werden. Wie die Programmsymbole aussehen, die diese Datensymbole manipulieren, bleibt dabei offen. Es wird angenommen, daß sich aus der Manipulation dieser bedeutungstragenden Symbole die kognitiven Prozesse ableiten lassen. Unter kognitiven Prozessen werden hierbei die sogenannten höheren kognitiven Leistungen wie das logische Schlußfolgern oder das Problemlösen verstanden. Im Symbolismus

geht man davon aus, daß man mit der Sprache des Geistes und den propositionalen Einstellungen als Symbolen, eine Ebene gefunden hat, die abstrakt genug ist, diese kognitiven Prozesse adäquat zu beschreiben.

Für die Position des Kognitivismus bleibt festzuhalten:

1. Merkmale der Umwelt werden im kognitiven System repräsentiert.
2. Die Einheiten der Repräsentation sind beim Symbolismus die Symbole der „Sprache des Geistes“, die propositionalen Einstellungen. Kognitive Prozesse ergeben sich aufgrund der Manipulation dieser Symbole und sind somit Ableitungen der „Sprache des Geistes“.
3. Als kognitive Prozesse zählen die sogenannten „höheren“ Prozesse wie das Denken, Schlussfolgern u.a.

Vertreter des *Konnektionismus* stellen mit dem subsymbolischen Paradigma eine Alternative zur Repräsentation von Information mit Hilfe von Symbolen vor. Streng genommen geht auch dieser Ansatz von der Annahme aus, daß das kognitive System Informationen aus seiner Umwelt repräsentiert. Der Unterschied zum Symbolismus besteht darin, daß nicht die höchste Ebene der Symbole, sondern die sogenannte subsymbolische Ebene als Untersuchungsgegenstand anzusehen ist. Die subsymbolische Ebene liegt zwischen der neuronalen/physikalischen Ebene, die der Erforschung weitgehend unzugänglich ist und der symbolischen Ebene (Smolensky, 1988). Die Information aus der Umwelt wird nicht lokal wie beim Symbolismus, sondern verteilt auf viele Verarbeitungseinheiten eines Netzwerkes repräsentiert.

Die Verarbeitungseinheiten bilden ein Netzwerk und beeinflussen sich wechselseitig. Sind zwei Einheiten gleichzeitig aktiv, so verstärkt sich die Verbindung zwischen ihnen. Das besagt die Hebb'sche Regel (Hebb, 1949). Es handelt sich um eine lokale Regel, denn sie sagt nur lokal etwas aus über die Veränderung der Verbindungsstärken von benachbarten Verarbeitungseinheiten. Gleichzeitig kann auch der Zustand des gesamten Netzwerkes betrachtet werden. Aufgrund der Interaktionen der Verarbeitungseinheiten und Veränderungen der Verbindungsstärken entsteht ein globaler Zustand des Netzes. Man spricht hier von *Emergenz*: dem Hervorbringen von globalen Eigenschaften (Varela, 1990). Jede einzelne Verarbeitungseinheit wirkt also

beim Aufbau von übergeordneten Mustern mit. Das Netzwerk bringt dann global betrachtet einen Zustand hervor, der von außen gesehen so interpretiert werden kann, als ob das kognitive System ein bestimmtes Symbol repräsentiert hat bzw. sich in einem bestimmten mentalen Zustand befindet.

Die globalen Netzwerkeigenschaften stellen sich als Folge der *Selbstorganisation* des Systems ein, was einem *konstruktivistischen* Verständnis entspricht. Man spricht hier auch von *unüberwachtem Lernen* (Ballard, 1996; Braun u.a. 1996; Hoffmann 1993; Köhle, 1990; Kohonen, 1988; Kruse u.a. 1991; Lindenmair, 1995; Ritter u.a. 1991; Rojas 1996; Zell, 1994). Eine andere Möglichkeit besteht darin, dem Netzwerk vorzugeben, welchen Output, d.h. globalen Zustand, es einem bestimmten Input zuordnen soll. Dieses Lernverfahren vollzieht sich durch „Rückleitung“. Das bedeutet, daß zunächst zu einem Input ein bestimmter Output produziert wird. Dieser Output wird mit dem gewünschten Output verglichen und seine Abweichung hierzu berechnet. Der Fehler wird ins Netz zurückgegeben, d.h. die Verbindungsstärken werden im Sinne des gewünschten Outputs zu diesem hin verändert. Man spricht hier von *überwachtem Lernen* (Ballard, 1996; Braun u.a. 1996; Hoffmann 1993; Köhle, 1990; Kruse u.a. 1991; Ritter u.a. 1991; Rojas 1996; Zell, 1994). Beide Lernverfahren sind Bestandteil der eigenen Modellierung. Das überwachte Lernverfahren „Backpropagation“ wird eingesetzt bei der Überprüfung der Modellhypothesen 1 bis 4 (vgl. 6.1.3). Bei den Lernvorgängen wird davon ausgegangen, daß die Kategorisierung der Objektklassen insofern überwacht erfolgt, als daß es Rückkopplungen von seitens eines „Lehrers“, in diesem Falle von Vertretern der Sprachgemeinschaft, gibt. Hingegen wird davon ausgegangen, daß sich die Ausbildung der Bezugssysteme, die im Zusammenhang mit der Differenzierung der Größenklassen für die einzelnen Objektklassen postuliert wird, ohne „Lehrer“ vollzieht. Das Größenwissen bildet sich parallel zu dem Objektklassenwissen heraus und kann, gemäß der Modellhypothesen 6 und 7, im Laufe der Entwicklung zu einer verfeinerteren Kategorisierung führen. Dieser Prozeß spiegelt, wie in 2.1.2 beschrieben, die ständige Interaktion des Individuums mit seiner Umwelt und die zunehmend sich verbessernde Situationsbewältigung wider. In der Simulation wird

dieser Prozeß mittels des unüberwachten Lernverfahrens der Kohonenklassifikation modelliert (vgl. 6.3.2).

Mit der Annahme von dynamischen Lernprozessen tritt somit an die Stelle der statischen Sichtweise von strukturellen Repräsentationszuständen das konstruktivistische Verständnis von sich im Individuum bildenden flexiblen Wissenskonstruktionen.

### **2.3.2 Konstruktion von Umweltwissen**

Die kognitivistische und auch in einem engeren Sinne die konnektionistische Sichtweise entnehmen dem System-Umwelt-Bezug eine Beeinflussungsrichtung, die von der Umwelt hin zum kognitiven System verläuft. Die Folge ist eine repräsentationalistische Auffassung, die davon ausgeht, daß Informationen der Außenwelt im kognitiven System repräsentiert werden. In der symbolischen Sichtweise geschieht das in Form von Symbolen, die diese Informationen lokal repräsentieren. In der subsymbolischen Sichtweise werden die Informationen mit Hilfe von Subsymbolen verteilt über ein Netzwerk repräsentiert.

Aus dem System-Umwelt-Bezug muß sich ein solches Verständnis nicht notwendigerweise ergeben. Der Konstruktivismus und das subsymbolische Verständnis in einer weiteren Auffassung, die dieser Arbeit zugrundeliegen, gehen davon aus, daß die repräsentationalistische Vorstellung zugunsten eines Konstruktionsprozesses im sprachverarbeitenden Individuum aufgegeben werden sollte (Anm. 4). Eine solche Auffassung weitet die Interaktionsrelation des Systems zu seiner Umwelt auf die inneren Prozesse im kognitiven System aus, indem die Wechselseitigkeit der Beziehung zum strukturbildenden Element wird.

Dieser Ansatz wird in der eigenen Modellierung verfolgt. Sowohl die Objektklasseninformation als auch die Größeninformation ist verteilt auf einzelne Netzwerkeinheiten. Die Microfeatures, d.h. die Belegungen der einzelnen Verarbeitungseinheiten, bleiben bei der Objektklasseninformation bewußt unspezifiziert. Damit kann ihnen nicht der Status von selbst wieder bedeutungstragenden Einheiten zugeschrieben werden, wie das beispielsweise für

Bestandteile von Objekten der Fall ist. Bei der Größeninformation können die Microfeatures ebenfalls nicht für sich genommen eine Interpretation erfahren. Sie stehen vielmehr gemeinschaftlich für die inneren Zustände des Individuums, das diese in Folge der Interaktion mit seiner Umwelt hervorbringt.

Die Größeninformation liegt nicht in einer bestimmten Form in der Umwelt vor, in welcher sie aufgenommen und repräsentiert wird. Die inneren Strukturierungen des Individuums determinieren den Konstruktionsprozeß, den das Individuum aufgrund der Interaktion mit seiner Umwelt vollzieht. Die Determination liegt in der Möglichkeit des Individuums auf Entfernung mit einem bestimmten Zellverhalten zu reagieren und im Netzhautverhalten, welches auf ein eintreffendes Bild mit retinalem Zellverhalten reagiert (vgl. 5.3.1). Die Unterscheidung von Repräsentation und Konstruktion ist von wesentlicher Bedeutung für das Verständnis des Status der Größeninformation. In der repräsentationalistischen Sichtweise würden die Modellannahmen zur Größeninformation insofern trivial sein, weil davon ausgegangen würde, daß beispielsweise eine Größe der Größenklasse 5 in der Außenwelt vorliegt, welche im System als Größenklasse 5 repräsentiert wird. In einem konstruktivistischen Verständnis hingegen werden keine Aussagen über absolute Größenklassen in der Außenwelt gemacht. Es wird davon ausgegangen, daß die internen Strukturierungen des perzeptuellen Apparats des kognitiven Systems eine Sensibilisierung auf Entfernungs- und Netzhautzustände aufweisen. Diese Informationen werden intern verrechnet, so daß sich Größeninformation im Individuum herausbildet. Um diese im Individuum konstruierte Information in Modellvariablen fassen zu können, erfolgt im eigenen Modell eine Identifikation dieser Zustände mit Hilfe einer Einteilung in verschiedene Größenklassen. Wichtig ist dabei zu sehen, daß diese Größenklassen kein Pendant, also keine 1:1 Entsprechung in der Umwelt haben, sondern innere Zustände im kognitiven System sind.

Die Konstruktionsprozesse im Individuum müssen im Zusammenhang mit den anderen inneren Strukturbildungen gesehen werden. In 5.2.3 wird dargestellt, wie sich die Konstruktion von Größenwissen in Abhängigkeit von anderen kognitiven Konstruktionsprozessen vollzieht. Den kognitionspsychologischen Hintergrund bildet die konstruktivistisch geprägte Entwicklungstheorie von Piaget (vgl. 5.2.1). Der Entwicklungsprozeß vollzieht sich konstruktivistisch, d.h. daß das Individuum im

System-Umwelt-Bezug im Laufe seiner Entwicklung Strukturen erzeugt, die auf ein immer besseres Gleichgewicht zwischen ihm und seiner Umwelt abzielen. Für die Konstruktionsprozesse im Individuum werden mit der Assimilation und Akkomodation zwei wechselseitig sich beeinflussende Prinzipien beschrieben.

## **2.4 Denkrichtungen zur Wissensnutzung**

Unter Wissensnutzung ist der Bezug auf die Wissens Elemente zu verstehen. Wissens Elemente bezeichnen dabei sowohl die Symbole im Repräsentationsansatz, als auch die inneren Strukturierungen der Konstruktionsauffassung. Wenn ein kognitives System Verhalten hervorbringt, bezieht es sich auf diese Wissens Elemente. Im folgenden sollen mit der regelgeleiteten Informationsverarbeitung und der alternativen Vorstellung der assoziativen Wissensnutzung zwei Denkrichtungen zur Wissensnutzung vorgestellt werden.

### **2.4.1 Regelgeleitete Informationsverarbeitung**

Im symbolischen Repräsentationsverständnis wird die Umweltinformation in den Symbolen der „Sprache des Geistes“ repräsentiert. Anhand dieser Symbole „berechnet“ das Gehirn die propositionalen Einstellungen. Hierfür gibt es algorithmische Regeln, die angeben, wie die Symbole manipuliert werden. Das Verhalten, das mittels der Symbolmanipulation beschrieben wird, sind die sogenannten „höheren“ kognitiven Prozesse. Bei der Frage nach dem „wie“ der Manipulation, d.h. nach den Regeln, kommt man zu der Schlußfolgerung, daß auch das Programm, also die Regeln, nach dem die Symbole manipuliert werden, selbst in irgendeiner Form repräsentiert sein müssen. Damit haben die Regeln den Status von Symbolen. Die Annahme von Regeln, welche die (Daten)-Symbole der „Sprache des Geistes“ manipulieren, führt zu einem Rückgriff auf wiederum symbolverarbeitende Prozesse. Um aus diesem Kreislauf auszubrechen, muß man den Rückgriff in einem der Systeme beenden, die Information in nicht-syntaktischer Form speichern, übertragen und

verarbeiten. Helm (1991) folgert daraus, daß das Kernstück jeder symbolischen Informationsverarbeitung eine nicht-syntaktische, nicht-symbolische Informationsverarbeitung ist. Hierbei ist es m.E. wichtig zu sehen, daß diese Argumentation die Systemposition 1 des System-Umwelt-Komplexes voraussetzt. Soll die System-Interaktion aus dem Blickwinkel der inneren Zustände und Strukturveränderungen erfolgen, so ergibt sich zwangsläufig die obige Folgerung. Wird hingegen das Systemverhalten aus einer externen Betrachterposition beschrieben, d.h. es wird die Systemposition 2 vorausgesetzt, so ergibt sich nicht zwangsläufig die Folgerung, daß der obige Rückgriff in einer nicht-symbolischen Informationsverarbeitung enden muß. Die Symbole, und zwar sowohl die Symbole der „Sprache des Geistes“ als auch die Regeln, die den Status von Symbolen haben, sind in dieser Sichtweise Interpretationen eines externen Betrachters. Sie dienen dazu, das Systemverhalten zu beschreiben und aus den dem Individuum zugeschriebenen Repräsentationen das Verhalten des Systems abzuleiten. Beide Symbolformen stellen externe Zustands- und Prozeßzuschreibungen dar. Sie sind nicht im System selbst in dieser Form zu finden, sondern sie werden von einem externen Betrachter mit dem System in Zusammenhang gebracht. Es stellt sich in der Systemposition 2 somit nicht die Frage, auf welche nicht-symbolischen Systeme die Symbole oder Regeln im System zurückgeführt werden können. Für die Wissensnutzung bedeutet das, daß Regeln für die Manipulation der internen symbolischen Repräsentationen verantwortlich sind. Damit ist nur unter Zugrundelegung der Systemposition 2 das Verhalten kognitiver Systeme als regelbasierte Informationsverarbeitung herleitbar.

#### **2.4.2 Assoziative Wissensnutzung**

Die Position der Konstruktion von Wissen in einem kognitiven System als Folge der Struktur determiniertheit des Systems und seiner Eingebettung in die Umwelt weist den inneren Konstrukten, die sich im Individuum bilden, einen nicht-symbolischen Status zu. Es gibt in diesem Verständnis keine Symbole und keine Regeln, die die Symbole manipulieren. In diesem Zusammenhang spricht man auch von der Aufhebung der Unterscheidung von Daten und Programmen (Helm, 1991). Dennoch

stellt sich die Frage nach der Nutzung der inneren Konstrukte, wenn das System Verhalten hervorbringen möchte. Wird das innere Konstruktionswissen von einem Individuum genutzt, um Verhalten hervorzubringen, so kann dieses kognitive Verhalten in Bezug auf den „Elaboriertheitsgrad“ der kognitiven Prozesse differenziert werden. Eine solche Differenzierung stellt die Unterscheidung eines ‘intuitive processor’ (IP) für die „einfachen“ kognitiven Prozesse wie Assoziationen und des ‘conscious rule interpreter’ (CRI) für „höheres“ kognitives Verhalten dar (Smolensky, 1988).

Im symbolischen Verständnis werden die „höheren“ kognitiven Prozesse mit bewußter Regelnutzung erklärt, während „niedrige“ kognitive Prozesse wie beispielsweise die Mustererkennung hiermit nicht beschreibbar sind. Demgegenüber führt das Verständnis von IP und CRI zu einer differenzierten Betrachtung der Wissensnutzungsprozesse. Im IP erfolgt die Wissensnutzung mittels unbewußter Regeln (Dorffner, 1991). Im CRI entspricht die Wissensnutzung scheinbar den symbolischen Ableitungen. Danach hätten die Prozesse den Status von bewußten Regeln.

Unbewußte Regeln treten bei der Wissenskonstruktion auf. Bei der Konstruktion von individuellem Wissensbesitz baut das Individuum aufgrund der Interaktion mit seiner Umwelt interne individuelle Zustände auf. Diese Prozesse laufen assoziativ ab (Dorffner, 1991). Somit sind sie dem IP zuzuordnen und erhalten im subsymbolischen Verständnis den Status unbewußter Regeln. Streng genommen kann hier nicht mehr von Regeln gesprochen werden, denn an die Stelle der Regeln tritt ein assoziatives Netzwerk, das als einzige einfache Regel die Zuordnung von einem Input zu einem Outputmuster abbildet. Das entspricht dem Systemverhalten, welches durch die strukturelle Kopplung zu seiner Umwelt fortwährend diese Adaptionsschritte durchführt.

Mit diesem Verständnis der unbewußten Regeln bewegt man sich in der Systemposition 1. Das Individuum verhält sich in seiner Umwelt und konstruiert in der Wechselwirkung mit der Umwelt sein inneres Wissen. Es folgt dabei insofern keinen Regeln, weil sich die inneren Konstruktionen von selbst herausbilden. Dabei sind die Abläufe determiniert durch die phylogenetischen Strukturierungen. Diese

Strukturdeterminiertheit läßt sich modellieren mittels eines vorgegebenen neuronalen Netzwerks. In der Betrachtungsweise der inneren Zustände und Strukturveränderungen finden sich nur unzählige lokale Hebb'sche „Regeln“, welche die übergeordnete „Regel“: ‘Zuordnung eines Inputs zu einem Output’ in den einzelnen Verarbeitungseinheiten des Netzwerkes realisieren. Werden die Konstruktionsprozesse mit Hilfe von Regeln beschrieben, so folgt man der externen Betrachterposition, der Systemposition 2.

Für die Wissenskonstruktion ist wichtig zu sehen, daß sich die kognitiven Prozesse des Systems durch Regeln beschreiben lassen, die jedoch nicht im System selbst in derselben Form zu finden sind. Entsprechend stellt Spitzer fest:

„Neuronale Netzwerke *enthalten* keine Regeln. Was sie tun, läßt sich jedoch sehr wohl durch Regeln *beschreiben*.“ (Spitzer 1996, S. 29, Hervorhebungen durch den Autor)

Eine subsymbolische Annahme ist es, daß der CRI im IP verankert ist (Dorffner, 1991). Als Folge dieser Sichtweise ergibt sich, daß auch die Regeln des CRI mit Hilfe subsymbolischer Vorgänge aufgebaut werden müssen. Letztlich bedeutet das nichts anderes, als daß jegliches symbolmanipulierendes Verhalten ausschließlich assoziativ erklärt werden kann. Dorffner (1991) verdeutlicht an einem Beispiel, wie die ausschließlich assoziative Modellierung von bewußtem Regelwissen aussehen kann. Im Beispiel geht es um das Regelwissen „Tomaten sind rot“. Bei dem bewußten Einsatz dieser Regel, muß diese zunächst mit der Wissenskonstruktion „Tomate“ assoziiert werden. Das Individuum kann dann diese Regel bewußt anwenden, um beim Vorliegen der Wissenskonstruktion „Tomaten“ auf „sind rot“ zu schließen. Der Vorgang läßt sich jedoch auch ohne bewußte Prozesse auf der Ebene des CRI erklären. Das ist der Fall, wenn die Assoziation „Tomaten“ und „rot“ gelernt wurde. Das Ergebnis wäre aus der Perspektive der Systemposition 2 die Regel „Tomaten sind rot“. Im Individuum wurde jedoch diese Regel nicht bewußt angewendet. Sie hat sich assoziativ gebildet. Somit lassen sich die Prozesse der Wissensnutzung auf subsymbolische Einheiten zurückführen und anstelle von symbolmanipulierenden Regeln tritt assoziatives Lernen.

„Solche [geistigen] Prozesse sind nicht regelhaftes Hantieren mit Symbolen, sondern ein nur schwer mit Regeln beschreibbarer *subsymbolischer* Prozeß, in dessen Verlauf interne Repräsentationen sich beständig verändern. *Regeln sind nicht im Kopf*, sie sind lediglich

brauchbar, um bestimmte geistige Leistungen im nachhinein zu beschreiben.“ (Spitzer 1996, S. 29)

## **2.5 Die Bedeutung der Wissensbildung und Wissensnutzung für die Linguistik**

Die linguistische Sichtweise liefert eine umfassende Vorstellung von Wissensbildung und Wissensnutzung, weil sie diese individuellen Prozesse in die Sichtweise des sozialen Systems einbettet. Die individuellen Prozesse, die aus dem System-Umwelt-Bezug abgeleitet wurden, werden insofern „öffentlich“, als daß die inneren Zustände als „Sprache“ zutage treten. Das Individuum ist somit mehr als ein bloßes kognitives System, weil mit der Sichtweise des sozialen Systems der Aspekt der Kommunikation hinzukommt. Damit wird das Individuum zum sprachverarbeitenden Individuum. Es zeigt sprachliches Verhalten, indem es Sprache rezipiert und produziert. Gleichzeitig wird es ihm durch die Sprache ermöglicht, sich auf seine eigenen inneren Zustände zu beziehen. Durch die Fähigkeit zur Sprache erlangt das Individuum *Bewußtsein* (Maturana & Varela, 1987; Searle, 1987, 1994).

Die linguistische Sichtweise ist auf dem Hintergrund der Systemposition 3 zu verstehen. Aus dem Blickwinkel eines externen Betrachters beschreibt sie die Sprache als Phänomen, welches vom sozialen System hervorgebracht wird. Innerhalb der Linguistik haben sich in ihrer Entwicklung als wissenschaftliche Disziplin dabei unterschiedliche Betrachtungsweisen herausgebildet. Sie entsprechen unterschiedlichen theoretischen Ausrichtungen innerhalb der Linguistik.

Zum einen kann die Sprache als „Produkt“ beschrieben werden. Das bedeutet, daß die Elemente der Sprache und ihre Verknüpfungen betrachtet werden.

Eine andere Sichtweise beschäftigt sich mit den sprachlichen Formen der Verhaltenskoordination des sozialen Systems. Hierzu zähle ich die Ansätze der Kommunikationstheorie und Sprechakttheorie.

In letzter Zeit hat die linguistische Forschung das sprachverarbeitende Individuum als partizipierenden Teil des sozialen Systems in das Zentrum des Interesses gerückt. Das sprachverarbeitende Individuum kann zum einen als Teil des sozialen Systems verstanden werden. Es ist an der Kommunikation beteiligt und bringt zusammen mit

den anderen sprachverarbeitenden Individuen die Sprache hervor. Zum anderen ist das sprachverarbeitende Individuum ein kognitives System, welches im Zusammenhang mit der strukturellen Kopplung zu seiner Umwelt gesehen werden muß. Aus dieser Kopplung ergibt sich die Situiertheit des sprachverarbeitenden Systems. Das sprachverarbeitende Individuum kann somit in beiden Systemen gesehen werden. Als Folge dieser doppelten Systemsichtweise des sprachverarbeitenden Systems ergibt sich eine erweiterte Sprachbetrachtung mit einer Öffnung hin zur Kommunikation und Situiertheit (Rickheit & Strohner, 1993).

Bei der System-Umwelt-Interaktion wurde mit den Systempositionen 1 und 2 eine interne und eine externe Betrachtungsweise unterschieden. Diese Unterscheidung kann auf die erweiterte Sichtweise des sozialen Systems übertragen werden. Das führt entsprechend zur Unterscheidung zweier Positionen.

Die eine Position verknüpft die Systempositionen 2 und 3. Das sprachverarbeitende Individuum ist Teil des sozialen Systems. Das Verhalten des sprachverarbeitenden Individuums wird aus einer externen Betrachterposition beschrieben. Aus der System-Umwelt-Interaktion resultieren Repräsentationen, d.h. Bedeutungszuschreibungen des externen Betrachters im Sinne der Systemposition 2. Diese Vorgehensweise bildet das linguistische Äquivalent zur Wissensbildung. Diese Repräsentationen werden mit den Ausdrücken der Sprache des sozialen Systems verbunden. Auch diesen Ausdrücken wird vom externen Betrachter Bedeutung zugeschrieben wie in Systemposition 3 und stellt damit das linguistische Äquivalent zur Wissensnutzung dar.

Diese Position soll in der Folge als traditionelle linguistische Position bezeichnet werden. Die in Kapitel 3 vorgestellte Analyse der syntaktisch/semantischen Muster mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ ist auf dem Hintergrund dieser Position zu verstehen. Auf die Fragestellung der Wissensbildung und Wissensnutzung liefert die traditionelle linguistische Theorie nur indirekte Erklärungsansätze, weil der externe Betrachter als Interpretator dazwischen geschaltet ist, d.h. daß er Wissensbildung und Wissensnutzung losgelöst vom Individuum sieht, also abstrahiert. Was er am Produkt sieht, wieder in das Individuum implantiert und dann als Äquivalent zur Wissensnutzung bezeichnet.

Die andere Position führt die Systemposition 1 konsequent weiter in den Bereich des sozialen Systems hinein. Als Folge seiner strukturellen Kopplung zur Umwelt und seiner Strukturdeterminiertheit konstruiert das sprachverarbeitende Individuum sein individuelles Wissen (Wissensbildung). Auch die Sprache des sozialen Systems stellt eine Umwelt dar. Aufgrund von Lernvorgängen lernt das Individuum innere Zustände mit bestimmten Ausdrücken der Sprache zu assoziieren (Wissensnutzung). Das soziale System und somit die Sprache bewirken innere Strukturveränderungen im Individuum. System und Umwelt verändern sich gegenseitig. Somit sind auch die sprachverarbeitenden Individuen Quelle von Perturbationen für das soziale System. Auf diese Weise erfährt die Sprache Veränderungen. Diese Position stellt eine Alternative zur traditionellen linguistischen Position dar. Es ist die Position, die mit dieser Arbeit vertreten wird.

Auf dem Hintergrund der Unterscheidung der beiden Positionen kann m.E. die von Herrmann vorgenommene Unterscheidung der System- und Akteur-Begrifflichkeit angesiedelt werden. Herrmann plädiert für eine strikte Trennung der beiden Positionen:

„Die System- und die Akteur-Begrifflichkeit sind disparat; sie stellen zwei voneinander getrennte ‘Semantiken’ dar.“ (Herrmann 1995, S.20)

Unter der Akteur-Begrifflichkeit versteht Herrmann die Interpretation menschlichen Verhaltens als Handlungen. Dabei werden dem Verhalten des Akteurs Eigenschaften wie „Zielgerichtetheit“, „Intentionalität“ und „Bewußtheit“ und dem Akteur beispielsweise absichtsvolles Handeln, die Bezugnahme auf soziale Normen und das Präferieren bestimmter Ziele zugeschrieben. Die Systembegrifflichkeit führt zur Systeminterpretation menschlichen Verhaltens. Dieses stellt den Output eines komplexen informationsverarbeitenden Systems dar, welches Ist-Soll-Differenzen zu minimieren sucht.

Im folgenden soll gezeigt werden, welche Auswirkungen die Sichtweise der Systemposition 1 bzw. der Systembegrifflichkeit auf das Semantik- und Syntaxverständnis hat, wenn dabei den Aspekten der Wissensbildung und Wissensnutzung Rechnung getragen wird.

### 2.5.1 Semantische Aspekte

In der traditionellen linguistischen Sichtweise ist unter Semantik eine externe Bedeutungszuschreibung zu verstehen. Es wird untersucht, welche Bedeutungen den sprachlichen Ausdrücken zukommen. Bedeutung befindet sich somit außerhalb des Individuums. Es wird nach den Relationen der sprachlichen Ausdrücke und ihrem Umweltbezug innerhalb einer Sprachgemeinschaft gefragt. Man kann daher auch sagen, die Bedeutung liege im Kollektiv (Herrmann, 1995).

Die alternative Sichtweise geht davon aus, daß Bedeutung im Kopf des Individuums ist. Basierend auf der Systemposition 1 wird folgende These abgeleitet:

*These 1: „Bedeutung“ wird im Individuum konstruiert.*

Diese inneren individuellen Wissenskonstruktionen sollen in der Folge als *Konzept* bezeichnet werden. Diese Konzepte können in der Folge mit sprachlichen Ausdrücken assoziiert werden. Da die sprachlichen Ausdrücke Teil der Umwelt sind, werden sie bei den inneren Konstruktionsprozessen wie andere Umweltinformation behandelt. Es muß ihnen kein besonderer Stellenwert im Konstruktionsprozeß eingeräumt werden.

„Die *Semantik* der Umwelt muß von den künstlichen Organismen selbst eruiert werden, ganz im Sinne des Konstruktivismus.“ (Riegler 1997, S. 83)

In der traditionellen linguistischen Position wird zusätzliches semantisches Wissen definiert. Das semantische Wissen verknüpft die Konzepte mit den lexikalischen Einheiten. Treten nun Fälle auf, bei denen ein Konzept durch mehrere lexikalische Einheiten belegt werden kann, so bestimmt der Kontext die Selektion. Semantisches Wissen kann daher als Restriktionswissen charakterisiert werden, als Wissen um kontextuelle Restriktionen.

Herrmann und Graf (1995) verdeutlichen am Beispiel des Übergangs von Figuren zu Konzepten (auf die Darstellung von Figuren und Konzepten wird in Kapitel 4 eingegangen), daß Restriktionswissen rein assoziativ zu erklären ist. Ebenso wie ein Konzept durch mehrere lexikalische Einheiten ausgedrückt werden kann und es hierfür Restriktionen gibt, kann eine Figur den Übergang zu mehreren Konzepten

bilden. Auch hier muß jeweils eine Selektion getroffen werden, welches Konzept assoziiert wird. Die Autoren argumentieren dafür, daß diese Selektion nicht notwendigerweise mit Rückgriff auf Restriktionswissen erfolgen muß, sondern daß sich dieses Restriktionswissen im konnektionistischen Verständnis mit Hilfe von exzitatorischen, d.h. positiv verstärkenden und inhibitorischen, d.h. negativ abschwächenden Verbindungsstärken modellieren läßt. Das bedeutet, daß in einem situativen Kontext eine exzitatorische Verbindung von einer Figur zu einem bestimmten Konzept bzw. von einem Konzept zu einer bestimmten lexikalischen Einheit bestehen kann und somit als konnektionistische Verbindung im Grunde das Äquivalent zu semantischem Wissen darstellt. Es bedarf demnach keines separaten semantischen Wissens.

*These 2: Die „semantischen“ Konstruktionsprozesse vollziehen sich assoziativ.*

Es bleibt festzuhalten, daß konzeptuelles Wissen als Assoziationswissen und semantisches Wissen als Verbindungsstärkenwissen bezeichnet werden kann. Für die Sichtweise der Semantik bedeutet das, daß sie in der alternativen Position, d.h. in der Systemposition 1, keine Relevanz hat.

### **2.5.2 Syntaktische Aspekte**

In der traditionellen Linguistik wird mit der Syntax die Anordnung der Wörter zu Sätzen untersucht. Es wird davon ausgegangen, daß dieser Ablauf bestimmten Regeln folgt und mit Hilfe von Regeln beschrieben werden kann (Linke u.a., 1994). Auf dem Hintergrund der Unterscheidung der Systempositionen entspricht diese Vorgehensweise der Systemposition 3. Das von einer Sprachgemeinschaft hervorgebrachte Produkt „Sprache“ wird von einem externen Betrachter auf seine Struktur und auf Regelmäßigkeiten hin untersucht. Die Regeln haben den Status von deskriptiven linguistischen Regeln. Sie geben an, wie sich aus den einzelnen einfachen Einheiten aufgrund der Regelanwendung komplexere Einheiten wie Sätze aufbauen lassen. Korrekte Regelanwendung hat den Aufbau von grammatikalisch korrekten

Sätzen zur Folge. Umgekehrt lassen sich ungrammatische Sätze abgrenzen, die in der linguistischen Theorie mit „\*“ gekennzeichnet werden. Die Erzeugung von Sätzen kann als Vorgang der Symbolmanipulation beschrieben werden. Es erfolgt eine Regelanwendung auf der Grundlage von Wörtern, die den Status von Symbolen haben.

Wird die Systemposition 1 zugrundegelegt, so stellt sich die Frage, wie die linguistisch-deskriptiven Regeln intern im Individuum realisiert sind. Auf dem Hintergrund dieser alternativen Position wird folgende These aufgestellt:

*These 3: Die „syntaktischen“ Konstruktionsprozesse vollziehen sich assoziativ.*

Als Folge der Systempositionen 3 und 1 ergibt sich eine Unterscheidung zwischen den deskriptiven linguistischen Regeln und den inneren „Regeln“, denen ein Sprecher im Sprachproduktionsprozeß beim Aufbau der Strukturierungen folgt. Es ist wichtig zu sehen, daß die Regeln, welche zur Beschreibung des Outputs des Sprachproduktionsprozesses verwendet werden, nicht dieselben Regeln sind, denen der Sprecher bei der Sprachproduktion folgt. Insofern sollte auch nicht versucht werden, die deskriptiven linguistischen Regeln zu ontologisieren (Herrmann & Graf, 1995). In ihrer Argumentation gegen eine Ontologisierung von linguistischen Regeln stellen die Autoren fest, daß Figuren mit Hilfe von strukturellen Prinzipien beschrieben werden können, denen der Status von algorithmischen Regeln zugeschrieben werden kann. Sie verweisen darauf, daß es sich bei diesen Regeln weder um die Regeln handelt, die der Sprecher bei der Sprachproduktion unbewußt befolgt, noch um Regeln, die den Abläufen bei der Perzeption zugeschrieben werden können. Die linguistischen Regeln sind hiernach algorithmische Regeln und haben für den Sprachproduktionsprozeß keine Relevanz. An ihre Stelle tritt sogenanntes „quasi-grammatisches“ Wissen. Hierunter wird das für den Sprachproduktionsprozeß relevante prozedurale Wissen verstanden.

Bei der Produktion von Äußerungen können beim Individuum sowohl unbewußte als auch bewußte Prozesse eine Rolle spielen. Zu den unbewußten Prozessen zählt der Aufbau von Propositionen. Propositionen können aus einer externen

Betrachterposition mit Hilfe von Regeln beschrieben werden. Aus dem Blickpunkt des Individuums läßt sich ihr Aufbau jedoch assoziativ, d.h. ohne expliziten Einsatz von Regelwissen modellieren. Das Wissen eines Individuums um den korrekten Aufbau von syntaktischen Strukturen kann als bewußtes Regelwissen verstanden werden. Ein Individuum kann beispielsweise angeben, daß die Äußerung „Hund groß sein“ grammatikalisch unkorrekt ist und die Äußerung „Dieser Hund ist groß“ grammatikalisch korrekt ist und vielleicht sogar die Regel bzw. Regelverletzung angeben. Die korrekte Regel läßt sich aus einer externen Betrachterposition als korrekte Manipulation der Symbole verstehen. Dieses Regelwissen muß nicht zwangsläufig eine symbolmanipulierende Entsprechung im Individuum haben. Das Regelwissen kann sich im Individuum wie anderes Wissen assoziativ herausgebildet haben. Genauso wie das Individuum assoziativ lernt, bestimmten inneren Zuständen bestimmte sprachliche Symbole zuzuordnen, lernt es, komplexeren inneren Zuständen, bestimmte syntaktische Strukturen zuzuordnen. Beides erfolgt m.E. assoziativ. Bei von Glasersfeld findet man die Argumentation, daß eben auch syntaktische Strukturen assoziativ erworben werden können, d.h. daß neben den Wortbedeutungen auch grammatische Strukturen konstruiert und gelernt werden und zwar u.a. indem Kinder die „Sprachspiele“ der Erwachsenen im Sinne von Wittgenstein beobachten (vgl. von Glasersfeld, 1996). Das „korrekte“ Zuordnen von syntaktischen Strukturen bringt dem Individuum insofern Vorteile, als daß dadurch die Verständlichkeit seiner Äußerung für den Adressaten erleichtert wird. Die syntaktische Struktur kann aber auch wegfallen, ohne daß dadurch die Äußerung vollkommen unverständlich wird, weswegen Dorffner die Syntax als zusätzliches Hilfsmittel bezeichnet.

„Sogenannte ‘syntaktische Struktur’ sollte im sub-symbolischen Modell nicht als strenges Regelsystem, sondern als zusätzliche Informationsquelle betrachtet werden, die theoretisch auch wegfallen kann.“ (Dorffner 1991, S. 392)

Das sprachverarbeitende Individuum wird dennoch bemüht sein, ein sprachliches Verhalten hervorzubringen, das von den Mitgliedern der Sprachgemeinschaft manifestiert, erwartet und präferiert ist. In diesem Sinne stellt die grammatikalisch korrekte Verwendung von Sprache die Lösung eines Koordinationsproblems dar (Lewis, 1975). Entsprechend bezeichnen Maturana und Varela Sprache als konsensuelle „Koordination von Koordinationen von Handlungen“ (Maturana &

Varela 1987, S. 228). Dorffner beschreibt den Zusammenhang zwischen Koordination und Flexibilität des Sprachsystems folgendermaßen:

„Ein absolutes und fixes Sprachsystem wie ‘das Deutsche’ oder ein ‘deutscher Dialekt’ ist eine Illusion, die daraus entsteht, daß sich in einer Menge von adaptiven Individuen ein annähernder Gleichgewichtszustand einstellt.“ (Dorffner 1991, S. 396)

Herrmann hingegen geht davon aus, daß der Grund für die Einhaltung einer grammatischen Regel nicht in der Herstellung eines koordinativen Gleichgewichts liegt, sondern daß der Sprecher eine grammatisch korrekte sprachliche Äußerung vollzieht, weil er gelernt hat und somit weiß, „daß die *Nicht-Manifestation* von Verhaltensregularitäten mit gewisser Wahrscheinlichkeit *soziale Sanktionen* zur Folge hat“ (Herrmann 1995, S. 33, Hervorhebungen des Autors).

Als Folge einer Sichtweise aus der Systemposition 1 ist der regelgeleitete Aufbau der syntaktischen Strukturierungen für den Sprachproduktionsprozeß m.E. neu zu überdenken.

„Die Aufgabe ist es herauszubekommen, wie eine prozessuale ‘mentale’ Fähigkeit beschaffen sein muß bzw. sein kann, wenn sie Produkte hervorbringt, die dem Beobachter als multipel strukturiert imponieren. Die phantasieloseste aller Lösungen ist zweifellos die, dem Sprecher einfach ein Modell der beobachteten Strukturen zu implantieren, möglichst getrennt für jede Ebene, in der das Sprechprodukt dem Beobachter strukturiert erscheint: Phonologie, Morphologie, Syntax, Semantik.“ (Knobloch 1999, S.33)

Somit gilt es, die prozessualen Strategien, die ein Sprecher befolgt als Hypothesen zu formulieren und zu überprüfen.

„Vielleicht sind natürliche Sprachen als multipel strukturierte Arrangements von Zeichengebilden so abstrakt und komplex, ‘damit’ die ‘mentalen’ Prozesse ihrer Aneignung und Beherrschung um so globaler und einfacher sein können. ... Vielleicht korreliert strukturelle Komplexität nicht mit prozessualer Komplexität, sondern mit prozessualer Einfachheit.“ (Knobloch 1999, S. 31)

Die These 3 muß daher m.E. erweitert werden zu:

*These 4: Die „syntaktischen“ Konstruktionsprozesse vollziehen sich mit Hilfe von „tools“ assoziativ.*

In Kapitel 4 werden zwei „tools“ modelliert, die für die Konstruktion von Wissensbesitz und Wissensnutzung verantwortlich sind. Die „tools“ zeichnen sich durch prozessuale Einfachheit aus, die zum Aufbau komplexerer Strukturen beitragen können. Sie stellen keine Entsprechungen der strukturellen Beschreibungen dar, sondern sind ein Modell für die innere Black-Box des Sprechers, der Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ hervorbringt. Im Sprachproduktionsprozeß werden die inneren Zustände assoziiert mit syntaktischen Mustern einer Sprachgemeinschaft. Die Zuordnungen stellen keine Regelanwendung dar, sondern wurden assoziativ erworben, d.h. die Assoziationsrelationen ersetzen die Regeln, welche den Aufbau der Strukturierungen regeln, also sowohl die semantischen als auch die syntaktischen Regeln. Die mit Hilfe der „tools“ konzeptualisierten syntaktischen Strukturen im Falle des Dimensionsadjektivs „groß“ sind sehr einfach. Als Argument-Prädikat-Strukturen (Herrmann, 1995) bilden sie das subsymbolische Äquivalent zu den Propositionen. Aus der Sicht der Sprachprodukte entsprechen sie kommunikativen Minimaleinheiten (Zifonum u.a., 1997; Anm.5).

## **2.6 Die Neufundierung des Sprachproduktionsprozesses**

Zusammenfassend ergeben sich aus den vorhergehenden Abschnitten folgende Überlegungen für das Verständnis und die Analyse des Sprachproduktionsprozesses:

1. Die Analyse des Sprachproduktionsprozesses wird um die Faktoren der Situiertheit erweitert, die als Wechselwirkungen in einem Modell der Ökologie der menschlichen Entwicklung erfaßt werden können.
2. Alle Verhaltensweisen des kognitiven Systems sind Folgen dieser Wechselwirkungen und dienen dem Zwecke einer ständig verbesserten Situationsbewältigung.
3. Die Wechselwirkungen tragen zur aktiven Konstruktion von inneren Zuständen und Strukturveränderungen des kognitiven Systems unter der Prämisse der Struktur determiniertheit bei.
4. Die Wechselwirkungen und folglich sämtliches Systemverhalten werden aus dem Blickwinkel des kognitiven Systems beschrieben.

5. Die Zustandsänderungen und Modifikationen sind Veränderungen im neuronalen System und können als selbstorganisierende Prozesse mit neuronalen Netzwerken simuliert werden.

6. Sprachproduktion als spezielle Form des Verhaltens kann folglich aus dem Blickwinkel des kognitiven Systems auf der Basis neuronaler Prozesse beschrieben werden.

7. Als Folge von 6. stellt sich die Frage nach den neuronalen Äquivalenten zu den Propositionen, welche in der symbolischen Sichtweise als Grundlage für die Modellierung von höheren kognitiven Prozessen angesehen werden. Entsprechend stellt Peschl fest:

„Die Aufgabe ist es *nicht* zu zeigen, wie man mittels Propositionen „intelligentes Verhalten“, sondern wie man mittels neuronaler Mechanismen „propositionales Verhalten“ erzeugen kann!“ (Peschl 1994, S.27, Hervorhebungen des Autors)

8. Die Analyse des Sprachproduktionsprozesses des Dimensionsadjektivs „groß“ ist für die in 7. gestellte Anforderung besonders geeignet. Sowohl den längerfristig gespeicherten Strukturen als auch den in der Aktualgenese aufgebauten Strukturierungen kann im traditionell-symbolischen Verständnis der Status von Propositionen zugeschrieben werden. Der vorgestellte Ansatz verdeutlicht, wie mit Hilfe der „tools“ die neuronalen Äquivalente zu den Propositionen modelliert werden können.

9. Die Arbeit argumentiert dafür, den Sprachproduktionsprozeß nicht mit Hilfe eines Paradigmenwechsels von der subsymbolischen neuronalen Fundierung zur Symbolverarbeitung, sondern homogen subsymbolisch zu modellieren.

„Die [traditionelle linguistische] Modellbildung orientiert sich an der bereits generierten Sprache, i.e., am bereits generierten Verhalten, also am „fertigen Produkt“ einer langen Kette neuronaler Prozesse. Dies wäre nicht weiter schlimm, hätten die formalen Modelle nicht eine völlig andere Struktur, als die Prozesse, die in neuronalen Systemen ablaufen. Der Ansatz der computational neuroepistemology schlägt eine Neufundierung der Linguistik vor. Traditionelle Modelle und neuronale basierte Theorien arbeiten sich von zwei Seiten entgegen.“ (Peschl 1994, S.21)

### 3 Das Dimensionsadjektiv „groß“ in linguistischen Ansätzen

Im folgenden wird vorgestellt, wie in ausgewählten traditionellen linguistischen Ansätzen die syntaktisch/semantischen Muster mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ auf konzeptueller, semantischer, syntaktischer und pragmatischer Ebene beschrieben werden. Auf die traditionellen Positionen wird deshalb eingegangen, weil sie teilweise den Anspruch haben, sich der „black box“ Konzeptualisierung zu nähern. Allerdings geschieht dies, wie in Kapitel 2 gesehen, aus dem Blickwinkel einer externen Betrachterposition, die sich von der am einfachsten zugänglichen Seite zu nähern sucht. Entsprechend werden die hervorgebrachten sprachlichen Produkte analysiert und über diese Rückschlüsse auf die inneren Prozesse des Sprechers gezogen:

„Was die theoretisch angeleitete Beobachtung der Sprachprodukte ermittelt, wird den Sprechern als Können und Wissen implantiert.“ (Knobloch, 1999, S.31)

Auf die mit dieser Vorgehensweise verbundenen Probleme verweist Knobloch:

„Der grammatische Beobachter kann Unterschiede machen und zulassen, die der Prozeßlogik fremd sind. Grammatiker neigen dazu, die Unterscheidungen, die sie machen können, auch den Sprechern als Fähigkeit zuzurechnen. Es bereitet offenbar Schwierigkeiten, von einer Sprachauffassung loszukommen, der die extramentale, beobachtbare Komplexität des Gesprochenen Indikator mentaler Zeichenkomplexität ist.“ (Knobloch, 1999, S.32)

Diese grundsätzliche Kritik richtet sich m.E. vorrangig an die Ansätze, welche neben der reinen Beschreibung der Sprachprodukte, eine Implantierung der Analyseergebnisse auf den Sprecher im Sprachproduktionsprozeß anstreben. Die ausschließlich syntaktisch/semantische Analyse, wie sie jahrelang in der traditionellen Linguistik mit viel Akribie betrieben wurde, bleibt, wenn sie sich konsequent in der Systemposition 3 bewegt, von dieser Kritik ausgenommen. Aus den Ergebnissen der traditionellen linguistischen Forschung zur Struktur der Sprachprodukte ergeben sich m.E. insofern Hinweise auf Kriterien zur Modellierung von inneren Verarbeitungsprozessen, weil zum einen die Sprachprodukte sich in der Phylogenese aus vielen individuellen sprachlichen Koordinationen herausgebildet haben und somit in die Sprachprodukte ein Stück individuelle Entwicklung miteinfließt. Zum anderen sind die Individuen, die gemeinschaftlich an der Herausbildung der Sprachprodukte beteiligt sind, insofern überindividuell vergleichbar, als daß sie derselben Struktur determiniertheit eines kognitiven Systems unterliegen. Die hervorgebrachten

Sprachprodukte können somit nicht losgelöst vom kognitiven System betrachtet werden, da sie von der Gesamtheit der strukturell vergleichbaren kognitiven Systeme geprägt sind. In diesem Sinne können den Strukturierungen der Sprachprodukte Hinweise zur Modellierung der Sprachverarbeitung des individuellen kognitiven Systems entnommen werden.

### 3.1 Konzeptuelle Befunde

In den beiden nachfolgenden Kapiteln erfolgt eine Unterscheidung von konzeptuellen Befunden auf der einen Seite und semantischen Befunden auf der anderen Seite. Die Darstellung der konzeptuellen Befunde ist stärker auf die prozessurale Komponente fokussiert, während sich die Auftrennung in Codierung, Sinn und Referenz als Gliederungshilfe der semantischen Befunde an der produktorientierten Sichtweise der klassischen linguistischen Forschung orientiert.

Erste Aufschlüsse über den allgemeinen konzeptuellen Charakter von Adjektiven ergeben sich mit einem vergleichenden Blick auf die Klasse der Verben und Nomen.

Adjektive unterscheiden sich von den Verben darin, daß sie *statische und überdauernde Eigenschaften* beschreiben und nicht sich verändernde Eigenschaften wie Verben (Anm. 1).

Zwischen Adjektiven und Nomen gibt es folgende konzeptuellen Unterschiede: Nomen dienen zum Identifizieren einer natürlichen Art, während Adjektive qualifizierende Beschreibungen einer Art identifizieren (Hamann, 1991). Ein Nomen besteht aus einem Cluster von Kriterien; ein Adjektiv hingegen beschreibt eine Eigenschaft eines Objekts, die wichtig ist, aber nicht zu den Kriterien zählt. Kriterien sind multidimensional, während adjektivische Eigenschaften häufig eindimensional sind. Mithilfe solcher Eigenschaften können Objekte miteinander verglichen werden. Als Folge kann ein Objekt die Eigenschaft in größerem oder geringerem Maße aufweisen als ein anderes. Das führt zur *Graduierbarkeit* von Adjektiven. Eine Eigenschaft kann einem Objekt zu einem gewissen Grade zugeschrieben werden. Adjektive sind daher als *vage* zu charakterisieren. Häufig treten Adjektive als antonyme Paare auf, welche die + und - Pole auf einer Skala der Eigenschaften

darstellen. In der Mitte der Skala entsteht eine Extensionslücke für Objekte, die weder dem einen noch dem anderen Pol zugeordnet werden können.

Bierwisch (1987) subsumiert unter dem Begriff „Graduierung“ quantitative Wertungen in Bezug auf Dimensionen oder Eigenschaftsausprägungen. Graduierbare Adjektive repräsentieren eine Relation, die einem Objekt  $x$  einen Wert  $y$  auf einer bestimmten Skala zuordnet. Graduierbare Adjektive (GA) teilen sich in zwei Klassen ein, es lassen sich Dimensionsadjektive (DA) und Bewertungsadjektive (BA) unterscheiden. Sowohl BA als auch DA können kontrastiv verwendet werden. Darunter versteht Bierwisch zum einen den allgemeinen kontrastiven Gebrauch eines Adjektivs, den er verkürzt mit CB bezeichnet. Damit ist gemeint, daß das Mit Hilfe des Adjektivs modifizierte Nomen zusätzlich in Relation zu seiner Klasse gesehen wird.

„Ein Adjektiv A wird in einem Satz S in Bezug auf ein Nomen N kontrastiv gebraucht gdw. aus S die Gültigkeit von 'NP ist A' folgt, wobei N der Kopf von NP ist und NP die Referenz von N beibehält“ (Bierwisch, 1987, S. 111)

Beispielsweise ergeben sich als Folgerungseigenschaften aus dem Satz „Hans ist schlechter als Fritz“: „Fritz ist schlecht“ und „Hans ist schlecht“. Es liegt somit ein kontrastiver Gebrauch vor. Ein speziellerer Fall des kontrastiven Gebrauchs stellt der normbezogene Gebrauch dar, kurz NB genannt. Beim normbezogenen Gebrauch wird das durch ein DA modifizierte Nomen zusätzlich in Relation zu dem Klassendurchschnitt gesehen, zu dem das Nomen gehört. Die Klassennorm wird mit  $N_C$  bezeichnet. Der Normbezug kommt nur bei den Dimensionsadjektiven vor.

Abbildung 3.1: Bewertungsadjektive und Dimensionsadjektive

	BA	DA
Kontrastiver Gebrauch	CB	CB, NB
Beispiel für CB	„Hans ist schlechter als Fritz“ → Hans ist schlecht → Fritz ist schlecht	„Hans ist so klein wie Eva“ → Hans ist klein → Eva ist klein
Beispiel für NB	-----	„Hans ist klein“ → Hans ist kleiner als der Durchschnitt von C

DA verlangen eine Spezifizierung von C durch eine Klasse mit intrinsischer  $N_C$  für die relevante Dimension oder durch eine extensional determinierte Klasse.

Für die Theorie der Graduierung ist wesentlich, daß C und damit für DA auch  $N_C$  spezifiziert wird.

„ Wenn GA kontrastiv sind, weisen sie einen Parameter C auf, dessen Spezifizierung durch die Vergleichsklasse erfolgt. Für DA muß dabei C so bestimmt sein, daß mit ihm eine Norm  $N_C$  bezüglich der graduierten Dimension gegeben ist“ (vgl. Bierwisch, 1987, S.116)

Als konzeptuelle Basis der Graduierung sieht Bierwisch die Struktur von Vergleichsoperationen an. Die mentale Operation des Vergleichens beruht auf einer Skala  $(D,0)$  mit einem Nullpunkt und einer ausgezeichneten Richtung. Die einzelnen Entitäten projizieren ihre Grade  $d_i$  bezüglich eines Aspekts T auf diese Skala; dabei beginnen alle projizierten Abschnitte bei 0. Zwischen den einzelnen Graden können Differenzen  $c_i$  auftreten.

Wie oben beschrieben, erfolgt bei der kontrastiven Verwendung von GA ein Bezug auf eine Vergleichsklasse C. Die Festlegung von C auf der Skala  $(D,0)$  unterscheidet sich für die BA und DA. Bei den BA wird die Skala bezüglich C definiert. Die Klassenmitglieder werden nach dem Grade der zu vergleichenden Eigenschaft beginnend von 0 angeordnet. Der Anfangspunkt 0 stellt gleichzeitig die Grenze zu den Individuen dar, welche die entsprechende Eigenschaft nicht haben. Bei den DA dagegen gibt es keinen C-abhängigen Nullpunkt sondern einen von C abhängigen Normwert  $N_C$ .

Die Unterscheidung von Bewertungsadjektiven und Dimensionsadjektiven wird demnach definiert durch die Relativität und Kontextabhängigkeit und durch die Art der zugrundeliegenden Skalen.

Varnhorn (1993) weist in ihrer Arbeit nach, daß diese Kriterien keine eindeutige Abgrenzung der beiden Adjektivklassen erlauben. Sie bezieht sich auf eine Unterscheidung von Engel (1988), welcher zwei Formen der Komparation beschreibt: die relative und die absolute Komparation. Sowohl die DA als auch die BA können absolut und relativ kompariert werden.

Bei relativer Komparation umfaßt die Bedeutung des Adjektivs die gesamte Skala möglicher Werte im Rahmen der Grundbedeutung. Dabei befinden sich an einem Ende der Skala die absolut niedrigen Werte, am anderen die hohen. Die Skala ist auf die hohen Werte ausgerichtet, den entsprechenden Bereich bezeichnet Engel als semantische Präferenz.

Das relativ komparierte Adjektiv verlangt auf der Stufe des Positivs eine quantifizierende Bestimmung oder ein Vergleichskonstrukt (Gv). Dieser Wert fällt dabei mit dem im konkreten Fall gemeinten zusammen. Der negative Positiv hat einen Wert, der entgegen der semantischen Präferenz vom Wert des Vergleichskonstrukt liegt. Der Komparativ bezeichnet einen Wert, der in Richtung der semantischen Präferenz vom Vergleichskonstrukt abliegt. Der gemeinte Wert kann dabei beliebig sein. Der Superlativ bezeichnet einen Wert, der innerhalb einer Menge gleichartiger Größen (Auswahlmenge) am weitesten in Richtung der semantischen Präferenz liegt.

Im Gegensatz zu relativ komparierten Adjektiven haben absolut komparierte nach Engel weder eine quantifizierende Bestimmung bzw. ein Vergleichskonstrukt bei sich, noch kann eine Auswahlmenge angegeben werden.

Der Positiv bezeichnet genau den Bereich der semantischen Präferenz, der Komparativ einen Wert auf der Skala, welcher der semantischen Präferenz ziemlich nahe kommt und der Superlativ einen Wert an deren äußerstem Ende. Die unterschiedlichen Verwendungsweisen sind in Abbildung 3.2 zusammenfassend dargestellt.,

Abbildung 3.2: Absolute und relative Komparation

<u>Komparations-</u> <u>form</u>	<u>Absolute Komparation</u>	<u>Relative Komparation</u>
Positiv		
Komparativ		
Superlativ		

Es bleibt festzuhalten, daß bezüglich der konzeptuellen Annahmen für das Dimensionsadjektiv „groß“ zwei konkurrierende Sichtweisen existieren. Der Ansatz von Bierwisch geht von einer referenzsemantisch bestimmten Unterscheidung (vgl. 3.2.4) der beiden Adjektivklassen BA und DA aus und leitet die Unterschiede zwischen den beiden Klassen aus der Semantik ihrer Verwendung in Vergleichssätzen ab (Varnhorn, 1993). In der Folge werden unter dem Einfluß eines solchen Verständnisses die semantischen Unterschiede der beiden Adjektivklassen auf die

konzeptuelle Ebene projiziert, womit letztlich den Strukturen der konzeptuellen Ebene eine Eigenständigkeit abgesprochen wird.

Der Ansatz von Engel hingegen beschreibt eine zunächst von semantischen und syntaktischen Folgeprozessen unabhängige Konzeption für die Prozesse auf der konzeptuellen Ebene. Mit der absoluten und relativen Komparation werden zwei unterschiedliche konzeptuelle Verarbeitungsweisen vorgestellt, welche den semantischen und syntaktischen Aufbau der Folgestrukturen beeinflussen. Die klassische linguistische Unterscheidung der drei Komparationsformen Positiv, Komparativ und Superlativ ist auf diesem Hintergrund neu zu sehen, weil alle drei Formen bei beiden Komparationsarten vorkommen können wie aus Abbildung 3.2 ersichtlich wird.

Aus den vorgestellten konzeptuellen Befunden ergeben sich zusammenfassend folgende wesentlichen Gesichtspunkte für die Analyse der Adjektive:

Adjektive haben einen eigenständigen konzeptuellen Charakter, mit dem sie sich von den Nomen und Verben unterscheiden. Die Auftrennung in die beiden Adjektivklassen der Dimensionsadjektive und Bewertungsadjektive läßt sich konzeptuell nicht stützen. Ein konzeptuelles Unterscheidungskriterium sind hingegen die beiden Komparationsarten der absoluten und relativen Komparation. Die beiden Komparationsarten setzen jeweils eine eigene Skalengestaltung und einen eigenen Skalenbezug voraus. Die Verwendung der absoluten Komparation muß im Gegensatz zur relativen Komparation in Abhängigkeit von dem Normwert einer jeweiligen Vergleichsklasse gesehen werden.

## **3.2 Semantische Befunde**

### **3.2.1 Teilaspekte der Semantik**

Die in der Literatur beschriebenen Aussagen zur Semantik des Dimensionsadjektivs „groß“ werden im folgenden anhand der drei Teilaspekte Code, Sinn und Referenz gegliedert. Im Verständnis einer kognitiven Semantik (Rickheit & Strohner, 1993)

bezeichnet die semantische Information den qualitativen Aspekt der Information, die eine Relation zwischen einer Informationsquelle und einem Informationsträger darstellt (Strohner, 1994). Diese Information geht über die Sensomotorik in das kognitive System ein. Dort muß die Information im zentralen Nervensystem in kognitive Einheiten transformiert werden. Dieser Teilaspekt der kognitiven Semantik wird als *Codierung* bezeichnet. Im kognitiven System werden die kognitiven Einheiten mit anderen kognitiven Einheiten verknüpft, was in dieser Semantik mit *Sinn* bezeichnet wird. Schließlich kann Mit Hilfe der kognitiven Einheiten auf die externe Informationsquelle und auf deren qualitativen Eigenschaften bezug genommen werden. Der entsprechende Teilaspekt der kognitiven Semantik heißt *Referenz*.

Im folgenden sollen mittels dieser Aspekte die Ergebnisse der Semantikforschung für das Dimensionsadjektiv „groß“ vorgestellt werden.

### 3.2.2 Codierung

Als Forderung einer kognitiven Semantik umfaßt die Codierung die Aufnahme der Information, den Aufbau von Konzepten und deren Verbindung mit sprachlichen Einheiten. Die nachfolgend vorgestellten linguistischen Ansätze äußern sich nicht explizit zur Codierung im Sinne der kognitiven Semantik. Dennoch sind die Argumente dieser Ansätze geeignet für die Auseinandersetzung mit dem Sprachprodukt „groß“ unter diesem Aspekt.

Die sprachlichen Einheiten entstammen in dem Ansatz von Bierwisch (1987) einem separaten, vom übrigen Wissen losgelösten Bereich, in welchem die Bedeutungen der Wörter wie in einem Lexikon verzeichnet sind. Die Unterscheidung von konzeptueller und semantischer Bedeutung beruht auf dem Zwei-Ebenen-Modell. Die semantische Bedeutung von Dimensionsadjektiven wird in den SF-(semantische Form)-Strukturen erfaßt. Die semantische Form der Dimensionsadjektive „groß“ und „klein“ sieht wie folgt aus:

(1) +Pol-A:  $c \underline{x} [[\text{QUANT DIM } x] \supset [v + c]]$

(2) -Pol-A:  $c \underline{x} [[\text{QUANT DIM } x] \subset [v - c]]$

$\underline{x}$  steht für die externe und  $c$  für die interne  $\theta$ -Rolle. Die SF-Struktur enthält mit  $v$  eine weitere Variable, der keine  $\theta$ -Rolle und damit keine syntaktische Argumentstelle entspricht. Diese offene Variable  $v$  steht für den Vergleichswert. Sie kann entweder mit der Klassennorm oder mit dem Skalenursprung 0 belegt werden. Semantisch ist daher ein Dimensionsadjektiv wie „groß“ als dreistelliges Prädikat zu beschreiben. Im Ansatz von Bierwisch werden, wie in 3.2.1 vorgestellt, die Dimensionsadjektive auf der konzeptuellen Ebene von den Bewertungsadjektiven unterschieden. Entsprechend unterscheiden sich die Annahmen zu den semantischen Formen: Bewertungsadjektive werden in ihrer Basislesung semantisch als einstellige Prädikate charakterisiert.

Bei der alternativen Vorstellung von Engel (1988) und Varnhorn (1993) werden im konzeptuellen Bereich zwei unterschiedliche Komparationsformen zugrundegelegt, welche beide Adjektivklassen gleichermaßen betreffen. Die semantischen Formen sind unabhängig von bestimmten Wortklassen. Sie ergeben sich vielmehr als Folge dieser beiden unterschiedlichen Verarbeitungsformen. Das zugrundeliegende semantische Schema für die Komparation wird als dreistelliges Prädikat wie folgt beschrieben:

(3)  $\text{KOMP}_{\text{ADJ}} [g_1, g_2, d]$ .

Dabei repräsentieren  $g_1$  und  $g_2$  Skalenabschnitte der Vergleichsgrößen und  $d$  die Differenz. Die positiven und negativen Pole der antonymen Adjektive unterscheiden sich im Hinblick auf die Orientierung in Bezug auf den Vergleichswert  $g_2$ . Semantisch entspricht das der Inklusionsbeziehung  $\supset$  bzw.  $\subset$ .

Die drei verschiedenen Komparationsformen Positiv, Komparativ und Superlativ unterscheiden sich in der Differenzierung des Differenzwertes  $d$ . Die semantischen Muster der drei relativen Komparationsformen sehen für das Adjektiv „groß“ wie folgt aus:

Abbildung 3.3: Relative Komparationsformen

Komparationsform	Beispielsatz	semantische Form
Positiv	Hans ist so groß wie Fritz	$\text{MASS DIM GROSS HANS } \supset$ $\text{MASS DIM GROSS FRITZ} + d_0$

Komparativ	Hans ist größer als Fritz	$\text{MASS DIM GROSS HANS} \supset$ $\text{MASS DIM GROSS FRITZ} +$ $\varepsilon d_i [d_i \neq d_0]$
Superlativ	Hans ist der größte Schüler der Klasse	$\text{SK (HANS)} \ \& \forall x \ [ [\text{SK (x)} \ \& \ x \neq$ $\text{Hans}] \rightarrow [\text{MASS DIM GROSS}$ $\text{HANS} \supset \text{MASS DIM GROSS (x)} +$ $\varepsilon d_i [d_i \supset d_s]]]$ ‘SK’ steht für ‘ist Schüler der Klasse’

Bei der absoluten Komparation unterscheiden sich die drei Komparationsformen nicht in der Determination des Differenzwertes, sondern in der Fixierung des Vergleichswertes. Dieser befindet sich in Abhängigkeit von der Komparationsform an unterschiedlichen Stellen der Skala. Die positiven und negativen Pole unterscheiden sich darin, ob sie auf den oberen oder unteren Skalenbereich Bezug nehmen.

Die semantischen Formen für die absolut verwendeten drei Komparationsformen von „groß“ sehen wie folgt aus:

Abbildung 3.4: Absolute Komparationsformen

Komparationsform	Beispielsatz	semantische Form
Positiv	Hans ist groß	$\text{MASS DIM GROSS HANS} \supset F_{C,A+,-}$ $\emptyset + \varepsilon d_i [d_i \supset d_s \ \& \ d_i \subset d_{MAX}]$
Komparativ	Ein größerer Mann	$\text{MASS DIM GROSS MANN} \supset$ $F_{C,A+,-er} + \varepsilon d_i [d_i \supset d_s \ \& \ d_i \subset d_{MAX}]$
Superlativ	Der größte Mann	$\text{MASS DIM GROSS MANN} \supset$ $F_{C,A+,-(e)st} + \varepsilon d_i [d_i \supset d_s \ \& \ d_i \subset$ $d_{MAX}]$

Die Beschreibung der semantischen Formen für die relative und absolute Komparation spiegelt die Bedeutung der Normativität wider. Sowohl bei der relativen als auch bei der absoluten Komparation treten Normativitätserscheinungen auf. In der

Terminologie von Bierwisch entspricht das dem normbezogenen Gebrauch von Adjektiven, der von dem nominativen Gebrauch unterschieden werden kann. Der Unterschied zwischen der relativen und absoluten Komparation ist darin zu sehen, daß bei der relativen Komparation die Normativitätsproposition nur präsupponiert wird und vor allem die Angemessenheits- und Gebrauchsbedingungen der adjektivischen Lexeme betrifft, wohingegen bei der absoluten Komparation die Normativität Bestandteil der logisch-semantischen Form ist (Varnhorn, 1993).

In den obigen Repräsentationen der semantischen Formen des Dimensionsadjektivs „groß“ wird die dimensionale Bedeutungskomponente der DA mit der komplexen Platzhaltervariablen DIM symbolisiert. Die Frage nach der semantischen Form der Dimensionsauszeichnungen bei verschiedenen Dimensionsadjektiven stellt Lang (1987; 1989). Hierzu spezifiziert er für die einzelnen Dimensionsadjektivpaare jeweils charakteristische Werte, die Auszeichnungsbedingungen für das jeweilige DA darstellen. Im Falle des Dimensionsadjektivs „groß“ bereitet die Spezifizierung eines entsprechenden Auszeichnungsparameters Schwierigkeiten, die Lang im „Allerweltscharakter“ von groß/klein begründet sieht (Lang, 1987, S. 422). Als eine wesentliche Auszeichnungsvoraussetzung wird die durchgängige räumliche Begrenzung des auszuzeichnenden Objekts genannt. Dadurch werden abweichende Fälle wie „große Luft“ als uninterpretierbar aussortiert. Der entsprechende Parameter wird mit SIZE bezeichnet. Die auszuzeichnenden Objekte werden Mit Hilfe ihrer Gestalt-und Lageeigenschaften in Form von Objektschemata kategorisiert. In einem Objektschema, das kompatibel zu der Dimensionsauszeichnung SIZE sein soll, müssen die dreidimensionalen Achsen des auszuzeichnenden Objekts integriert repräsentiert sein. Die Dimensionsauszeichnung SIZE unterscheidet das Dimensionsadjektiv „groß“ grundsätzlich von den anderen Dimensionsadjektiven wie lang, breit, hoch u.a.. Die Auszeichnungparameter der anderen Dimensionsadjektive beziehen sich auf die einzelnen Abmessungen der räumlichen Eigenschaften der einzelnen Objekte. Wenn das der Fall ist, kann gesagt werden, daß die Dimensionsauszeichnung als „Primäridentifizierung“ erfolgt. Für die Gruppe der Dimensionsadjektive, ausgenommen „groß“, kann die Dimensionsauszeichnung zudem als „kontextuelle Spezifizierung“ erfolgen. Das bedeutet, daß kontextuelle

Bedingungen wie die Lage eines Objekts im Raum, die Dimensionsauszeichnung steuern. Das ist beispielsweise der Fall, wenn ein Turm als „hoch“ bezeichnet wird, weil er im Raum steht, ein Tunnel hingegen als „lang“ weil er sich in die Tiefe erstreckt. Beim Dimensionsadjektiv „groß“ erfolgt die Zuordnung der Dimensionsauszeichnung SIZE weder über die Primäridentifikation noch als kontextuelle Spezifizierung, sondern die Zuordnung bezieht sich ganzheitlich auf das Objektschema. Lang bezeichnet die Verwendung von „groß“, die sich auf das Integrationsergebnis aller dimensional Abmessungen bezieht, als „Pauschalinterpretation“ von „groß“. Geht man von den Einzelabmessungen der Objektachsen im Raum aus, so „...gelangt man unabweislich zu der Einsicht, daß die Zuweisung und Interpretation von groß/klein auf einem kognitiv elementaren, ganzheitlichen Identifizierungskriterium beruhen müssen“ (Lang, 1987, S. 435). Die ganzheitliche Zuweisung beruht auf der sogenannten „Normalproportion“ (NOP), bei welcher die dimensional Abmessungen zueinander in einem proportionalen Verhältnis stehen. Die Normalproportion bildet die Basis für die Größendimension und fixiert den Parameter SIZE. Auf der Grundlage dieser Normalproportion läßt sich das „Standardausmaß“ festlegen. Das Standardausmaß ist die Belegung einer klassenkonstitutiven NOP und liefert den Normwert für diese Klasse.

*„Aus der Wahrnehmungspsychologie ist belegt, daß die NOP eines Objekts x ... ganzheitlich ... verarbeitet wird und es ist höchst plausibel anzunehmen, daß die Kenntnis der NOP Teil der gedächtnisfixierten Objektkenntnis ist.“ (Lang 1987, S. 436)*

Mit der Analyse von Lang wird dem Dimensionsadjektiv „groß“ somit ein Sonderstatus gegenüber den anderen Dimensionsadjektiven eingeräumt:

Abbildung 3.5: Sonderstellung des DA „groß“ nach Lang

	„groß“	andere DA
Skalenbezug	multidimensional/ kontextkonstant	eindimensional/ kontextuell abhängig
Zuordnung der Dimensionsauszeichnung	ganzheitlicher Objektschemabezug	Primäridentifizierung/ kontextuelle Spezifizierung
Normalproportion	NOP	keine NOP

Erfolgt zusammenfassend eine Bewertung der vorgestellten Ansätze aus Sicht der Eingangsforderung der kognitiven Semantik zur Codierung, dann bleibt festzuhalten, daß die traditionelle Semantik keine Aussagen zu den Prozessen der Aufnahme der semantisch zu codierenden Informationen macht. Bei der Entstehung von Konzepten und dem Übergang zu den sprachlichen Einheiten wird der Prozeßcharakter ausgeklammert. Die semantischen Formen sind starre Gebilde, die mit ihren Argumentstellen Variablen enthalten, die im weiteren Verlauf belegt werden. Sieht man von der Vernachlässigung des Prozeßaspekts ab, so können den obigen Ansätzen dennoch Hinweise auf Kriterien entnommen werden, die sich auf den Übergang von der Informationsaufnahme zur Konzeptualisierung beziehen.

Die in 3.1 beschriebene Unterscheidung von Skala und Skalenbezug von absoluter und relativer Komparation führt für die Codierung dazu, daß im Falle der absoluten Komparation der Normwert Bestandteil der logisch-semantischen Form wird im Gegensatz zur relativen Komparation. Desweiteren wird dem DA „groß“ gegenüber den anderen DAs eine Sonderstellung eingeräumt. Danach wird „groß“ wahrnehmungspsychologisch fundiert als NOP codiert, wobei anzunehmen ist, daß aufgrund des ganzheitlichen Objektschemabezugs ein Prototyp der Objektklasse vorliegen muß, der als längerfristiger Wissensbesitz im Gedächtnis repräsentiert wird und deshalb „top down“ die Codierung beeinflusst.

### **3.2.3 Sinn**

Semantische Einheiten können in syntagmatischen oder paradigmatischen Relationen zueinander stehen, je nachdem ob die Relate unterschiedlichen oder derselben Wortart angehören. Das Adjektiv „groß“ steht in paradigmatischer Relation zu dem Adjektiv „klein“. Im folgenden wird zuerst auf die antonyme Gegensatzrelation eingegangen und anschließend erfolgt die Abgrenzung zur Komplementarität.

Zunächst stellt sich die Frage, in welchen adjektivischen Bestandteilen als semantischen Analyseeinheiten sich die antonyme Gegensatzrelation manifestiert. In der strukturellen Semantik gehen Sinnrelationen als wesentlicher Bestandteil der

Bedeutungskonstituierung ein; über sie werden Wortbedeutungen definiert. Sinnrelationen bestehen zwischen den „Signifiants“, also zwischen dem gesamten Wortinhalt zweier Lexeme (Lyons, 1980). Als andere Vorgehensweise der Betrachtung der Gegensatzrelation bietet sich die des „Sems“ als Analyseeinheit an, was einer Aufspaltung in kleinste bedeutungsunterscheidende Elemente entspricht (Katz, 1967; 1972). Bei der Gegensatzrelation „groß-klein“ wäre ein mögliches Sem das semantische Merkmal „oberhalb/unterhalb der Norm“. Rachidi (1989) argumentiert dafür, als Analyseeinheit das „Semem“ zu nehmen, die Gegensatzrelation also als intersemische Beziehung zu verstehen (Anm. 2). Sememe stehen für die unterschiedlichen Lesearten und Bedeutungsvarianten eines Adjektivs. Bei einer optimalen sememischen Gegensatzrelation besteht eine feste assoziative Verbindung zwischen genau zwei Gegentermen; die Gegenterme sind in (fast) allen syntaktischen und semantischen Umgebungen austauschbar und die Sememstrukturen der beiden Gegenterme sind bis auf das eine, den Gegensatz tragende Semen, völlig identisch. Für das Adjektiv „groß“ unterscheidet Rachidi acht solcher Sememe. Auf dem Hintergrund dieser Klassifikation berücksichtigt die vorliegende Arbeit die Gegensatzrelation, die auf dem Dimensionssemem 'räumlich (weit) ausgedehnt' beruht. Nicht berücksichtigt wird somit beispielsweise ein Charakter-/Bewertungssemem, wie eine „große“ Seele. In der Leseart als Dimensionssemem erscheint das Gegensatzpaar „groß-klein“ in der von Rachidi aufgestellten Liste der perfekten Gradantonyme (Anm. 3).

Die beiden antonymen Gegensatzterme „groß“ und „klein“ unterscheiden sich durch das Merkmal 'große räumliche Ausdehnung' versus 'geringe räumliche Ausdehnung'. Gemeinsam haben beide Terme die Inhaltskomponente des superordinierten Begriffs „Größe“, welche der Skala entspricht, auf die sich die beiden Terme beziehen. Bezogen auf diese Dimension können die beiden Terme einen hohen („multum“) und niedrigen („paucum“) Grad ausdrücken. Beide Pole lassen sich entgegengesetzt auf einen gemeinsamen Bezugspunkt hin beziehen, der zwischen den Polen liegt. Dieser Bereich ist Teilinhalt beider Terme und wird auch mit „tertium datur“ bezeichnet. In diesem Sinne unterscheidet sich die antonyme Gegensatzrelation von der komplementären Gegensatzrelation (Anm. 4).

Abbildung 3.6: Antonyme und komplementäre Gegensatzrelationen

antonym	komplementär
groß- klein	verheiratet- ledig
gradierbar	nicht-gradierbar
konträr	kontradiktorisch
„tertium datur“	entweder-oder-Relation im „universe of discourse“ (vgl. Lyons, 1980)

Bei der antonymen Gegensatzrelation läßt sich die Gesamtheit der Objekte nicht in zwei komplementäre Subklassen im Sinne einer Entweder-Oder-Relation aufteilen, sondern es besteht zusätzlich noch eine dritte Möglichkeit „tertium datur“, die im Falle von „groß“ sogar mit „mittelgroß“ lexikalisiert ist.

Wie die Ausführungen zeigen, ist die Polarität auf dem Hintergrund des Sinnaspekts ein wichtiges Kriterium. Die Polarität der beiden Gegenterme „groß“ und „klein“ kann als Gradpolarität bezeichnet werden. Das bedeutet, daß im quantifizierend-messenden Bereich der Pol über der Norm („mehr Größe als die Norm“) den (+Pol), der Pol unterhalb der Norm („weniger Größe als die Norm“) den (-Pol) darstellt. Eine derart aus dem Sinnaspekt hergeleitete Zuweisung von positivem und negativem Pol kann wiederum dazu verwendet werden, um Neutralisation, d.h. den nicht normativen Gebrauch eines Pols, Mit Hilfe von Neutralisationskontexten zu beschreiben. Einer der beiden Terme, beim groß-klein-Gegensatz ist es der „groß“-Term, fungiert als sogenannter unmarkierter Term. Die Bedeutung des unmarkierten Terms erstreckt sich über die gesamte Skala, die dem Antonympaar zugrundeliegt. Zum Beispiel erstreckt sich die Frage

(4) Wie groß ist das Haus?

auf große und kleine Häuser. Mit Neutralisation ist gemeint, daß die Verwendung des unmarkierten Terms in bestimmten Kontexten die Bedeutung des markierten Terms mit übernimmt. Würde der markierte Term in diesen Fällen eingesetzt werden, so würden daraus inakzeptable Sätze resultieren oder zusätzliche Präsuppositionen in der Äußerung enthalten sein. Wird (4) mit dem markierten Term verwendet

(5) Wie klein ist das Haus?

dann wird nach der objektiv meßbaren Eigenschaft der Größe des Hauses gefragt und gleichzeitig „das Haus ist klein“ präsupponiert.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Polarität Bestandteil der semantischen Form ist, wie unter dem Aspekt der Codierung in 3.2.2 bereits angesprochen, dasselbe gilt für den Normwert. Zum einen ist der Normwert als NOP codiert. Das ist ein Hinweis auf die Existenz eines Prototypen der Objektklasse, der als längerfristiger Wissensbesitz im Gedächtnis repräsentiert wird. Zum anderen ist die semantische Annahme eines „tertium datur“ verbunden mit der Gradierbarkeit ein weiterer Hinweis auf die Existenz eines Prototypen der Objektklasse (Anm. 5). Die Annahme von der Existenz eines Normwerts, der sich im längerfristigen Wissensbesitz manifestiert, läßt den Schluß zu, soweit dieser Schluß auf die intraindividuelle Konstruktion im Sprachproduktionsprozeß überhaupt zulässig ist, daß der Normwert eine „top down“ Prozeßkomponente darstellt.

### 3.2.4 Referenz

In herkömmlichen Grammatiken wird ein Adjektiv wie „groß“ als relatives (Hentschel & Weydt, 1990) oder qualitatives Adjektiv (Helbig & Buscha 1984; Engel 1988) klassifiziert. In den linguistischen Theorien erfolgt eine Erweiterung der Klassifikationskriterien für Adjektive. Adjektive beziehen sich auf qualitative Eigenschaften von Objekten und werden daher in referenzsemantischen Ansätzen in ihrer Kombination mit Nomen analysiert. Dabei wird die Beziehung, in welche Adjektive und Nomen treten können, differenzierter betrachtet. Anhand der Folgerungseigenschaften aus Adjektiv-Nomen-Komplexen lassen sich Merkmale ableiten, welche dazu benutzt werden können, die Adjektive zu klassifizieren. Das Merkmal „+/- restriktiv“ bezieht sich darauf, ob das Adjektiv die durch das Nomen gegebene Bezugsklasse einschränkt, oder ob die durch das Nomen gegebenen Bedingungen aufgehoben oder ergänzt werden. Das Dimensionsadjektiv „groß“ erhält das Merkmal + restriktiv, weil sich aus

(6) Hans ist ein großer Mann

die Implikation

(7) Hans ist ein Mann

ergibt. Die Menge der „großen Männer“ ist als Teilmenge in der Menge „Männer“ enthalten.

Das Merkmal der *Relativität* bezieht sich darauf, ob die Denotation eines Adjektivs von der Bezugsklasse des Nomens beeinflusst ist. Das Dimensionsadjektiv „groß“ erhält das Merkmal +relativ, weil aus

(8) Peter ist ein großer Zwerg

nicht notwendigerweise (9) die Implikationsbeziehung gilt:

(9) Peter ist groß.

Die Relativität von „groß“ ist eine Relativität zu einer Norm oder einem Maßstab. Hierin unterscheiden sich relative und absolute Adjektive. Allerdings kann ein referenzsemantisch absolutes Adjektiv wie „rot“ relativ verwendet werden, wenn es als gradierbar aufgefaßt wird und ein typisches „rot“ der Norm entspricht. Relativität ist somit m.E. keine Frage des Produkts und seiner Beziehung zu den extensionalen Produkteigenschaften, sondern die Folge einer mentalen Disposition im Sinne eines absoluten oder relativen Komparationsverhaltens.

Die Abhängigkeit der Relativität vom Kontext ist zu unterscheiden von der Kontextabhängigkeit eines Begriffsinhalts selbst (Bartsch & Vennemann, 1982).

Die Konstanz bzw. Variabilität der Bedeutung eines Begriffsinhalts wird mit dem Merkmal „+/- transparent“ erfaßt. *Transparenz* bezieht sich darauf, ob die mit dem Adjektiv ausgedrückte Eigenschaft bei sich verändernder Bezugsklasse konstant bleibt. Das Dimensionsadjektiv „groß“ erhält das Merkmal „+ transparent“ (Bierwisch, 1987), weil es sich auf eine objektiv bestimmbare Dimension bezieht (Rachidi, 1989). Das Merkmal der Transparenz liefert die Begründung, warum Vergleiche zwischen Elementen möglich sind, die nicht zur selben semantischen Klasse gehören (Rachidi, 1989) wie in

(10) Der Hund Waldi ist kleiner als dieser Stuhl.

Im Falle des Dimensionsadjektivs „groß“ kann sich „groß“ zwar auf eine objektiv bestimmbare Dimension beziehen, was Lang als „partiell beschränkte Interpretation“ bezeichnet (Lang 1987, S. 434). Es wurde aber in 3.2.2 im Zusammenhang mit der Dimensionsauszeichnung aufgezeigt, daß der Dimensionsbezug für das DA „groß“ problematisch ist, weil die zugrundeliegende Dimension nicht in jedem Fall objektiv bestimmbar ist und sich „groß“ aufgrund der Pauschalinterpretation von den anderen Dimensionsadjektiven unterscheidet. In dieser Verwendungsweise impliziert das Merkmal der Transparenz in der Referenzsemantik die Integration der Objektachsen. Die Achsen-Integrationskomponente der Pauschalinterpretation führt dazu, daß Sätze wie

(11) \* Der Tisch ist größer als der Stuhl hoch ist

uninterpretierbar sind, weil nur dimensionale Abmessungen verglichen werden können, die denselben Skalentyp spezifizieren bzw. die dimensional Abmessungen in den Objektschemata der Vergleichsobjekte dieselbe Position haben. Lang bezeichnet diese Bedingung als „Kommensurabilität“ (vgl. Lang, 1987, S. 440). Damit ist der Satz

(12) Der Tisch ist höher als der Stuhl breit ist  
möglich.

Betrachtet man die Definition des Merkmals der Transparenz

„Ein Adjektiv ist, etwas vereinfacht gesprochen, transparent, wenn es eine konstante Bedingung festlegt, in bezug auf die eine vergleichende Wertung vorgenommen wird.“

(Bierwisch 1987, S. 17)

so werden mit der partiell beschränkten Interpretation und der Pauschalinterpretation von „groß“ zwei Bedingungen festgelegt, auf welche sich eine vergleichende Wertung beziehen kann. Hieraus folgt, daß das Dimensionsadjektiv „groß“ nicht-transparent ist (Anm. 6). Die Sonderstellung des DA „groß“ wird insofern deutlich, daß „groß“ transparent wäre, würde Transparenz auf den Vergleichswert einer eindimensionalen Bezugsklasse bezogen, während „groß“ nicht-transparent ist, wenn „groß“ verwendet wird im Sinne der Pauschalinterpretation. Bei eindimensionalen Adjektiven steht die Dimension unabhängig von der Bezugsklasse fest, d.h. die intensionale Definition der Bezugsklasse wechselt eben deshalb nicht, weil sie gewissermaßen extensional vorliegt, also interpersonell überprüfbar ist. Demgegenüber werden bei mehrdimensionalen, sogenannten nicht-transparenten, Adjektiven die extensional sich

nicht verändernden Eigenschaften der Bezugsklasse, intensional, also vom Sprecher aus, zu einer Spezifikation der Bezugsklasse führen. Dieser muß außer dem Normwert auch die kontextuell aktualisierte Adjektivbedeutung auswählen, was durch die Auswahl der entsprechenden Dimensionen erfolgt (vgl. Rachidi 1989, S. 117).

Die Referenzsemantik unternimmt somit den Versuch, die Klassifikation der Adjektive unabhängig von interpersonellen Spezifikationen generell erklären zu können und scheitert dabei m.E., weil sie nicht umhinkommt, intensionale bzw. intrapersonelle Zustände in ihre Analyse mit einzubeziehen.

### **3.3 Syntaktische Befunde**

#### **3.3.1 Homomorphismus und Autonomie**

Das Verhältnis von Semantik zur Syntax wird in den verschiedenen Theorien unterschiedlich beschrieben. Als Extrempositionen können die vollständige Homomorphie zwischen syntaktischen und semantischen Strukturen auf der einen Seite und das Autonomieverständnis der Syntax auf der anderen Seite angesehen werden. Es soll mit dieser Arbeit bezüglich der unterschiedlichen, sich zwischen diesen beiden Polen bewegenden Theorien keine Stellungnahme für die eine oder andere traditionelle linguistische Position bezogen werden. Das erscheint schon deshalb nicht sinnvoll, weil aus der Sichtweise des hier vertretenen Ansatzes sich diese Theorien trotz ihrer theoretischen Unterschiede in der Systemposition 3 bewegen und somit vom Anspruch her der Schwerpunkt auf den Strukturen und deren Beschreibungen als Produkte einer Sprachgemeinschaft liegt.

Die Beurteilung der Einordnung der generativen Transformationsgrammatik (TG) und der Government-Binding-Theorie (GB) von Chomsky (1966; 1986b) muß an dieser Stelle offen bleiben. In ihrem Anspruch leiten die autonomen Theorien die syntaktische Kompetenz des Sprachproduzierenden aus einem Set von Universalien ab, die kognitiv verankert sind (Chomsky, 1980). Mit dem zunehmenden Einfluß neurophysiologischer Untersuchungsmethoden wird versucht, die kognitive

Fundierung der syntaktischen Strukturbildung und damit verbundenen Regelanwendung zu belegen. Neueste Untersuchungen warten mit spektakulär anmutenden Ergebnissen auf wie der Fähigkeit von 7 Monate alten Säuglingen zur Regelabstraktion, -formation und -anwendung (Pinker, 1999; Vijayan u.a., 1999).

Die potentielle Möglichkeit der Verankerung von syntaktischen Grundwerkzeugen, mit denen komplexere Strukturen aufgebaut werden können ist generell nicht unverträglich mit der hier vertretenen Systemposition 1. Es ist denkbar, daß die Fähigkeit zur syntaktischen Strukturbildung ebenfalls kognitives Potential des sprachverarbeitenden Individuums darstellt. Wichtig erscheint mir, daß bei der Forschung dann der Schwerpunkt gesetzt wird auf das Individuum und die Erforschung der postulierten kognitiven Instrumentarien und eine klare Abtrennung zu der Analyse der hervorgebrachten Strukturen erfolgt. Eine so gestaltete Erforschung der Syntax erscheint durchaus kompatibel mit dem hier vertretenen Ansatz, zumal die postulierten Verarbeitungsmodule als syntaktische-Minimalstruktur-aufbauende Instrumentarien verstanden werden können.

In den autonomen Ansätzen der Parameter und Prinzipien-Theorie mit der Basis der Universalgrammatik werden die Adjektive neben den Nomen, Verben und Präpositionen als eine weitere lexikalische Kategorie definiert. Die lexikalischen Kategorien lassen sich als Kombinationen des Merkmalsystems [+/- N] und [+/- V] ausdrücken. Die Kategorie der Adjektive wird dabei Mit Hilfe von Nomen- und Verbeigenschaften charakterisiert (Chomsky, 1987; Haegeman, 1991; Roberts, 1997):

Abbildung 3.7: Verb- und Nomeneigenschaften von Adjektiven

	+N	-N
+V	<b>Adj</b>	Verb
-V	Noun	Prep

Ein Adjektiv wie „groß“ trägt somit gleichermaßen nomenhafte und verbhafte Züge (Hamann, 1991), was sich in auch in seiner Erscheinungsform als attributives und prädikatives Muster widerspiegelt. In der prädikativen Verwendung drückt das

Adjektiv wie ein Verb eine (einstellige) Eigenschaft aus. Diese Verwendungsweise wird in 3.3.2 beschrieben. In einem attributiven syntaktisch/semantischen Muster modifiziert ein Adjektiv ein Nomen. Auf diese Verwendungsweise wird in 3.3.3 eingegangen. Die traditionelle linguistische Forschung analysiert die beiden hervorgebrachten Strukturen und stellt Fragen nach der ursprünglicheren der beiden Strukturen und der Überführbarkeit von einer Struktur in die andere (vgl. 3.3.4 und 3.3.5). Ein Ansatz, der sich wie der hier vorgestellte in der Systemposition 1 bewegt, muß hingegen die kognitiven Dispositionen, welche zur Attribution bzw. Prädikation befähigen, ergründen und ihre Bedeutung für die Organisation des Gedächtnisbesitzes sowie die unterschiedlichen Prozesse der Produktion der beiden Muster in der Sprachproduktion beschreiben.

Die hier im Anschluß vorgestellte Betrachtung der syntaktischen Strukturierungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ erfolgt auf dem Hintergrund syntaktischer Theorien, die von der Idee des Homomorphismus zwischen den semantischen und syntaktischen Strukturen geprägt sind, weil sie sich am eingehendsten mit Strukturierungen wie solchen zu denen die hier betrachteten „groß-Äußerungen“ zählen, beschäftigen.

Die Frage nach den syntaktischen Eigenschaften von Mustern mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ stellt Varnhorn (1993) im Anschluß an die Beschreibung der konzeptuellen und semantischen Formen, indem sie für die untersuchten Muster die syntaktischen Valenzanforderungen beschreibt. Sie stellt die Frage, welche Konsequenzen die Unterscheidung der unterschiedlichen Komparationsformen der beiden Komparationsarten auf die syntaktische Valenz der adjektivischen Muster hat. Es lassen sich zwei Valenzträger unterscheiden: Zum einen eröffnet der Begriffsinhalt von „groß“ eine adjektivische Valenz. Das bedeutet, daß der Begriffsinhalt des Adjektivs bestimmte Ergänzungen erfordert. Zum anderen machen die Komparationsflexeme bestimmte kategoriale Valenzen erforderlich.

Die semantischen Unterschiede zwischen der absoluten und relativen Verwendung der Komparation liegen in der Konzeptualisierung begründet. Sie spiegeln sich in der semantischen Form wider und beeinflussen die syntaktische Valenz der Adjektive. Varnhorn nimmt zunächst eine semantische Determination der Bezugsstellen für die beiden Komparationsarten vor und stellt dann die Frage nach der syntaktischen

Valenz absolut und relativ komparierter Adjektive. Sie weist darauf hin, daß eingehender zu klären sein wird,

„ob und inwiefern die Komparationsstufen in Abhängigkeit von der Komparationsart die syntaktische Valenz von Adjektiven beeinflussen bzw. welche Ergänzungsklassen spezifisch für die jeweiligen Komparationsstufen und -arten sind.“ (Varnhorn, 1993, S.82)

Das syntaktische Potential erscheint somit semantisch begründet (Hamann, 1991).

Varnhorn unterscheidet die adjektivische Valenz von der kategorialen Valenz. Die adjektivische Valenz ist determiniert durch den Begriffsinhalt des adjektivischen Prädikatsausdrucks. Die adjektivische Valenz kann in sofern als eingebettet in die kategoriale Valenz verstanden werden, als daß der Vergleichsbegriff zusätzlich eine bestimmte Anzahl von Leerstellen eröffnet.

Bei der Frage nach der syntaktischen Valenz der Adjektive muß daher zum einen die Unterscheidung zwischen absoluter und relativer Komparation sowie die einzelnen Komparationsformen berücksichtigt werden. Die folgende Abbildung faßt die Unterschiede in den syntaktischen Valenzen zusammen:

Abbildung 3.8: Syntaktische Valenzen relativ und absolut komparierter Adjektive

Komparationsform	Syntaktische Valenz relativ komparierter Adjektive	Syntaktische Valenz absolut komparierter Adjektive
Positiv	Vergleichsergänzung ist obligatorisch	„Valenzerscheinungen bei der absoluten Komparation sind bis heute entweder überhaupt nicht oder nur unzureichend beschrieben worden“
Komparativ	Glieder, die durch <i>als</i> + <i>Pronomen/Adverb</i> anaphorisierbar sind	Vergleichsergänzungen sind unabhängig von der Komparationsstufe durch <i>dafür</i> oder
Superlativ	Glieder, die durch <i>davon</i> , <i>darunter</i> , <i>von</i> + <i>Personalpronomen</i> anaphorisierbar sind	<i>im Vergleich dazu/zu</i> + <i>Personalpronomen</i> anaphorisierbar

### 3.3.2 Prädikative Verwendung

In den herkömmlichen Grammatiken (Duden, 1998; Hentschel & Weydt, 1990) werden drei syntaktische Verwendungsweisen von Adjektiven unterschieden: Die attributive, prädikative und adverbiale Verwendungsweise. Dabei kann ein Adjektiv wie „groß“ attributiv und prädikativ, nicht aber adverbial gebraucht werden, weil es sich auf Personen und Dinge, nicht aber auf ein Geschehen bezieht. Für die Personen und Dinge beschreiben Adjektive statische und überdauernde Eigenschaften und nicht sich verändernde Eigenschaften wie die Verben. Es gibt jedoch auch Verben, die den Adjektiven in diesem Punkt ähneln.

In den Theorien der GB wird das prädikative Muster der Form „x ist groß“ in Zusammenhang mit den syntaktischen Besonderheiten der sogenannten „unaccusativen“ Verben oder „ergativen“ Verben gebracht (Haider, 1984; Hamann, 1991; Haegeman, 1991; Roberts, 1997). Diese Verbgruppe stellt eine Untergruppe der intransitiven Verben dar. Die intransitiven Verben weisen nur eine einzige  $\theta$ -Rolle zu. Im Falle des Verbs „telefonieren“ ist das Argument ein Subjekt-Argument. „Telefonieren“ gehört zu den „unergativen“ Verben. Eine andere Gruppe intransitiver Verben hat als einziges Objekt ein Objekt-Argument. Hierzu gehört beispielsweise „ankommen“. Die Gruppe dieser Verben heißt unaccusative oder ergativ, weil sie ihrem Objekt keinen Akkusativ-Kasus zuweisen. Wenn ein Verb aber keinen Akkusativ - Kasus hat, hat es keine Subjekt  $\theta$ -Rolle. (Burzio 1986, wiedergegeben in: Roberts, 1997). Folglich muß das Objekt seinen Kasus an anderer Stelle finden, um nicht den Kasusfilter zu verletzen. Die Struktur „John has arrived“ kommt durch die Bewegung von „John“ aus der Objektposition in die künstliche Subjektposition zustande:  $\text{John}_i \text{ has arrived } t_i$ . Das einzige Argument dieser unaccusativen Verben ist gleichzeitig Subjekt und Objekt. Es ist ein Subjekt im Sinne seiner syntaktischen Position und morphologischen Markierung - es gilt Subjekt-Verb-Agreement - aber es trägt eine Objekt  $\theta$ -Rolle, die durch eine Spur in der Objektposition gekennzeichnet ist.

Bei der prädikativen Verwendung kann das Adjektiv, den intransitiven Verben in der Argumentstruktur vergleichbar, als einstelliges Prädikat aufgefaßt werden. Das Adjektiv weist Ähnlichkeit zu dieser Unterklasse der unaccusativen Verben auf. Wie

diese Verben haben sie keine  $\theta$ -Rolle. Sie sind von der neutralisierenden Kategorie [+ V] und weisen dem Objekt aufgrund des Kasusfilters keinen Kasus zu. Die zugrundeliegende Struktur der prädikativen Verwendung sieht auf dem Hintergrund dieser Überlegungen wie folgt aus:

(13)  $X_i$  ist groß  $t_i$ .

Für die Argumentstruktur der Adjektive kann angenommen werden, daß es sich um Prädikate ohne designiertes Argument handelt (Haider, 1984). Die Argumentstruktur sieht dann wie folgt aus:

(14) groß: adjective:  $A(\theta^i)$ . Da es kein designiertes Argument  $\theta^i$  gibt, gibt es auch keinen Akkusativ. Aufgrund des Realisationsprinzips, welches besagt, daß wenn ein funktionales Element einen strukturellen Kasus realisiert, es auch einen externen Index gibt, tritt das Argument im Nominativ auf (Haider, 1984).

Eine andere Analyse der Argumentstruktur geht von dem internen Argument  $\theta^i$ , dem direkten Objekt in der Tiefenstruktur, aus. Da nur ein Tiefen-Subjekt Agens sein kann, scheidet das Objekt für die Agensposition aus. Grimshaw (1991) schlägt vor, neben der thematischen Dimension auch die kausale Dimension zu berücksichtigen. Externe Argumente müssen beide Dimensionen erfüllen. Da das Adjektiv nicht kausativ ist, erklärt dieser Ansatz mit der Hinzunahme der kausativen Dimension, warum Adjektive nur ein internes Argument haben.

Mit dieser abschließenden Betrachtung der lexikalischen Einträge in die Argumentstruktur von Adjektiven dürfte auch ersichtlich geworden sein, daß die syntaktische Analyse des prädikativen Musters der Form „x ist groß“ nur im Zusammenhang mit einer semantischen Analyse vollständig erfaßt werden kann.

Durch den in der Kategorialgrammatik angenommenen Homomorphismus zwischen semantischen und syntaktischen Strukturen wird die Bedeutung der Syntax im Gegensatz zu der autonomen Stellung der Syntax in der GB eingeschränkt, weil die strukturbildenden Prozesse als semantisch begründet anzusehen sind (Montague & Schnelle 1972; von Stechow, 1991). Hinter den strukturbildenden Prozessen steht folgende syntaktische Regel: Ein Funktionsausdruck (Operator)  $\beta$  wird auf einen Argumentausdruck (Operanten)  $\alpha$  angewandt, so daß sich ein Ausdruck  $\beta(\alpha)$  bildet. Der Operator kann als Funktion verstanden werden, die bestimmte Abbildungen

leistet, so daß jedem Element des Definitionsbereichs genau ein Element des Bildbereichs zugeordnet wird. Die Operator-Operant-Beziehung ist eine bei der Interpretation eines komplexen Ausdruckes durchgeführte semantische Interpretation (Bartsch & Vennemann, 1982).

Die einzelnen Komponenten einer einfachen syntaktischen Struktur wie „Hans ist groß“ erhalten folgende Interpretationen. Die Interpretation von „Hans“ liefert ein Individuum  $u_i$  aus dem Individuenbereich  $U$ . Die Interpretation von „ist groß“ ist eine charakteristische Funktion, die man auf Individuen aus  $U$  anwenden kann. Sie ordnet den Individuen, die groß sind den Wahrheitswert „wahr“ und allen Individuen, die nicht groß sind den Wahrheitswert „falsch“ zu. Die syntaktische Struktur in der Sprache der Prädikatenlogik sieht wie folgt aus: Groß'' (Hans''). „Groß''“ ist als Funktionsausdruck zu „Hans''“ als zugehörigem Argumentausdruck aufzufassen. Die Gesamtinterpretation des ganzen Satzes ergibt sich aus den Interpretationen seiner Teile, die gemäß dem Fregeschen Prinzip aufeinander bezogen werden. Für den Beispielsatz sieht das wie folgt aus:

(15)  $F(\text{groß}(\text{Hans})) = F(\text{groß})(F(\text{Hans})) = \text{groß}(u_i) = \{1, 0\}$ , je nach der faktischen Beschaffenheit von  $u_i$ , wobei 1 für den Wahrheitswert „wahr“ und 0 für „falsch“ steht. Prädikatenlogisch ist (15) vom Typ  $t$  (*truth value expression*) und die Individuenbezeichnung vom Typ  $e$  (*entity*). Entsprechend ist der Prädikatenausdruck vom Typ  $\langle e, t \rangle$ . Eine syntaktische Regel besagt, daß wenn  $\alpha$  ein Prädikatsausdruck und  $\beta$  ein Individuenausdruck ist, dann ist  $\alpha(\beta)$  ein Satz.

Im folgenden soll abschließend eine Position skizziert werden, in der die prädikatenlogische Sichtweise, die auf einer zweiwertigen Logik beruht, für die Analyse der prädikativen Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“ als unzureichend erachtet wird (Pinkal, 1980). In dem prädikativen Muster

(16) Hans ist groß

bleibt zweierlei unklar:

1. Zum einen stellt sich die Frage nach der Vergleichsklasse: Ist „Hans“ groß für einen Mann/Basketballspieler/kleinwüchsigen Menschen u.s.w.? Unberücksichtigt bleibt somit der situationsabhängige Aspekt; die Wahl der Vergleichsmenge ist vom Kontext

abhängig. Im kontextlogischen Ansatz erfährt das Problem der Kontextabhängigkeit Berücksichtigung, indem (17) den Ausgangssatz (16) wie folgt paraphrasiert:

(17) die Größe von Hans ist deutlich größer als die Durchschnittsgröße der Vergleichsklasse

oder formal ausgedrückt:

$$(18) f^g(x) > D^g(\text{verg}) ( ) + d$$

Durch den Parameter *verg* wird die jeweilige Vergleichsmenge erfaßt. Das prädikative Muster der Form „*x ist groß*“ wird somit als zugrundeliegendes komparatives Muster der Form „*x ist größer als* der Durchschnitt „“, aufgefaßt.

Der rein kontextsemantische Ansatz geht dabei von einem klar abgrenzbaren und festlegbaren Durchschnittsbereich aus und ignoriert somit den Aspekt der Vagheit, auf den im folgenden eingegangen wird.

2. Schwierigkeiten bereitet bei der prädikativen Verwendung in (17) die eindeutige Einordnung von „Hans“ in Relation zu der durchschnittlichen Größe der Bezugsmenge. Dieses Problem ergibt sich, selbst wenn eine Vergleichsklasse festgelegt ist. Im Zusammenhang mit der durchschnittlichen Größe stellt sich die Frage, wie der Normwert der Vergleichsklasse aussieht: Wie groß ist ein durchschnittlicher Mann/ durchschnittlicher Basketballspieler u.s.w.?

Für die beispielsweise spezifizierte Vergleichsmenge „Mann“ lassen sich Objekte festlegen, die eindeutig groß sind und solche die eindeutig nicht groß sind. Es treten jedoch auch solche auf, deren Zuordnung Schwierigkeiten bereitet. Adjektive sind vage Prädikate insofern, als man für bestimmte Gegenstände nicht sagen kann, ob sie unter das Prädikat fallen oder nicht.

Das bedeutet, daß die klassische Logik um den Wahrheitswert für Unbestimmtheit erweitert werden muß. Um scharfe Grenzen beim Vagheitsbereich zu vermeiden, nimmt man statt einem dritten Wahrheitswert ein Kontinuum von Wahrheitsgraden an (fuzzy logic). Eine Adjektivbedeutung wäre nunmehr eine Funktion vom Individuenbereich in das Intervall 0,1. Mit der mehrwertigen Logik läßt sich der Vagheitsaspekt aber nicht die Kontextabhängigkeit von Adjektiven modellieren.

Die beiden Aspekte lassen sich jedoch in der von Pinkal vorgeschlagenen Zwei-Ebenen-Theorie verbinden. Adjektive werden auf der ersten Ebene in

vollspezifizierten Kontexten wie scharfe Prädikate behandelt, denen eindeutige Wahrheitswerte einer zweiwertigen Logik zugeordnet werden können.

Die zweite Ebene analysiert Adjektive in realen Äußerungssituationen. Diesen Situationen liegen Kontextbündel zugrunde. Kontextbündel umfassen die verschiedenen Vergleichsklassen mit den jeweils vagen Normalwerten. In einer realen Äußerungssituation wird das Adjektiv über den Normwert an den Kontext gebunden. Sprachlich kann die Festlegung der Vergleichsklasse unterstützt werden durch die „für-Phrasen“ (vgl. Abb. 3.8), da sie bestimmte Kontexte für die konkrete Äußerungssituation ausschließen. Aber auch bei feststehender Vergleichsmenge liefert der Normwert für die Vergleichsklasse einen gewissen Vagheitsspielraum. Im Eingangsbeispiel

(16) Hans ist groß

ist der Vagheitsspielraum groß. In einem Satz wie

(19) Hans ist groß für einen Basketballspieler

werden mit der Phrase „für einen Basketballer“ bestimmte Kontexte (wie: für Männer/kleinwüchsige Menschen u.s.w.) ausgeschlossen. Der Normwert wird nicht wie im rein kontextlogischen Ansatz aus der Vergleichsmenge errechnet, sondern ungefähr erschlossen. Der Wert variiert zwischen den individuellen Kommunikationsteilnehmern.

Abschließend wird die Bedeutung der Ergebnisse der syntaktisch/semantischen Analyse des prädikativen Musters zusammengefaßt.

Mit dem Vergleich der syntaktischen Analyse der Prädikation „ist groß“ mit der Argumentstruktur der ergativen Verben erhält das prädikative Muster den Status einer eigenständigen syntaktischen Minimaleinheit.

Dabei muß die syntaktische Analyse im Zusammenhang mit den semantischen Besonderheiten der Adjektive gesehen werden: die Argumentstruktur der lexikalischen Struktur liefert eine Erklärung für die syntaktische Besonderheit der Ergativität

Die syntaktisch/semantische Analyse muß über die strukturelle Vorgabe des Musters „x ist groß“ hinausgehen. Die dahinterstehende Struktur ist das komparative Muster „x ist größer als der Klassendurchschnitt“. Auf der Oberfläche wird dieses Muster als

prädikatives Muster der Form „x ist groß“ realisiert. Diese Erweiterung bringt die Aspekte „Vagheit“ und „Kontextabhängigkeit“ in die Analyse ein.

### 3.3.3 Attributive Verwendung

Bei der attributiven Verwendung eines Adjektivs, die subjekt- und objektbezogen auftreten kann, erfährt ein Substantiv eine Modifikation. Das Adjektiv bildet mit einem Substantiv einen komplexeren Ausdruck, ein modifiziertes Substantiv, von derselben Kategorie, z.B. einen komplexen Nominalausdruck wie in (20):

(20) Peter ist ein großer Mann

In der allgemeinen Prädikatenlogik entspricht der Verbalausdruck „großer Mann“ einem Ausdruck vom Typ  $\langle e, t \rangle$ . Um die Binnenstruktur dieses Verbalausdrucks zu erfassen, muß die Prädikatenlogik zu einer Typenlogik erweitert werden. In der Typenlogik gibt es Ausdrücke für Funktionen, die Funktionen auf andere Funktionen abbilden. So ist „groß“ ein Ausdruck in „großer Mann“. „Groß“ kann interpretiert werden als eine Funktion, die die charakteristische Funktion „Mann“ auf die charakteristische Funktion „großer Mann“ abbildet. Wie in 3.3.2 gesehen, ist der Ausdruck „großer Mann“ vom Typ  $\langle e, t \rangle$ . „Mann“ ist ebenfalls vom Typ  $\langle e, t \rangle$ . „Groß“ bildet etwas vom Typ  $\langle e, t \rangle$  auf etwas ab, das auch vom Typ  $\langle e, t \rangle$  ist und ist deshalb selbst vom Typ  $\langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle$ . Durch die Anwendung der Funktion „groß“ auf die charakteristische Funktion „Mann“ wird eine Funktion gebildet, die im Vergleich zu „Mann“ stärker bestimmt ist, d.h. es werden weniger Individuen auf den Wahrheitswert „wahr“ abgebildet. Es gilt die Inklusionsbeziehung, die besagt, daß die Menge „großer Mann“ eine Teilmenge von „Mann“ ist. Die Gültigkeit dieser Folgerungsbeziehung wurde in 3.2.4 referenzsemantisch mit dem Merkmal der Restriktivität erfaßt. In der kategorialen Syntax wird die Funktion „groß“ entsprechend subkategorisiert (markiert durch  $i$ ), so daß für alle  $x$  vom Typ  $e$  gilt:

$$(21) \alpha_{\langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle, i} (\beta_{\langle e, t \rangle} (x)) \Leftrightarrow \alpha_{\langle e, t \rangle} (x) \& \beta_{\langle e, t \rangle} (x).$$

So gilt für alle  $x$  vom Typ  $e$ :

$$(\text{großer (Mann)}) (x) \Leftrightarrow \text{groß} (x) \& \text{Mann} (x).$$

In einer erweiterten Sichtweise kann ein Adjektiv auch als zweistelliges Prädikat verstanden werden, welches Grade und Individuen als Argumente hat. Entsprechend macht Cresswell (1976) gegenüber seiner Veröffentlichung von 1973 zwei Differenzierungen seiner ursprünglichen Überlegungen für das attributive Muster. Den Ausgangspunkt bildet die Kategorisierung der attributiven Verwendung von Adjektiven als Nomenmodifizierer der Form  $\langle\langle 0,1 \rangle, \langle 0,1 \rangle\rangle$  (Cresswell, 1973).

Die erste Differenzierung besteht darin, daß Cresswell (1976) für den attributiven Gebrauch ((22) - (24)) folgendes zugrundeliegende Konzept (25) annimmt:

(22) a tall man

(23) a very tall man

(24) a taller man

(25) a x-much tall man

wobei „x-much“ eine Gradvariable ist und mit

(26) x is a man who is tall to a degree y

paraphrasiert werden kann. „Tall“ ist von der Kategorie  $\langle\langle 0,1,1 \rangle, \langle 0,1 \rangle\rangle$ , „x“ von  $\langle 0,1 \rangle$  und „tall x“ entsprechend von  $\langle 0,1,1 \rangle$ . Die Erweiterung besteht darin, daß bei der attributiven Verwendung Standardobjekte und Grade zueinander in Beziehung gesetzt werden und das Adjektiv „groß“ somit als zweistelliges Prädikat interpretiert werden muß.

Die zweite Erweiterung besteht darin, daß Cresswell für das attributive Muster „ein großer Mann“ neben der obigen Beschreibung auch die Interpretation im Sinne von „größer als ein durchschnittlicher Mann“ abbildet. Für diese Interpretation wird „groß“ zusammengesetzt aus der obigen Kategorisierung von „groß“ als  $\langle\langle 0,1,1 \rangle, \langle 0,1 \rangle\rangle$  und „pos“, das mit „größer als der Durchschnitt“ paraphrasiert werden kann. Pos erhält die Kategorisierung  $\langle\langle\langle 0,1 \rangle, \langle 0,1 \rangle\rangle, \langle\langle 0,1,1 \rangle, \langle 0,1 \rangle\rangle\rangle$ . Pos macht aus einem Modifizierer wie „tall“ einen der Form  $\langle \text{pos}, \text{tall} \rangle$ , wobei  $\langle \text{pos}, \text{tall} \rangle$  auf der Oberfläche als „tall“ realisiert wird. Die Bedeutung der zweiten Erweiterung sehe ich vor allem darin, daß mit dieser Kategorisierung die absolute Komparation von „groß“ in der attributiven Verwendung modelliert wird. Bei der absoluten Komparation stellt die Kontextabhängigkeit des Dimensionsadjektivs „tall“ ein wesentliches Kriterium dar. Entsprechend führt Cresswell (1985) für die kategoriale Beschreibung für „tall man“ einen zusätzlichen Kontextparameter ein.

Auch im Rahmen der syntaktischen Beschreibungen der GB bietet die Betrachtung der unterschiedlichen Analysen der attributivischen Konstruktionen ein uneinheitliches Bild (Knobloch, 1992). Allgemein gesehen erfolgt die attributivische Verwendung von Adjektiven die Beschreibung der Adjektivphrase (AP) in Analogie zu den strukturellen Beschreibungen der X'-bar-Theorie für die anderen Phrasen. Der Annahme zweier Schichtungsstufen folgend (Chomsky, 1986a) wird die AP als die maximale Projektion des lexikalischen Hauptes  $A^\circ$  aufgefaßt, dessen Komplement eine weitere Phrase wie PP oder CP sein kann. Der Spezifizier der AP ist ein das Adjektiv modifizierendes Element (Mod) (Roberts, 1997). In einer verfeinerten Analyse wird die strukturelle Beschaffenheit adjektivischer Strukturen im Zusammenhang mit der Struktur der Nominalphrase diskutiert. Bei der Analyse der Nominalphrase wird in einigen Ansätzen davon ausgegangen, die Nominalphrase als eine Determinatorphrase (DP) aufzufassen (z.B. Haider, 1988). Die DP ist eine Projektion des funktionalen Hauptes  $D^\circ$ , die als Komplement eine NP enthält. Bhatt (1990) stellt in Anlehnung an diese Annahmen eine erweiterte Analyse für attributivische Nominalkonstruktionen mit einem modifizierenden Adjektiv vor. Für die Analyse wird mit  $Deg^\circ$  eine weitere funktionale Kategorie eingeführt, deren lexikalischen Elemente allgemein Wörter sind, mit denen etwas über den Grad ausgesagt wird. Die Elemente können im Falle der komparativen und superlativen attributiven Strukturen Affixe sein oder sie können wie im positiven attributiven Fall phonologisch nicht realisiert sein. Die Projektion von  $Deg^\circ$  ist die Gradphrase  $DegP$ , welche als sich selbst regierende Kategorie, als sogenannte Minimal-governing-category (MGC), aufgefaßt wird. Die Gradphrase stellt eine optionale Phrase innerhalb der DP dar, d.h. wenn die DP keine Adjektivphrase (AP) enthält, selektiert D die NP direkt als Komplement (vgl. Bhatt, 1990, S. 76). Existiert eine AP, so bildet innerhalb der  $DegP$  die NP das Komplement zu  $Deg^\circ$ . Mit dieser Analyse von Bhatt wird die prädikativen Beziehung zwischen AP und NP durch eine Komplementbeziehung ersetzt. Haider hält diese strukturelle Beschreibung jedoch für problematisch, weil mit ihr der Zusammenhang zwischen der attributiven Verwendung und der prädikativen Verwendung, der seiner Ansicht nach zwischen „die blaue

Blume“ und „die Blume, die blau ist“ besteht, nicht mehr abbildbar ist (vgl. Haider, 1992, S. 320).

### 3.3.4 Überführbarkeit von attributiven und prädikativen Mustern

Sowohl die syntaktischen als auch die semantischen Ansätze beschäftigen sich mit dem Zusammenhang bzw. der Ineinanderüberführbarkeit von attributiven und prädikativen Verwendungsmustern.

In der Generativen Grammatik wird der attributive Gebrauch als Ableitung aus dem prädikativen Gebrauch mit Hilfe der Transformation „Adjectiv-Fronting“ verstanden (Hamann, 1991):

(27) Peter ist ein Mann, der groß ist.

(28) Peter ist ein Mann, groß.

(29) Peter ist ein großer Mann.

Ein Vorteil dieser Verfahrensweise wird darin gesehen, daß der lexikalische Inhalt beim attributiven und prädikativen Gebrauch konstant bleibt. Die Vorrangstellung des prädikativen über den attributiven Gebrauch wird außerdem durch Ergebnisse der Spracherwerbs- und Aphasieforschung gestützt (Hamann, 1991). Zudem können die meisten prädikativen Adjektive auch attributiv auftreten. Ein weiterer Vorteil wird darin gesehen, daß der Ähnlichkeit von Relativsatzmodifikation und attributiver Modifikation entsprochen wird (vgl. 3.3.6). Die Entsprechung wird darin gesehen, daß die Komplementphrase wie der Relativsatz eine bevorzugte universelle Lesart hat (Karger, u.a., 1994).

In der Kategorialgrammatik gibt es eine analoge Vorgehensweise, die es ermöglicht, den attributiven vom prädikativen Gebrauch abzuleiten. Mithilfe des Operators Attr der Kategorie  $(s/n)/(s/n)/(s///n)$  wird ein  $\alpha \varepsilon s///n$  (=  $BADJ=\{\text{groß}\}$ ) in einen Nomenmodifizierer der Kategorie  $(s/n)/(s/n)$  umgewandelt (Hamann, 1991). Im Deutschen ist dieser Operator als Inflektionssuffix auf der Oberfläche realisiert, wie z.B. in „das große Haus“.

Auch Bierwisch (1987) legt den prädikativen Gebrauch von Adjektiven zugrunde. Prädikative Adjektive haben ein  $\theta$ -Raster mit einer  $\theta$ -Rolle für ein externes Argument. Werden Adjektive attributivisch, d.h. in modifikativer Position verwendet, vollzieht sich der Übergang mit Hilfe des sogenannten Modifikationsprinzips. Es besagt, daß die externe  $\theta$ -Rolle des Kopfes der prädikativen Variante absorbiert wird und zur externen  $\theta$ -Rolle eines Nomens bzw. zur unechten  $\theta$ -Rolle eines Verbs wird. Die semantischen Formen eines Modifikators und des modifizierten Ausdrucks werden dabei konjunktiv verknüpft und die absorbierende  $\theta$ -Rolle bindet alle Variablen, die durch die absorbierte gebunden waren. Der Übergang von der prädikativen zur attributiven Verwendung sieht für eine Konstruktion mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ wie folgt aus:

$$(30) \lambda x'(\text{Haus}(x'))(\lambda x(\text{groß } x)) \leftrightarrow (\lambda x'((\text{Haus } x')(\text{groß}(x'))))$$

wobei  $\lambda x$  für die externe  $\theta$ -Rolle von „groß“ und  $\lambda x'$  für die absorbierende externe  $\theta$ -Rolle von „Haus“ steht.

Insgesamt bleibt in der Theorie von Bierwisch die Unterscheidung von attributiven und prädikativen Gebrauch weitgehend ausgeklammert: Die weitergehenden Differenzierungen der semantischen Form des Dimensionsadjektivs „groß“ betreffen beide Verwendungsweisen gleichermaßen (vgl. 3.2.2).

In den intensionalistischen Ansätzen gibt es umgekehrt die Vorgehensweise, den attributiven Gebrauch zugrundezulegen und das prädikative Muster mit Hilfe des Tilgungsoperators  $\text{Pred}$  zu erzeugen. Dazu muß eine „entity“, dem ein Dummy-Substantiv entspricht, getilgt werden (Bennett, 1976). In einem Satz wie beispielsweise

(31) Dieser Hund ist ein großer Hund

wird die Einheit „Hund“ getilgt und eine prädikative Struktur wie

(32) Dieser Hund ist groß

erzeugt.

Auch Cresswell (1976) setzt die attributive Verwendung als die vorrangige an (vgl. 3.3.3). Ein Adjektiv wie „groß“ wird in beiden Fällen attributivisch als Modifizierer der Kategorie  $\langle\langle 0,1,1 \rangle, \langle 0,1 \rangle$  aufgefaßt. Für die abgeleitete prädikative

(komparative) Verwendung „x ist größer als ein durchschnittlicher Mann“ wird ein „pos“ der Kategorie  $\langle\langle 0,1\rangle, \langle 0,1\rangle\rangle, \langle\langle 0,1\rangle, \langle 0,1\rangle\rangle$  benötigt, welches mit „--er als der Durchschnitt“ paraphrasiert werden kann. „Pos“ macht aus einem Modifizierer wie „groß“ einen der Form  $\langle \text{pos}, \text{groß} \rangle$ , wobei  $\langle \text{pos}, \text{groß} \rangle$  auf der Oberfläche als „groß“ realisiert wird. Das resultierende Muster lautet:

(33) x ist ein großer Mann

Die Oberflächenstruktur mit der Positivform des Adjektivs „groß“ in der attributiven Verwendung ist abgeleitet aus einem prädikativen Muster mit der Komparativform von „groß“, wobei „größ - er“ wiederum auf der modifizierenden (attributiven) Verwendung von „groß“ als  $\langle\langle 0,1\rangle, \langle 0,1\rangle\rangle$  beruht.

Ein Ansatz, der weder die prädikative noch die attributive Verwendungsweise als die zugrundeliegende ansieht, wird in der funktionalen Grammatik (FG) vorgestellt (Dik, 1980; Nuyts, 1990). In der funktionalen Grammatik bildet der Ausgangspunkt eine Menge von Prädikaten sowie eine Menge von Termen, die in der Folge mit semantischen, syntaktischen und pragmatischen Funktionen gekennzeichnet werden. Die Überführung dieser gekennzeichneten Strukturen in linguistische Ausdrücke vollzieht sich mit Hilfe von Ausdrucksregeln, sogenannten „expression rules“. Die für die prädikative Verwendung von Adjektiven zugrundegelegte Prädikation sieht wie folgt aus:

(34)  $\text{groß}_A(x_1)\emptyset$

Diese Prädikation formiert sich aus dem adjektivischen Prädikat  $\text{groß}_A$  und dem Argument  $x_1$ . Die Prädikation beschreibt einen Zustand, einen sogenannten „state“. Daher wird dem Argument  $x_1$  keine besondere semantische Funktion zugewiesen und entsprechend mit  $\emptyset$  gekennzeichnet. Wird in der Folge beispielsweise „der Mann“ in die Argumentposition eingefügt, so ergibt sich eine Prädikation der folgenden Form:

(35)  $\text{groß}_A(d_1x_i: \text{Mann}_N(x_i))\emptyset$

Diese zugrundeliegende Prädikation kann in einigen Sprachen direkt in dieser Form wie in (36) ausgedrückt werden:

(36) Der Mann groß

(zur Realisierung von Konstruktionen mit und ohne Kopulaverb vgl. 3.3.5).

Viele andere Sprachen, wie beispielsweise das Deutsche in (37), fordern in der Ausdrucksstruktur zusätzlich ein Kopulaverb:

(37) Der Mann ist groß.

Für den Übergang zu einer attributiven Verwendung kann nicht davon ausgegangen werden, daß die Kopula zunächst in allen Konstruktionen in der Tiefenstruktur erscheint und dann im Einzelfall wieder gelöscht wird, weil in der FG keine strukturverändernden Transformationen wie in der TG angenommen werden. Das Überführungsproblem kann in der FG gelöst werden, indem das Kopulaverb als einen Prädikationsoperator unterstützende Anweisung für die Fälle charakterisiert wird, in denen ein Prädikat vorliegt, welches verbsspezifische Unterscheidungen wie die von Zeit und Aspekt, nicht auszudrücken vermag. Das ist genau dann der Fall, wenn ein Adjektiv wie „groß“ als Hauptprädikat in einer Prädikation fungiert.

Im Hinblick auf die attributivischen Konstruktionen ohne Kopulaverb besteht der funktionale Unterschied der prädikativen Konstruktionen in der Einführung der Kopula, welche verbale Kategorien kodieren kann und somit dem Adjektiv das Ausfüllen der Prädikatsposition ermöglicht. In Sprachen, die für die prädikative Funktion ein Kopulaverb erfordern, ist für die attributive (restriktive) Funktion kein Kopulaverb erforderlich. Wird die restriktive Funktion jedoch mit einem Relativsatz ausgedrückt, so macht diese Verwendung das Kopulaverb erforderlich.

Der Ansatz der FG legt ein neutrales Muster zugrunde, aus dem sich in Abhängigkeit von unterschiedlichen sprachlichen Funktionen die attributive oder die prädikative Verwendung ableiten läßt: Die Funktion „restriktiv“ erfordert das attributive Muster. Soll hingegen das Attribut „groß“ als „verbales Prädikat“ fungieren, ist das Resultat ein prädikatives Muster.

Insgesamt bleibt unentschieden, ob die attributive oder prädikative Verwendung die zugrundeliegende ist. Auf dem Hintergrund der Frage der Ineinanderüberführbarkeit der attributiven und prädikativen Muster ergeben sich im Vergleich der beiden Verwendungsweisen folgende Schlußfolgerungen.

In dem Ansatz von Cresswell (1976), der die attributive Verwendung zugrundelegt, verschwimmen die Unterschiede zwischen den beiden Mustern, weil die attributive Verwendung „x ist ein großer Mann“ und die prädikative Verwendung „x ist größer

als ein durchschnittlicher Mann“ als gegenseitige Paraphrasen aufgefaßt werden. Im Hinblick auf die im attributiven Muster realisierte Positivform bzw. Komparativform in der prädikativen Konstruktion läßt sich als Argument ableiten, daß die Unterschiede in den Komparationsformen eine Sekundärerrscheinung darstellen.

In dem Ansatz von Bierwisch spielen die Unterschiede zwischen attributiver und prädikativer Verwendung nur eine untergeordnete Rolle. Sie werden von vornherein mit Hilfe des Modifikationsprinzips erfaßt. Wichtig sind in der Folge die Differenzierungen in der semantischen Form, die bei beiden Verwendungsweisen die gleiche Rolle spielen. Das ist letztlich eine zusätzliche Stützung für das Argument, daß nicht die Verwendungsweisen, sondern die Unterschiede im konzeptuellen Vergleichen die wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Konstruktionen manifestieren.

Innerhalb der FG stellt sich die Frage der Überführung nicht, weil von der Annahme eines der attributiven und prädikativen Verwendung gleichermaßen zugrundeliegenden neutralen Musters ausgegangen wird. Die Entscheidung für die prädikative oder attributive Verwendung wird aufgrund der Funktion der Muster getroffen. Die Einzelsprachen realisieren die Muster auf verschiedene Weisen. Dabei ist die Realisation abhängig von der Gestaltung anderer struktureller Realisierungen.

Aus diesen Überlegungen läßt sich das Argument ableiten, daß nicht primär die Verwendungsmuster attributiv-prädikativ zu betrachten sind oder die Frage ihrer Überführung, sondern daß die dahinterstehenden sprachlichen Funktionen die Unterschiede in der Verwendung begründen, aus denen als Sekundärerrscheinung das attributive oder prädikative Muster resultiert.

### **3.3.5 Unterschiede zwischen der attributiven und prädikativen Verwendung**

Die bisherigen Ausführungen beschäftigten sich beim vergleichenden prädikativen und attributiven Adjektivgebrauch mit strukturellen Unterschieden der Muster, die mit Hilfe von Umformungen ineinander überführt werden können, bei sonstiger inhaltlicher Konstanz.

Mit dem abschließend vorgestellten Ansatz der FG wurde dargestellt, daß hinter den beiden Verwendungsweisen Unterschiede in den sprachlichen Funktionen stehen.

Im folgenden wird aufgezeigt, daß zwischen den beiden Verwendungsmustern ontologische und vor allem funktionale Unterschiede bestehen, die in den syntaktisch/semantischen Mustern ihren Niederschlag finden müssen. Es wird dafür argumentiert, daß sich die Unterschiede zwischen den attributiven und prädikativen Mustern nicht mit ausschließlichem Regreß auf syntaktische Unterschiede erklären lassen.

Wird ein Adjektiv wie „groß“ prädikativ verwendet, so liegt es in der Form „(...) ist groß“ vor. Dabei kann der generelle Terminus verstanden werden als Funktionsausdruck mit einer Leerstelle. Die möglichen Werte der Funktion sind Wahrheitswerte. Der wesentliche Unterschied zur attributiven Verwendung liegt in der zusätzlichen Seinsbestimmung „ist“. Mit jedem Begriff wird über die Kopula etwas von einem Gegenstand ausgesagt; jeder Begriff drückt eine Seinsbestimmung aus, wobei das Seiende das Allgemeinste ist (Aristoteles; Tugendhat & Wolf, 1993). Hierin liegt der am tiefsten verwurzelte Wesensunterschied zwischen attributiver und prädikativer Verwendung. Bickes (1984) stützt mit seinen Ausführungen die auch von Motsch (1967) aufgestellte These, daß die Attribution und Prädikation weder vom logischen noch vom grammatischen Standpunkt aus gleichzusetzen sind. Für die prädikative Verwendung Bickes verweist auf die mittels der Kopula gestiftete Beziehung, bei welcher die spezifische semantische Funktion des kopulativen „sein“ darin besteht:

„...einem Eigenschaftsträger...eine Eigenschaft bzw. ein Merkmal in einer Weise zuzusprechen, welche gleichzeitig die faktische Gültigkeit dieser prädikativen Beziehung affirmiert.“ (Bickes, 1984, S. 93)

Die Kopula „sein“ ist demnach semantisch nicht leer (Anm. 7). Der Bedeutungsunterschied zur attributiven Verwendung besteht darin, daß mit der prädikativen Verwendung das Zutreffen eines „attributiven Verhältnisses“, d.h. das tatsächliche Vorliegen hervorgehoben wird (vgl. Bickes, 1984, S.73). Übertragen auf die prädikative Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“ kann damit beispielsweise in einem Satz wie „dieser Baum ist groß“ der situationale Aspekt hervorgehoben werden. Bickes wendet sich auch unter einem grammatischen

Gesichtspunkt gegen eine Verwischung des Unterschiedes zwischen der attributiven und prädikativen Verwendung. So argumentiert er dagegen, daß mit den Relativsatzkonstruktionen ein Übergang von einer attributiven zu einer prädikativen Satzstruktur stattfindet wie das von den Vertretern der generativen Grammatik angenommen wird (vgl. 3.3.4). Vielmehr ist in der Relativsatzkonstruktion sowohl das Attribut als auch der Relativsatz als Konstituente der entsprechenden Nominalphrase aufzufassen und Relativsätze sind somit attributiver Natur (Motsch, 1967).

Die rein syntaktischen Vorgehensweisen wie sie in der TG und GB verfolgt werden, vernachlässigen somit wichtige funktionale Unterschiede, die zwischen attributivem und prädikativem Gebrauch bestehen (Bickes, 1984; Hamann, 1991). So haben attributiv verwendete Adjektive die Tendenz zu charakterisieren: Die Attribution ermöglicht es, ein Objekt zu identifizieren oder zu differenzieren. Nach Osgood (1971) werden attributive Adjektive hauptsächlich gebraucht in Situationen, wo die Referenz eingeschränkt werden soll, um eine Identifikation des Bezugsobjekts zu ermöglichen. Bei der prädikativen Verwendung wird einem Objekt eine Qualität zugeschrieben. Das hat Auswirkungen auf die Frage nach dem „was“ der Modifikation und dem Umfang der Bezugsmenge. Bei der attributiven Verwendung kann man von einer Modifikation der Referenz sprechen, bei der prädikativen Verwendung erfährt der Referenzträger eine Modifikation (Bolinger, 1967). Im attributiven Fall ist die Vergleichsklasse häufig durch das Nomen gegeben, während bei der prädikativen Verwendung die Vergleichsklasse auch nomenunabhängig und daher umfangreicher sein kann.

In einzelnen theoretischen Ansätzen wird versucht, die für die beiden Verwendungsweisen notwendigen Parameter einzuführen.

Bierwisch (1987) versucht die Unterschiede zu erfassen, indem er für die Adjektivklassen verschiedene Parameter definiert. So steht der Parameter Bezugsgröße für die externe  $\theta$ -Rolle beim prädikativen Gebrauch bzw. der entsprechenden koindizierten Rolle beim attributiven Gebrauch. Zusätzlich definiert er freie, durch keine  $\theta$ -Rolle gebundene Variablen, die bei der Interpretation kontextuell zu spezifizierende Parameter darstellen. Eine solche freie Variable ist die

Vergleichsklasse C, deren Spezifizierung bedingt ist durch die Bezugsgröße des Adjektivs und ihren Referenztyp oder die Art der Modifikation. Allerdings wird bei dem Ansatz auf Unterschiede in der Belegung der Parameter bei der attributiven und prädikativen Verwendung verzichtet, weil insgesamt die beiden Verwendungsweisen nicht in Bezug auf ihre Funktionalität unterschieden werden (vgl. 3.3.4).

Der Ansatz von Pinkal (1985) geht einen Schritt weiter, indem er die Belegung des „Standards“, den er für ein Gradadjektiv wie „groß“ als essentiell erachtet, für die prädikative und attributive Verwendung differenzierter betrachtet. Bei der prädikativen Verwendung muß der Kontext eine Bezugsgröße spezifizieren. Ein Adjektiv wie „groß“ ist in der prädikativen Verwendung, wie in 3.3.2 gesehen, semantisch unbestimmt, d.h. es läßt alternative kontextuelle Präzisierungen zu. Sein Sinn wird dabei präziser, je spezifischere und detailliertere Kontextangaben zu seiner Bewertung zur Verfügung stehen. Bei der attributiven Verwendung sieht Pinkal den Standard durch das substantivische Bezugswort als gegeben an, weshalb die attributiven Adjektive als „referenzmodifizierend“ bezeichnet werden. In der abschließenden Formalisierung wird allerdings für beide Verwendungsweisen dasselbe Grundmuster

$$(38) V(\text{groß})(\text{ }) = \{A \in U / f^{\text{g}}(A) > \text{norm}(\text{ }) + d\}$$

angenommen, das einen zu spezifizierenden Kontextparameter ( ) enthält. Im prädikativen Fall werden, wie in 3.3.2 gesehen, mit der „für-Phrase“ bestimmte Interpretationen für Kontexte blockiert. Analoges vollzieht sich im attributiven Fall. Die attributive Konstruktion wird als Verknüpfung zweier Prädikate (P1 und P2) aufgefaßt wie in (40)

(39) Hans ist ein großer Mann

(40) Hans ist ein Mann [P1] und größer als normal für Männer [P2]

Das erste Prädikat ist kontextabhängig und das zweite Prädikat spezifiziert den zur Bewertung des ersten Prädikats erforderlichen Kontextaspekt „Vergleichsmenge“, indem es wie die „für-Phrase“ im prädikativen Fall die Interpretationen in bestimmten Fällen blockiert.

Auf die funktionalen Unterschiede der beiden Verwendungsweisen wird jedoch auch in diesem Ansatz nicht explizit eingegangen. Innerhalb der Linguistik beschäftigt sich die Teildisziplin der Pragmatik und schwerpunktmäßig in neuerer Zeit die

experimentell gestützte Sprachproduktionsforschung mit den unterschiedlichen Funktionen der syntaktisch/semantischen Muster. In 3.4 und 3.5 werden die Unterschiede in den Funktionen der beiden Verwendungsweisen vorgestellt.

Die Frage nach den funktionalen Unterschieden der beiden Verwendungsweisen wird m.E. bleibt teilweise auch unentdeckt, weil sich die Analyse der syntaktisch/semantischen Muster zu sehr an bestimmten prominenten einzelsprachlichen Erscheinungen wie vorrangig der deutschen oder englischen Sprache orientiert. In einem abschließenden Beispiel sollen die funktionalen Unterschiede in der Verwendung des attributiven und prädikativen Musters am Beispiel der russischen Sprache aufgezeigt werden (Siegel, 1976).

Im Russischen lassen sich zwei Arten von Adjektiven unterscheiden. Es gibt die sogenannte lange Form (LF) und die kurze Form (SF). Adjektive in der langen Form können sowohl attributiv als auch prädikativ auftreten, während die kurze Form nur prädikativ auftritt. Die lange Form weist verschiedene Endungen auf für feminin, maskulin, neutrum und plural. Die kurze Form hat keine Endung für maskulin und kürzere Flexeme für feminin, neutrum und plural. Der Unterschied zwischen der prädikativen Verwendung der kurzen und langen Form liegt darin, daß mit der langen Form ein Vergleich ausgedrückt wird. Die lange Form entspricht der relativen Verwendung. So hat der Satz (41) die Bedeutung (42):

(41) Studentka umnaja (LF)

(42) Die Studentin ist intelligent im Vergleich zu den anderen Studenten.

Die kurze Form stellt die absolute Verwendung eines Adjektivs dar. Der obige Beispielsatz sieht in der kurzen Form wie folgt aus:

(43) Studentka umna (SF)

und bedeutet:

(44) Die Studentin ist intelligent (im absoluten Sinn).

Die SF-Adjektive, d.h. die absolute Verwendung von Adjektiven, verhalten sich syntaktisch wie Verben. Die LF-Adjektive werden als Nomenmodifizier, als CN/CN kategorisiert. Ihre Vorkommensweise ist primär attributiv. Siegel (1976) setzt die attributive Verwendung der relativen Verwendung von Adjektiven gleich. Die LF-Adjektive können auch prädikativ auftreten. Siegel schlägt vor, die prädikative

Verwendung der LF-Adjektive vom attributiven Muster abzuleiten. Er geht dabei wie folgt vor. Der Satz:

(41) Studentka umnaja (LF)

hat die darunterliegende Struktur:

(45) Studentka umnaja (LF)  $\Delta$ .

$\Delta$  ist eine freie Variable über mögliche CNs. In dem Beispielfall steht sie für „Studenten“. Die Anwendung der syntaktischen Regel der „dummy CN deletion“ bewirkt, daß auf der Oberfläche das prädikative Muster (41) realisiert wird.

Siegel verweist auch auf die Alternative, den prädikativen Gebrauch aus der Relativsatzkonstruktion abzuleiten. Er hält diese Vorgehensweise deswegen nicht für geeignet, weil Relativsätze seiner Ansicht nach die absolute Verwendungsweise beinhalten. Aus diesem Grund hält er die Ableitung des Musters

(46) This is a big mouse

aus dem prädikativen Muster

(47) This mouse is big

über den Zwischenschritt der Relativsatzkonstruktion

(48) This is a mouse that is big

nicht geeignet. Die Sätze (46) und (47) sind seiner Ansicht nach Beispiele für die absolute Verwendung, der Beispielsatz (48) hingegen ein Beispiel für die relative Verwendung.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, daß im Deutschen mit der attributiven und prädikativen Verwendung von „groß“ zwei funktional sich unterscheidende syntaktisch/semantische Muster der Formen

1. ein groß/e/r/s x

2. x ist groß

bereitgestellt werden. Mit einer rein syntaktischen Beschreibung lassen sich diese funktionalen Unterschiede nicht vollständig erfassen. Zum einen bedeutet das, daß pragmatische Überlegungen für eine umfassende Analyse berücksichtigt werden müssen (vgl. 3.4). Zum anderen legt die sprachvergleichende Sichtweise nahe, daß es sich bei den beiden Verwendungsweisen eher um einzelsprachliche Oberflächenerscheinungen handelt, denen somit keine universelle Bedeutung

zukommt. In diesem Punkt unterscheidet sich die Frage nach den syntaktisch/semantischen Mustern von der Analyse der beiden Komparationsarten der absoluten und relativen Komparation, welchen ein universeller Charakter zugesprochen wird. Dieser Unterschied soll im folgenden am Beispiel der komparativen Verwendung weiterführend verdeutlicht werden.

### 3.3.6 Komparative Verwendung

Bei der komparativen Verwendung handelt es sich um syntaktisch/semantische Muster mit explizit realisierter Komparativform, die attributiv oder prädikativ auftreten kann. Im Paradigma der absoluten und relativen Komparation (vgl. 3.1) stellen die drei Komparationsformen (Anm. 8) nur Oberflächenerscheinungen dar, denn der Gegenstand des Interesses ist die dahinterstehende Komparationsart. Somit nehmen die komparativen Muster keine Vorrangstellung ein, weil sie ebenso wie die Positiv- und Superlativmuster sowohl relativ als auch absolut kompariert werden können.

Hingegen werden in der syntaktisch/semantischen Analyse die komparativen Muster häufig vorrangig herangezogen, weil sie als Muster beschrieben werden, bei denen sich die Komparation am deutlichsten zeigt. Bei den komparativen Mustern handelt es sich in gewisser Hinsicht um die expliziteste Realisierung der Komparation, im Gegensatz zu den eher impliziten Komparationsformen mit Positiv und Superlativ. Bei der komparativen Verwendung sind zum Beispiel das komparationsinduzierende Element oder die Vergleichsphrase Indizien für die Komparation, die in der Oberflächenstruktur explizit realisiert sind. Auch Lyons (1980) geht davon aus, daß das Gradieren in Komparativsätzen explizit gemacht wird.

So liegt in einem Satz wie

(49) Peter ist größer als Anna.

ein explizit genanntes und im syntaktisch/semantischen Muster codiertes Vergleichskonstrukt vor.

Demgegenüber handelt es sich bei einem Satz wie

(50) Peter ist groß

um eine implizite Form der Komparation. Wie die Analyse in 3.3.2 gezeigt hat, kann (50) mit „Peter ist größer als der Durchschnitt“ paraphrasiert werden (Pinkal, 1980). Allerdings bleibt das Vergleichskonstrukt syntaktisch implizit und die Bezugsmenge muß kontextuell, situativ oder durch sprachliches Wissen gefüllt werden.

Für die Benennung der Satzteile der Komparativkonstruktionen werden in der Literatur u.a. folgende Bezeichnungen verwendet:

---

(51) Sue	is	tall er	than	Tom is
<i>Item gradable</i>		<i>gradable property</i>	<i>degree marker</i>	<i>standard marker</i>
				<i>standard of comparison</i>

(nach Klein, 1991)

---

bzw.

---

(52) Sue	is	tall er	than	Tom is
		<i>komparativ induzierendes Element</i>		<i>Vergleichs-/Komplementphrase</i>

(nach Karger u.a., 1994)

---

Der Komparativ wird in den verschiedenen Sprachen mit unterschiedlichen syntaktisch/semantischen Mustern erfaßt. Aber auch innerhalb einer Sprache besteht die Wahl zwischen mehreren Komparativkonstruktionsmöglichkeiten.

Zum einen lassen sich wie in 3.3.1 beschrieben, *attributive* Konstruktionen (53) von *prädikativen* (54) unterscheiden:

(53) Peter kennt einen größeren Mann als den Jürgen.

(54) Hans ist größer als Paul.

Der Unterschied zwischen den beiden Komparationsarten bleibt hier unberücksichtigt.

Ein weiterer Unterschied betrifft die Gesamtsatzstruktur und führt zur Unterscheidung von *parataktischen* und *hypotaktischen* Konstruktionen. Parataktische Konstruktionen sind koordinierte Strukturen mit jeweils einem graduierten Prädikat und einem Element, welches den Kontrast zwischen den beiden Sätzen markiert. Klein (1991) führt hierzu ein Beispiel aus Hixkaryana an:

(55) Kaw-ohra naha Waraka, kaw naha Kaywerye.

Tall not he-is Waraka, tall he-is Kaywerye

Der Satz hat die Bedeutung: „Kaywerye ist größer als Waraka“.

„Kaw-ohra naha Waraka“ und „kaw naha Kaywerye“ sind Konjunkte, die als komplette Sätze realisiert sind und „ohra“ ist das kontrastinduzierende Element. In den von Klein angeführten Beispielen sind die Konjunkte Kopulakonstruktionen, Konjunkte mit attributiver Struktur treten nicht auf. Es ist auf diesem Hintergrund nicht zu entscheiden, ob es Sprachen gibt, die Konstruktionen der Form (56) realisieren:

(56) tall x, not-tall y.

Bei den hypotaktischen Konstruktionen ist das Komplement in den Hauptsatz eingebettet, außerdem tritt eine Komparativpartikel, z.B. „als“, auf.

(57) Hans ist größer als Anna.

Für das komparativinduzierende Element unterscheiden Karger u.a (1994) den *synthetischen* Komparativ (58), im Deutschen die -er Form, und den *analytischen* Komparativ, die mehr- Form:

(58) Emma ist größer als Erna.

(59) Willi ist mehr auf seine Mutter als auf seinen Vater stolz.

Für das Komplement bieten sich schließlich drei Möglichkeiten an. Zum einen kann es *phrasal* sein wie in (60):

(60) Emma ist größer als Erna.

oder *klausal* vorliegen wie in (61):

(61) Unser Haus ist größer als Euer Haus ist.

Das Komplement kann aber auch *syntaktisch implizit* bleiben wie in (62):

(62) Sie ist größer.

Im Zusammenhang mit den unterschiedlichen komparativen Strukturierungen hat sich die linguistische Forschung vor allem mit folgenden Fragestellungen befaßt:

1. Lassen sich die einfacheren parataktischen Strukturierungen zugrundelegen und die komplexeren hypotaktischen Strukturierungen aus ihnen ableiten?
1. Ist bei der Analyse der Strukturierungen die Semantik des Positivs oder des Komparativs zugrundelegen?
1. Wie ist die das komparative Muster insgesamt zu interpretieren und welche Form der Komplementstruktur soll zugrundegelegt werden?

1. Lassen sich komplexe attributive Komparative aus einfacheren komparativen Strukturierungen ableiten?

Zu 1: Die Beantwortung dieser Frage bezieht in einem größerem Maße sprachvergleichende Aspekte in die Analyse ein. Seuren (1984) hat die These aufgestellt, daß sich die verschachtelteren hypotaktischen Strukturen historisch aus den einfacheren parataktischen Strukturen entwickelt haben.

Die einzelsprachlichen Realisierungen von parataktischen Strukturen der Komparation zeigen, daß in einigen Sprachen kompariert werden kann, ohne daß die Komparation an der Oberfläche mit der Komparativform realisiert ist. Wichtig sind somit m.E. die dahinterstehenden kognitiv/konzeptuellen Prozesse und nicht der Blick auf die syntaktisch/semantischen einzelsprachlichen morphologischen Realisierungen der Komparation.

Zu 2: Wird die Semantik des Positivs als Grundlage für die Analyse der Komparativkonstruktionen zugrundegelegt, so werden die in 3.3.2 aufgeführten Aspekte der Kontextabhängigkeit und Vagheit in die Analyse integriert. Ein komparatives Muster wie

(63) Hans ist größer als Peter

kann im Rahmen der Supervaluationssemantik als Vergleich der Erfüllungsmengen zweier groß-Prädikationen interpretiert werden. Die Wahrheitsbedingung von (63) ergibt sich daraus, daß „Hans ist groß“ unter allen möglichen Grenzziehungen wahr ist unter denen „Peter ist groß“ wahr ist und daß es zusätzlich Grenzziehungen gibt, unter denen „Hans ist groß“ wahr ist und „Peter ist groß“ nicht wahr ist (Pinkal, 1980). Die neueren Forschungsergebnisse von Pinkal (1989) setzen gegenüber seiner früheren Veröffentlichung den Schwerpunkt auf die explizit relationale Verwendung des Adjektivs, während er in eben diesen früheren Studien die Aspekte der Vagheit und Kontextabhängigkeit in den Vordergrund gestellt hat. Pinkal (1989) und Karger u.a. (1994) gehen in ihren Ausführungen über diese positivorientierte Sichtweise hinaus, indem sie gradbasierte Ansätze ihrer Analyse zugrundelegen. Die Autoren gehen weiterhin von einer semantischen Analyse der Komparativkonstruktionen aus, die auf der Semantik des Positivs basiert. Es handelt sich jedoch nicht um einen

positivorientierten Ansatz im obigen Sinne, sondern um einen gradbasierten Ansatz. Bei Komparativkonstruktionen werden einzelne Elemente der jeweiligen Gradskala verglichen. Das relationale positive Adjektiv ist beispielsweise vom Typ  $\langle\langle e, t \rangle, \langle d, \langle e, t \rangle \rangle$ . Das Adjektiv nimmt ein einstelliges Prädikat als Argument und bildet daraus eine Relation zwischen Individuen und Graden. Das bedeutet, daß eine Unterscheidung getroffen wird zwischen der inhärenten relationalen Struktur des Positiv-Adjektivs und der Oberflächenerscheinung der komparativen Verwendung, mit der die Komparation am explizitesten gemacht werden kann. Es können alle Verwendungsweisen mit Hilfe eines komparativen Musters paraphrasiert werden, wie in (64) exemplarisch an der Superlativform verdeutlicht wird:

(64) Hans ist am größten

(65) Hans ist deutlich größer als alle (F)

wobei F eine Kennzeichnung für alle fakultativen Prädikate ist.

Im positivbasierten und im gradbasierten Ansatz wird deutlich, daß der Positiv „groß“ beide Aspekte, die Vagheit und Kontextabhängigkeit sowie den Vergleich von Graden beinhaltet und die explizite Komparativform nur eine morphologische Realisierung ist, die diese Aspekte explizit an die Oberflächenstruktur transportiert. Somit ergibt sich aus der Zugrundelegung der Semantik des Positivs, daß unterschieden werden muß zwischen den Komparationsaspekten, die unabhängig von der Komparationsform bestehen und den syntaktisch/semantischen Realisierungen der Komparationsformen.

Zu 3: Als Folge der Unterscheidung eines positivorientierten oder gradbasierten Ansatzes wird die Frage unterschiedlich beantwortet, ob die Argumente der Komparativrelation Wahrheits- oder Erfüllungsgrade wie im *positivorientierten* Ansatz oder Grade auf spezifischen Skalen wie im *gradbasierten* Ansatz darstellen. *Gradintervallbasierte* Ansätze (Seuren, 1978; Bierwisch, 1987) gehen davon aus, daß es sich bei den Argumenten der Komparativrelation um Intervalle handelt, die miteinander verglichen werden. Das Gradprädikat wird nicht von einem einzelnen Grad erfüllt, sondern von dem ganzen Intervall von Größengraden, die alle höchstens so groß sind wie das Prädikat. Die positiv- und gradintervallbasierten Ansätze führen beide zu falschen Interpretationsergebnissen von komplexeren Komplementstrukturen mit der Konjunktion „und“ wie in (66):

(66) Hans ist größer als Peter und Paul.

Nach den beiden Theorien ist (66) bereits dann wahr, wenn Hans größer ist als der kleinere von dem Paar „Peter und Paul“.

Deshalb werden in der Folge Varianten von gradbasierten Ansätzen, bei denen einzelne Elemente der Gradskala verglichen werden, vorgestellt.

Für den expliziten Komparativ „x is taller than y“ nimmt Cresswell (1976) folgende kategoriale Struktur an: „-er than“ erhält die kategoriale Beschreibung  $\langle\langle d, t \rangle, \langle d, t \rangle, t \rangle$ . Die Argumente der Komparativrelation sind Grade auf spezifischen Skalen. Der Träger der Komparation in diesem Ansatz ist das Komparativmorphem „-er“. Es bezeichnet eine Relation zwischen zwei Gradprädikaten:

(67) -er ( $\lambda d$ : Hans ist d-groß,  $\lambda d$ : Peter ist d-groß)

In einer alternativen Analyse, die Pinkal (1989) als kompositionell im Gegensatz zur eben vorgestellten diskontinuierlichen Analyse bezeichnet, ist der Relationsausdruck die gesamte Komparativform „größer“. In der Theorie von Stechow (1984) bezeichnen Komparative eine Relation zwischen Objekten und nicht wie bei Cresswell zwischen Gradprädikaten. Komparative werden als  $\langle d, \langle e, t \rangle \rangle$  kategorisiert, d.h. sie bezeichnen eine Relation zwischen einem Grad  $d$  und einem Standardobjekt  $\langle e, t \rangle$ . „Größer“ bildet eine syntaktische und semantische Einheit, die sich mit dem Komplement zu einem Standardprädikat kombiniert.

Die Frage nach der Analyse der Komplementstruktur ist innerhalb der linguistischen Forschung der Komparationssemantik und -syntax auf reges Forschungsinteresse gestoßen. Die Komplementstruktur ist ein Term, der aus dem Komparativoperator und dem eigentlichen Komplement besteht, das wie gesehen klausal, phrasal oder syntaktisch implizit vorliegen kann.

Der Komparativoperator wird als existentieller Gradterm aufgefaßt und kann mit „ein Grad, der größer ist, als was das Komplement spezifiziert“ paraphrasiert werden (Karger u.a., 1994). Stellt man sich die Frage, wie der Operator syntaktisch gebunden ist, so kommt hierfür entweder die Partikel „als“ oder das Komparativmorphem in Frage. Im Hinblick auf die Analyse von Konstruktionen ohne explizites Komplement entscheiden sich Karger u.a. (1994) für das Komparativmorphem als Träger des Komparativoperators, während die Partikel „als“ semantisch leer bleibt.

In den gradbasierten Ansätzen liefert das Komparativkomplement einen Größengrad, der zu dem Größengrad des Satzsubjekts in Relation gesetzt wird. Im Zusammenhang mit dem Komparativkomplement stellt sich die Frage, ob das Komparativkomplement den maximalen Grad einer Skala (von Stechow, 1984) oder einen existentiellen (Russell, 1905, wiedergegeben in: Karger u.a., 1994) oder einen universellen Gradterm denotiert. Karger u.a. (1994) bevorzugen die von Cresswell (1976) vorgestellte Interpretation des Komplements  $\beta$  als universellen Gradterm „jeder Grad von  $\beta$ “. Das Komplement in (68) läßt sich somit wie in (69) paraphrasieren:

(68) Hans ist größer, als Robert und Günter es sind.

(69) Hans ist größer als jeder Grad  $d$ , dergestalt, daß Robert und Günter  $d$ -groß sind. Mit dieser Interpretation werden die oben beschriebenen Probleme im Beispiel (66) des positivbasierten und gradintervallbasierten Ansatzes vermieden.

Pinkal (1989) stellt eine Interpretation vor, die das Komparativkomplement syntaktisch einem freien Relativsatz mit phonetisch nicht realisiertem Relativpronomen vergleicht, wie in (70) dargestellt, da dieser ebenfalls eine bevorzugte universelle Leseart hat.

(70) Hans ist größer als [CP(wh)<sub>d</sub>[IPRobert( $d$ -groß) ist]]

wobei sich das Relativpronomen als leeres wh-Element aus der eingebetteten AP an den Satzanfang bewegt hat wie in (71) gekennzeichnet:

(71) Hans ist größer als [<sub>S</sub>\*(wh<sub>i</sub>)] [<sub>S</sub> Robert ist [<sub>AP</sub> e<sub>i</sub> groß]]]

Die Frage der Ineinanderüberführbarkeit der Komplementstrukturen tritt im Zusammenhang mit der Unterscheidung von klausalen, phrasalen und syntaktisch impliziten Komplementen auf. In der linguistischen Forschung haben sich zwei Betrachtungsvarianten herausgebildet.

Die eine Variante geht davon aus, daß phrasale Komplemente elliptische klausale Komplemente sind, die durch Tilgung aus den klausalen Komplementen entstehen oder sich durch Rekonstruktion zu klausalen Komplementen ergänzen lassen (Pinkal, 1989). Für die oben vorgestellten positivbasierten Ansätze ist eine einheitliche S-(Satzkomplement)-Basis Voraussetzung, weil bei der Komparation ein Vergleich der Erfüllungsmengen zweier Prädikationen, die Satzcharakter haben, erfolgt. Die

theoretischen Ansätze von Cresswell (1976), von Stechow (1984) und Bierwisch (1987) gehen ebenfalls von einer S-Basis für phrasale Komparative aus.

Die andere Variante versteht die beiden Komplementformen phrasal und klausal als voneinander unabhängige und getrennt zu analysierende Gebilde. In dem Ansatz von Hoeksema (1983, wiedergegeben in: Pinkal, 1989) werden Komplemente mit NP direkt interpretiert, ohne daß sie zu klausalen Komplementen rekonstruiert werden. Das phrasale Komplement ist ein zweistelliges Standardprädikat vom Typ  $\langle e, \langle e, t \rangle \rangle$ .

Es kann und soll an dieser Stelle keine Entscheidung zugunsten einer der beiden Positionen bezogen werden, sondern es wird abschließend exemplarisch auf Probleme im Zusammenhang mit den syntaktischen Tilgungs-Techniken eingegangen.

Für den Überführung einer phrasalen Komplementstruktur in eine syntaktisch implizite Komplementstruktur stellt sich folgendes Entailment-Problem bei der rein syntaktischen Deletion:

(72) Hans ist ein größerer Mann als Peter

(73) Hans ist ein Mann

(74) Hans ist groß

Während aus (72) (73) folgt, folgt aus (72) nicht notwendigerweise (74). Semantische Unterschiede bleiben hier unberücksichtigt.

Zu 4: Die Frage der Ableitung komplexer attributiver Komparative aus einfacheren komparativen Strukturierungen stellen Karger u.a (1994). Ausgehend von einer attributiven Komparativkonstruktion wie in

(75) Willi kennt einen mehr auf seine Mutter als auf seinen Vater stolzen Mann

stellen die Autoren die Frage, ob sich eine Konstruktion wie

(76) Willi hat einen auf seine Mutter stolzeren Mann als den Fritz gekannt

bei der die Vergleichsphrase postnominal steht, aus einer Konstruktion wie in (75), wo die Vergleichsphrase innerhalb der Adjektivphrase steht, abgeleitet werden kann.

In der Generativen GB-Theorie wird zwischen D- und S- Strukturen unterscheiden. Die D-Strukturen werden durch die grammatischen Module der Phrasenstruktur, Kasusverteilung und thematischen Beziehungen erzeugt. Die S-Strukturen ergeben sich durch Transformationen, die als Bewegung bezeichnet werden. Bei (76) kann es sich deshalb nicht um das zugrundeliegende Muster der D-Struktur handeln, weil die

Vergleichsphrase außerhalb der Maximalprojektion des Adjektivs steht. Der Head kann die Vergleichsphrase nicht c-kommandieren und somit kann die Beziehung zwischen dem komparativinduzierenden Element und der Vergleichsphrase nicht über Rektion vermittelt werden. Als Analyse bietet sich folglich an, daß (76) eine S-Struktur darstellt, die nicht über Bewegung aus (75) der D-Struktur, hervorgeht.

Die Autoren kommen bei ihren Analysen zu dem Ergebnis, daß die Bewegungsanalyse für die postnominale Position der Vergleichsphrase bei attributiven Komparativen nicht korrekt ist. Zusätzlich gestützt wird diese Sichtweise durch den sogenannten Inselcharakter der pränominalen AP's, aus denen kein Material extrahierbar ist. Als weitere Stützung kann angeführt werden, daß die Korrelatmenge sich in Abhängigkeit von der S-strukturellen Position der Vergleichsphrase ändert. Befindet sich die Vergleichsphrase innerhalb der AP, so sind alle und nur die Argumente des Adjektivs mögliche syntaktische Korrelate. Steht die Vergleichsphrase postnominal, so können die innerhalb der AP realisierten Argumente nicht mehr als Korrelate fungieren. Gemäß der Bewegungsannahme müßte die Korrelatmenge in allen Positionen konstant bleiben, weil die Korrelatmenge mit dem Ausgangspunkt der Bewegung, hier der Position innerhalb der AP, angenommen würde.

Für die postnominale Vergleichsphrase wird als Folge der obigen Überlegungen angenommen, daß sie basisgeneriert ist. Bei der Zusammensetzung eines Adjektivs mit dem Komparativsuffix -er entsteht neben den Argumenten des Adjektivs die Forderung nach der Präsenz einer Vergleichsphrase. Die Sättigung der Komparativargumentstelle ist nicht auf die Kopfdomäne des Elements beschränkt, welches die Komparation morphologisch realisiert. Wenn keine Sättigung innerhalb der AP möglich ist, so wird die Argumentstelle an die Maximalprojektion des Adjektivs weitergegeben. Von dort perkoliert sie entlang der nominalen Projektionslinie und wird von einer Vergleichsphrase gebunden. Findet sich keine Vergleichsphrase, so bleibt die Vergleichsphrase syntaktisch implizit und wird pragmatisch oder durch das Diskurswissen ergänzt.

Mit diesem Beispiel wird abschließend verdeutlicht, daß die Betrachtung der komparativen Muster letztlich die Frage nach der attributiven und prädikativen Verwendung betrifft. Die rein syntaktische Betrachtung der Muster kann die

Unterschiede zwischen attributiven Komparativen und den Kopulakonstruktionen nicht vollständig erfassen. So kann syntaktisch nicht erklärt werden, woher die Information der Vergleichsklasse bei den attributivischen Komparationskonstruktionen entstammt. Die Hypothese der Basisgenerierung stellt somit den Ausgangspunkt für eine umfassendere Analyse der Adjektivkonstruktionen dar. Mit der Annahme der Basisgenerierung wird m.E. der Untersuchungsschwerpunkt auf eine genauere Analyse des ungeklärten Ursprungs der zu integrierenden Informationen wie beispielsweise von Diskurswissen oder Wissen bezüglich Bezugssystemen gelenkt.

### 3.4 Pragmatische Befunde

Die rein strukturellen Beschreibungen von Äußerungsinhalten aus semantischer und syntaktischer Sicht vernachlässigen den wesentlichen Aspekt, daß ein Sprecher mit seiner Äußerung etwas bezweckt. Dieser Handlungsaspekt von sprachlichen Äußerungen wird innerhalb der traditionellen Linguistik in der Pragmatik thematisiert. In der Folge werden die „groß“-Äußerungen unter ihrem pragmatischen Aspekt beleuchtet. Es wird vorgestellt, welche sprachlichen Handlungen mit den beschriebenen „groß-Äußerungen“ vollzogen werden können anhand einzelner Sprechakttheorien.

Nach Wittgenstein (1977) ergibt sich die Bedeutung von Wörtern aus ihrem Gebrauch. Das bedeutet, daß der Gebrauch von sprachlichen Äußerungen und damit die Bedeutung abhängig ist von den Handlungsabsichten, also den Intentionen des Sprechers. Für die unterschiedlichen Verwendungsweisen einer Äußerung prägt Wittgenstein den Begriff des *Sprachspiels* (vgl. Wittgenstein, 1977, S. 19). Darunter versteht er verschiedene Tätigkeiten, die sprachlich aber auch nicht-sprachlich vollzogen werden können. Ein Beispiel für ein Sprachspiel ist das Beschreiben eines Gegenstandes. Dieses Sprachspiel kann beispielsweise mit einer Äußerung wie „dieser Ball ist groß“ ausgeführt werden.

In der Sprechakttheorie der Linguistik erfolgt eine systematische Beschreibung der verschiedenen Handlungsabsichten, die mit den einzelnen Äußerungen verbunden werden können.

Den Ausgangspunkt der sprechakttheoretischen Überlegungen von Austin (1979) bildet die Unterscheidung von performativen und konstativen Äußerungen. Unter performativen Äußerungen versteht er Äußerungen, die gleichsam wie Handlungen glücken bzw. mißglücken können. Konstative Äußerungen sind beschreibende oder behauptende Äußerungen, die wahr oder falsch sein können. Die „groß“- Äußerungen würden auf dem Hintergrund einer solchen Einteilung zu den *konstativen Äußerungen* zählen. So wird beispielsweise behauptet, daß 'dieser Hund größer ist als mein Hund zuhause' oder beschrieben, daß 'dieses ein großer Baum ist'.

In der Folge modifiziert Austin (1979) seine Theorie, da eine strikte Unterscheidung von performativen und konstativen Äußerungen nicht aufrechtzuerhalten ist. Zum einen setzen nicht nur die performativen, sondern auch die konstativen Äußerungen die Wahrheit bestimmter Feststellungen wie Implikations- und Voraussetzungsbeziehungen voraus. Für die konstativen Äußerungen zählen hierzu:

1. Entailment:

(77) Hans ist größer als Peter

'entails', d.h. enthält:

(78) Peter ist kleiner als Hans.

2. Implies:

Der Satz (77) 'implies', d.h. gibt zu verstehen:

(79) Ich glaube, daß Hans größer als Peter ist.

3. Presupposition:

Die Präsupposition aus (77) „Hans ist x-groß“, die wahr sein muß, bleibt auch für die negierte Äußerung erhalten:

(80) Hans ist nicht größer als Peter.

Zum anderen stellt Austin für die konstativen Äußerungen fest, daß sie genauso wie die performativen Äußerungen glücken oder mißglücken können. So mißglückt beispielsweise die Äußerung, wenn der Sprecher (81) äußert

(81) Dieser Hund ist groß

und zugleich nicht glaubt, daß dieser Hund groß ist, weil ein Fall von Unaufrichtigkeit vorliegt (Anm. 9). Schließlich kann jede konstative Äußerung als implizit performative Äußerung gelten, weil sie transformiert werden kann in eine explizit performative Äußerung, also (81) beispielsweise in (82):

(82) Ich stelle (hiermit) fest, daß dieser Hund groß ist.

In der Folge stellt Austin eine Gliederung von Sprechakten in einen lokutionären, illokutionären und perlokutionären Akt vor. Der lokutionäre Akt gliedert sich in drei Teilakte, in den phonetischen, den phatischen und rhetischen Akt. Im rhetischen Akt wird festgelegt, auf was mit der Äußerung referiert wird und was über die Referenz ausgesagt wird. Mit einem lokutionären Akt wird auch immer gleichzeitig ein illokutionärer Akt ausgeführt. Mit einer Äußerung wie (81) wird beispielsweise die Illokution verbunden, den Adressaten zu informieren, daß der betreffende Hund groß ist. Als mögliche Illokutionen können für die untersuchten „groß“-Äußerungen angesehen werden: *Informieren - Identifizieren - Beschreiben*.

Um einen Sprechakt zu vollziehen, sind nach den theoretischen Überlegungen von Searle (1982) immer drei Akte notwendig: ein Äußerungsakt, ein propositionaler Akt und ein illokutionärer Akt. Der propositionale Akt legt die Referenz und Prädikation fest. Ebenso wie bei Austin (1979) ein lokutionärer Akt nicht selbständig vorkommen kann, sind bei Searle die propositionalen Akte an bestimmte illokutionäre Rollen gebunden und können daher nicht selbständig vorkommen:

„Propositionale Akte können nicht selbständig vorkommen, d.h. man kann nicht *nur* hinweisen und präzisieren, ohne eine Behauptung aufzustellen, eine Frage zu stellen oder irgendeinen anderen illokutionären Akt zu vollziehen.“ (Searle, 1971, S.42f., Hervorhebung des Autors)

Der illokutionäre Zweck, der mit einer der untersuchten „groß“-Äußerungen verbunden sein kann, ist nach der Searle'schen Einteilung der Gruppe der *Repäsentative* zuzuordnen (Searle, 1980). Dieser illokutionäre Zweck hat als Anpassungsrichtung die Anpassung von der Sprache zur Welt und beinhaltet, daß ein Sprecher will, daß der Adressat glaubt, daß die geäußerte Proposition wahr ist.

Nach Habermas (1976) erhält jede Äußerung einen Weltbezug, einen Sprecherbezug und einen Adressatenbezug. Diese drei Bezüge können mit den sogenannten Geltungsansprüchen Wahrheit, Wahrhaftigkeit und Richtigkeit verknüpft werden. Die

Geltungsansprüche dienen der Klassifikation der Sprechhandlungen, die als universale Klassen von Sprechhandlungen bezeichnet werden. Die hier betrachteten „groß“-Äußerungen lassen sich in Einteilung von Habermas (1976) den *Konstativa* zuordnen. Die universale Klasse der Konstativa erhält den Kommunikationsmodus kognitiv und wird dem kognitiven Sprachgebrauch zugeordnet, den Habermas vom interaktiven Sprachgebrauch unterscheidet und wie folgt beschreibt:

„Im *kognitiven Sprachgebrauch* hingegen thematisieren wir den Inhalt der Äußerung als eine Proposition über etwas, das in der Welt statthat (oder der Fall sein könnte), während wir die interpersonale Beziehung nur beiläufig ausdrücken.“ (Habermas, 1976, S. 239, Hervorhebung des Autors)

Als wesentliche *Sprecherintention* kann angesehen werden, daß der Adressat den illokutionären Akt versteht. Dazu zählt zum einen die primäre Intention des Sprechers. Damit ist gemeint, daß der Sprecher eine bestimmte Wirkung beim Adressaten erreichen möchte. Beispielsweise will er mit der Verwendung einer „groß“-Äußerung wie „die Tasse ist größer als die Vase“ den Adressaten informieren, daß ein Objekt größer ist als ein anderes. Die sekundäre Intention umfaßt, daß der Adressat erkennt, daß der Sprecher diese primäre Intention hat. In diesem Beispiel bedeutet das, daß der Adressat erkennt, daß der Sprecher ihn informieren will, daß ein bestimmtes Objekt größer ist als ein anderes. Diese Verflechtung von Intentionen unterschiedlicher Komplexität wird in den sogenannten intentionalistischen Ansätzen diskutiert (z.B. Grice, 1979; Meggle, 1979; Harras, 1983).

Während die intentionalistischen Ansätze von seiten des Sprechers ausgehen, indem sie seine Intentionen als ein komplexes Gefüge beschreiben, gehen die konventionalistischen Ansätze vom Adressaten aus (z.B. Searle, 1971). Dieser befolgt bestimmte *Konventionen* oder Regeln, welche es ihm ermöglichen, die Sprecherintentionen zu erkennen. Für die „groß“-Äußerungen bedeutet diese Sicht, daß mit einer Äußerung wie beispielsweise „Hans ist größer als Peter“ der Adressat aufgrund von Konventionen weiß, daß der Sprecher mit einer derart gestalteten Äußerung den Adressaten informieren will, daß 'Hans größer als Peter' ist.

Der Ansatz von Harras (1983) verknüpft die intentionalistische und konventionalistische Sichtweise. Harras beschreibt den Teil des Sprechaktes aus der Perspektive des Sprechers und bezeichnet diesen als Kommunikationsversuch. Mit

diesem verfolgt der Sprecher bestimmte Intentionen. Bei der „groß“-Äußerung ist das beispielsweise die primäre Intention des Informierens des Adressaten, daß 'Hans größer als Peter' ist und die sekundäre Intention, daß der Adressat erkennt, daß der Sprecher ihn darüber informieren will. Der Sprecher versucht diese Intentionen durchzusetzen, indem er die Formulierung „Hans ist größer als Peter“ wählt. Mit dieser Formulierung hält sich der Sprecher an bestimmte Konventionen wie zum Beispiel die Auswahl der gewählten Bezeichnungen für die Individuen 'Hans' und 'Peter'. Eine weitere Konvention besagt, daß diese Formulierung dazu geeignet ist, die Illokution „Informieren“ zum Ausdruck zu bringen.

Auf dem Hintergrund der pragmatischen Sichtweise in der Linguistik sind im Hinblick auf die untersuchten „groß“-Äußerungen drei Punkte hervorzuheben, die zu einem erweiterten Verständnis der Sprechakttheorie überleiten.

1. Zum einen erfordert die sprechakttheoretische Sichtweise, die „groß“-Äußerungen im Zusammenhang mit einer Illokution zu beschreiben. Das bedeutet, daß der Sprecher mit seiner „groß“-Äußerung eine bestimmte Absicht, also eine Intention verfolgt. Ein wesentliches Merkmal der *Intentionalität* (Anm. 10) ist, daß die geistigen Zustände „von etwas handeln“ (vgl. Searle, 1987, S. 15), d.h. daß sie von bestimmten Überzeugungen und Wünschen begleitet sind. Searle spricht von der „Gerichtetheit der Intentionalität“ (vgl. ebenda).
2. Mit der Frage nach der Intentionalität stellt sich die Frage nach den *Bewußtseinsprozessen*, die im Zusammenhang mit den Erfüllungsbedingungen des intentionalen Gehalts eine Rolle spielen.
3. In der erweiterten sprechakttheoretischen Sicht beziehen die hier untersuchten „groß“-Äußerungen bzw. Prädikat-Argument-Strukturen eine Position an der Schnittstelle von propositionalem Gehalt einer Äußerung, die mit einer illokutionären Rolle verknüpft ist und innerer Überzeugung, die, wenn sie nicht verbalisiert wird, unbewußt, aber dennoch intentional ist. Mit ihrer Eigenschaft als innere Zustände eröffnet sich das Problemfeld des sogenannten Geist/Körper-Problems, d.h. es stellt sich die Frage nach dem Zusammenhang von *intentionalen Zuständen und den neuronalen Gehirnstrukturen*. Nach Searle sind die geistigen Zustände gleichermaßen von den Aktivitäten des Gehirns verursacht als auch in der Struktur des Gehirns

realisiert. Desweiteren wird neben den Handlungen auch den visuellen Erlebnissen Intentionalität zugeschrieben (Searle, 1987). Auf diese Weise wird die Theorie der Sprechhandlungen aus sprachphilosophischer Sicht zu einer umfassenden Theorie, bei welcher die Prozesse der Wahrnehmung sowie die intentionalen inneren Zustände zu integrativen Bestandteilen einer Theorie der Sprachverwendung werden.

Die hier untersuchten „groß“-Äußerungen beziehen im Gegensatz zu anderen Sprechhandlungen insofern eine Sonderstellung, weil sie gleichermaßen den propositionalen Gehalt einer Äußerung im Zusammenhang mit einer bestimmten Illokution bilden können und thematisierter kognitiver Inhalt einer Äußerung sind. Die Sprechakttheorie stützt m.E. die Sonderstellung solcher Äußerungen. Sie kommt in der von Austin (1979) ursprünglich getroffenen Unterscheidung von konstativen und performativen Äußerungen zum Ausdruck. Ebenso zeigt sie sich in der Habermas'schen Unterscheidung eines interaktiven und kognitiven Sprachgebrauch, wobei bei den „groß“-Äußerungen die Thematisierung des Inhalts vorrangig ist und die interpersonale Beziehung beiläufigen Charakter erhält. Formal zeigt sich die Sonderstellung solcher Äußerungen beispielsweise bei Searle, der für die Behauptungen keinen Indikator für die illokutionäre Rolle einführt (vgl. Searle, 1971, S. 51). In Anlehnung an die späteren Ausführungen von Searle (1987) kann die Entsprechung der Prädikat-Argument-Strukturen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ in den intentionalen Zuständen gesehen werden, die nicht-sprachlicher Natur sind. Die Sprechakttheorie kann insgesamt als Stützung der für die „groß“-Äußerungen bzw. Prädikat-Argument-Strukturen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ angenommene Doppelfunktion für die Prozesse des Wissensaufbaus und der Wissensnutzung angeführt werden. Die neueren Sprachproduktionstheorien, auf die im folgenden Abschnitt eingegangen wird, machen diese Funktionen zum expliziten Bestandteil der Modellbildung.

### 3.5 „Groß“-Äußerungen im Sprachproduktionsprozeß

In jüngeren Forschungen werden in zunehmendem Maße interdisziplinäre Beiträge zur Analyse von Sprachproduktionsprozessen integriert in linguistische Forschungsansätze. Betrachtet man die „groß“-Äußerungen im Rahmen einer Sprachproduktionstheorie, so erlangen sie Bedeutung auf drei verschiedenen Betrachtungsebenen.

Die Sprachproduktionstheorien stellen, wie in Kapitel 1 beschrieben, insofern Erweiterungen der klassischen linguistischen Betrachtungsweise dar, als daß das sprachproduzierende Individuum und die Situiertheit seiner sprachlichen Äußerung in das Zentrum des Interesses rückt. Diese erweiterte Sichtweise berücksichtigt verschiedene Wissenskomponenten (vgl. 1.4.4), deren Informationen den Aufbau der Produktion einer sprachlichen Äußerung beeinflussen.

#### 3.5.1 „Groß“-Äußerungen als Propositionen

Als erste Betrachtungsebene der „groß“-Strukturen ergibt sich deren konzeptuelle Betrachtung auf der Ebene des längerfristig gespeicherten Wissensbesitzes. In dieser Sichtweise kommt den „groß“-Äußerungen als Prädikat-Argument-Strukturen der Status von *Propositionen* zu. Die längerfristig gedächtnismäßig zueinander in Beziehung gesetzten Wissensinhalte des sprachproduzierenden Individuums lassen sich mit Hilfe von Propositionen beschreiben. Propositionen sind eine Beschreibungssprache für kognitive Strukturen. Im Zusammenhang mit den „groß“-Äußerungen sind zwei solcher Propositionen von Bedeutung. Eine Äußerung wie beispielsweise

(83) Der Elefant ist groß

kann als *prädikative Proposition* beschrieben werden. Die entsprechende Struktur sieht wie folgt aus:

(84) Prädikat: groß sein, Agent: Elefant

Bei einer Äußerung wie beispielsweise

(85) Der große Teller

handelt es sich um eine *modifizierende Proposition*, das Argument „Teller“ wird näher bestimmt. Sie entspricht einer qualifizierenden Proposition und läßt sich wie folgt beschreiben:

(86) Attribut.von, Teller, groß.

In der Sprachproduktionstheorie von Levelt (1989) wird für die Betrachtungsebene des längerfristig gespeicherten Wissens ebenfalls das propositionale Repräsentationsformat zugrunde gelegt. Levelt weist darauf hin, daß es andere repräsentationale Systeme gibt, welche zur Konzeptualisierung der Welt vom Sprecher verwendet werden wie beispielsweise das räumliche Repräsentationssystem. Es gibt demnach verschiedene Sprachen des Geistes. Die propositionale Repräsentation ist diejenige, welche auf jeden Fall zugrundeliegt, wenn eine Äußerung hervorgebracht werden soll. Jede propositionale Repräsentation ist direkt verbalisierbar. In diesem Sinne ähneln sie stark den Äußerungen der natürlichen Sprache. Daher werden auch die „groß“-Äußerungen im propositionalen Sinn als „Äußerungen“ bezeichnet. Dennoch plädiert Levelt für eine Unterscheidung von Propositionen und vorsprachlichen Äußerungen. Die vorsprachlichen Äußerungen umfassen mehr als die rein propositionalen Formate. Sie codieren beispielsweise zusätzlich noch Zeitinformation oder deiktische Information und werden auch als „semantisch“ bezeichnet (vgl. Levelt, 1989, S. 105).

Die propositionalen „groß“-Äußerungen können zusammen mit weiteren Propositionen und mit zusätzlicher Information vorsprachliche Äußerungen formen. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, daß die propositionalen Repräsentationen wie beispielsweise „ein Elefant ist größer als eine Maus“ oder „eine Giraffe ist sehr groß“ direkt verbal encodiert werden.

### **3.5.2 „Groß“-Äußerungen in der Konzeptualisierungsphase des Sprachproduktionsprozesses**

Neben der propositionalen Ebene kommt den „groß“-Äußerungen eine Bedeutung auf der vorsprachlichen Äußerungsebene zu. Auf dieser zweiten Ebene erfolgen die Konzeptualisierungen, die im weiteren Sprachproduktionsverlauf formuliert und

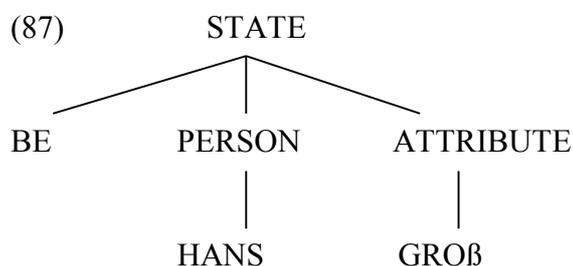
artikuliert werden können. Für die Konzeptualisierungsprozesse unterscheidet Levelt als Prozeßkomponenten die Makro- und die Mikroplanung. Um von einer vorsprachlichen Äußerung zu einer sprachlichen Äußerung zu gelangen, müssen Teile aus der propositionalen Basis selektiert werden. Das ist die Information, die verbalisiert werden soll. Diese selektierten Informationen müssen zudem linearisiert werden. Diese Vorgänge werden als Makroplanung bezeichnet. Bei der Mikroplanung wird u.a. die konzeptuelle Information in ein propositionales Format gebracht und über den Zugänglichkeitsstatus der Referenten entschieden. Für den Aufbau der konzeptuellen Strukturen der vorsprachlichen Äußerungen lassen sich verschiedene Kategorien wie beispielsweise PERSON, THING, EVENT u.s.w. unterscheiden, die miteinander kombiniert werden können und zum Aufbau komplexerer konzeptueller Strukturen beitragen können.

Die einzelnen Kategorien können als Function/Argument Strukturen vorliegen. Ein Beispiel hierfür ist die Kategorie PLACE wie z.B. „in the tree“. Hier nimmt die PLACE Funktion IN eine Kategorie THING als Argument.

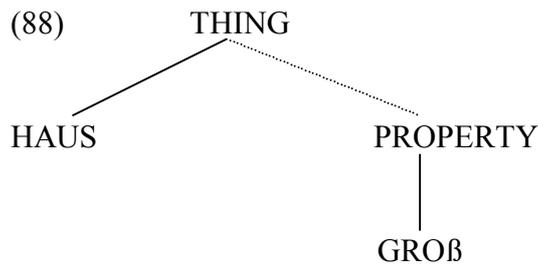
Andere Kategorien wie beispielsweise MANNER oder PROPERTY verhalten sich nicht wie Argumente von Funktionen. Sie spezifizieren oder modifizieren beispielsweise ein EVENT oder THING. Ein Beispiel hierfür ist „das rote Haus“. Hier wird die Kategorie THING durch die PROPERTY „rot“ modifiziert. Solche Strukturen werden als Head/modifier Strukturen bezeichnet.

Versteht man die „groß“-Äußerungen als vorsprachliche Äußerungen, so lassen sich diese als Argument/Funktion oder Head/Modifier Strukturen beschreiben.

Die vorsprachliche Äußerung „Hans ist groß“ läßt sich als Argument/Funktion Struktur beschreiben. Die Kategorie heißt STATE. Die strukturelle Abbildung sieht wie folgt aus:



Die vorsprachliche Äußerung „Das große Haus“ hingegen läßt sich nicht als Argument/Funktion Struktur beschreiben, sondern als Head/Modifier Struktur. Sie gehört der Kategorie THING an. Die strukturelle Abbildung sieht wie folgt aus:



Herrmann (1982) geht ebenfalls von Selektionsprozessen in der Phase der Konzeptualisierung aus. Im Zusammenhang mit der Sprechhandlung des Aufforderns beschreibt er das sogenannte Pars-pro-toto-Prinzip, mit welchem ausgedrückt wird, daß im Konzeptualisierungsprozeß zwar die gesamte Informationskonstellation zur Verfügung steht, es jedoch zur Selektion von Teilen dieser propositionalen Basis kommt.

### 3.5.3 „Groß“-Äußerungen auf der formativen Ebene

Als dritte Beschreibungsebene der „groß“-Äußerungen ergibt sich aus sprachproduktionstheoretischer Sicht die Betrachtung auf formativer Ebene. Mit den konzeptualisierten Äußerungen werden vom sprachproduzierenden Individuum bestimmte kommunikative Ziele verfolgt. Mit den „groß“-Äußerungen können die kommunikativen Zielsetzungen der Objektbenennung oder Objektbeschreibung verbunden werden. Die kommunikativen Zielsetzungen beeinflussen auf konzeptueller Ebene die Selektion der propositionalen Basis und auf formativer Ebene die Selektion der Wortkonzepte.

Herrmann (1994) weist auf das linguistisch und sprachphilosophisch schwierige Problem der Unterscheidung von attributiver und prädikativer Verwendung von Adjektiven hin. Eine Äußerung wie „diese Tasse ist groß“ kann dazu verwendet werden, um etwas über diese Tasse auszusagen, nämlich daß sie groß ist. Das entspricht der sogenannten „attributiven Lesart“ von „die große Tasse“. In der

„Referentinnen Leseart“ von „die große Tasse“ kann mit dieser Äußerung auf eine bestimmte Tasse referiert werden. Das ist mit der Äußerung „die Tasse ist groß“ nicht möglich. Herrmann setzt diese Unterschiede gleich mit der Verwendung einer Äußerung als Objektbenennung bzw. Objektbeschreibung. Dabei entspricht die „referentielle Leseart“ der Objektbenennung. Als „Textfrage“ läßt sich die Frage: „Welches Objekt ist gemeint?“ stellen. Die „attributive Leseart“ entspricht der Objektbeschreibung. Hier läßt sich die Frage stellen: „Wie sieht das Objekt aus?“ (vgl. Herrmann, 1994, S.71). Die beiden Verwendungsweisen können durch eine bestimmte vorgegebene kommunikative Aufgabe ausgelöst werden. Besteht die kommunikative Aufgabe darin, einen Adressaten anzuweisen ein bestimmtes Gebilde aus einer Anzahl von Objekten zusammenzubauen, so wird er die kommunikative Aufgabe „Instruktion“ der kommunikativen Zielsetzung der Produktion einer Objektbenennung zuordnen. Soll hingegen eine verschraubte Anordnung von Elementen eines Holzbaukastens möglichst genau beschrieben werden, so entspricht diese kommunikative Aufgabe der Zielsetzung der Produktion einer Objektbeschreibung (zu der Unterscheidung der beiden kommunikativen Aufgaben vgl. Mangold-Allwinn u.a., 1992; Carroll, 1995). Die resultierenden Äußerungen können sich auf der Ebene der Formulierung in Bezug auf die Selektion der Wortkonzepte unterscheiden. So wird unter der Zielsetzung „Beschreiben“ häufiger der indefinite Artikel produziert werden, während bei der Zielsetzung „Instruieren“ die Selektion des definiten Artikels überwiegt (Mangold-Allwinn u.a., 1992, 1995).

Für die Verwendungsweisen der „groß“-Äußerungen aus sprachproduktionstheoretischer Sicht bleibt festzuhalten:

Werden die untersuchten „groß“-Strukturen auf der Ebene der propositionalen Repräsentationen untersucht, so lassen sich prädikative Propositionen und qualitative Propositionen unterscheiden.

Auf der Ebene der vorsprachlichen Äußerungen können Funktion/Argument und Head/Modifier Strukturen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ aufgebaut werden.

Betrachtet man die „groß“-Äußerungen bei der Sprachproduktion im Zusammenhang mit möglichen kommunikativen Zielsetzungen, so zeigt sich zum einen, daß nicht jedes syntaktisch/semantischen Muster für die Realisierung jedes kommunikativen Ziels gleichermaßen instrumentell ist und zum anderen, daß Prozesse der

Formulierung wie die Selektion bestimmter Wortkonzepte von der kommunikativen Zielsetzung beeinflusst werden.

### **3.6 Die Bedeutung produktorientierter linguistischer Analysen für die prozeßorientierte Modellierung des Sprachproduktionsprozesses des Dimensionsadjektivs „groß“**

Der obige Forschungsüberblick aus den Teildisziplinen der Semantik, Syntax und Pragmatik macht deutlich, daß die Untersuchung der Adjektive in der traditionellen Linguistik auf ein reges Interesse gestoßen ist. Dabei wurden in den einzelnen Ansätzen wesentliche Teilaspekte der Adjektivanalyse sehr vertieft untersucht. Dennoch ist es bisher nicht gelungen, ein integratives Modell zu entwickeln, welches die Verwendung von Adjektivkonstruktionen in all ihren Aspekten erfaßt. Mit den einzelnen Ansätzen kristallisieren sich jedoch wesentliche Anforderungen heraus, die von einer Analyse der Adjektive und adjektivischen Muster erfüllt sein müssen. Die im folgenden nochmals aufgegriffenen Aspekte, sind allesamt der produktorientierten Systemposition 3 zuzurechnen. Sie bilden einen Anforderungskatalog, den ein prozeßorientiertes Sprachproduktionsmodell berücksichtigen muß und werden im folgenden wegen ihrer Bedeutung für die Modellkonzeption des nächsten Kapitels zusammenfassend dargestellt.

Ein m.E. sehr wichtiger Aspekt ist die Unterscheidung der beiden Komparationsarten der absoluten und relativen Komparation. Wesentlich für das Zustandekommen der Komparation sind zwei verschiedene Verfahrensweisen, die unterschieden werden können. Diese Sichtweise führt zu folgender Hauptaussage, daß die ausschließliche Betrachtung des Produkts nicht zu einer systematischen Erfassung der Unterschiede verschiedener Adjektivkonstruktionen führen kann und verweist damit implizit bereits auf eine Integration der Prozeßaspekte. Daraus ergeben sich zwei weitere Schlußfolgerungen. Zum einen kann die Analyse der Adjektivkonstruktionen nicht ihren Ausgangspunkt in der Betrachtung der Komparationsformen nehmen, weil jede Komparationsform auf der Oberfläche auch durch eine andere Komparationsform

paraphrasierbar ist. Außerdem stellen die Komparationsformen ein einzelsprachliches Phänomen dar. Es bleibt letztlich offen, von welcher Komparationsform auszugehen ist.

Zum zweiten kann der Ausgangspunkt ebensowenig die Analyse des attributiven, prädikativen oder komparativen Komparationsmusters sein. Es müssen die einzelnen Verwendungsweisen im Zusammenhang mit den jeweiligen situativen Faktoren sowie der Sprecherintention gesehen werden, welche die Entstehung des jeweiligen Komparationsmusters beeinflussen. Außerdem werden nicht alle Komparationsmuster in allen Sprachen realisiert, wohl aber kann in jeder Sprache absolut und relativ kompariert werden.

Die Tatsache, daß die beiden Kriterien der Komparationsform und des Komparationsmusters nicht den Ausgangspunkt darstellen, bedeutet für ein prozeßorientiertes Modell, daß diese Kriterien erst auf der späteren Stufe der Formulierung berücksichtigt werden, wohingegen das Kriterium der Komparationsart auf der Stufe der Konzeptualisierung umgesetzt werden muß.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der in vielen theoretischen Ausführungen geforderte Skalenbezug bei der Analyse der Adjektive. Bei der (relativen) Komparation werden Einzelwerte (Grade) von Objekten auf einer Skala in Bezug auf die Eigenschaft „Größe“ miteinander verglichen. In einer Modellkonzeption, die sich in der Systemposition 1 bewegt, kann dieser Forderung beispielsweise eine kognitive Disposition entsprechen, d.h. es muß modelliert werden, wie das Vergleichen in einem kognitiven System funktioniert. Auf den Zusammenhang zwischen der theoretischen Annahme von Graden und der möglichen Entsprechung im sprachverarbeitenden Individuum verweist Bierwisch:

„Mein Vorschlag ist es, Grade als konstituiert durch die Vergleichsoperation aufzufassen. ...über die Interpretation von SF [semantische Form] will ich Grade mithin als mentale Entitäten auffassen, die durch die Operation des Vergleichens erzeugt werden. Die Frage, ob es Grade an sich (im platonischen Sinn oder in der Realität) gibt, ist in diesem Sinn gegenstandslos. Grade werden in der Auseinandersetzung mit der Realität als mentale Strukturen erzeugt“ (Bierwisch, 1987, S. 131)

Allgemeiner Konsens besteht über den Grundcharakter der Bipolarität des Adjektivs „groß“. Eine prozeßorientierte Modellkonzeption sollte dieses Grundstrukturprinzip integrieren und die Fähigkeit zur Konzeptualisierung von „groß“ und die zur Konzeptualisierung von „klein“ zueinander in Beziehung setzen.

Desweiteren zeichnet sich ein Adjektiv wie „groß“ durch die beiden Merkmale der Kontextabhängigkeit und Vagheit aus. Beide Merkmale sind konstitutiv für die absolute Komparation. Das Merkmal der Kontextabhängigkeit wirft die Frage nach der jeweils bei der Komparation verwendeten Bezugsmenge bzw. Vergleichsklasse auf (Anm. 11).

„Da die Vergleichsklasse in den meisten Fällen nicht explizit genannt ist, sondern kontextuell erschlossen werden muß, stellt sich die - bis heute weitgehend vernachlässigte Frage nach jenen sprachlichen Faktoren und Mechanismen, die die Fixierung der Vergleichsklasse steuern“ (Varnhorn, 1993, S. 103)

Für das eigene Modell wird damit die Forderung aufgestellt nach der Klärung des Ursprungs der Informationen, welche die Bezugsmenge aufbauen sowie nach der Modellierung der Prozesse, die den Aufbau der Bezugsmenge bewirken.

Mit dem Kriterium der Vagheit ist die Frage nach dem Normwert verbunden. Die absolute Verwendung des Adjektivs „groß“ ist abhängig von einem Normwert, der sich für die einzelnen Bezugsmengen festlegen läßt und diesen somit einen Fuzzy-Charakter verleiht.

„Wie aber die ‘Errechnung dieses Wertes [des Durchschnittswerts] zugleich psychologisch realisiert und linguistisch adäquat zu erfolgen hat, ist nicht abschließend erklärt“ (Eisenberg, 1999, S. 237)

Die Frage nach der Ermittlung des Normwerts bleibt in den traditionellen Theorien unbeantwortet, es wird jedoch vermutet, daß der Normwert zusätzlich interindividuell variiert. Als Anforderungen an die eigene Modellkonzeption ergibt sich eine Modellierung der Prozesse, die zur Ausbildung des Normwerts für die jeweilige Bezugsklasse führen, sowie die Berücksichtigung der individuellen Differenzierungsprozesse für einzelne Bezugsklassen. Für den Sprachproduktionsprozeß ist die Bedeutung des Normwerts als Top-down-Komponente einzubeziehen.

Neben diesen beiden variierenden Merkmalen kann dem Adjektiv „groß“ ein konstantes Kriterium, die Transparenz, zugeschrieben werden. Diesem Merkmal kommt deshalb Bedeutung zu, weil es für die Verwendung des Adjektivs unveränderbar festlegt, daß sich das Adjektiv stets auf die (drei)dimensionalen Abmessungen eines Objektes bezieht. Die traditionellen Ansätze machen zu den Prozessen der Aufnahme der zu codierenden Informationen über (drei)dimensionale Objekte keine Aussagen. Traditionelle Vertreter der linguistischen Theorie verweisen in diesem Zusammenhang auf die Grenzen ihrer Modelle, wenn sie feststellen:

„ ... die Beziehung zwischen kognitiven Strukturen und Wirklichkeit kann nicht unabhängig von Untersuchungen in Psychologie und Künstlicher Intelligenz erforscht werden“ (Bartsch & Vennemann, 1982, S. 12)

Daraus ergibt sich für einen Ansatz der Systemposition 1 die Anforderung, die der Stufe der Konzeptualisierung vorgelagerten Prozesse der Perzeption zu integrieren und hierbei interdisziplinäre Ansätze und Methoden zu berücksichtigen.

Als weiteres Kriterium wird innerhalb der traditionellen Forschung auf die Zwitterstellung des Adjektivs zwischen den Nomen und Verben aufmerksam gemacht. Dieses Kriterium ist wichtig, weil in den verschiedenen produktorientierten Ansätzen die Nomen- bzw. Verbhaftigkeit zur Erklärung von Adjektivkonstruktionen herangezogen wird. Das Kriterium der Zwitterstellung des Adjektivs muß in einem prozeßorientierten Modell umgesetzt werden, indem gleichermaßen Prozesse modelliert werden, aus welchen Strukturierungen resultieren, die den Status komplexer Nominalphrasen haben sowie Prozesse, die im Resultat einfachen prädikativen Strukturen entsprechen.

Abschließend stellt sich die eingangs aufgeworfene Frage der Relation von Semantik und Syntax. Im traditionellen Verständnis wird ein Sprachprodukt semantisch und syntaktisch analysiert. Weitergehende Positionen zur Sprachproduktion gehen von interagierenden Verarbeitungsmodulen zur Syntax und zur Semantik aus. In einem prozeßorientierten Modell auf der Grundlage der Systemposition 1 ist die Frage der „semantischen“ und „syntaktischen“ Produktion grundsätzlich neu zu überdenken. Weil mit der Abkehr von der produktorientierten Sichtweise nicht mehr im herkömmlichen Sinne von Semantik und Syntax gesprochen werden kann, muß dieses

Vakuum von Modellierungen der systeminternen Abläufe und von der Ausbildung der inneren Strukturierungen gefüllt werden, was auch Vertreter der traditionellen Ansätze einräumen:

„Es wird aber [in den traditionellen Ansätzen] nichts darüber gesagt, wie die Prozesse der Sprachproduktion und Interpretation tatsächlich verlaufen. Dazu wären Studien über das Zusammenwirken von Sprechen, Interpretieren, Erkennen und Wahrnehmen notwendig, Studien über die Form des Gedächtnisses und Simulationen im Bereich der Künstlichen Intelligenz, die über das im Augenblick Mögliche hinausgehen“. (Bartsch & Vennemann, 1982, S. 15)

Mittlerweile sind neuere Studien in verwandten Wissenschaftsdisziplinen veröffentlicht worden, die es ermöglichen machen, ein prozeßorientiertes Modell der Sprachproduktion auf der Grundlage dieser Erkenntnisse zu entwickeln. Parallel dazu ist die Entwicklung im Bereich der Künstlichen Intelligenz soweit fortgeschritten, daß einfache Sprachproduktionsprozesse simulativ abgebildet werden können.

## **4 Die Modellkonzeption**

### **4.1 V- und D-Modul als kognitive Verarbeitungsinstrumentarien**

Die im vorangegangenen Kapitel vorgestellte Unterscheidung von absoluter und relativer Komparation in der produktorientierten linguistischen Analyse liefert den entscheidenden Hinweis darauf, prozessurale Vorgänge des Vergleichens in Modellüberlegungen zur Sprachproduktion des Dimensionsadjektivs „groß“ zu integrieren. Die traditionelle Analyse bewegt sich in der Systemposition 3 und kann daher noch nicht zu einer hinreichenden Erklärung der Bildung verschiedener sprachlicher Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ führen. Wird der Hinweis auf die Unterscheidung der beiden Komparationsarten hingegen in die Systemposition 1 übertragen und somit auf das sprachverarbeitende Individuum und seine inneren Zustände und Strukturveränderungen als Folge des System-Umweltbezugs fokussiert, dann können die beiden Komparationsarten als kognitive Verarbeitungsweisen verstanden werden. Das Resultat ist eine Modellkonzeption, die mit dem V- und D-Modul zwei kognitive Verarbeitungsmodule vorstellt, mit denen die Konstruktion von Wissen im Individuum und die Dynamik der Konzeptualisierungsprozesse bei der Sprachproduktion von Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ modelliert werden.

#### **4.1.1 Strukturannahmen**

Die beiden Komparationsarten der absoluten und relativen Komparation unterscheiden sich, wie in Kapitel 3 gesehen, in ihrem Skalenbezug. Während bei der relativen Komparation eine Größen-Skala verwendet wird, die keinen Bezugspunkt hat und auf den Bereich der hohen Werte, d.h. der semantischen Präferenz, ausgerichtet ist, enthält die Skala für die absolute Komparation eine Einteilung in fixe Bereiche.

Für die Modellkonzeption werden im folgenden drei Modifizierungen vorgenommen.

1. Zum einen wird die Skala der absoluten Komparation linksbündig erweitert. Das bedeutet, daß die Kleinheit-Skala mit ihren entsprechenden Bereichen, wie klein, kleinere, eher klein u.s.w. hinzukommt. Dabei berühren sich die beiden Skalen im weder/noch-Bereich, kurz „w/n“, einem Bereich, in welchem von einem Gegenstand gesagt werden kann, daß er weder groß noch klein ist, also in Bezug auf „Größe/Kleinheit“ neutral ist. Die für die absolute Komparation zugrundegelegte Skala sieht demnach wie folgt aus:

Abbildung 4.1: Erweiterung der Skala der absoluten Komparation

⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮					
⋮	sehr klein/	klein	⋮	kleinere	⋮	weder/	größere	⋮	groß	⋮	sehr groß/	⋮
⋮	kleinste	⋮	⋮	⋮	⋮	noch	⋮	⋮	⋮	⋮	größte	⋮

Unter den Prämissen, daß die produktorientierte Forschung die sprachlichen Äußerungen einer Sprachgemeinschaft mit Hilfe semantischer Formen erfaßt, wie für die Kleinheits- und Größenbereiche der absoluten Komparation und daß der w/n-Bereich entweder gar nicht oder in ganz seltenen Fällen in sprachlichen Äußerungen sichtbar in der Oberflächenstruktur in Erscheinung tritt (Anm. 1), folgt, daß der w/n-Bereich bislang nicht mittels semantischer Formen beschrieben worden ist. Gleichzeitig werden jedoch die Sprachprodukte teilweise mit Hilfe des w/n-Bereichs paraphrasiert, wie beispielsweise in kontextlogischen Ansätzen (vgl. Kap. 3.2.2). Diese Paraphrasen liegen den Oberflächenstrukturen zugrunde und haben somit den Status vorsprachlicher Strukturen. Folglich kommt dem w/n-Bereich die Funktion einer vorsprachlichen Struktur zu. Im Gegensatz zu den produktorientierten Analysen umfassen prozeßorientierte Sprachproduktionsmodelle neben den sprachlichen Äußerungen auch vorsprachliche Strukturen und Prozesse. Daraus ergibt sich, daß der w/n-Bereich im Sprachproduktionsprozeß nicht in seiner Funktion als Produkt, sondern in seiner Funktion als prozessurale Komponente untersucht wird.

2. Zum anderen bilden die Engel'schen Annahmen zur Komparation des absoluten Positivs den Ausgangspunkt für die Modifizierung der Strukturannahmen für ein Modell zur Sprachproduktion des Dimensionsadjektivs „groß“. Engel (1988) geht

davon aus, daß dem absoluten Positiv ein Geltungsrahmen hinzugesetzt werden kann, was eine Verschiebung der absoluten Werte zur Folge hat. Wird dem Satz

(89) Peter ist groß

der Geltungsrahmen „für einen Basketballspieler“ hinzugefügt, also

(90) Für einen Basketballspieler ist Peter groß

so lassen die Sätze (89) und (90) den Schluß zu, daß im ersten Fall Peter beispielsweise eine Körpergröße von circa 1,80 Meter hat, während Peter im zweiten Fall eine Körpergröße von etwa 2,20 Meter aufweisen könnte. Die Klasse der Basketballspieler legt somit einen anderen Geltungsrahmen für das Adjektiv „groß“ fest als beispielsweise die nächstgrößere Klasse der Erwachsenen. Fungiert wie in (89) eine Namensbezeichnung als Bezugsgröße, „so läßt sich die jeweilige Vergleichsklasse nur sehr ungenau ableiten“ (Varnhorn 1993, S. 105). Schwierigkeiten bereitet somit die Bestimmung der mittelbar zugeordneten Vergleichsklasse, während in (90) die Klasse der Basketballspieler eine unmittelbare Zuordnung zuläßt. Varnhorn unterscheidet kontextabhängig verschiedene Vergleichsklassen, die sie aufzählend auflistet und kommt dabei für einige Situationen, in denen weder intentionale Bezugssysteme ausgebildet sind noch extensional eine Vergleichsklasse vorliegt, zu dem Ergebnis

„Ist hingegen keine extensional determinierte Vergleichsklasse fixierbar, so sind die fraglichen Konstrukte sinnlos bzw. nicht interpretierbar.“ (Varnhorn 1993, S. 107)

Damit ist für Varnhorn ein Satz wie

(91) Kreise sind groß

dann sinnlos, wenn es keine extensional gegebene Vergleichsklasse von Kreisen gibt. M. E. übersieht Varnhorn hierbei zum einen, daß (91) in einer Situation geäußert werden kann, in der es zwar keine extensional gegebene Vergleichsklasse von Kreisen gibt, es jedoch beispielsweise mehrere gleich große Kreise und eine Vergleichsklasse aus extensional gegebenen kleinen Dreiecken geben kann. Zum anderen bleibt die mögliche Sprechersituation völlig ausgeblendet, daß ein Sprecher (91) äußert, indem er auf ein im Verlauf des Diskurses gebildetes Diskurswissen zurückgreift, welches beinhaltet, daß Kreise groß sind, denkbar beispielsweise in einem Gespräch zwischen Galerist und Künstler. Das bedeutet für den Geltungsrahmen der produktorientierten Sichtweise, der nachfolgend aus der prozeßorientierten Sichtweise der Systemposition 1 als Bezugssystem bezeichnet wird, daß dieses Bezugssystem vom Sprecher im

Sprachproduktionsprozeß aufgebaut wird und dabei intensionale, extensionale und diskursive Wissensbereiche beteiligt sind.

Integriert man die Annahme eines w/n-Bereichs in die Vorstellung von einem individuellen Bezugssystem, so kann dieses beispielsweise für den Satz

(92) Der Elefant ist groß

auf Tiere bezogen sein, das heißt

(93) Der Elefant ist groß für Tiere.

Der w/n-Bereich entspricht dabei einem durchschnittlichen Tier. Folglich kann (92) als (94) paraphrasiert werden

(94) Der Elefant ist größer als ein durchschnittliches Tier.

Bei (94) handelt es sich um ein Muster der relativen Komparation mit der Komparativform. Der w/n-Bereich bildet sich mit dem Bezugssystem heraus als Skalenbereich der absoluten Komparation und kann in der Folge als Vergleichskonstrukt bei der relativen Komparation fungieren. Mit der Einführung des w/n-Bereichs in das Sprachproduktionsmodell wird der Zusammenhang zwischen der absoluten Komparation des Positivs und der relativen Komparation mit der Komparativform hergestellt. Dem w/n-Bereich kommt dabei eine Schnittstellenfunktion zwischen absoluter und relativer Komparation zu. Im längerfristig gespeicherten Wissensbesitz etablieren sich die w/n-Bereiche in Form von Prototypen der jeweiligen Bezugssysteme.

3. Zum dritten wird die Skala der relativen Komparation dahingehend modifiziert, daß die umgekehrte Verlaufsrichtung mitberücksichtigt wird.

Nach Engel (1988) ist die Skala für die relative Komparation nur auf die hohen Werte ausgerichtet. Der Default-Charakter, d.h. die Voreinstellung auf die „größer“-Relation zeigt sich darin, daß die Verlaufsrichtung hin zur semantischen Präferenz verweist. Für die relative Komparation ist bei Engel ein Vergleichskonstrukt (Anm. 2) bzw. eine Auswahlmenge beim Superlativ notwendig. In den bei Engel beschriebenen Fällen zur relativen Komparation befindet sich das Vergleichskonstrukt stets weiter vom Bereich der semantischen Präferenz entfernt als der „im konkreten Fall gemeinte Wert“ (vgl. Engel 1988, S. 566). In (95) ist „Hans“ das Vergleichskonstrukt und „Peter“ der im konkreten Fall gemeinte Wert. Auf diese Weise lassen sich nur Sätze wie

(95) Peter ist größer als Hans

erklären. Die Tatsache, daß gleichermaßen

(96) Hans ist kleiner als Peter

gilt und dabei das Vergleichskonstrukt und der konkret gemeinte Wert wechseln, kann von Engel nicht zum selben Zeitpunkt unter Beibehaltung der semantischen Präferenz erklärt werden. Ein Wert, der entgegen der semantischen Präferenz von seinem Vergleichswert abliegt, kann z.B. mit dem negierten Positiv „nicht so groß wie“ oder eben der „kleiner als“- Relation realisiert werden.

Die Erweiterung um die entgegengesetzte Verlaufsrichtung erfolgt bei Varnhorn (1993). Sie verknüpft die durch die beiden Pole determinierten Skalen mit den jeweiligen semantischen Präferenzbereichen. Auf diese Weise ergibt sich je nach Orientierung im Hinblick auf das Vergleichskonstrukt die „kleiner“ bzw. „größer“-Relation. Allerdings erfolgt bei Varnhorn m.E. keine klare Trennung von absoluter und relativer Komparation, weil sie auch bei der relativen Komparation die absolute Skala zugrundelegt:

„Der wesentliche Unterschied zwischen den Adjektivantonymen ist dann bei der *relativen Komparation* die Orientierung in bezug auf den Vergleichswert  $g_2$  bzw. der Richtungsbezug im Verhältnis zur Ausrichtung der *zugrundeliegenden absoluten Skala*.“ (Varnhorn 1993, S. 88; eigene Hervorhebungen)

Demgegenüber erfolgt im eigenen Ansatz eine klare Trennung von absoluter und relativer Komparation. Die der relativen Komparation zugrundeliegende Skala umfaßt die beiden Verlaufsrichtungen „kleiner als“ und „größer als“ und ist bipolar.

Abbildung 4.2: Erweiterung der Skala der relativen Komparation



Die Bipolarität ist dabei nicht zu verwechseln mit der Festlegung zweier semantischer Präferenzbereiche im Sinne absolut hoher bzw. absolut niedriger Werte. Es können somit auch zwei Werte miteinander verglichen werden, die beispielsweise beide dem

Bereich der semantischen Präferenz der hohen Werte nach Engel zurechenbar wären, also wenn in (95) bzw. (96) Hans und Peter mit 1,98 und 1,99 Meter die größten Schüler der Klasse sind. Beide Verlaufsrichtungen bestehen dabei gleichberechtigt nebeneinander, d.h. auf der Ebene der Konzeptualisierung erfolgt keine Präferenz für eine der beiden Ausrichtungen.

Unter Berücksichtigung der obigen Erweiterungen erfolgt die Modellierung des Sprachproduktionsprozesses für das Dimensionsadjektiv „groß“ mittels zweier Module, die jeweils die beiden Komparationsarten der absoluten und relativen Komparation abbilden. In der produktorientierten Sichtweise ermöglicht die Unterscheidung der beiden Komparationsarten eine Analyse eines Satzes wie (97) Kleine Schäferhunde sind größer als große Rehpinscher.

wobei „kleine Schäferhunde“ und „große Rehpinscher“ absolut kompariert sind, die Gesamtkonstruktion jedoch als relative Komparation mit Komparativform zu beschreiben ist. Beide Komparationsarten sind explizit in der Oberflächenstruktur realisiert. Das prozeßorientierte Verständnis hingegen beschreibt das Zusammenwirken der beiden Komparationsarten auf der konzeptuellen Ebene, denn die Sprachprodukte auf der Oberfläche lassen keinen eindeutigen Rückschluß auf die jeweilige Komparationsart zu. Mit der prozeßorientierten Sichtweise stellt sich die Frage nach dem Zusammenwirken der beiden Verarbeitungsweisen.

## **4.1.2 Funktionale Annahmen**

### **4.1.2.1 Schablonenansatz**

Im Zuge der Frage nach dem Zusammenhang zwischen der relativen und absoluten Komparation bietet sich zunächst die Vorstellung von einem Schablonenansatz an. Damit ist gemeint, daß die beiden benötigten Skalen, also beispielsweise Skala-I für die absolute Komparation und Skala-II für die relative Komparation, wie Schablonen übereinander gelegt werden können wie in Abbildung 4.3. In Skala-II können Werte eingelesen werden, die relativ kompariert werden. Ein eingelesener Wert ist „größer“

bzw. „kleiner“ oder „so groß wie“ ein anderer eingelesener Wert. Soll absolut kompariert werden, so können Skalen der Form  $I'$ ,  $I''$ ,  $I'''$  u.s.w. je nach Bezug auf die Vergleichsklassen schablonenartig über die eingelesenen Werte gelegt werden. Auf diese Weise können die in Skala-II eingelesenen Werte auch absolut interpretiert werden.

Folgendes Beispiel soll diese Vorgehensweise verdeutlichen:

Mister A und Mister B seien zwei männliche Personen, deren Größenwerte (a,b) die Eingabewerte in die Skala-II bilden. Dabei sei  $a > b$ . Sätze wie

(98) A ist größer als B

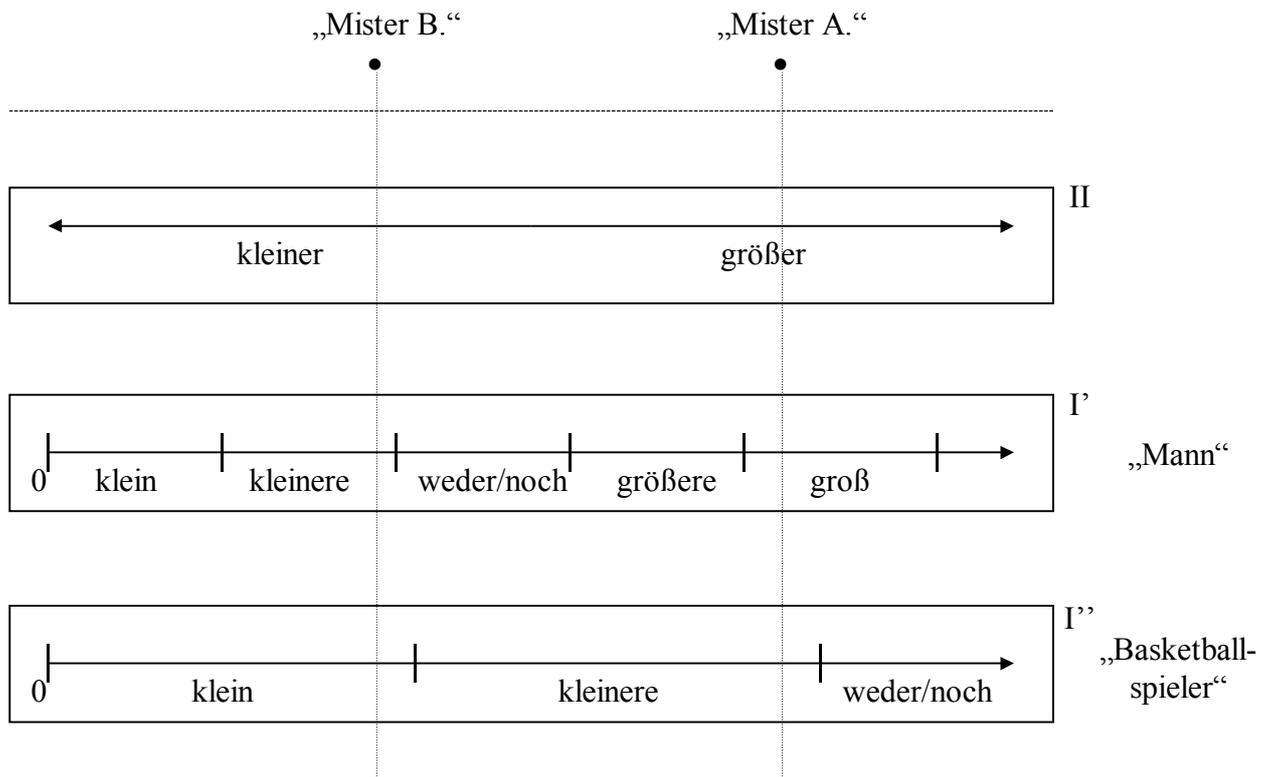
(99) B ist kleiner als A

(100) A und B sind nicht gleich groß

(101) A und B sind unterschiedlich groß

sind Beispiele von zugrundeliegender relativer Komparation. Desweiteren seien  $I'$  und  $I''$  Dimensionierungen über Bezugsmengen und zwar  $I'$  für die Bezugsmenge „Mann“ und  $I''$  für die Bezugsmenge „Basketballspieler“. Wird nun zunächst die Schablone für die Skala  $I'$  über Skala II gelegt, so kann beispielsweise a der absolute Wert „großer Mann“ und b „kleinerer Mann“ zugeordnet werden. Bei der Überdeckung von Skala II mit Skala  $I''$  ist es dagegen denkbar, daß a den absoluten Wert „kleinerer Basketballspieler“ und b „kleiner Basketballspieler“ oder beide einfach den absoluten Wert „klein“ zugeordnet bekommen. Folgende Abbildung 4.3 soll die unterschiedliche Werteausgabe veranschaulichen:

Abbildung 4.3: Schablonenansatz



Das Problem beim Schablonenansatz liegt in der Annahme einer Vielzahl von Schablonen für die unterschiedlichen Vergleichsklassen bzw. Bezugsmengen. Hier stellt sich die Frage, für welche Bezugsmengen überhaupt Schablonen existieren. Aus produktorientierter Sicht wird, wie in 4.1.1 dargestellt wurde, die Hypothese aufgestellt, daß für einen Exemplarbereich als Vergleichsklasse die nächstgrößere Klasse dient. Für das Beispiel wäre das die Schablone für „Mann“, aber nicht für „Basketballspieler“ oder „Liliputaner“, u.s.w.. Woher käme dann aber die Schablone für Liliputaner? Die Annahme, daß sie gleichermaßen wie die Schablone für „Mann“ dem längerfristig gespeicherten Wissen entstammt, erscheint unplausibel, weil sich Bezugssysteme erst herausbilden, wenn eine genügend große Vertrautheit mit den Exemplaren einer Kategorie vorhanden ist (Anm. 3). Allerdings ist nicht auszuschließen, daß vereinzelt Sprecher ein längerfristiges Bezugsmengenwissen über Liliputaner individuell ausgebildet haben. Zudem können alle Sprecher bei Bedarf ein Bezugsmengenwissen über Liliputaner kurzfristig aufbauen.

Der Schablonenansatz eignet sich somit nicht als Modell zur Erklärung des Zusammenwirkens der beiden Komparationsarten, weil die Schablonenvorstellung dynamische Aspekte, wie die Unterscheidung vom Aufbau und von der Nutzung von kurzfristigem und längerfristigem Bezugsmengenwissen sowie interindividuelle Unterschiede nicht erklärt.

#### **4.1.2.2 Arbeitsteiliger Ansatz**

Der arbeitsteilige Ansatz erweitert die bisherige Unterscheidung von absoluter und relativer Komparation und ihrer charakteristischen Skalen hin zu der Annahme zweier arbeitsteiliger, interaktiver und parallel arbeitender Module: dem *Dimensionierungsmodul* (D-Modul) und dem *Vergleichsmodul* (V-Modul). Hierbei handelt es sich um zwei kognitive Verarbeitungseinheiten im Sinne von kognitiven Instrumentarien, den sogenannten „tools“, die als Hilfswerkzeuge im Konzeptualisierungsprozeß der Sprachproduktion fungieren. Der Vorteil der Modulsichtweise (Anm. 4) liegt darin, daß in ein Modul prinzipiell alles geladen werden kann und verarbeitet wird, ohne daß z.B. wie beim Schablonenansatz für die absolute Komparation von vorne herein feststeht, für was es eine Schablone gibt und für was nicht.

Im D-Modul werden Größenwerte von Objekten eingelesen und vom kognitiven System zu einer Dimension konstruiert, auf welcher den einzelnen Objekten bestimmte Skalenbereiche wie „groß“, „größere“, „w/n“, „kleinere“ und „klein“ zugeordnet werden. Es läßt sich prinzipiell eine unbegrenzte Anzahl von Größenwerten der Exemplare einer Bezugsmenge dimensionieren. Die ausgebildeten Skalenbereiche stellen eine Komprimierung der Informationen über die gesamte Bezugsmenge dar. Damit kommt der Dimensionierung mit dem D-Modul eine entlastende Funktion im Sinne der Informationsverarbeitung zu. Die eingelesenen Exemplare bilden die Grundlage für das auszubildende Bezugssystemwissen (Anm. 5). Aufgrund des instrumentellen Charakters des Moduls können auf allen Abstraktionsebenen Bezugssysteme ausgebildet werden, also z.B. je nach Bedarf

sowohl für „Mann“ als auch für „Basketballspieler“. Dabei hängt es vom individuell Konstruierenden und dessen Vertrautheit mit der Objektklasse sowie den situativen Einflußfaktoren ab, ob das konstruierte Bezugssystemwissen sich als längerfristig gespeicherter Wissensbesitz etabliert, wie in den Modellhypothesen 1 bis 3 sowie 6 und 7 in Kapitel 2 formuliert.

Die Fähigkeit des Dimensionierens, d.h. die Verwendung des „tools“, besteht unabhängig davon, ob kurz- oder längerfristiger Wissensbesitz aufgebaut wird. Mit demselben Tool kann somit auch kurzfristiges Bezugssystemwissen aufgebaut werden, wenn beispielsweise für eine perzeptuell vorliegende Bezugsmenge von unterschiedlichen Schrauben für den einmaligen Zusammenbau eines Regals eine Dimensionierung erfolgt und so ad-hoc beispielsweise das Bezugssystem „für diese Montage verwendete Schrauben“ mit den Bereichen „große“, „größere“, „w/n“, „kleinere“ und „kleine“ entsteht. Das Bezugssystem „für diese Montage verwendete Schrauben“ wird sich in diesem Fall nicht längerfristig etablieren.

Die Annahme, daß das D-Modul sowohl für den Aufbau von längerfristigem als auch von kurzfristigem Wissensbesitz verantwortlich ist, spiegelt das ökonomische Prinzip wider, wonach die menschliche Informationsverarbeitung sehr rationell arbeiten muß (Anm. 6) und in der Lage ist, mit einer möglichst geringen Anzahl von Mitteln, in diesem Fall der sogenannten „tools“, ein Maximum an notwendig strukturierter Information aufzubauen.

Im Zusammenhang mit den sich längerfristig etablierenden Bezugssystemen kommt der sogenannten mittleren Abstraktionsebene bzw. Basisebene eine besondere Bedeutung zu (vgl. 4.2.3.2). Es handelt sich um die Abstraktionsebene, auf welcher kognitive Prozesse am ökonomischsten ablaufen:

„With respect to general cognitive economy, the basic level is the level of abstraction at which the organism can obtain the most information with the least cognitive effort.“ (Rosch 1977, S. 29)

Geht man davon aus, daß sowohl die Komprimierungsfunktion des D-Moduls sowie die Speicherung der längerfristigen Informationen auf mittlerer Abstraktionsebene ökonomischen Prinzipien der Kognition folgen, so besteht eine Modellannahme darin, daß über den w/n-Bereich eines längerfristigen Bezugssystems der Zusammenhang zwischen diesen Funktionsweisen hergestellt wird. Dem w/n-Bereich kommt insofern im Gegensatz zu den anderen Skalenbereichen des Bezugssystems eine besondere

Bedeutung zu, weil der für diesen Bereich konstruierte Wert repräsentativ für die gesamte Bezugsmenge ist und in diesem Sinne „pars-pro-toto“ für die gesamte Bezugsmenge steht. In dieser Funktion stellt er den durchschnittlichen Größenwert der jeweiligen Bezugsmenge dar, welcher zusammen mit anderen prototypischen Eigenschaften zur Repräsentation des abstrakten Prototypen auf mittlerer Abstraktionsebene beiträgt.

Bei der mit dem D-Modul erfolgenden Dimensionierung der Exemplare einer Objektklasse und der Herausbildung des w/n-Bereichs bewirkt ein laufendes Up-dating, daß ständig die durchschnittliche Größenwertbelegung errechnet wird. Auf diese Weise wird der abstrakte Prototyp durch neu hinzukommende Werte ständig verschoben. Diese Up-dating-Berechnung läuft auf der mittleren Abstraktionsebene unbewußt als Hintergrundberechnung ab, wobei die ständige Reaktivierung des w/n-Bereichs des abstrakten Prototypen insofern zu einer Vorrangstellung dieser Repräsentation vor anderen inneren Repräsentationen führt, als daß der abstrakte Prototyp aufgrund der Voraktivierung schneller für innere Verarbeitungsprozesse abgerufen werden kann. Im Zusammenhang mit dem Hintergrunds-Updating trägt die Vorrangstellung des abstrakten Prototypen zur Konsolidierung des längerfristig gespeicherten Wissens bei.

Der jeweilige abstrakte Prototyp auf der mittleren Abstraktionsebene stellt den Normalfall für längerfristiges Bezugssystemwissen dar. Individuell können sich jedoch Bezugssysteme auf niedrigerer Abstraktionsebene und somit auch die entsprechenden Prototypen ausbilden, wenn beispielsweise ein Hundezüchter aufgrund seiner großen Vertrautheit mit den Exemplaren spezielle Dimensionierungen von verschiedenen Hunderassen ausbildet und für jede einen prototypischen Hund als abstrakten Prototypen verinnerlicht hat. Gleichermaßen kann das D-Modul auch auf höherer Abstraktionsebene zu einer Dimensionierung führen, wobei die Elemente der Bezugsmenge nicht perzeptuell wahrnehmbar sind, d.h. daß die verschiedenen w/n-Größenwerte der entsprechenden abstrakten Prototypen dimensioniert werden. Aus dem Blickwinkel des konstruierenden Individuums ist die mittlere Abstraktionsebene somit nur die wahrscheinlichste, jedoch nicht die einzig mögliche Ebene, auf der eine gemittelte Größenwertbelegung mit dem D-Modul längerfristig gebildet werden kann.

Im V-Modul werden einzelne eingelesene Größenwerte miteinander verglichen. Die Aufgabe des V-Moduls besteht somit darin, die Operation des Vergleichens im Sinne der relativen Komparation durchzuführen. Die durchgeführten Vergleichsoperationen führen zur Festlegung der „größer/kleiner“-Verlaufsrichtung zwischen den einzelnen Werten, d.h. der Ausbildung der Bipolarität der Skala für das relative Komparieren. Aus der Relation zwischen einem zu vergleichenden Wert und seinem Vergleichskonstrukt ergibt sich die Konzeptualisierung von „größer“ bzw. „kleiner“. Im Gegensatz zum D-Modul unterliegt das V-Modul einer Kapazitätsbeschränkung, d.h. es können nur wenige Werte simultan erfaßt und bei der Berechnung berücksichtigt werden. Für die Modellkonzeption des V-Moduls spielt die Kapazitätsbeschränkung, wie sie durch das Arbeitsgedächtnis vorgegeben ist, eine entscheidende Rolle (vgl. 5.3.5).

Bei der arbeitsteiligen Hypothese liegt der Schwerpunkt auf der ständigen Interaktion zwischen den beiden Verarbeitungsmodulen, wobei das D-Modul für die Aufgabe der Dimensionierung und das V-Modul für die Aufgabe des Vergleichens verantwortlich ist. Das Zusammenwirken von D- und V-Modul erfolgt über den wechselseitigen Austausch von Informationen, an dem mehrere Gedächtnissysteme beteiligt sein können. Im nächsten Abschnitt wird dieser Aspekt des Informationsaustausches erweitert um die Betrachtung dynamischer Prozesse, d.h. aus welchem der Gedächtnissysteme jeweils die Information in der Abfolge abgerufen und verarbeitet wird und wie somit Wissensbesitz aufgebaut und genutzt wird.

Beim *Informationsfluß vom D-Modul hin zum V-Modul* können Informationen auf unterschiedlichem Abstraktionsniveau in das V-Modul zur weiteren Verarbeitung eingehen.

1. Informationsfluß besteht zum einen, wenn der im D-Modul gebildete Wert eines abstrakten Prototypen einer Bezugsmenge mittlerer Abstraktionsebene beispielsweise als Vergleichskonstrukt ins V-Modul als Einzelwert eingelesen wird. (Anm. 7).
2. Gleichermäßen können auch andere Skalenbereiche eines Bezugssystems der mittleren Abstraktionsebene (Anm. 8) in das V-Modul eingelesen werden, um dort

verglichen zu werden. Damit werden Konzeptualisierungen möglich für Äußerungen wie beispielsweise

(102) Größere Hunde sind größer als kleinere Hunde  
oder

(103) Dieser Hund ist so groß wie ein kleiner Hund.

In (103) entstammt die längerfristig gespeicherte Information „kleiner Hund“ als Skalenabschnitt über die Größe von Hunden aus dem D-Modul und bildet das Vergleichskonstrukt für einen in der Situation wahrgenommenen Hund, der verglichen wird. Das zeigt, daß Teilbereiche des gesamten Erfahrungswissens von Größeninformationen über eine Objektklasse mittlerer Abstraktionsebene in Form von Skalenbereichen vorliegen, die für weitere Konzeptualisierungsprozesse genutzt werden können (Anm. 9).

3. Bilden verschiedene Prototypen auf höherer Abstraktionsebene wie beispielsweise „Säugetiere“ eine Bezugsmenge, die zuvor durch das D-Modul bereits dimensioniert wurde, so können die Werte von einzelnen Vertretern dieses Bezugssystems, d.h. Prototypen der nächstniedrigeren Abstraktionsebene wie „Mäuse“ und „Giraffen“ miteinander verglichen werden. Der Informationsfluß besteht darin, daß jeweils das Wissen um die einzelnen Prototypen genutzt wird, welches aus dem D-Modul abgerufen und im V-Modul verglichen wird, also die Informationen weiterverarbeitet werden. Damit ist eine Konzeptualisierung möglich wie

(104) Mäuse sind kleiner als Giraffen.

4. Ebenfalls auf höherem Abstraktionsniveau können, analog wie in 2. beim mittleren Abstraktionsniveau, einzelne Skalenbereiche in das V-Modul eingehen und zu Konzeptualisierungen wie

(105) Größere Säugetiere sind größer als kleinere Säugetiere  
führen.

5. Auf niedrigem Abstraktionsniveau können Exemplarbegriffe wie „Rehpinscher“ und „Dackel“ im V-Modul miteinander verglichen werden. Diese zu vergleichenden Informationen entstammen insofern dem D-Modul, als daß sie Instanziierungen der Skalenbereiche „sehr kleiner Hund“ bzw. „kleiner Hund“ der mittleren Abstraktionsebene „Hund“ darstellen. Bei der Instanziierung werden diese Skalenbereiche mit zusätzlichen Informationen über Eigenschaften der

Exemplarbegriffe angereichert (Anm. 10). Auf diese Weise wird ein abstrakter „sehr kleiner Hund“ als „Rehpinscher“ konkret vorstellbar. Für den Prozeß der Instanziierung, d.h. der allmählichen Füllung mit zusätzlichen Eigenschaften, wird angenommen, daß die Eigenschaft „groß“ eines abstrakten Skalenbereichs eine vorrangige Instanziierung bewirkt. Für den Informationsfluß vom D-Modul bedeutet das, daß im V-Modul eine Einleseabfolge „groß“ vor „klein“ erfolgt (Anm. 11).

*Informationsfluß vom V-Modul hin zum D-Modul* erfolgt, weil die bei den Vergleichsoperationen benötigten Werte im Anschluß an die relative Komparation in das D-Modul weitergegeben werden. Dort gehen die Werte in das Hintergrunds-Updating ein.

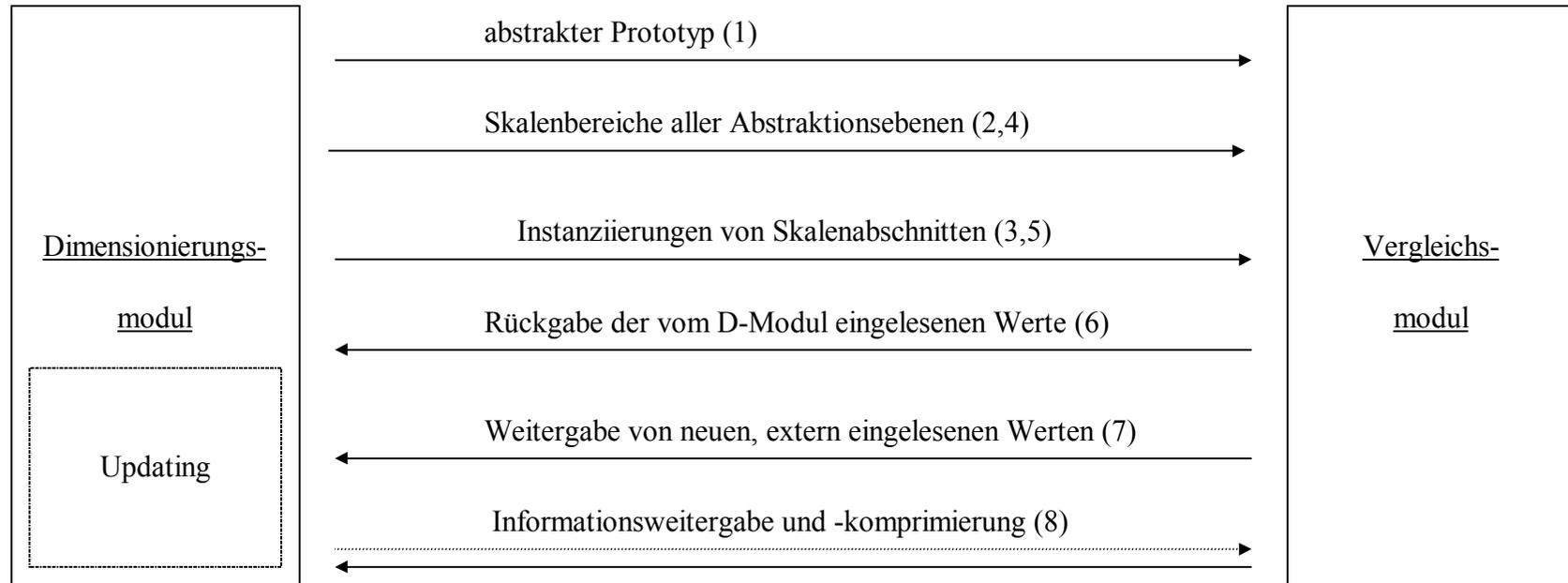
6. Bei den Werten kann es sich um Werte handeln, die zuvor aus dem D-Modul abgerufen worden sind. Das ist beispielsweise der Fall, wenn der w/n-Bereich oder andere Skalenbereiche als Vergleichskonstrukt in das V-Modul geladen wurden.

7. Wird neue sensomotorisch eingehende Information im V-Modul relativ kompariert, so tragen die Größenwerte dieser neuen Information ebenfalls zum Hintergrunds-Updating bei.

8. Aufgrund der Kapazitätsbeschränkung des V-Moduls ergibt sich Informationsfluß vom V-Modul zum D-Modul, wenn die Kapazitätsgrenze überschritten wird. In diesem Fall können die Werte zunächst mit Hilfe des D-Moduls dimensioniert werden und die komprimierten Skalenbereiche anschließend im V-Modul verglichen werden (Anm. 12).

Die Interaktion der beiden arbeitsteilig operierenden Module ist in der folgenden Abbildung 4.4 noch einmal dargestellt.

Abbildung 4.4: Arbeitsteiliger Ansatz



### 4.1.3 Prozessurale Annahmen

Im Sprachproduktionsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ sind wichtige kommunikative Zielsetzungen die Objektbenennung und Objektbeschreibung (vgl. 3.5.3). Die prozessuralen Abläufe, die zu den Konzeptualisierungen der Objektbenennung bzw. -beschreibung führen, werden als dynamische Prozesse, an denen die verschiedenen Gedächtnissysteme mit der Bereitstellung von Informationen beteiligt sind, modelliert.

Bei der Produktion einer Objektbenennung soll dem Hörer die Identifikation eines Objekts ermöglicht werden. Dabei kann der Sprecher zu einem bestimmten Zeitpunkt nur einem Teil aller in einer Situation oder in einem Kontext vorhandenen Objekte seine Aufmerksamkeit widmen. Diese Objekte bilden den Aufmerksamkeitsfokus, wozu das Zielobjekt und die Kontextobjekte gehören. Die Benennung des Zielobjekts erfolgt durch seine Unterscheidung von den Kontextobjekten (Eikmeyer, 1994).

Im folgenden wird auf diese terminologische Unterscheidung zurückgegriffen mit einer Differenzierung in bezug auf die *Statuszuweisungen* für das Zielobjekt und die Kontextobjekte. Mit den Statuszuweisungen wird die Herkunft der Informationen aus den unterschiedlichen Gedächtnissystemen gekennzeichnet, um die Dynamik der Informationsverarbeitung im Sprecher zu modellieren. Für die Objekte im Benennungsprozeß bedeutet das, daß sie nicht notwendigerweise perzeptuell erfahrbar sein müssen. Anhand der Statuszuweisungen lassen sich verschiedene „situationale Settings“, in welchen die Objekte vorliegen können, systematisch erfassen. Ziel- und Kontextobjekte sind also die innerhalb eines „situationalen Settings“ für den Benennungsprozeß relevanten Objekte. Dazu gehören im Zuge der sprecherseitigen Sprachproduktionsmodellierung neben der sich im Sprecher darstellenden Gegebenheit der Objekte auch die von ihm für den Hörer eingeschätzten inneren Zustände bezüglich der Objekte. Das Zielobjekt kann dabei dem Sprecher und/oder dem Adressaten perzeptuell zugänglich sein oder auch keinem von beiden. Entsprechendes gilt für die Kontextobjekte. Für die perzeptuell nicht zugänglichen Objekte wird die weitere Unterscheidung vorgenommen in Objektwissen, das im

Verlaufe des Diskurses gebildet wird und längerfristiges Objektwissen, das sich durch Lernprozesse im Sprecher und Adressaten ausgebildet hat.

So kann beispielsweise das Zielobjekt, auf welches referiert wird, dem Sprecher und dem Adressaten perzeptuell zugänglich sein, wenn der Sprecher und Adressat an einem Tisch in der Küche sitzen, auf dem vier verschieden große Tassen stehen und der Sprecher sagt: „Gib mir bitte die große Tasse!“ In diesem Fall sind Ziel- und Kontextobjekte perzeptuell für den Sprecher zugänglich und dasselbe unterstellt der Sprecher auch für den Adressaten. In einer anderen Situation plant der Sprecher beispielsweise einen Einkaufstag und informiert den Adressaten: „Morgen kaufe ich mir einen großen Koffer“. In diesem Fall sind Ziel- und Kontextobjekte nicht perzeptuell verfügbar und der Sprecher bezieht sich auf sein längerfristig gespeichertes Wissen über unterschiedlich große Koffer und unterstellt, daß der Adressat ebenfalls weiß, was ein großer Koffer ist. Liest der Sprecher dem Adressat ein Märchen vor, das von wundersamen Wesen wie Riesen und Gnomen handelt, so entsteht ein speziell für diese Situation gebildetes Wissen über die Größenverhältnisse. Referiert der Sprecher auf „den kleinen Drachen“, so sind wiederum Ziel- und Kontextobjekte nicht perzeptuell zugänglich, aber es findet auch kein Bezug auf längerfristig gespeichertes Wissen statt, sondern das Wissen über Ziel- und Kontextobjekte entstammt dem in der konkreten Situation gebildeten Größenwissen. Der Sprecher geht bei seiner Referenzproduktion davon aus, daß der Adressat dasselbe Wissen bezüglich der Ziel- und Kontextobjekte in dieser konkreten Diskursituation hat.

Um solche und andere situationale Settings möglichst präzise zu erfassen, werden im folgenden drei Stati, in welchen die für den Benennungsprozeß relevanten Objekte vorliegen können, unterschieden (Anm. 13):

1. *Status<sub>ex</sub>* wird vergeben für zum Benennungszeitpunkt wahrnehmbare, d.h. perzeptuell zugängliche Objekte. Unter diese können sowohl Zielobjekt und/oder Kontextobjekte fallen oder beide sind nicht perzeptuell wahrnehmbar. Desweiteren schätzt der Sprecher die entsprechende *ex*-Status-Gegebenheit für die im Benennungsprozeß relevanten Objekte für den Adressaten ein, wobei die Statuszuschreibung von seiner eigenen abweichen kann, wenn beispielsweise der

Sprecher das Zielobjekt sieht, aber weiß, daß es dem Adressaten visuell nicht zugänglich ist.

2. *Statusend<sub>1</sub>* wird vergeben für die perzeptuell nicht zugänglichen Objekte, welche jedoch bereits sprachlich in den Diskurs eingegangen sind. Die Objekte und die damit verbundenen Größenverhältnisse sind bei den Gesprächspartnern präsent, weil sie kurz zuvor erwähnt wurden. Sie bilden damit eine Inhaltskomponente des Kurzzeitgedächtnisses. Wiederum können sowohl das Zielobjekt als auch die Kontextobjekte diesen Status aufweisen. Allerdings müssen die Statuszuweisungen für den Sprecher und den Adressaten identisch sein für das Ziel- oder Kontextobjekt, weil in einer kurz vorausgegangenen Kommunikationssituation, an der sowohl Sprecher als auch Adressat beteiligt waren, das Objektwissen aufgebaut wurde.

3. *Statusend<sub>2</sub>* erhalten nicht-perzeptuell zugängliche Objekte, die auch im laufenden Diskurs noch nicht verbalisiert wurden. Dieser Status steht für das langfristig intern gespeicherte sprachliche und nicht-sprachliche Wissen über die Objekte. Wiederum kann Ziel- und Kontextobjekten dieser Status zugeschrieben werden, d.h. sie können *end<sub>2</sub>*-Status aufweisen. Außerdem kann die Statuszuschreibung für den Sprecher und für den vom Sprecher eingeschätzten Hörerzustand variieren, wenn beispielsweise der Sprecher das Zielobjekt sieht, aber nicht der Adressat, und letzterer auf sein längerfristig gespeichertes Objektwissen Zugriff nehmen muß.

Im Verständnis des System-Umwelt-Komplexes der Systemposition1 stellen die Statuszuweisungen eine Modellierung der im Individuum zu verarbeitenden Informationen dar, die aus den Wechselwirkungen zwischen dem Individuum und seinen Lebensbereichen entstehen (vgl. 2.2). Die folgende Abbildung ist eine Erweiterung von Abbildung 1.4 (vgl. 1.4.1) und verdeutlicht den Zusammenhang zwischen den Statuszuweisungen und den situativen Faktoren des System-Umwelt-Komplexes.

Abbildung 4.5: Statuszuweisungen

Wechselwirkung Subjekt - Umwelt	Bronfenbrenner	
Makrosystem	Gesamtheit aller Wechselwirkungen zwischen den Lebensbereichen	
Exosystem	Lebensbereiche, an denen das Individuum nicht selbst beteiligt ist	<i>ex</i>
Mesosystem	Wechselbeziehungen zwischen mehreren Lebensbereichen, an denen das Individuum beteiligt ist	
Mikrosystem	Lebensbereich, an dem das Individuum beteiligt ist	<i>End<sub>1</sub></i>
<b><i>Subjekt</i></b>		<i>End<sub>2</sub></i>

Mithilfe der Kennzeichnung der Herkunft der Informationen über die Verarbeitung der unterschiedlichen Wechselwirkungen lassen sich für den Konzeptualisierungsprozeß mit dem DA „groß“ interferierende Informationsflüsse modellieren, die verantwortlich sind für die Dynamik auf der konzeptuellen Ebene. Die Integration des Partnermodells (vgl. 1.4.2) führt als zusätzlicher konzeptueller Bestandteil zu einer Erweiterung der möglichen Kombinationen, die sich aus der Verteilung der drei Stati *ex*, *end<sub>1</sub>*, *end<sub>2</sub>* zum einen auf das Zielobjekt und zum anderen

auf die Kontextobjekte im Benennungsprozeß ergeben. Die Erweiterung umfaßt die vier inneren Möglichkeiten, wie sich Ziel- und Kontextobjekte dem Sprecher darstellen, wenn die Erwartungen über Ziel- und Kontextobjekte des Adressaten Bestandteil seines Konzeptualisierungsprozesses sind. Folglich ergibt sich eine Verteilung der drei Stati auf die vier konzeptuellen Komponenten: Sprecher-Zielobjekt; Sprecher-Kontextobjekte; Adressaten-Zielobjekt; Adressaten-Kontextobjekte.

Insgesamt ergeben sich somit  $3^4$ , d.h. 81 mögliche Kombinationen der Wertebelegung. Von diesen stellen jedoch aufgrund der oben aufgeführten Einschränkungen im Zusammenhang mit der  $end_1$ -Wertebelegung nur 25 Kombinationen interpretierbare Muster dar. Sie sind im folgenden tabellarisch aufgeführt:

Abbildung 4.6: Kombinationen von Statuszuweisungen

Muster	Sprecher-Kontextobjekte	Adressaten-Kontextobjekte	Sprecher-Zielobjekt	Adressaten-Zielobjekt
1	ex	ex	ex	ex
2	$end_1$	$end_1$	$end_1$	$end_1$
3	$end_2$	$end_2$	$end_2$	$end_2$
4	ex	ex	ex	$end_2$
5	ex	ex	$end_2$	ex
6	ex	$end_2$	ex	ex
7	$end_2$	ex	ex	ex
8	ex	ex	$end_2$	$end_2$
9	ex	$end_2$	ex	$end_2$
10	ex	$end_2$	$end_2$	ex
11	$end_2$	$end_2$	ex	ex
12	$end_2$	ex	$end_2$	ex
13	$end_2$	ex	ex	$end_2$
14	$end_2$	$end_2$	$end_2$	ex
15	$end_2$	$end_2$	ex	$end_2$
16	$end_2$	ex	$end_2$	$end_2$
17	ex	$end_2$	$end_2$	$end_2$
18	$end_1$	$end_1$	ex	$end_2$
19	$end_1$	$end_1$	$end_2$	ex
20	$end_1$	$end_1$	ex	ex
21	$end_1$	$end_1$	$end_2$	$end_2$
22	ex	$end_2$	$end_1$	$end_1$
23	$end_2$	ex	$end_1$	$end_1$
24	ex	ex	$end_1$	$end_1$
25	$end_2$	$end_2$	$end_1$	$end_1$

Die Kombinationen der obigen Tabelle stellen den Ausgangspunkt für eine Erweiterung der derzeitigen Erforschung der Objektbenennungen dar, die von Herrmann (1994) wie folgt beschrieben wird:

„Die Forschung zur Objektbenennung beschäftigt sich also vorwiegend mit der sprachlichen Bezugnahme auf physikalische, in der jeweiligen Situation zumindest für den Hörer anwesende und damit wahrnehmbare, individuelle Objekte in einer Umgebung anderer Objekte,...“ (Herrmann 1994, S.70)

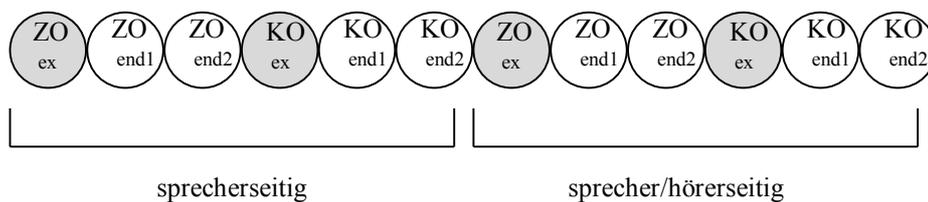
Der in diesem Zitat beschriebene Forschungsgegenstand entspricht den Kombinationen der Statuszuweisungen in der ersten, fünften, siebten und zwölften Zeile, in welchen jeweils das Ziel- und die Kontextobjekte dem Adressaten perzeptuell zugänglich sind. Die Erweiterung im eigenen Ansatz besteht darin, daß Benennungssituationen betrachtet werden, die über solche, in denen nur eine Bezugnahme auf physikalische, in der Situation anwesende Objekte erfolgt, hinausgehen. Als weitere Differenzierung kommt hinzu, daß der situationale Gegebenheitsstatus für das Ziel- und Kontextobjekt separat betrachtet wird und daß unterschieden wird zwischen den Gegebenheitsstati von Ziel- und Kontextobjekten für den Sprecher und der Einschätzung der Stati, die der Sprecher für den Adressaten vornimmt. Die Adressateneinschätzung ist hier integrativer Bestandteil des Sprechermodells, was der in 1.4.2 vorgestellten Systemerweiterung eines komplexen integrierten Sprecher/Hörer-Systems entspricht (Herrmann, 1994). Für den Sprecher bedeutet das, daß er innerhalb des Sprachproduktionsprozesses in einigen Fällen eine Desambiguierungsleistung erbringen muß, d.h. er muß eine Entscheidung treffen, ob er seine eigene Situationsauffassung oder die des Adressaten höher einschätzt.

#### **4.1.4 Exkurs: Konnektionistische Modellierung eines kompetitiven Desambiguierungsnetzwerks für ein Sprecher/Hörer-System**

In einem Aktivationsausbreitungsmodell läßt sich dieser Desambiguierungsprozeß folgendermaßen umsetzen, so daß im einen Fall die eigene Situationseinschätzung und im anderen die für den Adressaten vermutete Situationseinschätzung mehr Gewicht bekommt. Die Architektur und die Abläufe lassen sich in einem kompetitiven

Spreading-Activation-Netzwerk folgendermaßen modellieren (Anm. 14). Das Netzwerk besteht aus einer Eingabeschicht von Situationsknoten, einer Zwischenschicht, in welcher die Konkurrenz erfolgt und einer Ausgabeschicht. Als Eingabeschicht können 12 Eingabeknoten angesetzt werden, wobei 6 sprecherseitig und 6 sprecher/hörerseitig sind. Letztere betreffen die Annahmen, die der Sprecher über die Situationseinschätzung des Hörers hat. Für den Sprecher können Ziel- und Kontextobjekte jeweils die Werte *ex*, *end<sub>1</sub>* oder *end<sub>2</sub>* erhalten. Entsprechend erfolgt die Wertebelegung für die Ziel- und Kontextobjekte, wie sie der Sprecher für den Hörer einschätzt. Das nachfolgende Beispiel veranschaulicht das Muster der Zeile 1, d.h. Zielobjekt und Kontextobjekte liegen sowohl dem Sprecher als auch dem Hörer mit den Werten „*ex*“ vor. Es werden folgende, hier schattiert dargestellte, Eingabeknoten aktiviert:

Abbildung 4.7: Eingabeschicht des Desambiguierungsnetzwerks



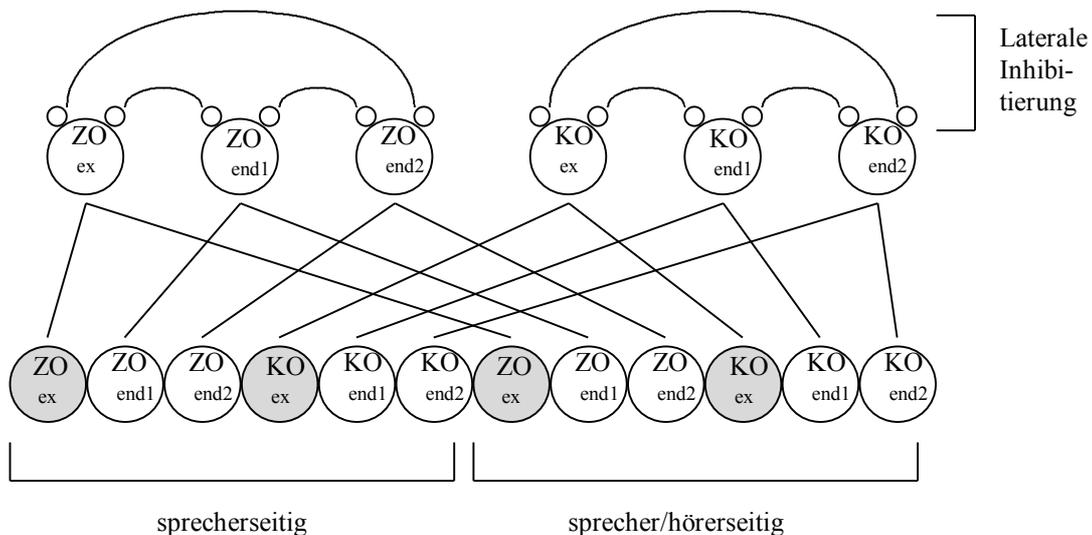
Das entspricht dem Eingabevektor: 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0.

Bei den Knoten *ZO<sub>ex</sub>*, *ZO<sub>end<sub>1</sub></sub>* u.s.w. handelt es sich um „Verdichtungen“. In der Terminologie von Herrmann und Grabowski (1994) entsprechen sie den sogenannten „Markenmix“-Konzepten. Konzepte stellen Aktivationsmuster von Endknoten dar. Mangold (1993) knüpft an Herrmanns Modell an mit seiner Modellierung der zeitversetzten Aktivierung der beteiligten Marken. Bei der Instruktion, zwei Objekte unter Zeitdruck in bezug auf ihre Ähnlichkeit zu beurteilen, erfahren zunächst sensorische und später abstrakte Marken Aktivierungen, die für den dynamischen Verlauf der Konzeptentwicklung verantwortlich sind. Durch die variable Aktivierung der Marken wie in diesem Fall durch die vorrangige Aktivierung von konkret-perzeptuellen Merkmalen und der späteren Aktivierung abstrakt-taxonomischer Merkmale entstehen verschiedene Varianten eines Konzepts. Die Übertragung der Überlegungen zur Binnenstruktur von Konzepten auf die Situationsknoten führt

dahin, daß beispielsweise bei einem Knoten ZOex, der für eine visuell präsentierte Tasse steht, es sich um eine erste Variante des Markenmix-Konzepts „Tasse“ handelt mit vorrangiger Aktivierung, die aus dem sensorischen Bereich entstammt. Entsprechend stellt ZOend<sub>2</sub> eine weitere Variante dar, in diesem Fall mit stärkerer Aktivierung in den abstrakten Endknoten. ZOend<sub>1</sub> läßt sich, je nach Kontext, als eine nächste Variante verstehen, die wiederum ein anderes Endknotenaktivationsmuster aufweist. Dieses könnte beispielsweise von einer zusätzlichen Aktivierung in den emotiv/bewertenden Knoten geprägt sein.

Herrmann weist darauf hin, daß Konzept-Markenkomplexe, auch wenn sie wie hier als Varianten eines Konzepts „Tasse“ verstanden werden, in unterschiedlicher Weise kognitiv verarbeitet und meist auch unterschiedlich benannt werden. So ist es beispielsweise ein Unterschied, ob tatsächlich visuell präsente Objekte in Bezug auf Größe verglichen werden oder ob nur das Zielobjekt visuell präsent ist oder ob die Kontextobjekte nur wissensmäßig gespeichert, d.h. als end<sub>2</sub>-Knoten vorliegen und das Zielobjekt damit verglichen wird. Um eine Ausgangsbasis für die weiteren Operationen zu haben, bietet sich eine Zwischenschicht bestehend aus 6 Knoten (ZOex, ZOend<sub>1</sub>, ZOend<sub>2</sub>, KOex, KOend<sub>1</sub>, KOend<sub>2</sub>) an, in der die Verrechnung der eigenen Situationsauffassung und der für den Adressaten eingeschätzten Situationsauffassung erfolgt. Abbildung 4.8 veranschaulicht diese Möglichkeit der Modellierung der Zwischenschicht des Desambiguierungsnetzwerks.

Abbildung 4.8: Zwischenschicht des Desambiguierungsnetzwerks mit lateraler Inhibitionierung



Für den weiteren Spreading-Activation-Verlauf lassen sich zwei Fälle unterscheiden:

a) Zu den Knoten der Zwischenschicht fließt beidemal, d.h. sprecher- und hörerseitig Aktivierung. In diesem Fall erhält jeweils einer der Ziel- bzw. Kontextobjektknoten die gesamte Aktivierung und hemmt gleichzeitig jeweils die anderen beiden Knoten. Auf diese Weise steht der Gewinnerknoten eindeutig fest.

b) Es werden mehrere Knoten der Zwischenschicht gleichzeitig aktiviert. Damit steht die Gewinnerunit nicht sofort fest, sondern die wechselseitige Hemmung der Nachbarknoten führt zu einer zeitlich verzögerten Herausbildung der Gewinnerunit. Der Desambiguierungsprozeß ist in der Folge in zwei Varianten denkbar. Zum einen kann mehr Aktivierung für die sprecherseitigen Knoten angesetzt werden bzw. sind dort die entsprechenden Schwellenwerte zu der Zwischenschicht herabzusetzen. Das würde bedeuten, daß der Sprecher seine eigene Situationsauffassung höher bewertet als die von ihm für den Adressaten eingeschätzte. Umgekehrt könnte die Aktivierung von den sprecher/hörerseitigen Knoten stärker ins Gewicht fallen bzw. die Schwellenwerte von den Situationsknoten zur Zwischenschicht herabgesetzt sein. Diese Verfahrensweise würde die sprecher/hörerseitigen Annahmen stärker als die eigene sprecherseitige Situationsauffassung berücksichtigen. Das bedeutet, daß der Sprecher für und im Sinne des Adressaten seine Äußerung konzeptualisiert, d.h. die Situation mit dessen Augen betrachtet, um so sein eigenes Handlungsziel zu erreichen.

Im weiteren Verlauf des Spreading-Activation-Prozesses wird nur noch jeweils ein ZO und KO-Knoten aktiviert sein. Er tritt als Gewinner der Konkurrenz hervor und zieht die gesamte Aktivierung an sich. Für den Sprachproduktionsprozeß bedeutet das, daß dem Ziel- und Kontextobjekt eine eindeutige Statuszuweisung zugeordnet wird.

Für die Phase der Konzeptualisierung bedeutet die Annahme eines solchen Desambiguierungsprozesses, daß im Falle einer inhomogenen Netzwerkaktivierung zeitliche Verzögerungen auftreten müßten. Gleichzeitig ist davon auszugehen, daß das Spreading-Activation-Netzwerk in Wechselwirkung mit anderen Netzwerken steht, welche Einfluß auf die Aktivationsstärke der Situationsknoten bzw. auf die Schwellenwerte zur Zwischenschicht nehmen. So kann beispielsweise das Wissen des Sprechers über das Alter des Adressaten im Falle eines Kindes die verstärkte Aktivierung der sprecher/hörerseitigen Situationsknoten bewirken.

In dieser Arbeit wird auf die Simulation des Desambiguierungsprozesses mit Hilfe eines Spreading-Activation-Netzwerkes verzichtet. Ausschlaggebend hierfür ist, daß mit diesen Netzwerken nur Prozesse auf der Grundlage feststehender Netzwerkzustände simulativ abgebildet werden können. Für den Desambiguierungsprozeß würde das die Annahme beinhalten, daß die Knotenbelegungen, d.h. die „Verdichtungen“ unveränderlich feststehen. Aufgrund der variablen Aktivierung der Marken bilden sich die Verdichtungen jedoch als flexible subsymbolische Gebilde dynamisch heraus. Bei Verdichtungen mit dem Status  $end_2$  sind zusätzlich Lernprozesse für die dynamischen Veränderungen der Markenmixe  $ZO_{end_2}$  bzw.  $KO_{end_2}$  verantwortlich. In dem vorgestellten Spreading-Activation-Netzwerk bleiben die dynamischen Veränderungen und Lernprozesse, die zu solchen Verdichtungen führen, unberücksichtigt.

## 4.2 Bestandteile der Modellkonzeption

### 4.2.1 Statuszuweisungen des V- und D- Moduls - eine Argumentation auf der Basis sprachpsychologisch fundierter Repräsentationssysteme

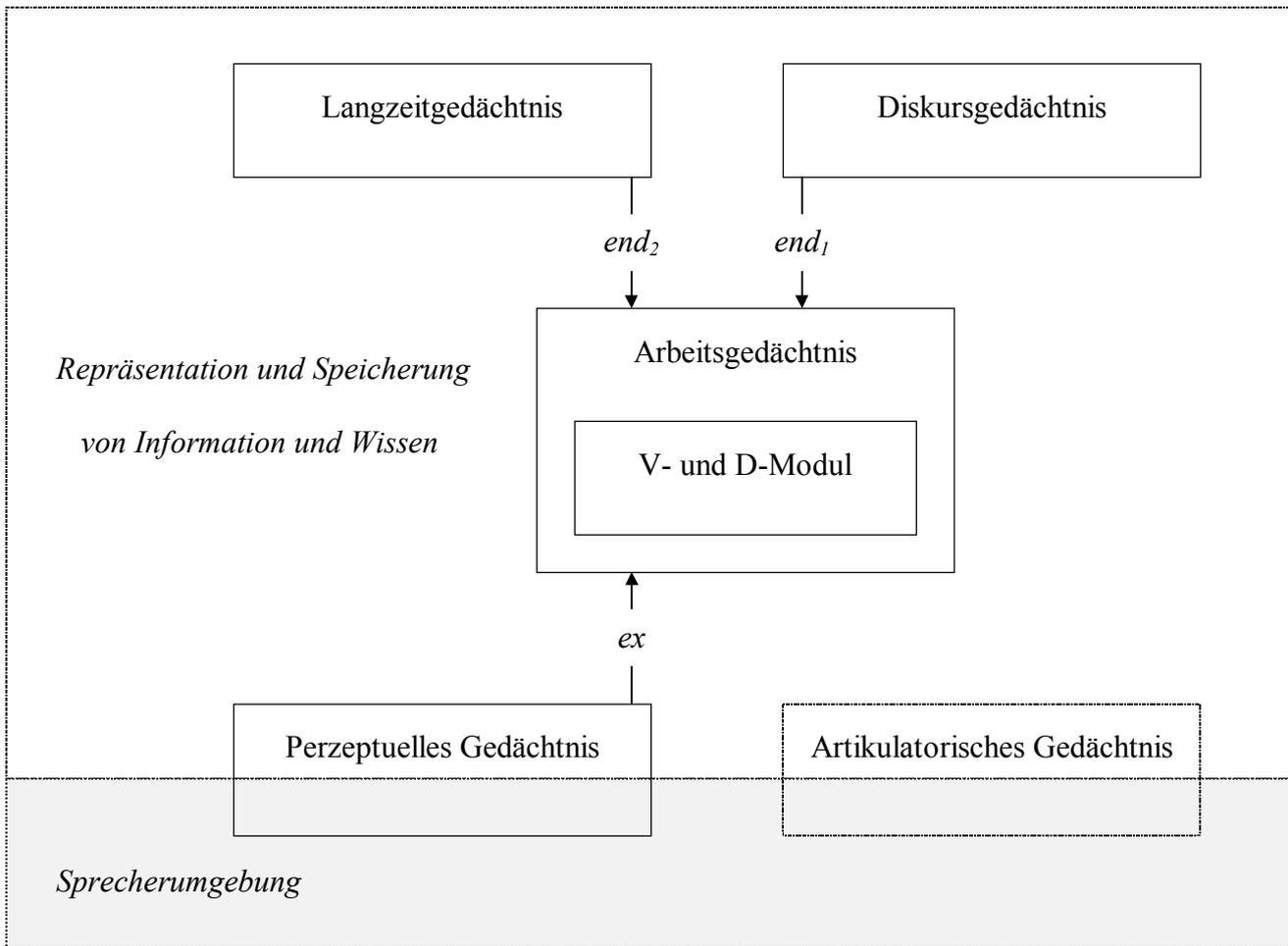
Die Statuszuweisungen  $ex$ ,  $end_1$  und  $end_2$  kennzeichnen die Herkunft von Informationen bzw. Wissenskomponenten aus verschiedenen Gedächtnissystemen. Für den Aufbau der konzeptuellen Strukturen des Dimensionsadjektivs „groß“ ist insbesondere eine Unterscheidung von Wissenskomponenten für sensorisches, temporäres und längerfristiges Wissen erforderlich. Damit stellt sich die Frage nach den entsprechenden Gedächtnissystemen der einzelnen Wissenskomponenten, für die die sprachpsychologische Forschung Erklärungsansätze entwickelt hat wie beispielsweise das Modell zur Produktion kontextuell adäquater Objektreferenzen auf der Grundlage flexibler konzeptueller und lexikalischer Repräsentationen von Mangold und Barattelli (1995). Die Autoren stellen ein Repräsentationssystem vor, das fünf Subsysteme umfaßt. Zwei dieser Subsysteme interagieren mit der Sprecherumgebung. Es ist zum einen das perzeptuelle Subsystem, welches die perzeptuelle Information des Zielobjekts und der Kontextobjekte analysiert und zum anderen das *artikulatorisch-motorische Subsystem*, welches die aktivierten lexikalischen Repräsentationen encodiert. Die drei anderen Subsysteme dienen der *Repräsentation und Speicherung von Information und Wissen*, wobei sich die drei Repräsentationssysteme vor allem in der Repräsentationsdauer unterscheiden. Im Subsystem für permanente Informationsspeicherung ist zum einen nicht-verbales Wissen gespeichert, welches für die Kategorisierung der perzeptuell wahrgenommenen Objekte benötigt wird und zum anderen längerfristig gespeichertes verbales Wissen wie Regelwissen und Benennungen. Das Subsystem für temporäre Informationsspeicherung enthält als nicht-verbales Wissen das im Diskursverlauf entstandene Wissen und verbales Wissen, welches eine Art Diskursprotokoll umfaßt, wo beispielsweise vermerkt ist, ob ein bestimmtes Objekt bereits benannt wurde oder nicht. Beide Subsysteme stehen in Interaktion mit einem dritten Repräsentationssystem. Hier werden zwischenfristige Repräsentationen aufgebaut, die zusätzlich von situationalen Faktoren und dem perzeptuellen System beeinflusst

werden. Dort entstehen dynamische, flexible Gebilde, die sich sowohl in Abhängigkeit von Kontextbedingungen (Mangold-Allwinn, 1993) als auch innerhalb des Generierungsprozesses verändern (Kiefer, 1995). Auf die entsprechenden Prozesse wird in 4.2.2.2 und 4.2.3 eingegangen.

Auf dem Hintergrund einer solchen Charakterisierung von Repräsentationssystemen, lassen sich die in der Modellkonzeption des V- und D- Moduls beschriebenen Statuszuweisungen auf folgende Subsysteme beziehen. Die Statuszuweisung *ex* läßt sich auf das *perzeptuelle* Subsystem beziehen und kennzeichnet somit Informationen, die dem *perzeptuellen Gedächtnis* entstammen. Hier wird die unmittelbar wahrgenommene Größeninformation von Ziel- und Kontextobjekten für die weitere Verarbeitung bereitgestellt. Die Statuszuweisung *end<sub>1</sub>* verweist auf Informationen aus dem Subsystem für temporäre Informationsspeicherung. Im *Diskursgedächtnis* wird das im Diskursverlauf entstandene Wissen über die Größeninformation der Objekte festgehalten. Die Statuszuweisung *end<sub>2</sub>* bezieht sich auf das permanente Informationsspeicherungssystem, das sogenannte *Langzeitgedächtnis*. Aus ihm kann beispielsweise auf das Wissen über typische Größenwerte einzelner Objekte oder Wissen über bestimmte Größenrelationen zurückgegriffen werden. Die Informationen aus den einzelnen Informationssystemen treffen im zwischenfristigen Repräsentationssystem zusammen, wo sich der Konzeptaufbau vollzieht. Im Falle der Konzeptbildung des Adjektivs „groß“ geschieht dies der Modellkonzeption entsprechend via der beiden Verarbeitungsmodule des V- und D- Moduls im *Arbeitsgedächtnis*.

Die folgende Abbildung 4.9 veranschaulicht den beschriebenen Zusammenhang zwischen den Modellkonzeptionskomponenten und den psychologischen Repräsentationssystemen.

Abbildung 4.9: Aktivationswege im Repräsentationssystem



#### 4.2.2 Begriffsbildung versus Konzeptbildung - eine Argumentation zur Wissensbildung aus sprachpsychologischer Sicht

Zur terminologischen Abgrenzung der Bezeichnungen „Begriff“ und „Konzept“ schlägt Mangold-Allwinn (1993) vor, die Bezeichnung „Begriff“ für die individuenübergreifenden und intrastabilen Aspekte begrifflichen Wissens zu verwenden. Mit der Bezeichnung „Konzept“ sollen die individuellen und in den einzelnen Situationen variierenden Erscheinungsformen begrifflichen Wissens erfasst werden.

Mithilfe der in 2.1.4 vorgestellten Unterscheidung der drei Systempositionen lassen sich die Aspekte wie folgt den einzelnen Positionen zuordnen. Folgt man der

Systemposition 1, so stellt sich die Frage nach den individuellen Strukturbildungen, d.h. wie das sprachverarbeitende Individuum in struktureller Kopplung zu seiner Umwelt individuelles Wissen konstruiert und in den einzelnen Situationen nutzt. Mit der Systemposition 2 werden die intraindividuell stabilen Aspekte betrachtet. Diese entsprechen strukturellen Invariantenbildungen, die von einem externen Betrachter für das Individuum beschrieben werden können. Der Betrachter kann feststellen, daß das Individuum einen bestimmten Begriff gebildet hat. Bewegt man sich auf dem Hintergrund der Systemposition 3, so bezieht man sich auf interindividuelle oder individuenübergreifende Aspekte. Diese Aspekte beziehen sich auf die Ähnlichkeit begrifflicher Ordnung bei mehreren Individuen (Eckes, 1991).

Mittels der Differenzierung der Systempositionen läßt sich somit eine Aufgliederung der Aspekte, die häufig gemeinsam unter die Bezeichnung „Begriff“ fallen, erzielen. Für die folgende Argumentation sind nur die beiden unmittelbar mit dem sprachverarbeitenden Individuum in Verbindung stehenden Aspekte, also die Unterschiede zwischen der intraindividuell stabilen oder variierenden Begriffs- bzw. Konzeptbildung relevant. In 4.2.2.1 wird der Begriffsaspekt der Invariantenbildung und in 4.2.2.2 der intraindividuell variierende Konzeptaspekt vorgestellt. In 4.2.2.3 wird auf dem Hintergrund dieser Unterscheidung die Sonderstellung der Konzeptbildung des Adjektivs „groß“ diskutiert. Sie unterscheidet sich von der einfachen Konzeptbildung, weil sie mit Hilfe der beiden Verarbeitungsinstrumentarien des V- und D- Moduls erfolgt. In terminologischer Abgrenzung zu den einfachen Konzepten wird der Begriff des „Wissensstrukturtyps“ vorgestellt.

#### **4.2.2.1 Begriffsbildung - die statische Repräsentationsannahme**

Die statische Repräsentationsannahme beschreibt den Ablauf von der Informationsaufnahme hin zum Aufbau von intraindividuell stabilem, quasi-stationärem Wissensbesitz im LZG, welcher sich in Form von Begriffen manifestiert, die in unterschiedlichen Relationen zueinander stehen können (Anm. 15).

Klix (1992) versteht unter Wahrnehmen die

„...Auswertung einer großen Menge von Daten zur Rekonstruktion jenes kleinen Weltausschnittes, in dem Entscheiden notwendig und Handeln geboten ist. Dabei spielen

Prozesse der Reduktion von Daten auf die entscheidungsrelevanten Informationen eine wesentliche Rolle.“ (Klix, 1992, S. 139)

Die Sinnesdaten sind nicht nur Grundlage für Verhaltensentscheidungen, sie sind auch das Material, aus welchem Gedächtnisbesitz gebildet wird. Der Aufbau von Wissen ist ein aktiver Vorgang, der durch seinen Umweltbezug gekennzeichnet ist (Klix, 1998a). Bei der Informationsauswertung in den Sinnesorganen reinigen Kontrastierungsmechanismen die ankommende Information. Die Funktionsweise der Sinnesorgane determiniert somit die Konstruktions- und Rekonstruktionsprozesse. Die Informationen der Sinnesorgane werden in getrennte Kanäle weitergeleitet. Solche Kanäle verlaufen vom visuellen System in Bereiche, die speziell Farbwerte, Orts- und Bewegungsanzeigen oder Formeigenschaften verarbeiten. Die einzelnen Sinnesmeldungen aller Verarbeitungskanäle werden zusammengeführt und bilden das Wissen um die wahrnehmbaren Eigenschaften eines Objekts. Die Integration findet vermutlich im Hippokampusgebiet statt (vgl. hierzu Klix, 1998a und Kapitel 5.3.1.1). Wenn bestimmte zusammengeführte Eigenschaften häufig miteinander auftreten, so lernt das Individuum, diese als Invarianzeigenschaften einer Objektklasse zu erfassen. Als Folge dieser Lernprozesse bilden die Eigenschaften den Merkmalsatz eines Begriffs im Gedächtnis. Begriffe, die auf der Invariantenbildung über Sinnesdaten beruhen, werden als Primärbegriffe bezeichnet (Klix, 1992). Die Merkmalsätze bilden die Struktur der Begriffe. Diese ermöglicht es dem Individuum weitere Objekte als zugehörig zum Begriff zu kategorisieren. Die Folge ist eine intrastabile Objekterkennung. Werden die Primärbegriffe mit lexikalischen Eintragungen assoziiert, so spricht man von Objektbegriffen.

Es kann davon ausgegangen werden, daß die Prozesse der Ordnungsbildung bezüglich der Sinnesdaten auch die Ordnungsbildung im menschlichen Gedächtnis steuern. Klix (1992, 1998a) unterscheidet hierzu zwei Prinzipien. Zum einen folgt die Ordnungsbildung dem sogenannten *assoziativen Prinzip*. Damit ist gemeint, daß sich Ordnungen aufgrund des Bei- oder Nacheinanders von Wissens-elementen herausbilden und in der Folge sich assoziative Verbindungen zwischen diesen manifestieren. Auf diese Weise entstehen komplexere Strukturen. Diese Begriffsstrukturen ermöglichen die Erkennung von Objekten, Ereignissen oder spezifischen Vorgängen als Elemente einer klassifizierten Menge. Es bilden sich Ordnungen heraus, bei welchen Objektbegriffe in Beziehung treten zu anderen

Objektbegriffen. Treten die Objektbegriffe gemeinsam auf, wie beispielsweise „groß“ und „Elefant“ und treten sie statistisch häufig auf, dann bildet sich als Invariante eine Relation heraus, die als *innerbegriffliche Relation* und für diesen speziellen Fall nach Herrmann (1994) als Qualitätsrelation bezeichnet wird. Neben den einfachen Begriffen und ihren Merkmalen können auch über Vorgängen oder Situationskonstellationen Abstraktionen stattfinden. Ähnliche Ereignisse werden in Klassen zusammengefaßt. Die resultierenden Klassenbildungen sind die Ereignisbegriffe. Die Invariantenbildung erfolgt über die Rollen von Begriffen bei der Beschreibung der Ereignisklasse. Zumeist bildet ein Verb den semantischen Kern, zu dem andere Begriffe in Beziehung stehen. Man spricht hier von *zwischenbegrifflichen Relationen*. Bei Ereignissen, in denen der zeitliche Verlauf eine Rolle spielt, kann zusätzlich über die zeitlichen Komponenten abstrahiert werden. Die Invariantenbildungen betreffen die sich zeitlich oder funktionell im Zeitverlauf verändernden Merkmale. Sie werden mit den sogenannten relationalen Begriffen erfaßt.

Insgesamt ergibt sich aufgrund des assoziativen Prinzips eine hierarchische Strukturierung des Wissensbesitzes. Diese Hierarchisierung wird als rationelles Prinzip mentaler Ordnungsbildung angesehen (Klix, 1992). Die Relationen des Wissensgefüges lassen sich mit Hilfe eines Netzwerkes darstellen, das mehrere Ebenen umfaßt. Auf der untersten Ebene befindet sich das individuelle oder autobiographische Wissen. Von dort gibt es Verbindungen zur mittleren Ebene, der Ebene der Ereignisbegriffe. Zwischen den einzelnen Ereignisbegriffen bestehen Relationen. So kann beispielsweise ein Ereignis ein anderes als Folge nach sich ziehen. Die Objektbegriffe, welche die semantischen Kerne der Ereignisbegriffe bilden, stehen in innerbegrifflichen Relationen zu anderen Objektbegriffen. Auf der höchsten Ebene erfährt das Ereigniswissen eine Zusammenfassung in kategorialen Wissensbesitz. Hier werden übergeordnete Zusammenhänge in Form von allgemeinen Gesetzen und Mechanismen erfaßt.

Diese Begriffstaxonomien sind keine einmal gebildeten starren Ordnungen, sondern sogenannte quasi-stationäre Gebilde, die sich im Verlauf der Entwicklung des Individuums verändern (Klix, 1992). Prinzipiell ist es möglich, daß sich von einem Begriff aus, beliebig viele verschiedene Taxonomien bilden. Klix geht davon aus, daß

es sich bei den Ordnungsbildungen um Konstruktionsprozesse handelt. Für die Konstruktionen der taxonomischen Ordnungen müssen bestimmte Operationen verfügbar sein, die an bestimmten Merkmalen der Begriffe angreifen und auf diese Weise neue Taxonomien entstehen lassen. Diese Form der Ordnungsbildung ist dem anderen ordnungsbildenden Prinzip, dem sogenannten *strategischen Prinzip* zuzurechnen. Im Bereich der Strukturbildung begrifflichen Wissens bezeichnet es die Operationen oder Prozeduren, welche das netzartig gespeicherte Wissen nutzen, um Ähnlichkeiten, Gegensätzlichkeiten, Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zwischen den Begriffen festzustellen.

„Unter einer kognitiven Operation verstehen wir eine elementare Wirkungseinheit, die, angewandt auf eine kognitive Struktur, deren Änderung bewirkt. Eine kognitive Prozedur ist eine Folge von Operationen, die, miteinander verkettet, zusammenhängende Zustandsänderungen bewirken, von denen nur das Resultat greifbar ist. Die Zwischenschritte sind zumeist flüchtig und entziehen sich der mentalen Kontrolle.“ (Klix 1992, S. 262)

Die operationalen und prozeduralen Prozesse laufen überwiegend unbewußt ab und können wie in 2.4.2 beschrieben, dem Intuitive Processor (IP) zugeordnet werden. Das strategische Prinzip umfaßt auch die höheren kognitiven Prozeduren, wie das Schlußfolgern oder Problemlösen. Diese Prozesse laufen bewußt ab und sind daher dem Concious Rule Interpreter (CRI) zuzuordnen.

Operationen und Prozeduren weisen eine eigene, von den Begriffstrukturen unabhängige Struktur auf. Sie beziehen sich auf die Begriffstrukturen und bewirken deren Veränderung. Damit haben sie den Charakter von Werkzeugen, die auf die Daten angewendet werden. In der Zeit ihres Nichtgebrauchs „ruhen“ sie als stationäre Strukturen im Gedächtnis (Klix, 1992).

#### **4.2.2.2 Konzeptbildung - die dynamische Repräsentationsannahme**

Folgt man der Argumentation von Klix (1976, 1992, 1998a), so bildet sich ein Begriff aus den Invarianzeigenschaften einer wahrgenommenen Objektmenge und es etabliert sich ein entsprechender Merkmalsatz dieses Begriffes im Gedächtnis. Im Zusammenhang mit dem Aufbau von Wissenstaxonomien verweist Klix auf die

Möglichkeit, daß hierfür nicht notwendigerweise auf die vollständigen Merkmalsätze der Begriffsstrukturen zurückgegriffen werden muß, sondern daß auch einzelne Merkmale die Bildung von Taxonomien bewirken können. Daraus ergibt sich, daß nicht der Merkmalsatz als Ganzes, also das Symbol, sondern die konstituierenden Elemente auf einer niedrigeren Ebene, d.h. die Subsymbole, betrachtet werden müssen. Folglich steht die Vermutung von Klix (1998a), daß ein Regreß auf Mikroelemente wie Subsymbole nicht notwendig sei, hierzu im Widerspruch.

Zur Binnenstrukturierung von Merkmalsätzen existieren verschiedene Modellkonzeptionen, die u.a. in einem Überblick bei Engelkamp (1994) dargestellt sind. Die multimodale Markenmix-Konzeption (Herrmann & Grabowski, 1993; 1994; Herrmann u.a. 1996) bildet den Hintergrund für das in dieser Arbeit vorgestellte Modell. In einer frühen Version, der sogenannten Theorie dualer, multimodaler und flexibler Repräsentationen von Konzepten und Wörtern, der DMF-Theorie, erfolgt eine Unterscheidung von Konzepten und intern repräsentierten Wörtern, die als duale psychische Entitäten aufgefaßt werden. Konzepte und Wörter werden als Komplexe aus vernetzten Merkmalskomponenten verstanden. Diese Merkmalskomplexe sind multimodal, d.h. sie setzen sich aus Marken verschiedener Modalität zusammen und sind intraindividuell variabel, also flexibel.

Die für die vorliegende Arbeit vorrangig interessierenden Konzepte sind Wissens-elemente, die als Konzept-Markenkomplexe vorliegen. Für die Modellierung von konzeptuellen Abläufen bedeutet das, daß aufgabenspezifische Fokussierungen auf Teilaspekte der Markenkomplexe erfolgen können. Gleichmaßen wird es möglich, dynamische Generierungsprozesse wie den Aufbau einer unbegrenzten Anzahl von Wissenstaxonomien zu modellieren, weil aufgrund der variablen Zusammensetzung der Konzepte prinzipiell alle Merkmale die Ausbildung von Taxonomien initiieren können.

Wörter sind wie Konzepte multimodale Markenkomplexe, nämlich Wort-Markenkomplexe. Für die Modellierung des weiteren Sprachproduktionsprozesses lassen sich dynamische Übergänge von Konzeptmarkenkomplexen hin zu Wortmarkenkomplexen modellieren und auf diese Weise Varianten im Benennungsprozeß erklären.

In einer Weiterentwicklung der multimodalen Markenmix-Theorie (Herrmann u.a., 1996) fügen die Autoren mit den Figuren den Wörtern und Konzepten eine weitere Repräsentationskategorie hinzu. Figuren besitzen ein perzeptionsnahes Repräsentationsformat, weil sie sich auf die Gestalteeigenschaften von Objekten beziehen. Sie unterscheiden sich von den Konzepten darin, daß sie sich auf Singuläres beziehen und nicht wie die Konzepte auf Klassen von Dingen, Ereignissen oder Sachverhalten. Damit hängt das weitere Unterscheidungskriterium zusammen, daß für Figuren keine Lernprozesse angesetzt werden, während Konzepte als Abstraktionsergebnis über Objektklassen entstehen und gelernt werden. Da für Figuren Lernprozesse entfallen, stehen sie ontogenetisch früher zur Verfügung als Konzepte und können für Verarbeitungsprozesse genutzt werden auch wenn Konzepte noch nicht ausgebildet sind (vgl. 4.3.1). Zusammen mit den Repräsentationskategorien werden von den Autoren mit dem imaginalen, abstrakt-strukturellen und emotiv-bewertenden Modus drei Repräsentationsmodi unterschieden. Repräsentationskategorie und Repräsentationsmodus sind Variationsgesichtspunkte, die unabhängig voneinander kombiniert werden können. Auf diese Weise ergeben sich neun Repräsentationstypen, für welche der Terminus Markentyp verwendet wird. Die Exemplare, also die konkreten Belegungen der Markentypen sind die Markentokens. Wort-, Konzept- und Figurkonzepte werden als Zusammenschluß von Markentokens zu multimodalen Markenkomplexen generiert. Im Hinblick auf die Aktualgenese wird die Konzeptgenerierung als ein Vorgang beschrieben, bei welchem in Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen bestimmte Marken schneller verfügbar sind und somit früher in das Arbeitsgedächtnis geladen werden können, was zur Ausbildung flexibler Konzepte führt (Mangold-Allwinn, 1993). Für den Ähnlichkeitsvergleich zweier konzeptueller Repräsentationen geht Mangold-Allwinn davon aus, daß beim Abruf der Objektkonzeptinformation die konkret-perzeptuellen Merkmale schneller ins Arbeitsgedächtnis geladen werden als die abstrakt-strukturellen Merkmale. Entsprechend treten Unterschiede in der Ähnlichkeitsbeurteilung bei den zu verschiedenen Zeitpunkten entstehenden Konzeptbildungen auf. Zu einem frühen Zeitpunkt erfolgt das Ähnlichkeitsurteil vorrangig unter Berücksichtigung der konkret-perzeptuellen Merkmale. Zu einem späteren Zeitpunkt wird die Ähnlichkeit zwischen zwei Konzepten anders beurteilt,

weil jetzt die abstrakten Merkmale stärker ins Gewicht fallen. Würde man solche Vergleiche für mehrere Konzepte durchführen und die Ähnlichkeitsbeziehungen festhalten, so erhielte man für die unterschiedlichen Zeitpunkte unterschiedliche Ähnlichkeitstaxonomien. Es lassen sich beliebig viele taxonomische Ordnungen bilden. Die Vorstellung einer längerfristigen Speicherung der Repräsentationsformate beispielsweise in Form eines Konzeptgedächtnisses für Konzeptrepräsentationen oder eines internen Lexikons im Fall der Wortkonzepte wird aufgegeben. Folglich sind auch keine feststehenden Wissenstaxonomien auf der Grundlage von Konzepten längerfristig gespeichert. An die Stelle der längerfristigen Speicherung der Repräsentationsformate tritt die Annahme, daß die Bedingungen zur Generierung von Konzepten als Wissen längerfristig gespeichert sind:

„Langfristig gespeichert hingegen sind die (Aktivations-) Bedingungen, die zur Generierung von Mustern (Komplexen) aktivierter Marken-Tokens und zum Zusammenschluß dieser Muster zu Konzept-, Wort- und Figurenrepräsentaten (Markenkomplexen) führen können.“ (Herrmann u.a., 1996 S. 144)

Die wesentlichen Unterschiede der Markenmix-Konzeption im Vergleich zu der im vorherigen Abschnitt vorgestellten Begriffsannahme bestehen somit in folgenden Punkten:

Abbildung 4.10: Begriffsbildung und Konzeptbildung

<u>Begriffsbildung</u>	<u>Konzeptbildung</u>
• statisch	• dynamisch/flexibel
• im LZG	• im AG
• intraindividuell stabil	• intraindividuell variabel
• situationsunabhängig	• situationsabhängig

In den theoretischen Ausführung von Herrmann u.a. wird mit der Markenmix-Theorie die Konzeptbildung einfacher nominaler konzeptueller Strukturen erklärt. Folgt man den Annahmen zur Konstitution von Konzepten als temporärem Zusammenschluß multimodaler Marken, so muß sich in der Folge auch die Ausbildung von vernetztem Wissensbesitz sowie die Konzeptualisierung komplexer Strukturen im Sprachproduktionsprozeß auf der Grundlage dieser Markenkomplexe erklären lassen.

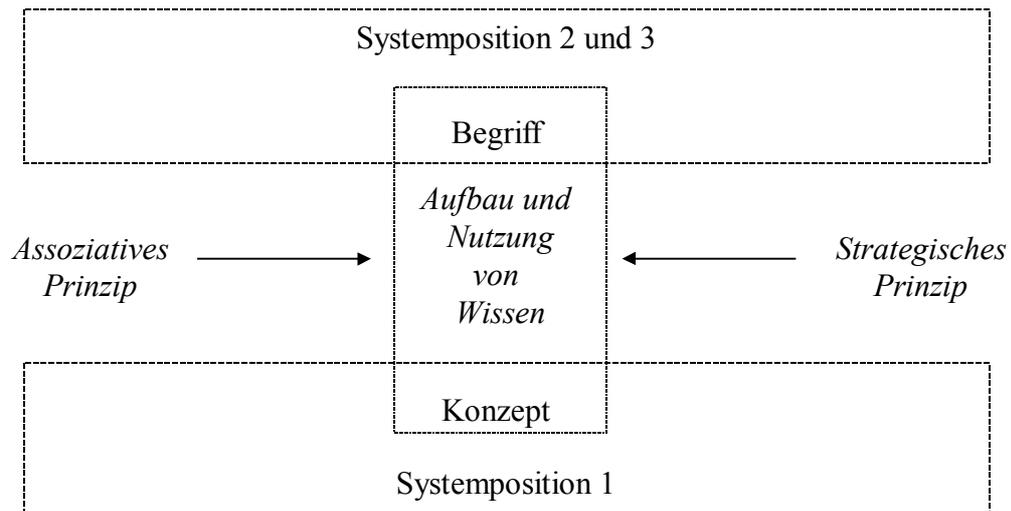
Bei der Ausbildung von vernetzten Wissensstrukturen verweist Herrmann (1994) auf das Problem, wie die zwischenbegrifflichen Relationen mit der angenommenen internen Konzeptstruktur zusammen zu führen sind und stellt hierbei fest, daß für zwei in zwischenbegrifflicher Relation stehende Konzepte sich diese Relation häufig nicht anhand der Merkmale der beteiligten Konzepte und somit nicht subsymbolisch herleiten läßt. Im Zusammenhang mit Prozessen der Sprachproduktion verweist Herrmann auf die Möglichkeit, daß ein Sprecher/Hörer-System auch unsinnig erscheinende zwischenbegriffliche Prädikat-Argument-Strukturen im UOS konzeptualisieren kann. Wiederum lassen sich diese Strukturen nicht anhand der Merkmale der beteiligten Konzepte und in diesem Fall nicht als Wissensnutzung von längerfristigem Wissensbesitz bzw. der entsprechenden Markenkomplexe erklären. Wenn Herrmann feststellt: „Die Prädikat-Argument-Verknüpfung zweier Konzepte ist nicht bei einer beliebigen Beschaffenheit der Merkmale, die den beiden Konzepten zukommen, möglich.“ (Herrmann, 1994, S. 94), dann ist er einer Lösung des Problems m.E. insofern nahe, als daß seine Aussage positiv formuliert lauten könnte: „Die Prädikat-Argument-Verknüpfung ist nur bei einer bestimmten Beschaffenheit der Merkmale, die den beiden Konzepten zukommt, möglich“. Das gilt m.E. genau dann, wenn das strategische Prinzip nach Klix (1992) in die Argumentation aufgenommen wird, wonach sogenannte kognitive Werkzeuge, die auf bestimmte Merkmale der Konzepte zugreifen, die Bildung neuer zwischenbegrifflicher Relationen bewirken können.

#### **4.2.2.3 Wissensstrukturtypbildung des Adjektivs „groß“**

Aus den beiden Betrachtungsweisen des Begriffsaspekts der Invariantenbildung und des intraindividuell variierenden Konzeptaspekts können die wesentlichen Aussagen zusammengeführt werden in ein Modell, das die Besonderheiten der Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ aufzeigt. Die Anforderungen an dieses Modell umfassen sowohl die Integration der Funktionsweise des assoziativen Prinzips, mit welchem der Wissensaufbau in Form von Wissenstaxonomien erklärt wird als auch die des strategischen Prinzips mit den Operationen und Prozeduren für

den Wissensaufbau und die Wissensnutzung. Als weitere Anforderung muß das Modell den Regreß auf subsymbolische Bestandteile enthalten.

Abbildung 4.11: Aufbau und Nutzung von Wissen



Subsymbolischer Bestandteil für die Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ ist unter anderem die perzeptuell eingehende Größeninformation. Auf der Grundlage dieser Information erfolgt die Ausbildung der frühzeitig zur Verfügung stehenden Repräsentationskategorie der Figuren. Die perzeptionsnahen subsymbolischen Bestandteile bilden die Grundlage für die wahrnehmungsgebundene Invariantenbildung über die Objektmengen und ermöglichen so die Objektklassifizierung. Im Sprachproduktionsprozeß bilden sich die kognitiven Strukturen des Dimensionsadjektivs „groß“ dynamisch heraus als Varianten von Konzepten mit verstärkter Aktivierung im Größenbereich (vgl. 4.1.4). So bildet sich zu einem frühen Zeitpunkt der Verarbeitung zunächst eine Variante mit verstärkter Aktivierung der konkret-perzeptuellen Merkmale heraus, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit einem entsprechenden Konzept assoziiert sein muß. Der Einfluß der Aktivierung der konkret-perzeptuellen Merkmale verblaßt im weiteren Konzeptualisierungsprozeß. Die vorrangige Aktivierung der subsymbolischen perzeptuellen Merkmale kann auch durch eine entsprechende Aufgabenstellung, die eine Fokussierung auf diese Information verlangt, bewirkt werden oder aufgrund einer Instruktion unter Zeitdruck erfolgen. Die Integration von Lernprozessen macht

ebenso einen Regreß auf subsymbolische Bestandteile erforderlich. Aufgrund des Hintergrund-Updateings erfahren die inneren Repräsentationen mit dem Status  $end_2$  eine ständige Veränderung und somit veränderliche Aktivierungen der subsymbolischen Bestandteile. Die sich herausbildende gemittelte Repräsentation ist eine Variante, die die Stellung eines Objektklassenvertreterers bzw. Prototypen einnimmt (vgl. 4.2.3.1). Diese gemittelte Repräsentation stellt die kognitive Entsprechung dar für die Invariantenbildung, wie sie in der Systemposition 2 bezeichnet wird.

Die Zusammenführung des subsymbolischen Paradigmas mit dem assoziativen und strategischen Prinzip zum Wissensaufbau und zur Wissensnutzung ist von wesentlicher Bedeutung für die Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“. Im Hinblick auf das assoziative Prinzip kann die Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ gleichermaßen Bestandteil einer inner- oder zwischenbegrifflichen Relation sein. Das Dimensionsadjektiv „groß“ steht beispielsweise in innerbegrifflicher Relation zu „Elefant“ als [ISA (Elefant, großes Tier)] oder kann Bestandteil einer Prädikat-Argument-Struktur sein, die einer zwischenbegrifflichen Relation entspricht wie in [groß-sein (Mann)]. Die beiden Relationen sind nach Klix Strukturierungen des längerfristig gespeicherten Wissensbesitzes oder können nach Herrmann mit Hilfe entsprechender Generierungsbedingungen erzeugt werden. Mit der Annahme von Generierungsbedingungen wird somit auch der Aufbau von längerfristigen Wissensstrukturen mit Hilfe des strategischen Prinzips erklärt.

Die Relevanz des strategischen Prinzips für die Prozesse der Aktualgenese wird beispielsweise darin deutlich, daß temporäre Relationsstiftungen wie zwischen „Elefant“ und „klein“ auftreten können. Für die Wissensstrukturen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ bedeutet das, daß das strategische Prinzip sowohl bei den Prozessen der Aktualgenese sowie auch beim Aufbau von längerfristigem Wissensbesitz beteiligt ist.

Beispiele, die die Funktionsweise des strategischen Prinzips für Produktionen in der Aktualgenese modellieren und zur Erklärung für den Aufbau von längerfristigem Wissensbesitz herangezogen werden können, sind der Aufbau von Ähnlichkeitstaxonomien (vgl. 4.2.2.2) bei Mangold-Allwinn (1993) sowie die

Oberbegriffsbildung (vgl. 4.3.2) oder die Generierung eines Vergleichsurteils bei Graf u.a. (1996). Die Modelle betonen den Stellenwert von Operationen, die auf Konzeptmarkenmixe zugreifen, die grundsätzlich dynamisch und flexibel sind. Diese Modellierungen erklären das Zustandekommen der innerbegrifflichen Relationen und richten ihr Augenmerk damit hauptsächlich auf die Entstehung einfacher Konzepte. Die nachfolgende Abbildung gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Schwerpunktbildung der einzelnen Modelle.

Abbildung 4.12: Ansätze zur Wissensrepräsentation und -nutzung

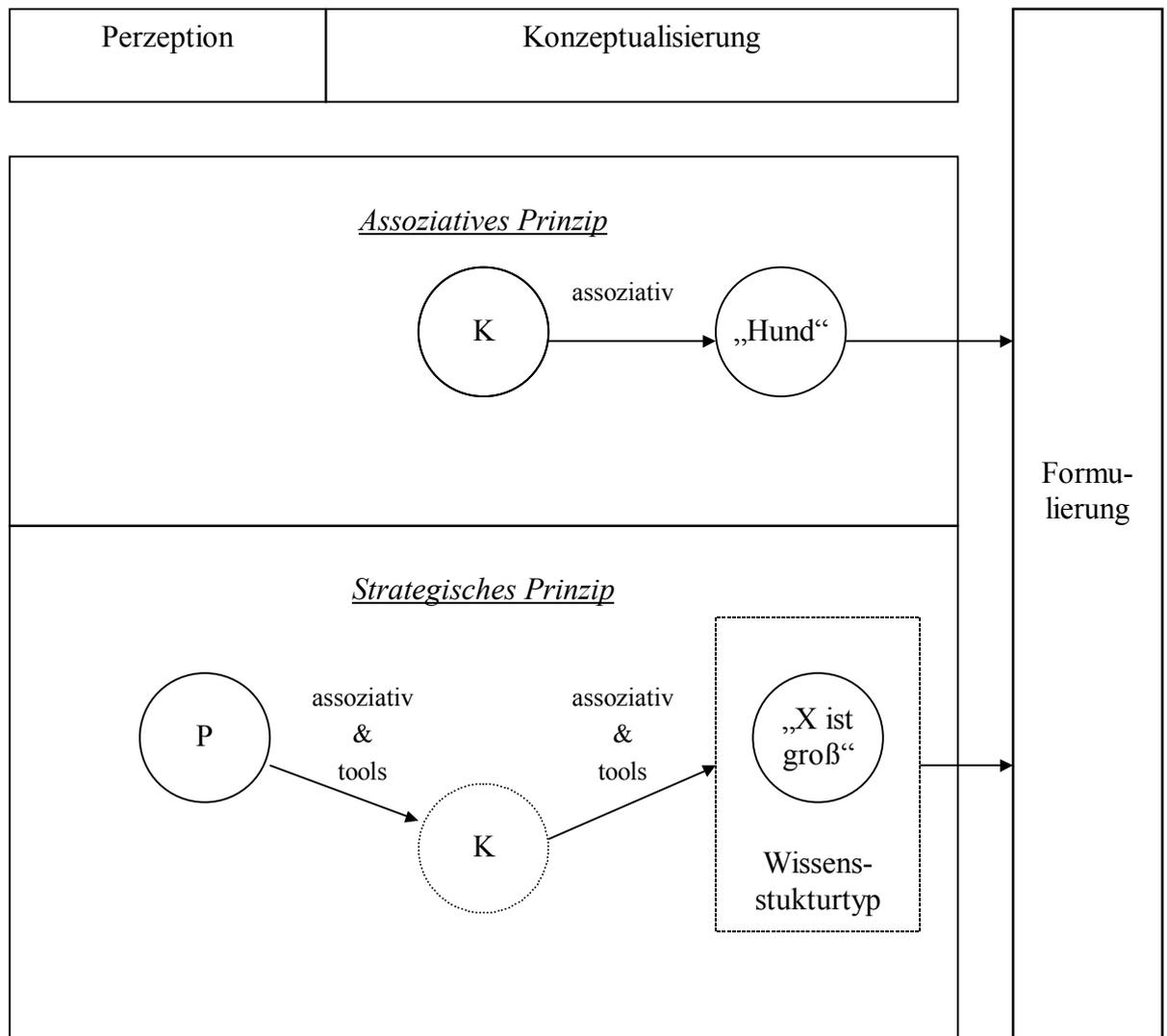
	assoziativ	strategisch
symbolisch	Begriff (Klix, 1992)	Operationen und Prozeduren auf der Grundlage von Wissenstaxonomien (Klix, 1992)
subsymbolisch	Markenmix-Konzepte (Herrmann, 1994)	Ähnlichkeitsvergleich (Mangold-Allwinn, 1993)
	Oberbegriffsbildung (Graf u.a., 1996)	Vergleichsurteil (Graf u.a., 1996)
	Wissensstrukturtyp (eigener Ansatz)	

Das Dimensionsadjektiv „groß“ hat gegenüber den einfachen, im Sinne von eigenständigen Markenmix-Konzepten, die entweder in innerbegriffliche oder zwischenbegriffliche Relation zu anderen Konzepten treten können, den Charakter eines komplexen Konzepts, in welchem die inner- und zwischenbegriffliche Relation inhärenter Bestandteil der Konzeptualisierung ist. Die Konzeptualisierungen erfolgen mit Hilfe der sogenannten „tools im zwischenfristigen Repräsentationssystem (vgl. 4.2.1). Bei diesen Verarbeitungsinstrumentarien, dem D- und V-Modul, handelt es sich um zwei kognitive Werkzeuge. Für die kognitiven Strukturen, die mit Hilfe dieser Verarbeitungsinstrumentarien aufgebaut werden, wird in der Folge die Bezeichnung Wissensstrukturtyp verwendet. Die Übergänge zwischen den inneren Konstruktionen

also beispielsweise vom perzeptionsnahen Konstrukt (P) hin zum Konzept (K) und von dort zum entsprechenden Wortkonzept (WK) vollziehen sich assoziativ (vgl. 2.4.2), d.h. es bilden sich aufgrund von Lernprozessen exzitatorische Verbindungen zwischen den inneren Konstrukten aus. Im Konzeptualisierungsprozeß erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß bei vorliegender Aktivierung eines der beiden Konstrukte in der Folge das andere Konstrukt assoziiert wird. Diese prozessurale Assoziativität ist zu unterscheiden von dem von Klix vorgestellten assoziativen Prinzip, welches eine Funktionsweise für die Organisation von Wissensbesitz darstellt.

Die folgende Abbildung 4.13 soll den Aufbau von Wissensstrukturtypen mit Hilfe der „tools“ in Abgrenzung zur einfachen Konzeptbildung veranschaulichen.

Abbildung 4.13: Wissensstrukturtyp



Im Hinblick auf die konzeptuelle Strukturbildung des Adjektivs „groß“ wird dem Aufbau der adjektivischen Struktur ein eigener kognitiver Status zugeschrieben, mit welchem eine Unterscheidung zu den konzeptuellen Strukturen begründet wird, die den Nomen, Verben aber auch anderen Adjektiven zugrundeliegen. Der Wissensstrukturtyp „groß“ weist zum einen Parallelen zu den nominalen Konzeptualisierungen auf, wenn er zusammen mit einer einfachen nominalen Konzeptualisierung klassifiziert wird und daraus die komplexere Nominalphrasen-Konzeptualisierung „großer x“ resultiert. Zum anderen weist der Wissensstrukturtyp „groß“ als Prädikat-Argument-Struktur Ähnlichkeiten zu den verbalen Konzeptualisierungen auf. Eine Konzeptualisierung wie beispielsweise „x ist groß“

stellt ebenfalls eine komplexere Konzeptualisierung dar und bildet die konzeptuelle Grundlage für eine entsprechende propositionsnahen Äußerung. Aufgrund seines relationalen Charakters nimmt das DA „groß“ eine Sonderstellung gegenüber anderen Adjektiven wie beispielsweise den Farbadjektiven ein, weil erst durch die Konzeptualisierung mit Hilfe der „tools“ einem Objekt einmal die Eigenschaft „groß“ und das andere mal die Eigenschaft „klein“ zugeschrieben werden kann. In 3.3.1 wurde der Schnittstellencharakter von Adjektiven dargestellt, der sich darauf bezieht, daß Adjektive in der GB mit Nomen- und Verbeigenschaften beschrieben werden. Folgt man dem Modell der Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ mit Hilfe der „tools“, so liefert das Modell eine mögliche Erklärung aus kognitionspsychologischer Sicht hierfür, weil der Wissensstrukturtyp im Falle von „groß“ sowohl als komplexere Nominalphrasen-Struktur als auch als Prädikat-Argument-Struktur Konzeptualisiert sein kann.

#### **4.2.3 Prototyp - eine Argumentation für die gemittelte Repräsentation**

##### **4.2.3.1 Prototypen in der Gradiententheorie**

Im Verlauf der bisherigen Darstellung der Modellkomponenten wurde bereits mehrfach die Bedeutung der gemittelten Repräsentation hervorgehoben. Hierunter wird kein konkretes Exemplar einer bestimmten Objektklasse verstanden, sondern eine Abstraktion, die sich aufgrund von Lernprozessen im Individuum ausbildet. Das D-Modul ist hierbei verantwortlich für die Konstruktion der Information über die durchschnittliche Größe der gemittelten Repräsentation, die sich mit dem  $w/n$ -Bereich für die jeweilige Objektklasse ausbildet und mit der Statuszuweisung  $end_2$  gekennzeichnet wird (vgl. 4.1.3). Im Zusammenhang mit der absoluten und relativen Komparation wurde auf die Schnittstellenfunktion des  $w/n$ -Bereichs hingewiesen (vgl. 4.1.1). Die  $w/n$ -Bereichsinformation geht als Bestandteil in die Bildung des abstrakten Prototypen ein, wobei dieser konstruierte Wert „pars-pro-toto“, d.h. repräsentativ für die gesamte Bezugsmenge steht (vgl. 4.1.2.2). Die implizit angenommene Vorstellung über die Existenz eines abstrakten Prototypen erfordert eine Auseinandersetzung mit

Argumenten verschiedener Ansätze über die Bedingungen zur Entstehung und Ausbildung von Konzeptualisierungen möglicher Prototypen. Die folgenden Ausführungen dienen der Einordnung des in dieser Arbeit vorgestellten Verständnisses der gemittelten Repräsentation und der Abgrenzung zu alternativen Ansätzen.

Generell sind Ansätze zur Prototypikalität von Repräsentationen unvereinbar mit der Vorstellung von einer statischen Begriffsrepräsentation. Entsprechend stellt Eckes (1991) der Theorie der klassischen Begriffskonzeption die sogenannte *Gradiententheorie* gegenüber. In der klassischen Begriffskonzeption werden Objekte, die einem Begriff angehören durch eine Liste definierender Merkmale beschrieben. Eine ähnliche Vorgehensweise kann in der Bestimmung von Merkmalsätzen für die Begriffsstruktur gesehen werden (Klix, 1992). Die Gradiententheorie dagegen geht von *charakteristischen Merkmalen* aus, die innerhalb der betreffenden Klasse von Objekten eine relativ hohe Auftretenswahrscheinlichkeit haben. Bei der Kategorisierung von Objekten weisen sie eine unterschiedliche Gewichtung beispielsweise in Abhängigkeit von Kontexteinflüssen auf. Somit erweist sich die Gradiententheorie als prinzipiell vereinbar mit den Modellen zur dynamischen Konzeptbildung. Die Darstellung der charakteristischen Merkmale von Begriffsexemplaren führt zu *vagen Begriffen*, d.h. über die Zugehörigkeit eines Begriffs zu einer Kategorie ist keine eindeutige Aussage möglich. Die unterschiedliche Zugehörigkeit der Objekte zu den einzelnen Kategorien wird mit dem Typikalitätsgrad ausgedrückt. Typikalität bezeichnet das Ausmaß, in dem ein Objekt als typisch für seine Kategorie gilt. Auf diese Weise läßt sich der typischste Vertreter einer Kategorie ermitteln. Dieser wird als *Exemplarprototyp* bezeichnet. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Prototypen über seine ihn konstituierenden Merkmale zu definieren. Der Prototyp einer Kategorie enthält dann eine Liste von charakteristischen Merkmalen, die unterschiedliche Gewichtungen aufweisen können. Es handelt sich dabei um eine idealisierte Abstraktion von Merkmalsinformationen bezüglich einer Klasse von Objekten. Der Prototyp befindet sich auf einer höheren Abstraktionsebene als die konkreten Objekte. Diese idealisierte Form der Repräsentation bezeichnet man als *abstrakten Prototypen*.

Für die Merkmale des Prototypen können binäre Merkmale oder kontinuierliche Dimensionen angenommen werden. Versteht man die Merkmale als diskrete Einheiten, d.h. als binäre Eigenschaften, die einem Objekt zukommen oder nicht, so gelangt man zum Konzept des Modalprototypen. Der Modalprototyp ist eine Liste von gewichteten Merkmalen, die innerhalb der Kategorie am häufigsten auftreten. Werden die Merkmale hingegen als dimensional konzipiert verstanden, so gelangt man zum Konzept des *Durchschnittsprototypen*. Der Durchschnittsprototyp enthält für jede Merkmalsdimension das arithmetische Mittel der Verteilung der Werte auf dieser Dimension. Entsprechend dieser Trennung in die beiden Merkmalsarten, binär und dimensional, lassen sich klassifikatorische und geometrische Meßmodelle unterscheiden. Bei dem klassifikatorischen Modell errechnet sich Prototypikalität eines Objekts anhand der gemeinsamen Merkmale mit dem Prototyp. Im *geometrischen Meßmodell* bestimmt sich die Prototypikalität in einem mehrdimensionalen Raum gemäß der euklidischen Metrik als die Länge der direkten Verbindung zwischen dem Punkt, der das Objekt repräsentiert und dem Punkt des Kategorieprototypen.

Eckes (1991) stellt mit den Prototyp-, Frequenz- und Exemplarmodellen drei Hauptklassen der gradiententheoretischen Modellentwicklungen vor. Die Modelle lassen sich anhand nachfolgender Kriterien systematisieren. Sie unterscheiden sich zum einen in ihren repräsentationalen Annahmen, d.h. ob eine *abstrakte Speicherung von prototypischer Information* erfolgt oder nicht. Ein anderer Unterscheidungspunkt betrifft die Verarbeitung der repräsentierten Information, die simultan oder kumulativ erfolgen kann. Unter *simultaner Verarbeitung* wird verstanden,

„..., daß die kategoriale Repräsentation während des Lernvorgangs fortlaufend aktualisiert wird, d.h. jedes neu dargebotene Exemplar führt zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Veränderung der zum jeweiligen Lernzeitpunkt gegebenen begrifflichen Organisation.“ (Eckes 1991, S. 58)

Das bedeutet, daß die kategoriale Repräsentation während des Lernvorgangs ständig aktualisiert wird. Im Gegensatz dazu versteht man unter kumulativer Verarbeitung, daß die Merkmalsinformation zuerst gespeichert und anschließend bei der Entscheidung über die Kategorisierung von Exemplaren als Basis herangezogen wird. Ein weiterer Unterscheidungspunkt besteht darin, ob von einer unabhängigen oder einer relationalen Codierung der Merkmale ausgegangen wird. Bei der *unabhängigen*

*Codierung* werden die einzelnen Merkmale unabhängig voneinander verarbeitet. Bei der relationalen Verarbeitung werden bestimmte Merkmale miteinander verarbeitet.

Über die Begriffszugehörigkeit von Exemplaren zu einer Kategorie kann eine deterministische oder probabilistische Entscheidung fallen. Eine deterministische Kategorisierung bedeutet, daß eine eindeutige Entscheidung darüber fällt, ob ein bestimmtes Exemplar einer bestimmten Klasse zugeordnet wird oder nicht. Im Gegensatz dazu bedeutet eine probabilistische Kategorisierung, daß die Entscheidung über die Klassenzugehörigkeit eines Exemplars nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erfolgt. Die Konzeptionen der Prototyp- Frequenz- und Exemplarmodelle lassen sich auf dem Hintergrund dieser Kriterien wie folgt darstellen:

Abbildung 4.14: Prototyp-, Frequenz- und Exemplarmodelle

	Speicherung	Verarbeitung	Kategorisierung	Codierung
Prototypmodelle	Prototyp	simultan	deterministisch	unabhängig
Exemplarmodelle	Exemplar	kumulativ	probabilistisch	relational
Frequenzmodelle	Prototyp	simultan	probabilistisch	relational

Eckes plädiert für eine Konzeption, die sowohl prototypische als auch exemplarspezifische Elemente enthält, die er als Prototyp-Exemplar-Mischmodell bezeichnet. Als Argument für diese Konzeption führt er die Betrachtung der ontogenetischen Entwicklung an. Demnach enthält das duale Modell sowohl die Annahme der Abstraktion eines Kategorie-Prototyps als auch die der Speicherung von Exemplarinformation. In der ontogenetischen Entwicklung ist der Einfluß von Exemplar-Information vor allem bei Kategorien mit noch wenigen Exemplaren, also bei geringer Kategorieerfahrung relevant. Mit zunehmender Vergrößerung der Kategorieerfahrung gewinnt die Prototyp-Abstraktion an Bedeutung. Daraus läßt sich der Schluß ableiten, daß im Entwicklungsprozeß der Einfluß exemplarspezifischer Information mit zunehmendem Einfluß prototypischer Informationsgewinnung abnimmt (vgl. Kap. 5).

Der hier vorgestellte Ansatz integriert im wesentlichen die Kriterien der Prototypentheorie. Im Modell zur Konstruktion von Wissen wird zusätzlich, im Sinne

eines Prototyp-Exemplar-Mischmodells, berücksichtigt, daß sich im Verlaufe der Entwicklung die einzelnen Prototypen erst allmählich herausbilden. An die Stelle der exemplarischen Information tritt mit zunehmender Lernerfahrung der Einfluß prototypischer Information. Die graduelle Herausbildung der Prototypen wird in Kapitel 6 anhand der Simulation der Modellhypothesen M6 und M7 gezeigt.

Auf dem Hintergrund vieler einzelner Exemplare bildet sich eine abstrakte Repräsentation des Kategorieprototypen heraus, der über die individuellen Unterschiede der Exemplare abstrahiert. Dabei wird davon ausgegangen, daß die einzelnen Merkmale unabhängig voneinander verarbeitet werden. Entsprechend geht die Größeninformation als unabhängiges Merkmal in den Verarbeitungsprozeß ein. Die Annahme der unabhängigen Verarbeitung der charakteristischen Merkmale, die zur Prototypenbildung beitragen, bildet die Voraussetzung für die Pars-pro-toto-Funktion der Größeninformation. In der Modellkonzeption wird entsprechend ein eigenes Size-Layer für die Größeninformation definiert (vgl. 6.3.2).

Das charakteristische Merkmal „Größe“ setzt sich aus einer Verarbeitung der beiden Informationen Netzhautbildgröße und Entfernung zusammen. Die Größeninformation ist ein quantitatives physikalisches Merkmal. Seine Ausprägungen können als kontinuierliche Werte auf einer Dimension abgebildet werden. In der Simulation wird die aus Netzhautbild und Entfernungsinformation zusammengesetzte Information vektoriell umgesetzt und subsymbolisch auf mehrere Netzwerkknoten verteilt repräsentiert, um das Kontinuum an Größenausprägungen abzubilden. Anhand des Merkmals „Größe“ wird eine abstrakte Repräsentation dieses Merkmals für den Prototypen ermittelt. Sie entspricht einer Mittelung über den einzelnen Exemplargrößenwerten. Anhand der erzielten vektoriellen Repräsentation des Prototypen läßt sich der Abstand zu den Exemplaren in einem geometrischen Meßmodell bestimmen, d.h. mit Hilfe der euklidischen Distanzen läßt sich deren Typikalitätsgrad berechnen.

Das Merkmal „Größe“ ist ein perzeptionsnahes Merkmal. Unter diesem Aspekt ist es der Farbinformation vergleichbar. Bei der Codierung der Farbinformation läßt sich die von der Gradiententheorie postulierte interne, graduelle Prototypikalitätsstruktur nachweisen (Rosch, 1975a, 1975b, 1977; Eckes, 1991). Als natürliche Prototypen fungieren die fokalen Farben, welche leichter codierbar sind, kürzere Namen haben

und besser erinnert werden und den Fokus für die Organisation einer Farbkategorie bilden, um welche sich die anderen Farben entsprechend ihrer Typikalität gruppieren. Es wird angenommen, daß sich solche Prototypeffekte auch bei geometrischen Formkategorien wie Quadraten, Kreisen oder gleichseitigen Dreiecken nachweisen lassen (vgl. Rosch, 1977, S.15f.). Da die perzeptuell eingehende Größeninformation sich auf der Grundlage der Forminformation (vgl. 4.2.3.2) bildet, kann der gemittelten Größeninformation ein prototypischer Status zugeschrieben werden. Im Gegensatz zur Farbinformation stellen sich solche Protoypikalitätseffekte jedoch nur in Zusammenhang mit der dazugehörigen Objektklasse, die als Bezugssystem fungiert, ein.

Das Größenmerkmal ist ein bei der Objektklassenkategorisierung zu einem frühen Zeitpunkt eingehendes perzeptuelles Merkmal (Mangold-Allwinn, 1993). Diese Tatsache erhöht die Wahrscheinlichkeit, daß diesem Merkmal bei den folgenden Abstraktionsprozessen eine vorrangige Bedeutung zukommt. In der Modellkonzeption wird dem Größenmerkmal eine Pars-pro-toto-Funktion zugeschrieben. Darunter wird hier verstanden, daß selbst unter Wegfall anderer charakteristischer Merkmale, welche den Kategorieprototypen konstituieren, allein die Berücksichtigung des Merkmals „Größe“ die Typikalitätsanordnung der Begriffsklasse im wesentlichen korrekt widerspiegelt.

Beim Lernen der komplexen Kategorisierungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ wird von einer simultanen Verarbeitung ausgegangen. Das bedeutet, daß nach jedem Eintreffen von Größeninformation ein Hintergrunds-Updating stattfindet. Auf diese Weise wird der Kategorieprototyp ständig neu berechnet und aktualisiert. Zu jedem Zeitpunkt läßt sich für die erfolgte Kategorisierung feststellen, welchen Differenzierungsgrad die Kategorisierung hat. Bei der Größenkategorisierung einer Kategorie entspricht das den ausgebildeten Bereichen des jeweils berücksichtigten Bezugssystems. Im simulativen Teil werden für die einzelnen Kategorien die Differenzierungsgrade ermittelt. Auf diese Weise fällt eine eindeutige Entscheidung darüber, ob und wenn ja welche Bereiche in der Folge mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ assoziiert werden können. Die Größenkategorisierung ist daher eine deterministische Kategorisierung.

#### 4.2.3.2 Basisebene

Die beschriebenen Abstraktionsleistungen, die zur Ausbildung von Prototypen bei den verschiedenen Kategorien führen, sind Abstraktionsleistungen auf horizontalem Niveau. Daneben finden bei der Wissenskonstruktion Abstraktionsleistungen auf vertikaler Ebene statt (Kleiber, 1998; Hoffmann, 1994; Dörschner, 1996). Ein und dasselbe Objekt kann auf verschiedenen Ebenen kategorisiert werden. So kann beispielsweise ein Objekt als „Tier“ auf übergeordneter Ebene, „Hund“ auf mittlerer oder sogenannter Basisebene oder „Rehpinscher“ auf untergeordneter Ebene kategorisiert werden. Das bevorzugte Abstraktionsniveau, d.h. die für die Kategorisierung relevante Ebene ist die Basisebene (Rosch u.a., 1976, Rosch, 1977). Die Basisebene ist im Vergleich zu den über- und untergeordneten Ebenen die Ebene mit dem größten Informationsgehalt, d.h. sie besitzt die höchste Cue-Validität der drei Ebenen.

„Cue Validity is a probabilistic concept; the validity of a given cue  $x$  as a predictor of a given category  $y$  (...) increases as the frequency with which cue  $x$  is associated with category  $y$  increases and decreases as the frequency with which cue  $x$  is associated with categories other than  $y$  increases.“ (Rosch 1977, S. 29)

Cue-Validität erfaßt also den Grad der Typizität einer Eigenschaft und damit auch den Grad ihrer Unterscheidbarkeit (Anm.16). Die Bestimmung der Cue-Validität läßt sich gleichermaßen für die Bestimmung des abstrakten Prototypen als auch für die Kennzeichnung der Basisebene heranziehen. Das in beiden Fällen zum Tragen kommende Prinzip der maximalen Unterscheidbarkeit und somit Informationsmaximierung (Kleiber, 1998) bezieht sich darauf, daß sich die Kategorien der Basisebene anhand der Summe der Eigenschaften, die einen hohen Typikalitätsgrad, d.h. eine hohe Cue-Validität aufweisen, bestimmen lassen. Die kognitive Priorität der Basisebene gründet sich auf die folgenden vier Eigenschaften. Die erste Eigenschaft bezieht sich darauf, daß die Basisobjekte eine signifikante Anzahl von Attributen gemeinsam haben. Eine weitere Eigenschaft der Basisobjekte besteht darin, daß sie über ähnliche motorische Programme verfügen, d.h. daß sie in ähnlicher Weise praktisch gehandhabt werden. Hierunter wird die Ebene der Handlungsäquivalenz verstanden, weil neben den sensorischen Anteilen die Handlungsanteile vorrangig zur spezifischen Merkmalscharakteristik von

Basiskategorien beitragen. Desweiteren besitzen Basisobjekte eine ähnliche Form und können als weitere Eigenschaft anhand der durchschnittlichen Gestalt von Objekten der Kategorie identifiziert werden.

In der eigenen Modellierung erfolgt die Klassifikation von Objekten anhand perzeptueller Merkmale, d.h. es werden vorrangig perzeptionsnahe Merkmale als Informationsinput berücksichtigt. Die Kategorien auf der Basisebene und die Konstruktion der Kategorieprototypen bilden sich auf der Basis dieser perzeptionsnahen Merkmale heraus. Aus der Annahme über die *durchschnittliche Gestalt* auf der Basisebene wird abgeleitet, daß die gemittelte Größeninformation ein konstituierendes Merkmal der Basisobjekte ist. Die Größeninformation geht zusammen mit der Forminformation über getrennte Kanäle in die Verarbeitung ein (vgl. 5.3.1). Auf diese Weise beinhaltet der Prototyp auf der Basisebene zum einen die durchschnittliche Formrepräsentation und zum anderen die Repräsentation der durchschnittlichen Größe. Die Kategorisierung des Prototypen mit der gemittelten Repräsentation der Größe erfolgt somit auf der Basisebene.

In der Betrachtung der vertikalen Abstraktionsebene bildet der Prototyp der mittleren Abstraktionsebene den Ausgangspunkt zu weiteren Verarbeitungsprozessen.

Werden die abstrakt gemittelten Merkmale durch die konkreten Ausprägungen eines Exemplars ersetzt, so führt dieser Vorgang zu einem konkreten Exemplar dieser Klasse. Diesen Übergang vom abstrakten Prototypen zur Konzeptualisierung eines konkreten Exemplars wird als *Instanziierung* bezeichnet (vgl. 4.1.2.2). Die abstrakte Prototypenrepräsentation auf der Basisebene ist eine unkonkrete Repräsentation. Diese Form der Repräsentation stellt eine ökonomische Speicherung dar, die den schnellen Informationsabruf für innere, unbewußt ablaufende Verarbeitungsprozesse ermöglicht, denn aufgrund der Cue-Validität vereint sie die größte Informationsdichte bei gleichzeitig höchster Distinktivität. Die Repräsentation des abstrakten Prototypen hat damit auch eine Default-Funktion, d.h. die Repräsentation geht als Top-down-Erwartung in die Prozesse der Konzeptualisierung ein. Da, wie im Modell angenommen, bei der Konstruktion des abstrakten Prototypen die Größeninformation wesentlich beteiligt ist, kann eine solche Erwartung beispielsweise die eines durchschnittlich großen Hundes sein. Die Repräsentation mit durchschnittlicher Wertebelegung im Größenbereich wird dabei nicht konkretisiert, d.h. es muß kein

spezifisches Exemplar mit seinen konkreten Ausprägungen konzeptualisiert werden. Der Übergang von der Basisebene zur untergeordneten Ebene vollzieht sich mit dem Prozeß der Instanziierung wie im folgenden Beispiel. Erzählen die Eltern ihren Kindern von einem Besuch bei Bekannten und von dem dort angetroffenen großen Hund, so können sich die Kinder aufgrund ihrer Lebenserfahrung beispielsweise eine Dogge vorstellen, indem sie von der gemittelten Repräsentation „Hund“ gekoppelt mit der prototypischen Eigenschaft „groß“ zum Exemplarbegriff „Dogge“ gelangen.

Mithilfe des abstrakten Prototypen mit der durchschnittlichen Größeninformation lassen sich Ebenenverschiebung nach unten zur spezifischeren Ebene aber auch nach oben hin zur übergeordneten Ebene modellieren. Hierzu zählen insbesondere die Instanzierungsprozesse, die zur spezifischeren Ebene führen sowie die Verschiebung des Abstraktionsniveaus auf ein allgemeineres, übergeordnetes Level (vgl. 4.3.2).

Die Bedeutung der Basisebene für den Konzeptualisierungsprozeß spiegelt sich wider im Sprachproduktionsprozeß, wenn in der Phase der Formulierung eine Assoziation der konzeptuellen Repräsentationen mit den Wortkonzepten erfolgt. Die Basisebene hat Einfluß auf die Wahl der Benennung im Sprachproduktionsprozeß. Bei der Objektkategorisierung werden Objekte am häufigsten und am schnellsten auf dem Basisniveau benannt (Rosch u.a., 1976). Umgekehrt erleichtert der Name der zugehörigen Basiskategorie die Identifikation eines gesuchten Objekts. Auf die Bevorzugung der mittleren Abstraktionsebene wird im folgenden Abschnitt im Zusammenhang mit der Ebenenwahl bei der Sprachproduktion eingegangen. In 4.3.2 wird aufgezeigt, wie sich unter Involvierung der beiden Verarbeitungstools der Wechsel zwischen den verschiedenen Abstraktionslevels modellieren läßt.

### **4.3 Modellierungen dynamischer Prozesse mit dem V- und D-Modul**

#### **4.3.1 Wissensnutzung**

Auf der Grundlage der dynamischen Konzeptaktivierung im Sprachproduktionsprozeß stellt Kiefer (1995) ein Verlaufsmodell zur Modellierung der Selektion der Spezifitätsebene bei der Objektkategorisierung und Objektbenennung vor. In seinen

Ausführungen stellt er die sowohl von Seiten des kognitiv-funktionalen (Rosch, 1976) als auch von Vertretern des kommunikativ-funktionalen Ansatzes (Grice, 1979) aufgestellte Auffassung in Frage, ob die mittlere Abstraktionsebene in jedem Fall bei der Objektreferenz die bevorzugte Benennungsebene darstellt. Nach Kiefer variiert das Level der lexikalischen Spezifität mit den perzeptuellen Eigenschaften der Objektattribute. Unter Zeitdruck wird die Basisebene gewählt, weil die Kategorisierung sich hauptsächlich auf die Forminformation bezieht. Bei mehr zur Verfügung stehender Zeit können weitere perzeptuelle Merkmale in die Kategorisierung einbezogen werden und es resultiert daraus eine Kategorisierung und in der Folge eine Benennung auf der spezifischeren Ebene (Anm. 17). Weitere Einflußgrößen sind die kognitiven Voraussetzungen des Sprechers wie das Vorwissen oder die Vorerfahrung. Schließlich determinieren bestimmte Aspekte der Kommunikationssituation wie die Partnereinschätzung oder das kommunikative Ziel die Selektion der Abstraktionsebene. Beim kommunikativen Ziel läßt sich beispielsweise unterscheiden, ob eine Beschreibung oder eine Instruktion produziert werden soll. Entsprechend erfolgt die Benennung jeweils entweder auf der spezifischeren oder abstrakteren Ebene (Mangold-Allwinn u.a., 1995).

Das von Kiefer vorgeschlagene Modell zur Bestimmung der lexikalischen Spezifität bei der Objektreferenz beschreibt die Objektbenennung als einen dynamisch verlaufenden Prozeß der Aktivierung von Konzepten und Wortrepräsentationen. Dabei werden Konzept- und Wortrepräsentationen nicht einmalig vom LZG abgerufen, sondern im Verlauf der Produktion aus einzelnen Komponenten generiert. Diese Komponenten sind keine semantischen Primitiva, sondern Konzept- und Wortbestandteile mit ihren unterschiedlichen Modalitäten (vgl. 4.2.2.2). Der Prozeß der Objektbenennung gliedert sich in die Subprozesse Konzeptaktivierung und Aktivierung der Wortrepräsentation. Beide Subprozesse sind beeinflusst von situationalen Faktoren und dem Langzeitwissen und dem linguistischen Wissen des Sprechers. Zwischen den Kategorisierungskomponenten der Konzepte und den Wortrepräsentationen auf der jeweils entsprechenden Abstraktionsebene bestehen assoziative Verbindungen. In der Modellierung sind hierfür starke, also exzitatorische Verbindungsstärken vorgesehen. Sie können jedoch durch situationale Faktoren beeinflusst werden.

Der Ansatz von Kiefer geht davon aus, daß sich Konzepte und damit zusammenhängend das Kategorisierungslevel im Sprachproduktionsverlauf verändern. Ein wichtiger Zusammenhang besteht dabei zwischen der Verarbeitung der perzeptuellen Objektinformation und dem Kategorisierungslevel. Da die Forminformation schneller verarbeitet wird als die anderen Eigenschaften der wahrgenommenen Objekte und diese Eigenschaft für die Identifikation auf der Basisebene ausreichend ist, müßten zu einem frühen Zeitpunkt eher Basisebenen-Benennungen und zu einem späteren Zeitpunkt vermehrt Benennungen auf untergeordneter Ebene erfolgen. Die Benennung auf übergeordneter Ebene wird als Top-down-Prozeß beschrieben, bei dem zusätzliche nicht-perzeptuelle Komponenten aktiviert werden, die einen LZG-Zugriff erfordern. Mit experimentellen Studien konnte Kiefer zeigen, daß auf der untergeordneten Ebene kategorisiert wird und entsprechende Benennungen in Abhängigkeit von längeren Darbietungszeiten und bei höherem Vertrautheitsgrad der Objekte erfolgen. Der Einfluß der Typikalität auf die Ebenenwahl bleibt hingegen m.E. ungeklärt. Mit der Methode der Messung der Event-Related-Potentials (ERP) ließen sich die kognitiven Verarbeitungswege, die zu Benennungen auf unterschiedlichem Spezifitätsniveau führen, nachzeichnen.

Anhand der Prozesse der Objektkategorisierung und Objektbenennung, die zu den unterschiedlichen Spezifitätsebenen führen, wird deutlich, daß der Sprachproduktionsprozeß sich dynamisch und mit Regreß auf subsymbolische Elemente, der fließend ineinanderübergehenden Repräsentationen vollziehen muß. In der Folge werden aus dem kontinuierlichen Verlauf drei Teilprozesse betrachtet, um anhand dieser Prozesse die Wissensnutzung mit Hilfe der „tools“ für das Dimensionsadjektiv „groß“ zu erklären. Zunächst werden diese Teilabläufe auf dem markentheoretischen Hintergrund dargestellt. Im Anschluß an jeden Teilablauf wird aufgezeigt, welche Funktion hierin den beiden Verarbeitungsmodulen zukommt.

Eine Erweiterung des markentheoretischen Ansatzes stellt die Übertragung der Markenbegrifflichkeit in eine Netzwerkbegrifflichkeit dar (Graf u.a., 1996). Sie bildet die Grundlage für eine konnektionistische Modellierung der Abläufe. In 4.2.2.2 wurden in Zusammenhang mit der dynamischen Konzeptbildung mit den Figuren, Konzepten und Wörtern drei Repräsentationskategorien unterschieden. In der

konnektionistischen Modellierung von Graf u.a. wird für jeden dieser Markenkomplexe ein Netzwerk angenommen. Innerhalb dieser Netzwerke gibt es jeweils drei Teilnetze für die drei Repräsentationsmodi imaginal, abstrakt-strukturell und emotiv-bewertend. Diese modalen Teilnetze sind in Felder gegliedert, welche bestimmte Marken der einzelnen Modalitäten zusammenfassen. Eine einzelne Marke, d.h. ein Markentoken entspricht in der Netzwerkbeziehung einer Unit. Es bestehen Aktivationsbewegungen sowohl zwischen als auch innerhalb der einzelnen Netzwerke. So steht beispielsweise das Konzeptnetz in wechselseitiger Verbindung zum Figur- und Wortnetz. Innerhalb eines Netzes breitet sich die Aktivierung von der Eingabeschicht über die versteckten Schichten hin zur Ausgabeschicht aus.

Die Abläufe, welche hier anhand der drei Teilabläufe, die für die Sprachproduktion einer Objektbenennung unterschieden werden, lassen sich in dieser erweiterten Auffassung des Markenansatzes mit Hilfe eines Aktivationsausbreitungsmodells modellieren. Im Vergleich zu der eigenen Modellkonzeption ist dabei wichtig zu sehen, daß die zugrundegelegten Netze bei Graf u.a. bereits gelernt haben. Das bedeutet, daß Sprachproduktionsabläufe auf der Grundlage von vorgegebenen Strukturen von Verbindungen und Verbindungsgewichten modelliert werden. Im Gegensatz dazu verbindet die eigene Modellierung die Abläufe der Sprachproduktion mit Lernprozessen, die zu Veränderungen des Netzes führen.

1. Der erste Teilablauf beinhaltet die Prozesse von der perzeptuellen Analyse einer Reizvorlage bis zur Entstehung einer figuralen Repräsentation. Bei der perzeptuellen Analyse einer Reizvorlage werden zunächst einige der imaginalen Marken aktiviert. Es wird dabei angenommen, daß globale visuelle Eigenschaften wie Konturinformationen schneller verarbeitet werden als andere feinere perzeptuelle Merkmale, die beispielsweise die Umrisse exakter beschreiben (Kiefer, 1995). Zeitlich geringfügig versetzt werden die abstrakt-strukturellen Merkmale aktiviert. Anhand der Aktivierung der imaginalen und abstrakt-strukturellen Marken wird eine figurale Repräsentation aufgebaut (Herrmann u.a., 1996). Bezüglich des zeitlichen Verlaufs der Aktivierung der imaginalen und abstrakt-strukturellen Marken stellen die Autoren zwei unterschiedliche Annahmen vor. Zum einen wird davon ausgegangen, daß beim figuralen Aufbau das Aktivationsmuster im imaginalen Teilnetz schneller vorliegt als

im abstrakt-strukturellen Teilnetz. Daraus läßt sich folgern, daß ein Markenkomplex der Repräsentatskategorie Figur zu keinem Zeitpunkt lediglich einen abstrakt-strukturellen Teilkomplex besitzt, weil gemäß dieser Annahme die imaginalen Bestandteile zum Zeitpunkt der Aktivierung der abstrakt-strukturellen Marken bereits aktiviert sind (Graf u.a., 1996). Die andere Annahme geht von paralleler und verteilter Informationsverarbeitung bei der visuellen Wahrnehmung aus, was einer gleichzeitigen Aktivierung der imaginalen und abstrakt-strukturellen Teilnetze entspricht. Die visuelle Verarbeitung ist kein reiner Bottom-up-Prozeß, bei welchem die sogenannten Low-level-Features vorrangig verarbeitet werden. Bei der Erzeugung eines figuralen Repräsentats wetteifern vielmehr Bottom-up- und Top-down-Prozesse (Zimmer, 1995). Zu den Top-down-Prozessen zählt die Aktivierung der abstrakt-strukturellen Merkmale. Als Folge dieses Wettstreits entsteht das figurale Repräsentat. Unabhängig von den beiden unterschiedlichen Annahmen entsteht in beiden Fällen am Ende dieses Teilprozesses die figurale Repräsentation. Diese figurale Repräsentation ist insofern als sinnfrei zu bezeichnen, als daß sie noch nicht mit einem Konzept assoziiert ist (Herrmann u.a. 1996). Erst die Assoziation mit einem Konzept verleiht der figuralen Repräsentation somit Bedeutung.

Die eigene Modellierung geht ebenfalls davon aus, daß zunächst eine figurale Repräsentation aufgebaut wird. Die für die Konzeptualisierung von „groß“ zusätzliche Annahme besteht darin, daß ein weiterer Verarbeitungsschritt erfolgt. Dieser Verarbeitungsschritt bezieht sich darauf, daß die Größenwertbelegung der figuralen Repräsentation, die sich aus der Forminformation ergibt, als ex-Wert ins V-Modul geladen wird. Liegen im V-Modul zwei solche figuralen Repräsentationen vor, so kann auf diese Weise ein Größenvergleich erfolgen. Das Aktivierungsmuster des V-Moduls kann in der Folge mit einer Benennung mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ assoziiert werden. Während in der Modellkonzeption von Herrmann u.a. (1996) kein Aktivationsfluß zwischen dem Figurnetz und dem Wortnetz angenommen wird, geht die eigene Modellierung davon aus, daß durch die Involvierung des V-Moduls eine Verbindung zwischen Figurnetz und Wortnetz hergestellt werden kann, ohne daß eine Assoziation mit einer Repräsentation des Konzeptnetzes erfolgen muß. Das Aktivierungsmuster im V-Modul, das der Konzeptualisierung von „groß“ entspricht, kann in der Folge mit einem oder mehreren Wortkonzepten, je nach

Aktivierungsprofil der Ausgabeschicht assoziiert werden. Im V-Modul können somit zwei sinnfreie figurale Repräsentationen miteinander verglichen werden. Graf u.a. (1996) weisen auf die Möglichkeit der sinnfreien Verarbeitung von figuralen Repräsentationen hin. Hierzu zählen sie mögliche Entscheidungsurteile über Gleichheit, Ungleichheit oder Ähnlichkeit von figuralen Repräsentationen, die noch nicht mit einer konzeptuellen Repräsentation assoziiert sind.

Für den ersten Teilprozeß können die folgenden beiden Verlaufs-Hypothesen aufgestellt werden:

*V-Hypothese 1: Die Verarbeitungsprozesse, die sich nur auf die figuralen Repräsentationen beziehen, erfolgen schneller als solche mentalen Prozesse, bei denen auf konzeptuelle Repräsentationen Bezug genommen wird (Anm. 18).*

*V-Hypothese 2: Je größer die Größenunterschiede der figuralen Repräsentationen, desto schneller bilden sie sich im V-Modul heraus. Daraus ergibt sich, daß die Assoziation dieses Aktivierungsmusters mit einem Wortkonzept schneller erfolgen kann (Anm. 19).*

2. Der zweite Teilablauf umfaßt den Verarbeitungsprozeß von der figuralen Repräsentation zum Aufbau einer konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe. Dieser Verarbeitungsschritt umfaßt die Assoziation der figuralen Repräsentation mit einem Konzept. Zunächst werden die imaginalen Marken des konzeptuellen Teilnetzes von den entsprechenden imaginalen Marken des figuralen Teilnetzes aktiviert. Die Aktivierung zwischen Teilnetzen der gleichen Modalität hat einen höheren exzitatorischen Effekt als Aktivierungen zwischen Teilnetzen unterschiedlicher Modalität. Man spricht hier von intramodaler Resonanz (Graf u.a., 1996). Als Folge dieser Annahme ergibt sich, daß die Aktivierung im imaginalen Teilnetz des Konzeptnetzes schneller vorliegt, als die Aktivierungsmuster der abstrakt-strukturellen oder emotiv-bewertenden Teilnetze. Beim Aufbau der figuralen Repräsentation gibt es, wie oben beschrieben, eine Abfolge bei der Aktivierung der imaginalen Merkmale. Die gröberen perzeptuellen Merkmale wie die Konturinformationen werden schneller verarbeitet als die feineren perzeptuellen

Merkmale. Aufgrund der intramodalen Resonanz werden die entsprechenden Units des imaginalen Teilnetzes des Konzeptnetzes schneller und damit früher aktiviert. Die Konzepterzeugung basiert zu einem frühen Zeitpunkt demnach auf dieser größeren Umriß- und Forminformation. Anhand dieser Informationen kann das Objekt auf der mittleren Abstraktionsebene als Basis-Level-Objekt kategorisiert werden (Kiefer, 1995).

Die konzeptuelle Kategorisierung auf der mittleren Abstraktionsebene in der eigenen Modellierung wird in der Folge als Kategorisierung der frühen Stufe bezeichnet. Diese Repräsentation entsteht dadurch, daß eine bestimmte Figur mit ihren Konturinformationen mit demjenigen Konzept assoziiert wird, welches mit dieser Information am besten übereinstimmt. Das gebildete Konzept auf der mittleren Abstraktionsebene stellt die gemittelte Repräsentation für die mit dem Konzept erfaßte Klasse dar. Die eigene Modellierung geht davon aus, daß diese gemittelte Repräsentation die Information über die durchschnittliche Größe der Objekte dieser Klasse enthält. Dieser Wert hat sich in Folge von Lernprozessen herausgebildet. Auf diese Lernprozesse, die untrennbar mit den Sprachproduktionsprozessen verbunden sind, wird im Zusammenhang mit dem dritten Teilablauf eingegangen. Für den Sprachproduktionsverlauf wird angenommen, daß der prototypische Größenwert als end<sub>2</sub>-Wert in das V-Modul eingeht. Hier kann dieser Wert zusammen mit dem bereits eingegangenen ex-Wert der figuralen Repräsentation, die die Aktivierung der konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe mit dem end<sub>2</sub>-Wert bewirkt hat, verarbeitet werden. Im V-Modul wird also die figurale Repräsentation mit dem Kategorieprototypen in bezug auf seine Größe verglichen. Das konzeptuelle Ausgabemuster kann in der Folge mit einem syntaktisch/semantischen Muster der relativen Komparation assoziiert werden. Mit der Modellierung der konzeptuellen Prozesse wird ersichtlich, daß es sich um ein konzeptuelles Muster der relativen Komparation handeln kann, denn bei einer möglichen assoziierten Benennung wie beispielsweise „großer Hund“ kann eine Konzeptualisierung erfolgt sein, daß das Zielobjekt größer als ein durchschnittlicher Hund ist (Anm. 20). Bei der Benennung findet somit im Falle des Dimensionsadjektivs „groß“ keine Eins-zu-eins-Übertragung der konzeptuellen Strukturen auf die formulativen Strukturen statt. Vielmehr wird das Aktivierungsmuster im V-Modul mit einer Benennung assoziiert, die eine Reduktion

der zugrundeliegenden Information darstellt, weil der Vergleichswert, der beim Konzeptualisierungsprozeß in das V-Modul eingegangen ist, nicht Bestandteil der verbalisierten Oberflächenstruktur wird (Anm. 21).

Für die Formulierung im Sprachproduktionsprozeß wird davon ausgegangen, daß die Wahrscheinlichkeit für die Encodierung der Merkmalseigenschaft Größe davon abhängig ist, wie stark sich die beiden Werte im V-Modul in bezug auf das Merkmal Größe unterscheiden. Hierzu wird folgender Zusammenhang für den Verlauf mit der V-Hypothese 3 formuliert:

*V-Hypothese 3: Je größer die Abweichung eines Exemplars einer Kategorie in Bezug auf die Größe zum Kategorieprototypen, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, daß diese Eigenschaft in der Folge benannt wird.*

Die V-Hypothese 3 baut auf der V-Hypothese 2 auf, die besagt, daß sich größere Größenunterschiede schneller herausbilden. Wird zusätzlich von einem inkrementellen Verlauf bei der Sprachproduktion ausgegangen (vgl. 1.2.3), bedeutet das, daß ein Aktivierungsmuster im V-Modul, das einer Konzeptualisierung von großen Größenunterschieden entspricht, auf der Formulierungsebene bereits encodiert wird, obwohl zu diesem Zeitpunkt der Sprachproduktion noch nicht feststeht, ob die Größeneigenschaft, die bereits encodiert wurde, beispielsweise eine diskriminierende Eigenschaft bei der Produktion einer Objektidentifikation ist. Für die weitere Sprachproduktion bedeutet das, daß eine Nennung der Eigenschaft „Größe“ auch dann erfolgt, wenn diese nicht notwendig wäre, um ein bestimmtes Objekt eindeutig zu identifizieren. In der Literatur ist die Produktion von überspezifizierten Bezeichnungen mehrfach untersucht worden (vgl. Pechmann, 1994). Auf die entsprechenden Experimente wird in 5.1.2.2 eingegangen. Mit der hier vorgestellten Modellierung kann das Phänomen der Überspezifizierung anhand konzeptueller Prozesse erklärt werden.

3. Der dritte Teilablauf umfaßt den Ablauf von der konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe zur konzeptuellen Repräsentation der späten Stufe. Der um die Netzwerk begrifflichkeit erweiterte markentheoretische Ansatz geht davon aus, daß im

weiteren Verarbeitungsverlauf aufgrund der zusätzlichen Aktivierung von Merkmalen in den anderen modalen Teilnetzen eine zunehmend merkmalsreichere Repräsentation aufgebaut wird (Kiefer, 1995). Das Resultat ist eine Kategorisierung, die auf der untergeordneten Ebene anzusiedeln ist. In der Folge wird diese Repräsentation als konzeptuelle Repräsentation der späten Stufe bezeichnet und kann als Instanziierung der konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe verstanden werden. Die Wertebelegung der Repräsentation der späten Stufe geht in die Errechnung der Größenwertbelegung des Kategorieprototypen ein. Sie hat, wenn auch jeweils nur minimalen Einfluß, auf die Veränderung dieser Größenwertbelegung. Somit verändert jeder neu eintreffende Wert, d.h. jeder Größenwert aus dem Instanziierungsprozeß, die Größenwertbelegung des Prototypen geringfügig.

Für die Klassifizierung der Größeninformation bedeutet das, daß sie im Kontext der jeweiligen konzeptuellen Repräsentation klassifiziert wird. Ein und dieselbe Größe kann in einem konzeptuellen Kontext eines Kategorieprototypen als „groß“ und in einem anderen als „klein“ kategorisiert werden. So trägt beispielsweise ein und derselbe Größenwert in einem Fall zum Skalenbereich „kleiner Mann“ und in einem anderen Kontext zur Ausbildung des Skalenbereichs „große Frau“ bei. Dieser Vorgang vollzieht sich gemäß der eigenen Konzeption im D-Modul. Hier bilden sich für die entsprechenden Objektklassen je nach Größenwertstreuung unterschiedlich differenzierte Bezugssysteme aus. Die diesbezüglichen Annahmen wurden in 2.1.2 als M6- und M7- Hypothesen formuliert.

Es zeigt sich, daß die Abläufe der Sprachproduktion untrennbar mit Lernprozessen verbunden sind. Indem ein Objekt im Sprachproduktionsprozeß zunächst kategorisiert wird, um dann in der Folge mit einer Benennung assoziiert werden zu können, trägt es zu der Ausbildung genau des Wissensbesitzes bei, auf den bei der Sprachproduktion Bezug genommen wird. Das sprachproduzierende Individuum ist somit selbst ein autopoietisches System, d.h. durch den Austausch mit der Umwelt konstituiert und verändert es sich ständig (vgl. 2.1.1.1). Für das in der eigenen Konzeption vorgestellte Verlaufsmodell bedeutet das, daß die Größeninformation der figuralen Repräsentation nach der Assoziation mit einer konzeptuellen Repräsentation zum Aufbau des Bezugssystems der entsprechenden Objektklasse genutzt wird. Diese Vorgänge wurden in 4.1.2.2 als Hintergrunds-Updating bezeichnet. Mit der Konzeptualisierung

der frühen Stufe wird das Aktivationsmuster des abstrakten Kategorieprototypen mit einer w/n-Wertebelegung der Größenmarke zur Verfügung gestellt. Dieser prototypische Größenwert kann entweder den Ausgangspunkt bilden für weitere Verarbeitungsschritte, mit denen in der Folge beispielsweise das Spezifitätsniveau der Konzeptualisierung reguliert wird. Auf diese Abläufe wird im folgenden eingegangen.

#### **4.3.2 Wissensaufbau**

Die Bedeutung der Größeninformation für die Regulierung des Spezifitätslevels fußt auf den beiden Modellannahmen, zum einen der Pars-pro-toto-Funktion der Größeninformation für die Konstruktion der Prototypen und zum anderen der Funktion der Prototypen auf der Basisebene für den Aufbau von Wissensbesitz. Die daraus folgende Annahme, daß der Größeninformation für den Aufbau von Wissensbesitz eine wichtige Rolle zukommt, wird im folgenden anhand der eigenen Modellierung verdeutlicht.

Im vorherigen Abschnitt wurde gezeigt, wie im Sprachproduktionsverlauf zunächst auf der mittleren Abstraktionsebene kategorisiert und in der Folge eine merkmalsreichere konzeptuelle Repräsentation auf untergeordneter Ebene aufgebaut wird. Hierfür sind vor allem Bottom-up-Prozesse verantwortlich.

Für die Kategorisierungen auf übergeordneter Ebene stellt Kiefer (1995) fest, daß diese nicht unmittelbar auf der Grundlage des perzeptuellen Inputs ausgeführt werden, sondern daß zusätzliche Top-down-Aktivierungen benötigt werden. Das bedeutet, daß auf längerfristig gespeichertes LZG-Wissen zugegriffen werden muß. Mithilfe der Messung der ERPs kann Kiefer einen entsprechenden Verarbeitungsweg nachzeichnen. Nach ca. 130ms spaltet sich der Verarbeitungsweg für die untergeordnete Kategorisierung und nach ca. 230ms der Verarbeitungsweg für die übergeordnete Kategorisierung von der mittleren Ebene ab. Bei den Abläufen, die zur übergeordneten Kategorisierung führen, läßt sich eine Aktivierung solcher Regionen nachweisen, die als semantische Regionen angesehen werden. Damit stellt sich die Frage nach der Modellierung der Verarbeitung der übergeordneten Kategorisierungen.

Graf u.a. (1996) stellen hierfür eine Modellierung vor, die die Oberbegriffsbildung auf der übergeordneten Ebene als einen Abstraktionsprozeß beschreibt, in dessen Verlauf zwei Konzepte einem übergeordneten Konzept zugeordnet werden. Die Steuerung dieses Prozesses vollzieht sich durch die sogenannten Internet-Planknoten, die den Übergang von einem Netz zu einem anderen steuern, indem sie die Verbindungsgewichte beeinflussen. Bei der Oberbegriffsbildung, die ihren Ausgangspunkt in der Wortaktivierung nimmt, pflanzt sich die Aktivierung bis zur Ausgabeschicht des Wortnetzes fort. Zu diesem Zeitpunkt blockieren die Internet-Planknoten die Weitergabe der Aktivierung an das nachgeordnete Konzeptnetz. Die Aktivierung wird in das Wortnetz in sogenannte rekurrente Schichten zurückgegeben. Diese leiten die Aktivierung wieder an die Ausgabeschicht des Wortnetzes. Parallel dazu kann ein zweites Aktivierungsmuster, das sich ausgehend von der Eingabeschicht fortgepflanzt hat, an der Ausgabeschicht des Wortnetzes eintreffen. An der Ausgabeschicht des Wortnetzes liegen somit zwei Aktivierungsmuster gleichzeitig vor. Der hemmende Einfluß der Internet-Planknoten wird nun aufgehoben. Auf diese Weise kann das nachfolgende Konzeptnetz Inputaktivierung vom Wortnetz erhalten. Dabei geht von denjenigen Units der Ausgabeschicht des Wortnetzes, die von beiden Aktivierungsmustern aktiviert werden eine höhere Aktivierung aus, als von den Units, die nur von einem Muster aktiviert sind. Die Aktivierung breitet sich durch das Konzeptnetz hindurch aus. Als Folge erhält die Ausgabeschicht des Konzeptnetzes ein Aktivierungsmuster, welches die Gemeinsamkeiten der beiden Ausgabeaktivierungsmuster heraushebt. Wird die Aktivierung in das Wortnetz geleitet, so entsteht in der Folge eine Benennung auf der übergeordneten Ebene in Form eines Oberbegriffs.

Die Modellierung der Oberbegriffsbildung bei Graf u.a. (1996) beinhaltet m.E. die Möglichkeit auf der Grundlage der dynamischen konzeptuellen Repräsentationen auch solche Abläufe zu modellieren, die zu einer flexiblen Oberbegriffsfindung führen können. Demgegenüber liegt der Schwerpunkt der eigenen Modellierung auf der Integration von Lernprozessen, die sowohl für den temporären wie auch den längerfristigen Wissensaufbau verantwortlich sind. Dabei spielt der Default-Charakter des Prototypen für die Wissensnutzung eine wesentliche Rolle, da so die schnelle Verfügbarkeit der inneren Repräsentationen und gleichzeitig auch das ökonomische

Speicherprinzip verwirklicht sind. Der Prototyp stellt die Basis dar für die Regulierung des Spezifitätslevels. Diese Regulierungsprozesse erlangen Bedeutung für den Sprachproduktionsprozeß mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ im Zusammenhang mit der Konzeptualisierung einer Bezugsmenge (vgl. 4.1.2.2). Aus dieser Bezugsmenge entstammt der prototypische Wert, der als Vergleichswert in das V-Modul eingehen kann. In einer Äußerung wie „dieser Mann ist groß“ kann dieser Wert der Bezugsmenge „Männer“ entstammen und in der Äußerung „Giraffen sind groß“ kann „Tiere“ als Bezugssystem der Konzeptualisierung fungieren. Es stellt sich die Frage nach dem Aufbau des Bezugssystems, bzw. dem Aufbau von längerfristigem Wissen, wobei im Falle der Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ die Ausbildung von Bezugssystemen auf unterschiedlichem Abstraktionsniveau eine wichtige Rolle spielt. Die Prozesse der Kategorisierung auf unterschiedlichen Spezifitätsebenen werden im folgenden mit Hilfe der Prototypen-Annahme anhand von fünf Regulationsverläufen dargestellt.

1. Die erste Regulierung des Spezifitätslevels umfaßt den Verlauf vom Prototypen zum prototypischen Vertreter und weiteren Exemplarbegriffen auf der untergeordneten Ebene. In 4.2.3.1 wurde zwischen dem abstrakten Prototypen und dem prototypischen Vertreter differenziert. Im eigenen Modell weist der abstrakte Prototyp die w/n-Wertebelegung der Größenmarke auf. Der abstrakte Prototyp ist unkonkret, weil imaginaler Bestandteile nicht aktiviert werden. Dieser abstrakte Prototyp wird für innere Verarbeitungsabläufe benötigt. Der prototypische Vertreter hingegen weist neben der w/n-Wertebelegung der Größenmarke zusätzlich weitere Wertebelegungen der imaginalen Marken auf. Der prototypische Vertreter ist konkret und vorstellbar. Der Ablauf vom abstrakten Prototypen zum prototypischen Vertreter vollzieht sich, indem zusätzliche Eigenschaften instanziiert werden. Das resultierende Aktivierungsmuster des prototypischen Vertreters weist weiterhin die gemittelte Größenwertbelegung des abstrakten Prototypen auf. In der eigenen Modellierung bilden sich neben der gemittelten Repräsentation mit dem w/n-Bereich für weitere Skalenabschnitte prototypische Repräsentationen heraus (vgl. 4.1.2.2). Wird die Größenwertbelegung auf dem gesamten Skalenbereich mit seinen Skalenabschnitten als Repräsentationen von abstrakten Prototypen der Kategorie verstanden, dann gilt

auf untergeordneter Ebene, daß der Instanziierungsprozeß jeweils zu den entsprechenden Exemplarbegriffen führt. Die Exemplarbegriffe sind merkmalsreichere Repräsentationen.

2. Ein weiterer Regulationsverlauf erfolgt vom abstrakten Prototypen zur übergeordneten Kategorisierung. Im Zusammenhang mit der Oberbegriffsbildung geht Kiefer (1995) davon aus, daß Objekte zunächst auf der mittleren Abstraktionsebene kategorisiert werden, bevor sie unter Zugriff auf LZG-Wissen auf einer übergeordneten Ebene kategorisiert werden können. Bezüglich der Struktur und des Zugriffs auf dieses quasi-stationäre LZG-Wissen auf der übergeordneten Abstraktionsebene werden für die eigene Konzeption die beiden folgenden Annahmen formuliert.

Zum einen vollzieht sich der Aufbau von quasi-stationärem Wissen auf der übergeordneten Ebene mit Hilfe der abstrakten Prototypen. Aus den konzeptuellen Repräsentationen können sich entweder merkmalsreichere Repräsentationen entwickeln wie im Regulationsverlauf 1 beschrieben oder es können in einem anderen Verarbeitungsprozeß übergeordnete Repräsentationen aufgebaut werden. Für die beiden Prozesse existieren physiologisch getrennte Verarbeitungswege (Kiefer, 1995). Die Kategorisierung erfolgt unter Involvierung des D-Moduls. Dort bilden die Prototypen der mittleren Abstraktionsebene den Input für die Kategorisierung der Oberbegrifflichkeit. Die einzelnen w/n-Größenwertbelegungen der unterschiedlichen abstrakten Prototypen gehen in die Dimensionierung der übergeordneten Bezugsmenge ein. Die Prototypen werden aufgrund ihrer Ähnlichkeiten klassifiziert. Die sich herausbildende Repräsentation der übergeordneten Abstraktionsebene ist nicht statisch, sondern verändert sich mit jeder veränderten Prototypenrepräsentation. Wie bei der Errechnung des abstrakten Prototypen laufen beim Aufbau dieser übergeordneten Repräsentation Hintergrunds-Updating-Berechnungen ab, welche die Klassifikation ständig aktualisieren. Der universale Charakter des D-Moduls zeigt sich darin, daß die Ausbildung der prototypischen Repräsentation auf jedem Abstraktionsniveau mit derselben Operation von diesem kognitiven Tool ausgeführt wird.

Zum zweiten kann bei den Prozessen der Konzeptualisierung der Zugriff auf das längerfristige Wissen als Einlesen von Skalenabschnitten des D-Moduls in das V-Modul beschrieben werden. Dabei wird für das V-Modul angenommen (vgl. 4.1.3), daß für das Einlesen der Werte eine Abfolge von großen Werten vor kleinen Werten erfolgt (Anm. 22).

Die eigene Modellierung geht nicht von einer Einbeziehung von Exemplarinformationen bei der Ausbildung der Kategorisierung auf übergeordneter Abstraktionsebene aus. Dieses Vorgehen wird durch die mittels mit der ERP-Methode erzielten Ergebnisse von Kiefer (1995) gestützt, wonach:

„It can be concluded that the increased activity for superordinate categorization is presumable due to extended semantic processing which is not necessary for a basic and subordinate categorization because the latter two categories can be identified on the basis of visual information.“ (Kiefer, 1995, S. 200)

Der abstrakte Prototyp auf übergeordneter Ebene besitzt ausschließlich verarbeitungstechnische Relevanz. Da es sich um eine abstrakte Repräsentation handelt, ist der Prototyp nicht vorstellbar. So kann man sich beispielsweise ein „Säugetier“ auf der abstrakten Ebene ohne weitere Eigenschaften nicht vorstellen. Zur Vorstellung bedarf es daher der Instanziierung, d.h. der Merkmalsanreicherung (vgl. Anm. 11). Dieser Instanzierungsprozeß verläuft sowohl von der übergeordneten zur mittleren Abstraktionsebene als auch von dort zur unteren Abstraktionsebene, wie in Regulationsverlauf 1 gezeigt.

3. Der dritte Regulationsverlauf bezieht sich auf temporäre Bezugssysteme, die keine längerfristige Ausbildung von Prototypen beinhalten, d.h. die keine Prototypen mit einem quasi-stationären Default-Charakter haben. Im Zusammenhang mit der Arbeitsweise der beiden Verarbeitungsmodule wurde der universaler Charakter dieser „tools“ hervorgehoben (vgl. 4.1.2.2). So können Dimensionierungen im D-Modul erfolgen, deren Input nur für eine bestimmte Situation für die Ausbildung des Bezugssystems eingeht und die somit zu einer Konstruktion eines temporären Bezugssystems führen. Das temporäre Bezugssystem wird wie im zweiten Regulationsverlauf mit Hilfe des D-Moduls ausgebildet und es entstehen Skalenbereiche für bestimmte Größenwerte sowie eine gemittelte Größenwertrepräsentation. Prinzipiell ist es also möglich, daß auch solche

Prototypen der mittleren Abstraktionsebene die Inputmenge für die Ausbildung eines temporären Bezugssystems bilden, die neben dem Merkmal „Größe“ nur sehr wenige gemeinsame Merkmale besitzen, die für eine herkömmliche Oberbegriffsbildung erforderlich wären. Da die Kennzeichnung der Bezugsmenge für die konzeptuellen Strukturen des Dimensionsadjektivs „groß“ notwendig ist, muß der resultierende Oberbegriff ebenfalls als temporäre Repräsentation konstruiert werden. Hierzu bietet sich eine Übertragung der Modellierung der Prozesse zur Oberbegriffsbildung bei Graf u.a. (1996) auf diesen Abstraktionsprozeß an. Dieser ließe sich so modellieren, daß die die Kategorisierung konstituierenden Prototypen mit ihren Aktivierungen das Konzeptnetz durchlaufen. In der Ausgabeschicht liegt abschließend ein Muster vor, welches die gemeinsamen Merkmale aller eingegangenen Muster verstärkt repräsentiert. Da die Prototypen untereinander keine großen Ähnlichkeiten aufweisen, gibt es wenige solcher hochaktivierten Merkmale. Für die Aktivierung der Wortknoten im Wortnetz bedeutet das, daß die merkmalsarme Repräsentation mit einer sehr allgemeinen Bezeichnung assoziiert wird. In einem solchen Fall könnte die Bezeichnung „Dinge“ oder „Gegenstände“ produziert werden. Für die bisherigen Regulationsverläufe wurde angenommen, daß die konzeptuelle Struktur nicht in eine Eins-zu-eins-Abbildung in die Oberflächenstruktur einer produzierten Äußerung übernommen wird, sondern daß die syntaktisch/semantischen Muster eine Reduktion darstellen. Diese bezieht sich auf die Deletion des Bezugssystems bzw. der gemittelten Repräsentation. Bei diesem Überführungsprozeß handelt es sich um eine Default-Einstellung. Für die temporären Bezugssysteme bzw. deren gemittelte Repräsentationen wird angenommen, daß bei der Überführung der konzeptuellen Strukturen in Strukturen auf der formulativen Ebene im Sprachproduktionsprozeß die Wahrscheinlichkeit erhöht ist, daß keine Deletion der konzeptuellen Information erfolgt. Die erzeugten Strukturen werden daher vermutlich eher mit einem prädikativen Muster assoziiert, bei welchem das Vergleichsobjekt an der Oberfläche des syntaktisch/semantischen Musters explizit realisiert ist. Die inneren Verarbeitungsvorgänge werden so widergespiegelt, indem sie in der Oberflächenstruktur der produzierten Äußerung transparent gemacht werden. Diese theoretische Überlegung soll an einem Beispiel abschließend verdeutlicht werden. Im Zusammenhang mit der Arbeitsweise des V- und D-Moduls wurde in

4.1.2.2 aufgezeigt, daß bei einer Kapazitätsüberlastung des Arbeitsgedächtnisses ein Informationsfluß vom V-Modul hin zum D-Modul erfolgen kann. So kann im D-Modul beispielsweise eine Dimensionierung erfolgen für eine perzeptuell vorliegende Menge von verschiedenen Arbeitsmaterialien, die zum Zusammenbau eines Modellflugzeuges benötigt werden. Die temporäre Bezugsmenge wird von den verschiedenen Bauteilen wie Schrauben u.s.w. gebildet. Gemäß der obigen Annahme müßte bei einer Produktion einer Anleitung für den Zusammenbau des Flugzeuges folglich die Wahrscheinlichkeit höher sein, daß die Konzeptualisierung des Bezugssystems beispielsweise in der Produktion einer Instruktion „nimm ein großes Teil“ in die Oberflächenstruktur eingeht.

4. Die vierte vorgestellte Regulierung umfaßt den Verlauf vom Exemplarbegriff zum Prototypen. Bisher wurden Abläufe beschrieben, welche den abstrakten Prototypen der mittleren Abstraktionsebene zum Ausgangspunkt hatten und mit seiner Hilfe wurden konzeptuelle Repräsentationen der untergeordneten oder übergeordneten Spezifitätsebenen aufgebaut. Mit dem hier vorgestellten Ablauf wird die umgekehrte Verlaufsrichtung beschrieben. Dieser Prozeß ist von bestimmten Zielsetzungen des Sprechers abhängig. Wie in 4.3.1 dargestellt, wird zunächst eine figurale Repräsentation mit einer konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe assoziiert. Im weiteren Verlauf baut sich mit zunehmender Wertebelegung eine konzeptuelle Repräsentation der späten Stufe auf. Die konzeptuelle Repräsentation der frühen Stufe wird vorrangig mit Bezeichnungen der Basisebene, d.h. einer Basis-Level-Bezeichnung assoziiert, während die konzeptuelle Repräsentation der späten Stufe hingegen mit Bezeichnungen der niedrigeren Ebene belegt wird (Kiefer, 1995; Mangold-Allwinn u.a., 1995). Diese Zuordnungen stellen den Normalfall dar. Die Default-Zuordnungen können jedoch durch den Einfluß situativer Bedingungen modifiziert werden. Ein Faktor hierfür ist beispielsweise die Sprechereinschätzung bezüglich des Adressatenwissens. Ein erwachsener Sprecher kann für eine Kategorisierung der spezifischeren Ebene eine Basis-Level-Bezeichnung wählen, wenn er mit einem Kind spricht. Er nimmt dann eine Einschätzung seines Gesprächspartners vor und geht in diesem Fall beispielsweise davon aus, daß das Wissen um die spezifischere Bezeichnung noch nicht vorausgesetzt werden kann. Es kann generell davon ausgegangen werden, daß Kinder zunächst auf der Ebene der

Basiskategorien und erst später auf einer allgemeineren oder spezifischeren Ebene kategorisieren (Herrmann und Grabowski, 1994; Eckes, 1991). Für den Regulationsablauf ist denkbar, daß ein erwachsener Sprecher bereits den Exemplarbegriff kategorisiert hat und sich die Assoziationsverbindungen zur entsprechenden Bezeichnung auf niedrigerer Ebene ausgebildet haben. Unter Berücksichtigung seines kindlichen Gegenübers und der eingeschätzten fehlenden Benennungskompetenz wählt er in der Folge jedoch die Basis-Level-Bezeichnung zusammen mit der vom Exemplarbegriff übernommenen Wertebelegung in der Größenmarke. So produziert er beispielsweise „kleiner Hund“ anstelle von „Rehpinscher“. Der Sprecher durchläuft gewissermaßen den Instanzierungsprozeß rückwärts. Er trifft auf den Basisbegriff und die abstrakte Marke „Größe“, deren Wertebelegung dem Exemplarbegriff entsprechend vom w/n-Wert des Prototypen abweicht. Beim erwachsenen Sprecher wird auf diese Weise kein neues Wissen generiert. Vielmehr wird vorhandenes Wissen zielorientiert, d.h. auf einen erfolgreichen Kommunikationsablauf abzielend, eingesetzt. Beim Kind dagegen kann die Relationsstiftung die Erzeugung neuen Wissens bewirken (Herrmann, 1994). Mit der Äußerung „ein Rehpinscher ist ein sehr kleiner Hund“ kann es lernen, daß die Konzeptualisierung eines bestimmten Basis-Level-Begriffs mit einer bestimmten Größenwertebelegung einem speziellen Exemplarbegriff entspricht. Herrmann und Grabowski (1994) schließen die Möglichkeit nicht aus, daß ein Kind vielleicht genau mit Hilfe solcher Prädikat-Argument-Strukturen die Charakteristika von Exemplarbegriffen lernt. Anhand des dargestellten Regulationsverlaufs wird deutlich, daß diese Prozesse nicht unabhängig von situativen Faktoren wie in diesem Fall der Partnereinschätzung ablaufen (Mangold-Allwinn, 1994).

5. Der fünfte Regulationsverlauf beinhaltet die Verschiebungen der Prototypen. Bisher wurde der Prototyp relativ starr auf der mittleren Abstraktionsebene angesiedelt. Es wird nun eine weitere Form der Spezifitätsregulierung aufgezeigt, welche diese starre Ebenenvorstellung zugunsten eines mittleren Abstraktionsbereichs aufgibt. Auf diese Weise treten vertikale Schwankungen im Zusammenhang mit der Festlegung einer mittleren Abstraktionsebene auf. Eckes (1991) weist darauf hin, daß ein Begriff der unteren Abstraktionsebene als Basisbegriff fungieren kann, wenn dieser

Objekte umfaßt, die im Hinblick auf den Basisbegriff als sehr untypisch gelten und spricht in diesem Zusammenhang von der Relativität der Basisebene.

Mit zunehmender Exemplarerfahrung, die beim einzelnen Individuum auf ganz bestimmte Bereiche, für welche er beispielsweise Experte ist, beschränkt sein kann, können zusätzliche Bezugssysteme mit eigenen gemittelten Repräsentationen innerhalb der bestehenden mittleren Abstraktionsebene entstehen und so zur Ausbildung eines mittleren Abstraktionsareals, welches die vertikalen Schwankungen beinhaltet, beitragen. Mithilfe des D-Moduls läßt sich das so realisieren, daß nicht nur das Aktivierungsmuster mit der w/n-Wertebelegung, sondern auch Aktivierungsmuster anderer Skalenbereiche mit anderen Wertebelegungen der abstrakten Größenmarken, prototypischen Charakter erhalten und selbst eine Bezugsmenge, also eine Teilmenge der ursprünglichen Bezugsmenge, strukturieren. Die Bezeichnung für die neue Bezugsmenge ist assoziiert mit der Bezeichnung des ursprünglichen Prototypen zusammen mit dem Größenwert des prototypischen Skalenbereichs wie in „kleine Hunde“. Für das neue Bezugssystem „kleine Hunde“ bildet sich eine w/n-Wertebelegung in der Größenmarke und den weiteren Skalenbereichen heraus. Der neue Prototyp ist eine abstrakte Repräsentation eines durchschnittlich kleinen Hundes. Zum prototypischen Vertreter gelangt man, wenn es zur zusätzlichen Wertebelegung weiterer Marken kommt. In der Bezugsmenge „kleine Hunde“ kann beispielsweise der prototypische Vertreter „Rehpinscher“ erzeugt werden. Die Ausgabewerte des D-Moduls können wiederum zusammen mit anderen Werten in das V-Modul zur weiteren Verarbeitung in die Konstruktion konzeptueller Strukturierungen eingehen. Auf diese Weise lassen sich kognitive Strukturen wie „Chiwawa sind kleinere kleine Hunde“ oder „dieser Hund ist ein ganz kleiner kleiner Hund“ modellieren

### **4.3.3 Paradoxon**

Das Zusammenspiel von D- und V-Modul und der Einbeziehung von Informationen aus den verschiedenen Gedächtnissystemen zu unterschiedlichen Zeitpunkten kann auf konzeptueller Ebene zu interferierenden Mustern und damit verbunden zu

Verzögerungen der Verarbeitung führen. Anhand des nachfolgenden Beispiels wird der interaktive Verarbeitungsprozeß von D- und V-Modul verdeutlicht.

Angenommen ein Sprecher soll in einer bestimmten Situation eine „groß“ oder „klein“-Äußerung produzieren und nimmt perzeptuell eine Objektkonstellation bestehend aus zwei Objekten, beispielsweise einer Tasse und einem Topf wahr. Dabei handelt es sich um eine sehr große Tasse, die kleiner als der Topf ist. Aufgrund früherer Lernprozesse hat der Sprecher ein Tassenwissen ausgebildet und verfügt somit über ein Wissen, das auch eine durchschnittlich große Tasse umfaßt. In einer frühen Phase der Konzeptualisierung werden die figuralen Merkmale konzeptuell verarbeitet, d.h. die beiden exogen eingehenden Größenwerte unterscheiden sich darin, daß der perzeptuell wahrgenommene Größenwert des Topfes,  $ex_1$ , größer ist als der perzeptuell wahrgenommene  $ex_2$ -Größenwert der Tasse. Im V-Modul ist die Relation der beiden Größenwerte gemäß der Modellannahmen neutral codiert. Wird ein Zielobjekt festgelegt, im Beispielfall die Tasse, dann würde die „kleiner als“-Relation die Verlaufsrichtung für das konzeptuelle Ausgabemuster festlegen. Aufgrund der Assoziation der figuralen Repräsentation des Zielobjekts mit dem Konzept „Tasse“ geht das Größenwissen über den Kategorieprototypen, d.h. den abstrakten Prototypen einer Tasse mit dem Größenwert einer durchschnittlichen Tasse, als  $end_2$ -Wert in das V-Modul ein. Der  $ex_1$  Größenwert des Zielobjekts wird mit dem endogen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufene Größenwert  $end_2$  für eine durchschnittliche Tasse verglichen und führt im V-Modul zur Konzeptualisierung der Relation „größer als“, d.h. „die Tasse ist größer als eine durchschnittliche Tasse“. In der Folge sind im V-Modul somit beide Verlaufsrichtungen, also die „kleiner als“- und die „größer als“-Relation konzeptualisiert. In dieser Konstellation, die hier als Paradoxon bezeichnet wird, kann das Zielobjekt „Tasse“ mit keiner eindeutigen Benennung assoziiert werden. Damit kommt es im Konzeptualisierungsprozeß zu einer zeitlichen Verzögerung. Das Paradoxon findet seine Entsprechung in den Experimenten zum Kongruenzeffekt (vgl. Kapitel 5.1.1.2). Die Auflösung dieser konzeptuellen Konfliktes erfolgt im Desambiguierungsprozeß, der zu einer konzeptuellen Ausgabestruktur des V-Moduls führt, die „der Topf ist größer als die Tasse und die Tasse ist größer als eine durchschnittliche Tasse“ bzw. mit der umgekehrten „kleiner als“-Verlaufsrichtung abbildet. Die im Anschluß an den

Desambigierungsprozeß im V-Modul herausgebildete Ausgabestruktur liegt somit im V-Modul neutral vor. Aus dem Prozeß, der zu der paradoxen Konstellation führt und anschließend zur Auflösung des konzeptuellen Konflikts im Desambiguierungsprozeß, läßt sich die folgende Verlaufshypothese ableiten (vgl. hierzu die Simulation in 6.4.3.2).

*V-Hypothese 4: Liegen im V-Modul zwei Relationen vor, die inkongruent sind, dann tritt in der Konzeptualisierungsphase ein Konflikt auf und das System reagiert zeitverzögert.*

Im weiteren Konzeptualisierungsprozeß erfolgt die Entscheidung für die „größer“- oder „kleiner“-Relation in Abhängigkeit von situativen Faktoren wie beispielsweise der Adressateneinschätzung oder Aufgabenstellung (vgl. 5.1.1).

#### **4.4 Zusammenfassende Darstellung der Konzeption des V- und D-Moduls**

Das V- und D-Modul stellen zusammen ein Modell für die Prozesse dar, welche in der „black box“ Konzeptualisierung ablaufen. In den vorhergegangenen Abschnitten wurden die einzelnen Bestandteile des V- und D-Moduls dargestellt. Dabei wurde vielfach Regreß auf Modelle und theoretische Überlegungen anderer Autoren genommen, um die einzelnen Bestandteile der eigenen Konzeption in Übereinstimmung oder Abgrenzung zu diesen theoretischen Ansätzen zu beschreiben. Hier wird nun eine zusammenfassende Darstellung über die beiden Tools gegeben, die im Sprachproduktionsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ für den Wissensaufbau und die Wissensnutzung verantwortlich sind.

##### **4.4.1 Informationsbasis des V- und D-Moduls**

Voraussetzung für das Verständnis des Konzeptualisierungsprozesses ist die Klärung der Frage, welche Informationen für diesen Prozeß relevant sind.

Die Informationen werden danach unterschieden, ob sie endogenen Ursprungs sind oder ob das informationsverarbeitende System sie exogen aus der Umwelt perzeptuell wahrgenommen hat. Entsprechend der Herkunft wird unterschieden in die Statuszuweisungen  $end_2$ , die individuelle Informationen aus dem Langzeitgedächtnis bezeichnet und  $end_1$  für Informationen, die auf die interindividuelle Wissensbasis innerhalb von einem Dialogzyklus verweist und  $ex$  für exogen, weil hier Objekt und entsprechender Größenwert aus der aktuellen Umwelt wahrgenommen werden.

#### 4.4.2 Wissensstrukturtypen - das Ergebnis des Konzeptualisierungsprozesses

Am Ende des Konzeptualisierungsprozesses stehen die sogenannten Wissensstrukturtypen.

1. Wissensstrukturtypen sind komplexe Konzeptualisierungen, die mit dem V- und D-Modul aufgebaut werden. Die Bezeichnung wird als Pendant zu dem Konzeptbegriff verwendet. Ebenso wie bei den Konzepten handelt es sich bei den Wissensstrukturtypen um individuelle Konstruktionen, die für jeden Sprachproduktionsprozeß neu im Arbeitsgedächtnis gebildet werden. Die Konzeptbildungen werden vom sprachverarbeitenden Individuum intuitiv assoziiert, ebenso wie die Wissensstrukturen assoziativ aufgebaut werden, wobei letztere komplexerer Art sind. Die hier vertretene Auffassung stellt eine alternative Sichtweise für den Aufbau komplexerer Strukturen vor, weil anstelle der Annahme der Bildung von strategischem Wissen in Form bewußter Regelbefolgung zur Bildung von komplexeren Strukturen die Hypothese aufgestellt wird, daß diese Wissensstrukturen das Ergebnis eines assoziativen Prozesses sind, der durch das V- und D-Modul erklärt wird.

2. Die Wissensstrukturtypen ähneln aufgrund ihrer Komplexität den Propositionen. Der Begriff der Proposition wird hier aus verschiedenen Gründen vermieden. Der Begriff entstammt der klassischen repräsentationalistischen Position, der Systemposition 2, bei welcher die Strukturen von außen, losgelöst vom konstruierenden Individuum beschrieben werden. Wissensbesitz läßt sich in diesem Verständnis als ein propositionales Gefüge beschreiben, bei welchem die einzelnen

Propositionen mit Is-a und Has-a Kanten netzwerkartig verbunden sind. Dieses Wissensnetz stellt die überindividuelle Basis für jegliche Art des Informationsabrufs dar. Es werden somit keine Unterschiede getroffen, ob es sich um die Informationsbasis eines natürlichen oder künstlichen Systems handelt. Das Strukturgefüge wird von außen und unabhängig vom Konstruktionsprozeß beschrieben. Mit der Annahme von Wissensstrukturtypen hingegen werden Hypothesen bezüglich des individuellen Aufbaus von inneren Strukturen aufgestellt. Die Betrachtung bewegt sich damit in der Systemposition 1.

3. Die Annahme des Vorliegens statischer Wissensstrukturen ist nur bedingt geeignet zur Beschreibung der dynamischen Veränderungen der Wissensstrukturen. Ausgehend von den Orten des „statischen“ Vorliegens der Wissensstrukturen sind mit dem Langzeitgedächtnis, dem Diskursgedächtnis und dem perzeptuellen Gedächtnis drei Gedächtnisarten zu unterscheiden. Als Gedächtniskomponenten sind die Wissensstrukturen insofern nicht statisch, weil sie wie die Konzepte nicht in einer feststehenden Formation in den Gedächtnissystemen ruhen, sondern erst aus den subkonzeptuellen Marken bei Bedarf aktiviert werden. Die Wissensstrukturen liegen in diesen Gedächtnissystemen in speziellen konzeptuellen Formen vor und stellen die Informationsbasis für das D- und V-Modul dar. Die Wissensstrukturtypen stehen am Ende des Konzeptualisierungsprozesses und werden mit Hilfe des D- und V-Moduls aufgebaut. Für die Wissensstrukturtypen bedeutet das, daß man sie an keiner Stelle endgültig lokalisieren kann, weder ausschließlich in den Gedächtnissystemen noch im Arbeitsgedächtnis bei den Prozessen der Sprachproduktion. Wissensstrukturtypen sind untrennbar verbunden mit den Verarbeitungsinstrumentarien, welche die Wissensstrukturtypen sowohl als Gedächtnisbesitz als auch als konzeptuelle Strukturen bei der Sprachproduktion konstruieren.

4. Die Wissensstrukturtypen werden in den Subsystemen V- und D-Modul des Arbeitsgedächtnisses gebildet und tragen zu Modifikationen in den Gedächtnissystemen bei. Die Dynamik der Strukturierungen findet sich sowohl bei den Konzeptualisierungsprozessen der Sprachproduktion als auch bei den Veränderungen der Gedächtnissysteme. Die dynamischen Prozesse in der Aktualgenese beziehen sich auf die zeitlich versetzte Aktivierung der Marken, auf die Einleseabfolge von großen vor kleinen Größenwerten in das V-Modul sowie auf den

zeitlich versetzten oder neuen Informationsfluß aus den verschiedenen Gedächtnissystemen in das V- oder D-Modul. Zu den dynamischen Prozessen im Zusammenhang mit der längerfristigen Wissensbildung zählen vor allem der Prozeßverlauf des Hintergrund-Updateings durch das D-Modul sowie die verschiedenen Regulationsverläufe zur Wissensbildung.

#### 4.4.3 Arbeitsweise des V- und D-Moduls

1. Das V- und D-Modul beziehen ihre Informationen aus den verschiedenen Gedächtnissystemen. Dabei vollzieht sich der Abruf und der Konzeptualisierungsprozeß *dynamisch*, so daß sich die Strukturierungen im V- und D-Modul ständig verändern.
2. Für die Verarbeitung der Informationen in den beiden Verarbeitungsmodulen werden im Sinne des konstruktivistischen Grundverständnisses ausschließlich *selbstorganisierende Prozesse* angenommen. Die Konstruktionen in den Verarbeitungsmodulen bilden sich selbständig heraus, d.h. es werden keine Prozesse benötigt, die in Form von Regeln die Konstruktionsprozesse steuern.
3. Die Arbeitsweise des V- und D-Moduls folgt dem *ökonomischen Prinzip*, d.h. für die Arbeitsweise der beiden Module ist es unerheblich, aus welchen Wissenssystemen die zu konzeptualisierende Informationen entstammen und ob die Strukturen temporären oder eher stationären Charakter haben. Die Module führen ihre Operationen unabhängig von der Beschaffenheit der Information aus und haben damit universalen Charakter. Die Ausbildung der abstrakten Repräsentation des Prototypen durch das D-Modul folgt dem ökonomischen Speicherprinzip und ermöglicht den schnellen Informationsabruf für innere, unbewußt ablaufende Verarbeitungsprozesse.
4. Die Verarbeitungsmodule operieren *arbeitsteilig*. Die Arbeitsteiligkeit bezieht sich darauf, daß mit dem V-Modul konzeptuelle Strukturen der relativen Komparation und mit dem D-Modul konzeptuelle Strukturen der absoluten Komparation aufgebaut werden. Beim Aufbau der längerfristigen Wissensstrukturierungen stellen die Konzeptualisierungen des D-Moduls und V-Moduls die subsymbolischen Entsprechungen der qualifizierenden bzw. prädikativen Propositionen dar. In der

Aktualgenese können die Ausgabemuster des D- und V-Moduls nicht Eins-zu-eins auf die formulative Ebene übertragen werden. Damit lassen sich auch linguistische Paraphrasierungen erklären, denen ein konzeptuelles Muster der relativen Komparation im Konzeptualisierungsprozeß zugrundeliegt, die aber aufgrund der Reduktion der zugrundeliegenden Information auf der formativen Ebene mit einer attributiven Struktur vorliegen.

Die *Arbeitsteiligkeit* besteht weiterhin darin, daß das V-Modul aufgrund seiner Kapazitätsbeschränkung nur eine kleinere Anzahl von Werten verarbeiten kann und bei einer größeren Anzahl von zu berücksichtigenden Aktivierungsmustern das D-Modul die Verarbeitung übernimmt.

5. Die Verarbeitungsmodule operieren *interaktiv*. Die Interaktivität erfolgt beispielsweise beim Hintergrunds-Updating, wenn die Ausgabewerte des V-Moduls an das D-Modul weitergegeben werden und zu Modifikationen der längerfristig gespeicherten Wissensstrukturierungen führen.

Das Zusammenspiel von D- und V-Modul erklärt Verzögerungen auf der Ebene der Artikulation, die mit Prozessen der Konzeptualisierung begründet werden können, wie beispielsweise im Falle des Paradoxon.

6. Die Arbeitsweise des V- und D- Moduls ist eine kognitive *Fähigkeit*. Sie umfaßt den Einsatz der Verarbeitungsmodule und wird im Verlauf der ontogenetischen Entwicklung erworben. Die Fähigkeit bezieht sich auf Prozesse, die assoziativ und unbewußt ablaufen und auf der Grundlage subsymbolischer Konzepte zu propositionsnahen Äußerungen führen. Die für die Assoziation mit einer Benennung auf der formativen Ebene benötigten syntaktisch/semantischen Muster sind Verfestigungen der Ausgaben der beiden Verarbeitungsmodule, die sich aufgrund von assoziativen Lernprozessen herausgebildet haben.

#### **4.5 Konsequenzen für die Abbildung des V- und D-Moduls in einer Simulation**

Mit der Konzeption des V- und D-Moduls wird die Hypothese aufgestellt, daß sich die Konzeptualisierungsprozesse der Wissensbildung und Wissensnutzung als

selbstorganisierende Prozessen abbilden lassen. Die in Kapitel 6 durchgeführten Simulationen sollen ausgehend von den aufgestellten Modell- und Verlaufshypothesen zu den einzelnen Verarbeitungsprozessen aufzeigen, wie die inneren Konstruktionsprozesse des sprachverarbeitenden Systems in Interaktion mit der Umwelt ablaufen können. Die selbstorganisierende Arbeitsweise der Module wird abgebildet mit der simulativen Methode der selbstorganisierenden Kohonenkarten. Die Ausbildung der Bezugssysteme wird exemplarisch vorgestellt am Beispiel der dynamischen Ausbildung von längerfristig gespeichertem Wissensbesitz (vgl. 6.3.2). Die dynamische temporäre Konzeptualisierung im Sprachproduktionsprozeß wird mit Hilfe einer einfachen Verlaufssimulation veranschaulicht (vgl. 6.4.1 und 6.4.2). Hierzu zählt die Verlaufssimulation, die die konzeptuellen Prozesse des Paradoxons abbildet (vgl. 6.4.3).

Für die selbstorganisierenden Prozesse bilden die Konstruktion der Größeninformation aus den Komponenten Entfernung und Netzhautbildgröße im perzeptuellen System (vgl. 6.2) und die Klassifikation der Objektinformation in verschiedene Objektklassen die Grundlage (vgl. 6.3.1). Diese Prozesse werden in zwei weiteren Simulationen als überwacht lernende Klassifikationsaufgaben durchgeführt. Die Konzeption der durchgeführten Simulationen wird in der folgenden Abbildung mit einer Gegenüberstellung der theoretischen Modellkonzeption und den dazu durchgeführten Simulationsteilen verdeutlicht:

Abbildung 4.15: Übersicht über die Modellsimulationen

<u>V-Modul</u>	<u>D-Modul</u>	<u>Simulation</u>
Informationsbasis		Konstruktion der Größeninformation (Kapitel 6.2)
Informationsbasis		Objektklassenklassifikation (6.3.1)
	D-Modul	Bezugssysteme (6.3.2)
V-Modul		Verlaufssimulation (6.4)

## **5 Interdisziplinäre Befunde zur Stützung der Modellannahmen**

### **5.1 Experimentelle Befunde**

#### **5.1.1 Prozesse der Konzeptualisierung**

Die folgende Darstellung der experimentellen Befunde erfolgt auf dem Hintergrund der Fragestellung, inwieweit die Prozesse der Konzeptualisierung der Größeninformation Einfluß auf den weiteren Sprachproduktionsverlauf haben. In 5.1.1.1 werden experimentelle Ergebnisse von Paivio (1971, 1975, 1977) vorgestellt, die dieser zur Überprüfung seiner Hypothesen zur Verarbeitung perzeptuell eingehender und längerfristig gespeicherter Größenrelationen auf dem Hintergrund der dualen Codierungstheorie durchgeführt hat. In 5.1.1.2 werden die Experimente und der Ergebnisse von Schriefers (1985) zum Kongruenzeffekt diskutiert und es erfolgt eine Abgrenzung zu der in Kapitel 4.3.3 vorgestellten eigenen Modellierung des Paradoxons. In 5.1.1.3 werden experimentelle Ergebnisse zur Konzeptualisierungsabfolge von Farb- und Größeninformationen vorgestellt und deren Einfluß auf Verzögerungen im Konzeptualisierungsprozeß erörtert. In 5.1.1.4 erfolgt eine Auseinandersetzung mit den Adjektiv-Nomen-Kompositionen im Hinblick auf eigene Modellannahmen. In jedem Abschnitt erfolgt eine Interpretation der Ergebnisse auf dem Hintergrund des eigenen Modells.

##### **5.1.1.1 Verarbeitung von Größenrelationen**

Die Verarbeitung der Größeninformation wird von Paivio (1975, 1977) auf dem Hintergrund der dualen Codierungstheorie diskutiert. Die duale Codierungstheorie unterscheidet zwei Verarbeitungssysteme. Es gibt ein imaginales System und ein verbales System. Das imaginale System ist spezialisiert auf die Repräsentation und Verarbeitung perzeptueller Informationen konkreter Objekte und Ereignisse, wozu alle mit den Sinnesorganen wahrgenommenen Informationen zählen. Die Basiseinheiten des imaginalen Systems sind die Imagene. Das verbale System dient der

Repräsentation und der Verarbeitung sprachlicher Information. Die Basiseinheiten sind die Logogene. Beide Systeme können unabhängig voneinander ihre imaginalen bzw. verbalen Informationen verarbeiten. Die beiden Verarbeitungsbereiche können auch zueinander in Verbindung treten. Solche assoziativen Verbindungen werden beispielsweise in einem referentiellen Verarbeitungsprozeß genutzt, wenn imaginale Repräsentationsformate in der Folge benannt werden. Bilder als Reizvorlage besitzen einen unmittelbareren Zugang zu dem imaginalen System als Wörter. Umgekehrt ermöglichen Wörter einen schnelleren Zugang zum verbalen System. Die modalitätsspezifischen Repräsentationen sind direkt miteinander verbunden. Von der Annahme einer zusätzlichen amodalen Konzeptrepräsentation, wie in den Hybrid-Theorien angenommen, wird abgesehen (Engelkamp, 1994). Das Modell von Paivio ähnelt in diesem Punkt der Markenmix-Konzeption von Herrmann u.a. (1996), weil dort ebenfalls auf die Annahme einer amodalen Repräsentation verzichtet wird (vgl. 1.5.2).

Bei der Verarbeitung der Größeninformation wird auf die bildlichen Repräsentationen der Objekte Bezug genommen. Die bildliche Repräsentation liegt im imaginalen System als analoge Abbildung der jeweiligen Objekte vor. Je größer die Größenunterschiede dieser inneren Vorstellungsbilder sind, desto schneller erfolgt der Größenvergleich. Diese Annahme wurde von Paivio (1975) experimentell bestätigt. In 4.3.1 wurde im Zusammenhang mit der Verarbeitungsweise des V-Moduls die V-Hypothese 2 formuliert. Sie besagt, daß sich die Größenunterschiede im V-Modul um so schneller herausbilden, je größer die Größenunterschiede der figuralen Repräsentationen sind. Den experimentellen Befunden von Paivio folgend, lassen sich die Unterschiede in der Verarbeitungsdauer auf die konzeptuellen Repräsentationen übertragen. Somit bilden sich auch für längerfristig gespeicherte Repräsentationen, die im eigenen Modell den Status  $end_2$  haben, Größenunterschiede um so schneller heraus, je größer die Größenunterschiede dieser längerfristig gespeicherten Repräsentationen sind. Entsprechend läßt sich die Verlaufshypothese 5 formulieren.

*V-Hypothese 5: Je größer die Größenunterschiede der konzeptuellen Repräsentationen, desto schneller bilden sie sich im V-Modul heraus. Für den weiteren Sprachproduktionsverlauf ergibt sich daraus, daß die Assoziation des*

*Aktivierungsmusters der Ausgabe des V-Moduls mit einem Wortkonzept schneller erfolgen kann.*

Mit den V-Hypothesen 2 und 5 wird jeweils für eine Repräsentationsart ausgesagt, daß sich größere Größenunterschiede beim Größenvergleich schneller herausbilden (Anm. 1).

Damit wird noch keine Aussage getroffen, wie sich die Herausbildung der Größenunterschiede relativ zueinander vollzieht. In 4.3.1 wurde die Konzeptualisierungsabfolge von der figuralen Repräsentation zur Konzeptualisierung der frühen Stufe hin zur Konzeptualisierung der späten Stufe beschrieben. Daraus ergibt sich für die Herausbildung der Größenunterschiede, daß sich die Unterschiede der figuralen Repräsentationen am frühesten herausbilden. Im eigenen Modell bedeutet das, daß die Werte der figuralen Repräsentationen vorrangig ins V-Modul eingelesen werden und sich in der Folge die Größenunterschiede gemäß der V-Hypothese 2 herausbilden. Werden in der Folge die figuralen Repräsentationen mit einer konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe assoziiert, so können diese Repräsentationen ihre Größenwerte ins V-Modul laden. Der Größenvergleich erfolgt dann gemäß der V-Hypothese 5. Für den generellen Zusammenhang der zeitlich verzögerten Verarbeitung der konzeptuellen gegenüber der perzeptuellen Größenrelation wurde in 4.3.1 die V-Hypothese 1 aufgestellt. Übertragen auf den Verarbeitungsprozeß der beiden eingehenden Größenrelationen bedeutet das für diesen konkreten Fall, daß zu einem frühen Verarbeitungszeitpunkt sich der Vergleich auf die perzeptuelle Größenrelation und zu einem späteren Zeitpunkt auf die konzeptuelle Größenrelation aus dem LZG gründet (Anm. 2).

Paivio stellt die Hypothese auf, daß längerfristig gespeichertes Wissen über die relative Größe der Objekte das Urteil über die relative Größe von Objekten, die in den Versuchsbedingungen präsentiert werden, beeinflusst. Als Reizvorlage in den Versuchen werden zum einen Abbildungen der Objekte und zum anderen geschriebene Benennungen der Objekte verwendet. Es wird die Kongruenzbedingung (Anm. 3) mit zwei Ausprägungen variiert. Im kongruenten Fall spiegelt die Größenrelation der Objekte die tatsächliche Größenrelation korrekt wider. Das ist der

Fall, wenn beispielsweise ein Zebra größer abgebildet ist als eine Lampe oder das Wort „Zebra“ größer geschrieben ist als das Wort „Lampe“. Im inkongruenten Fall widerspricht die relative Größeninformation der Abbildungen oder der geschriebenen Wörter dem längerfristig gespeicherten Wissen bezüglich der Größenverhältnisse der Objekte. In den Experimenten sollen die Versuchspersonen entscheiden, welches von zwei präsentierten Objekten in Wirklichkeit das größere ist. Mittels der Messung der Reaktionszeiten konnte von Paivio gezeigt werden, daß die Reaktionszeiten langsamer sind, wenn die Stimuli Wörter sind und schneller, wenn Abbildungen der Objekte die Stimuli darstellen. Paivio sieht darin eine Bestätigung der dualen Codierung, nach welcher visuelle Stimuli einen unmittelbareren Zugang zum imaginalen System besitzen als verbale Stimuli. Werden geschriebene Wörter präsentiert, so müssen diese erst mit den entsprechenden imaginalen Repräsentationen in Verbindung gebracht werden. In der dualen Codierungstheorie stellt dieser Vorgang einen weiteren Verarbeitungsschritt dar, der zusätzlich Zeit benötigt.

Die eigene Modellierung folgt nicht den theoretischen Annahmen der dualen Codierungstheorie. Vielmehr lassen sich die experimentellen Befunde von Paivio auf dem Hintergrund der Markenmix-Konzeption erklären, wenn eine zusätzliche Annahme der Markenmix-Theorie hinzugefügt wird, die durch die eigene Konzeption gestützt wird. Bilden Bilder die Reizvorlage, so wird via der figuralen Repräsentation eine konzeptuelle Repräsentation erzeugt. Es wird das Figurnetz und das Konzeptnetz durchlaufen. Sind Wörter die Stimuli, so werden das Wortnetz und das Konzeptnetz durchlaufen. Beim Verarbeitungsprozeß sind somit jeweils zwei Netze beteiligt. In der Markenmix-Konzeption wird angenommen, daß die Verarbeitungszeit kovariert mit der Anzahl der durchlaufenen Netze (vgl. Graf u.a. 1996, S.198). Danach dürften keine Unterschiede zwischen Wörtern und Bildern als Stimuli auftreten. Entscheidend ist, daß der Vergleich zwischen Bildern und Wörtern abhängig ist von der Aufgabe, die jeweils realisiert werden muß (Graf, u.a., 1996, Rickheit & Strohner, 1993). Es macht einen Unterschied, ob beispielsweise eine verbale oder nonverbale Reaktion gefordert wird. In den Versuchen von Paivio sollten die Versuchspersonen per Knopfdruck, also nonverbal entscheiden, welches Objekt das größere ist. Gemäß der Markenmix-Theorie bleibt es bei den jeweils zwei durchlaufenen Netzen. Der Unterschied in den Reaktionszeiten kann daher nicht mit einer unterschiedlichen

Anzahl von durchlaufenen Netzen erklärt werden. Um den dennoch schnelleren Zugang von Bildern zum Konzeptnetz im Vergleich des Zugangs von Wörtern zum Konzeptnetz zu begründen, wird in der Markenmix-Konzeption eine weitere Annahme hinzugefügt, die besagt, daß der imaginale Teil des Figurnetzes das imaginale Teilnetz des Konzeptnetzes schneller aktiviert als dies der imaginale Teil des Wortnetzes tut (vgl. Graf u.a. 1996, S.203). Die Autoren erklären dies damit, daß die Marken des Figurnetzes den Marken des Konzeptnetzes ähnlicher sind und daher eine schnellere Aktivierung möglich ist. Diese zusätzliche Annahme der Markenmix-Konzeption läßt sich m.E. mit der eigenen Modellierung in einer anderen Form begründen. Hierbei wird davon ausgegangen, daß die Größeninformation ein imaginale Merkmal ist, daß zu einem frühen Zeitpunkt verfügbar ist. Da dieses Merkmal früh aktiviert ist, spielt die Größeninformation auch beim Aufbau der Konzeptrepräsentation eine vorrangige Rolle. Es besteht somit eine enge Verbindung zwischen den imaginalen Merkmalen des figuralen Teilnetzes und dem imaginalen Teilnetz des Konzeptnetzes, die über die Größeninformation hergestellt wird. Die erzeugte konzeptuelle Repräsentation der frühen Stufe wird in Form des abstrakten Prototypen (vgl. 4.3.1) bereitgestellt, bei dem die Größeninformation ein wesentliches Merkmal darstellt. Die Vorrangstellung der Größeninformation in dem Prozeß der Überführung einer figuralen in eine konzeptuelle Repräsentation liefert somit eine mögliche Begründung für die schnelleren Prozesse der intramodalen Resonanz zwischen dem Figur- und Konzeptnetz gegenüber dem Wort- und Konzeptnetz.

Im Zusammenhang mit den variierenden Kongruenzbedingungen belegen Paivios (1975) Experimente bei der Präsentation von Bildern in der kongruenten Bedingung eine schnellere Reaktion beim Urteil über die Größenrelation als in der inkongruenten Bedingung (Anm. 4). Mit der eigenen Modellkonzeption lassen sich die Ergebnisse von Paivio folgendermaßen erklären, daß zunächst die Größenrelation der figuralen Repräsentation im V-Modul als ex-ex-Relation abgebildet wird und anschließend die Größenrelation der konzeptuellen Repräsentation ins V-Modul als end<sub>2</sub>-end<sub>2</sub>-Relation eingeht. In der Ausgabeschicht des V-Moduls sind folglich zwei Relationen repräsentiert. Bezieht sich das Vergleichsurteil im kongruenten oder inkongruenten Fall ausschließlich auf die figurale Repräsentation der Größenrelation, so sollten keine Unterschiede für das „größer“ oder „kleiner“-Urteil auf der Ebene der

Konzeptualisierung auftreten. Werden in der Folge die zu den Abbildungen zugehörigen konzeptuellen Repräsentationen aktiviert, so bildet sich im V-Modul eine weitere Relation heraus. In der kongruenten Bedingung entspricht die Verlaufsrichtung der figuralen Repräsentation der Größenrelation im V-Modul der Verlaufsrichtung der konzeptuellen Repräsentation. So geht beispielsweise beidemale die „größer als“-Relation von der Giraffe bzw. die „kleiner als“-Relation von der Lampe aus. Die Verlaufsrichtungen der Relationen stimmen im kongruenten Fall jeweils überein. In der inkongruenten Bedingung werden zwei unterschiedliche Richtungrelationen abgebildet. Beispielsweise besagt die ex-ex-Relation, daß die Lampe „größer als“, die end<sub>2</sub>-end<sub>2</sub>-Relation aber, daß sie „kleiner als“ die Giraffe ist. Es muß eine Entscheidung zugunsten einer der beiden Relationen getroffen werden. In den Experimenten von Paivio bewirkt die Aufgabenstellung, d.h. die Instruktion, daß entschieden werden soll, was in echt größer ist, eine Fokussierung auf die „größer als“-Verlaufsrichtung und somit auf die end<sub>2</sub>-end<sub>2</sub>-Relation, d.h. die Versuchspersonen entscheiden sich auf der Basis ihres längerfristig gespeicherten Wissens. Die Auflösung des Entscheidungskonfliktes auf der konzeptuellen Ebene zugunsten von einer der beiden konkurrierenden „größer als“-Relationen, d.h. der perzeptuellen Relation „die Lampe ist größer als die Giraffe“ und der Relation aus dem LZG „die Giraffe ist größer als die Lampe“, benötigt eine gewisse Zeit. Auf diese Weise lassen sich die Verzögerungen bei den Reaktionszeiten in der inkongruenten Bedingung begründen. Aufgrund der experimentellen Befunde, die die eigenen Modellannahmen stützen und die zur Ableitung weiterer Annahmen führen, können folgende Punkte festgehalten werden:

1. Im V-Modul können verschiedene Relationen gleichzeitig abgebildet werden.
2. Die Relationen liegen insofern neutral codiert vor, als daß sie gleichermaßen als „a kleiner b“ und „b größer a“ konzeptualisiert sind.
3. Einflußfaktoren wie beispielsweise der Zeitfaktor oder die Aufgabenstellung können eine Fokussierung auf eine der Relationen bewirken. Für den weiteren Verlauf markiert diese Relation die Verlaufsrichtung im V-Modul. Die Partnerorientierung ist ein weiterer Einflußfaktor für die Selektion einer von mehreren abgebildeten Größenrelationen in der Ausgabeschicht des V-Moduls. Sie ist eine Aufgabenstellung, die nicht von außen an den Sprecher herangetragen wird, sondern die sich der

Sprecher selbst stellt. Sie beinhaltet, daß der Sprecher insofern partnerorientiert agieren wird, als daß er dem Adressaten eine eindeutige Identifikation des Objektes ermöglichen will. Im V-Modul können zu einem bestimmten Zeitpunkt die Größenrelationen von Ziel- und Kontextobjekt und gleichzeitig die Größenrelation ihrer konzeptuellen Prototypen repräsentiert sein. Der Sprecher im Sprachproduktionsprozeß kann seine Entscheidung zugunsten der Encodierung der einen oder anderen Relation gewichten. Hierfür schätzt er den Status für die Ziel- und Kontextobjekte für sich und für den Adressaten ein. Die entsprechende konnektionistische Modellierung kann in Analogie zu der vorgestellten Modellierung in 4.1.4 erfolgen.

4. Sind im V-Modul mehrere Relationen repräsentiert und widersprechen sich die mit den eingelesenen Relationen vorgegebenen Verlaufsrichtungen, so entspricht das einem konzeptuellen Konflikt. Die Auflösung von Inkongruenzen bzw. der Desambiguierungsprozeß im Falle der Partnerorientierung benötigen zusätzliche Verarbeitungszeit.

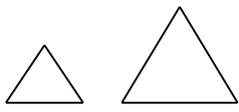
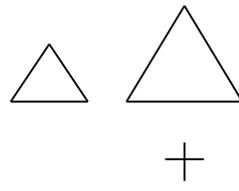
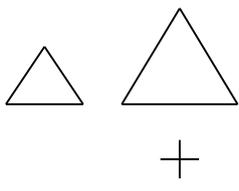
#### **5.1.1.2 Interferierende Einflüsse bei der Codierung der relativen Größeninformation**

Gemäß der eigenen Modellkonzeption läßt eine Ausgabeschicht des V-Moduls verschiedene Möglichkeiten der Konzeptualisierung der Größenrelationen zu. Eine einfache Relation kann auf der späteren formulativen Ebene mit „x größer als y“ oder „y kleiner als x“ assoziiert werden. Im V-Modul ist somit das Potential für alle Folgeassoziationen enthalten. Es gibt keine Präferenzen bei den Konzeptualisierungen, so daß beispielsweise „x größer als y“ eine Vorrangstellung hat und entsprechend markiert ist. Diese Modellannahme erfährt Stützung durch experimentelle Befunde von Schriefers (1985), die nachweisen, daß es auf der konzeptuellen Ebene keinen Markiertheitseffekt gibt.

Schriefers (1985) unterscheidet bei seinen Experimenten für die unabhängige Variable, die sich auf die Präsentation der Objekte bezieht, die beiden Ausprägungen der sogenannten Pre- und Post-Bedingung. In der Pre-Bedingung wird den Probanden

zunächst ein Bildschirm mit einer Markierung gezeigt, welche die Position des später in Bezug auf seine Größe zu identifizierenden Objektes darstellt. In einem zweiten Schritt erscheint auf dem Bildschirm darübergeblendet die Abbildung von zwei Objekten, die miteinander in Bezug auf ihre Größe verglichen werden sollen. In der Post-Bedingung erscheinen hingegen zuerst die Abbildungen der beiden Objekte, die sich in ihrer Größe unterscheiden. In einem zweiten Schritt wird das zu identifizierende Objekt markiert. Die Abbildung 5.1 veranschaulicht anhand von Dreiecken die Vergleichsentscheidung in den Experimenten von Schriefers.

Abbildung 5.1 Experimentalbedingungen bei Schriefers

	Pre-Bedingung	Post-Bedingung
Erstes Bild	+	
Zweites Bild		

Würde es bei der Konzeptualisierung der Größenrelationen vorrangige Muster geben, so daß beispielsweise die Konzeptualisierung des Musters „größer“ vorrangig vorliegen würde, so müßte in der Post-Bedingung sich dieses Muster bereits herausgebildet haben, bevor der Proband weiß, welche Relation er bilden soll. Entsprechend sollte bei einer erforderlichen Bildung der Relation „kleiner“ die Reaktionszeit größer sein, als wenn die „größer“-Relation gebildet werden soll, da die „größer“-Relation als markierte Relation schon voraktiviert war. In der Pre-Bedingung hingegen sollten Markiertheitseffekte keine Rolle spielen, weil sich keine vorrangige Konzeptualisierung herausbilden kann.

Schriefers Resultate belegen, daß ein Markiertheitseffekt auf konzeptueller Ebene nicht auftritt. Er kann in seinen Experimenten zeigen, daß es keine Unterschiede in den Reaktionszeiten zwischen der Pre- und Post-Bedingung gibt. Das spricht dafür,

daß die „größer“ und „kleiner“-Relation gleichzeitig vorliegen und keines der beiden Muster markiert ist. Damit erfährt die eigene Modellannahme der neutralen Codierung im V-Modul zusätzliche Stützung.

In weiteren Experimenten (Schriefers, 1985) wird zusätzlich die absolute Größeninformation variiert, d.h. die paarweise präsentierten Dreiecke sind entweder beide absolut sehr klein oder beide sehr groß, wobei die relativen Größenverhältnisse eines Dreieckspaares unverändert bleiben. Sollen jetzt die Größenrelationen encodiert werden, dann wird die Encodierung der relativen Größeninformation von der absoluten Größeninformation beeinflusst. Sind beispielsweise beide Dreiecke absolut sehr klein und soll die „größer“-Relation encodiert werden, so treten im Konzeptualisierungsprozeß Verzögerungen auf. Soll umgekehrt die „kleiner“-Relation encodiert werden, dann wird diese „kleiner“-Relation schneller encodiert. Dieser Zusammenhang wird als Kongruenzeffekt bezeichnet. Dieser Kongruenzeffekt ist nicht zu verwechseln mit der Unterscheidung von kongruenten und inkongruenten Bedingungen in den Experimenten bei Paivio, wo sich die interferierende Information auf das längerfristig gespeicherte Wissen über die durchschnittliche Größe der zu vergleichenden Objekte bezieht.

Dem Kongruenzeffekt von Schriefers wird in der eigenen Modellierung nicht explizit entsprochen. Im folgenden sollen Interpretationsmöglichkeiten vorgestellt und Möglichkeiten der Übertragung auf die eigene Konzeption aufgezeigt werden. In den Versuchen von Schriefers werden u.a. Abbildungen von Dreiecken als Reizvorlage gewählt. Es kann davon ausgegangen werden, daß kein längerfristiges Wissen darüber existiert, wie groß ein durchschnittliches Dreieck ist (Anm. 5). Daher kann es sich nicht um einen Größenwert aus dem LZG handeln, der zusätzlich ins V-Modul eingeht und den Kongruenzeffekt bewirkt. Es stellt sich somit die Frage, woher die „groß“ bzw. „klein“ Information kommen soll, die den Kongruenzeffekt bewirkt. Die Zuordnung von „klein“ und „groß“ kann nicht absolut erfolgen, sondern sie muß das Ergebnis eines relativen Vergleiches sein. Als eine Möglichkeit könnte sich die Größeninformation, die die Encodierung der Größenrelation beeinflusst, kurzfristig aus der Menge der aktuell in der Versuchsanordnung vorliegenden Dreiecksgrößen bilden. Dieser Fall kann mit der eigenen Modellkonzeption abgebildet werden. Den Dreieckswerten kann in diesem Fall ein  $end_1$ -Status zugeschrieben werden, weil kurz

zuvor, ähnlich wie in einer Diskurssituation, ein kurzfristiges Wissen über die Größenwerte der Dreiecke gebildet wird. Dieser Prozeß vollzieht sich im D-Modul in Form einer Ad-hoc-Bildung und führt zu einer Durchschnittsbildung der  $end_1$ -Werte. Der temporäre Durchschnittswert geht in das V-Modul ein. Er stellt eine Vergleichsgröße dar, nach der beispielsweise kleine Dreiecke als „klein“ in Relation zu diesem Wert überhaupt erst konzeptualisiert werden können. Soll gleichzeitig der Größenvergleich zwischen den beiden kleinen Dreiecken erfolgen, so interferiert dieser Wert bei der Konzeptualisierung der größer-Relation. Bei der kleiner-Relation stellt sich der Kongruenzeffekt ein. Als Erklärung scheidet diese Möglichkeit jedoch aus, weil im experimentellen Aufbau davon ausgegangen werden kann, daß eine Versuchsperson nicht mit allen Dreiecksgrößen konfrontiert wird, sondern jeweils nur mit einer zu vergleichenden Dreieckspaarung, damit genau solche Lerneffekte ausgeschlossen werden können. Es bleibt die Möglichkeit, daß die Dreiecksabbildungen von der Versuchsperson als „groß für den Bildschirm“ empfunden werden. In diesem Fall würde „der Bildschirm“ die Bezugsmenge bilden, nach der sich die Objekte, hier die Abbildungen der Dreiecke, in Bezug auf die Größe klassifizieren. In der eigenen Konzeption bedeutet das, daß zunächst eine Ad-hoc-Klassifikation mittels des D-Moduls erfolgt, wonach die präsentierten Abbildungen als „groß“ oder „klein“ in Bezug auf die Bezugsmenge „Abbildungen auf dem Bildschirm“ klassifiziert werden. Gleichzeitig wird ein durchschnittlicher Wert für diese Bezugsmenge gebildet. Dieser Werte kann in das V-Modul eingehen und wie oben beschrieben zum Kongruenzeffekt beitragen.

Die Ergebnisse der vorgestellten Experimente zur Verarbeitung der Größeninformation von Paivio und Schriefers liefern Erklärungen für Verzögerungen auf der konzeptuellen Ebene. Paivio erklärt die Verzögerungen mit dem störenden Einfluß von perzeptueller Information auf die Encodierung einer längerfristigen Größenrelation. Nach Schriefers ergeben sich Verzögerungen aufgrund des Einflusses von absoluter Größeninformation auf die Encodierung einer relativen perzeptuellen Größenrelation. In 4.3.3 wurde mit der Modellierung des Paradoxons der Einfluß von absoluter längerfristig gespeicherter Größeninformation auf die Encodierung einer relativen perzeptuellen Größenrelation gezeigt.

Im Sprachproduktionsprozeß können mit Hilfe des Zusammenspiels von V- und D-Modul auf dem Hintergrund der Überlegungen der Markenmix-Theorie nach Herrmann & Grabowski (1994) für den Konzeptualisierungsprozeß Verzögerungen erklärt werden, die sich aufgrund der Verarbeitung interferierender Muster ergeben. Dabei bilden die neutrale Codierung im V-Modul, die Verarbeitung mehrerer Relationen im V-Modul, die Bereitstellung von absoluter Größeninformation durch das D-Modul und die Annahme darüber, daß die Verarbeitung mit den „tools“ selbstorganisierende Prozesse darstellen, die Voraussetzungen, um erklären zu können, weshalb sprachliche Verzögerungen, die ihren Ursprung in der Konzeptualisierungsphase haben, auftreten können. Eine wesentliche Modellannahme, die sich aus dem dynamischen Konzeptualisierungsprozeß mit Involvierung der beiden tools ergibt, besteht darin, daß das längerfristig gelernte Wissen eine wichtige Rolle spielt, wenn es zu Interferenzen im Konzeptualisierungsprozeß kommt. Der mit dem Kongruenzeffekt beschriebene Einfluß der absoluten Größeninformation auf die Encodierung der relativen Größeninformation wird im eigenen Modell durch das längerfristige Wissen erweitert. Dieses längerfristige Wissen liegt im Unterschied zu Paivio nicht als feststehende gespeicherte Relation vor, sondern als dynamisch veränderlicher Größenwert. Während Paivio zwei Relationen annimmt, wovon die eine eine perzeptuelle Größenrelation und die andere eine feste Größenrelation des LZG ist, wird in der eigenen Modellierung des Paradoxons angenommen, daß zunächst die perzeptuelle Größenrelation ausgehend vom Zielobjekt die Verlaufsrichtung „größer“ bzw. „kleiner“ festlegt. Im weiteren Verlauf des Konzeptualisierungsprozesses wird die figurale Repräsentation des Zielobjektes mit einer konzeptuellen Repräsentation assoziiert und das längerfristig gespeicherte Wissen bildet als durchschnittlicher Größenwert  $end_2$  zum Zielobjekt eine Relation aus, welche ebenfalls im V-Modul konzeptualisiert wird. Die Konzeptualisierung der beiden Relationen im V-Modul führt im Falle von entgegengesetzten Relationen zu einem kognitiven Konflikt, der in der Folge durch den Desambiguierungsprozeß aufgelöst wird. Die gebildete Konzeptualisierung im Desambiguierungsprozeß stellt ein konzeptuelles Ausgabemuster dar, bei welchem die größer und die kleiner-Relation neutral codiert sind. Erst mit der Gewichtung der Relation aufgrund beispielsweise der Aufgabenstellung erfolgt eine Festlegung für die eine oder andere

Relation. Paivio erklärt die Verzögerung m.E. erst auf dieser späteren Stufe. Für den Prozeß der Interferenz im V-Modul müssen dabei im Unterschied zu Schriefers Experimenten die Objekte nicht notwendigerweise derselben Objektklasse entstammen und es ist auch nicht erforderlich, daß durch die Aufgabenstellung von außen dieser Konflikt initiiert wird oder im kongruenten Fall, der bei Schriefers dargestellt ist, der kognitive Konflikt vermieden wird. Erst mit der Einbeziehung von gelerntem Größenwissen, d.h. mit dem end<sub>2</sub>-Größenwert, können auftretende Interferenzen erklärt werden, denn erst dann bekommt die absolute Größeninformation durch die Kennzeichnung als langfristiges Wissen den Stellenwert, um die relative Größenrelation dergestalt zu beeinflussen, daß ein Kongruenzeffekt oder im Falle des Paradoxon ein Inkongruenzeffekt feststellbar ist. Daß dieser Konflikt anhand der Größeninformation modelliert wird und experimentell zahlreich untersucht wurde, ist ein Hinweis dafür, daß das Adjektiv „groß“ eine sehr wesentliche Rolle beim Aufbau und der Nutzung von Wissen spielen dürfte. Im Kapitel 6.4.3 wird das Paradoxon simulativ überprüft.

### **5.1.1.3 Konzeptualisierungsabfolge der Größeninformation**

Die nachfolgend vorgestellten Experimente zur Konzeptualisierungsabfolge betrachten die Konzeptualisierung der Größen- und Farbinformationen im Vergleich. Beide Eigenschaften stellen Dimensionen dar, in Bezug auf welche das zu benennende Objekt eine Position erhält (Herrmann & Deutsch, 1976). Der Unterschied zwischen den beiden Eigenschaften besteht darin, daß die Farbinformation absolut einem Objekt zugeordnet werden kann, d.h. bei der Zuordnung muß kein Vergleich mit anderen Objekten stattfinden. Die Größeninformation ist ein relatives Merkmal. Das Zielobjekt muß in Hinblick auf dieses Merkmal mit den anderen Objekten verglichen werden. Erst nach dem Vergleich steht fest, ob das Zielobjekt „groß“ oder „klein“ ist. Je mehr Objekte zum Vergleich herangezogen werden müssen, desto länger dauert der Vorgang. In den experimentellen Settings von Pechmann (1994) erfolgt entsprechend eine Differenzierung des Referenzbereichs. Ein kleiner Referenzbereich umfaßt 4-6 und ein großer Referenzbereich 14-16 Kontextobjekte. Die experimentellen Befunde

belegen, daß die Benennung der Farbe am schnellsten erfolgt. Dabei macht es keinen Unterschied, ob der Referenzbereich groß oder klein ist. Die Benennung der Größe weist höhere mittlere Artikulationszeiten auf als die Benennung der Farbe oder der Objektklasse (Anm. 6). Die Artikulationszeiten erhöhen sich bei einem großen Referenzbereich. Die Bestimmung der Größe setzt Kontextvergleiche voraus, die um so länger dauern, je mehr Kontextobjekte es gibt.

Die eigene Modellierung erklärt den Anstieg der Zeitdauer bei der Konzeptualisierung der Größeninformation mit der Involvierung der beiden Verarbeitungsmodule. Bei einer perzeptuell gegebenen Objektmenge mit kleinem Referenzbereich tritt ausschließlich das V-Modul in Aktion. Die einzelnen Werte werden eingelesen und das Zielobjekt kann im Vergleich zu seinen Kontextobjekten konzeptualisiert werden. Bei großem Referenzbereich verzögert sich die Verarbeitung, weil zunächst mit dem V-Modul operiert wird, dieses dann aber seine Kapazitätsgrenze erreicht (vgl. 5.3.5) und die Werte daher zuerst im D-Modul verarbeitet werden, bevor sie dann wieder zurück in das V-Modul eingehen.

#### **5.1.1.4 Aktivierungsdynamik in Adjektiv-Nomen-Kompositionen**

Der Konzeptualisierungsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ kann an der Generierung von komplexen Adjektiv-Nomen-Kombinationen beteiligt sein.

Die Experimente zur Merkmalsdynamik in Adjektiv-Nomen-Kompositionen gehen davon aus, daß beim Aufbau dieser komplexeren Strukturierungen im Sprachverarbeitungsprozeß eine interaktive Abfolge der Aktivierung von bestimmten Eigenschaften erfolgt. Die Eigenschaften beziehen sich teilweise auf den gesamten Komplex und teilweise nur auf das Nomen. Dahinter steht die Annahme, daß Adjektive nur in Verbindung mit einem Nomen und im Kontext genauer zu bestimmen sind. (Strohner & Brose, 1994). Es werden drei wichtige Eigenschaften von Nomen im Zusammenhang mit ihrer Kombination mit einem Adjektiv beschrieben. Es können permanente, emergente und verdrängte Eigenschaften unterschieden werden. Die permanenten Eigenschaften beziehen sich auf das Nomen und auf die Adjektiv-Nomen-Kombination. Ein Beispiel ist „rund“ in „geschälter Apfel“. Eine emergente

Eigenschaft entsteht erst aus der Kombination eines Adjektivs mit einem Nomen. Ein Beispiel hierfür ist „weiß“ in der Adjektiv-Nomen-Kombination „geschälter Apfel“. Eine verdrängte Eigenschaft gehört zwar zu einem bestimmten Nomen, aber nicht zur Adjektiv-Nomen-Kombination wie beispielsweise die Eigenschaft „rot“ in „geschälter Apfel“. Die Generierung von komplexen Adjektiv-Nomen-Kombinationen kann auf dem Hintergrund der Generierung von Referenzkonzepten beschrieben werden. Die Adjektiv-Nomen-Kombination stellt dann ein komplexeres Referenzobjekt dar. Bei der Generierung handelt es sich um einen Ablauf, bei welchem zunächst ein Aktuallkonzept generiert wird. Das Aktuallkonzept ist gering spezifiziert. Wird ein externer Bezug hergestellt, so wird es zum Referenzkonzept. Wird zusätzlich vorab erworbenes LZG-Wissen integriert, entspricht es einem Objektmodell (Anm. 7). Am Beispiel der Adjektiv-Nomen-Kombination als komplexem Referenzobjekt wurde experimentell untersucht, wie sich die Merkmalsdynamik der permanenten, emergenten und verdrängten Merkmale beschreiben läßt. Den theoretischen Hintergrund bildet die interaktive Sichtweise (Strohner u.a., 1994). Sie beschreibt die Bildung einer komplexen Adjektiv-Nomen Kombination als einen Prozeß, bei welchem das Adjektiv und Nomen nicht unabhängig voneinander, sondern interaktiv miteinander verarbeitet werden. Für die Merkmalsdynamik ergibt sich als Hypothese, daß die emergenten Merkmale am schnellsten aktiviert werden.

In den Versuchen wurden den Versuchspersonen zunächst das Adjektiv und anschließend zusätzlich das Nomen des Adjektiv-Nomen-Komplexes präsentiert. Mithilfe der Methoden der lexikalischen Entscheidung und des lauten Lesens wurde die Stärke der Aktivierung der obigen Merkmale im Verarbeitungsverlauf untersucht, um so Aufschlüsse über den dynamischen Verlauf zu erzielen. Die Versuchspersonen mußten in drei variierenden Stimulus-Onset-Asynchronie-Bedingungen (SOA) entscheiden, ob ein in einem weiteren Schritt präsentiertes Merkmal eine Eigenschaft des Komplexes darstellt. Als Merkmale wurden permanente, verdrängte und emergente Merkmale des Adjektiv-Nomen-Komplexes verwendet. Es zeigte sich, daß nach kurzer Darbietung von SOA = 100 msec die Reaktionszeiten für die verdrängten Merkmale am kürzesten waren. Die von den Autoren vertretene interaktive Sichtweise sagt eine schnellere Reaktion für die emergenten Merkmale voraus, was sich mit den Ergebnissen der Experimente nicht bestätigen ließ. Dennoch

interpretieren die Autoren die experimentellen Befunde als eine Stützung der interaktiven Sichtweise des Kompositionsvorgangs von Adjektiv und Nomen, nach welcher die kompositionsabhängigen Merkmale, und als solche werden die verdrängten verstanden, bereits zu einem frühen Zeitpunkt aktiviert werden. Als weiteres wichtiges Ergebnis zeigen die experimentellen Befunde, daß bei den längeren SOA-Zeiten von 500 und 1000 msec alle Merkmalstypen gleichermaßen aktiviert bleiben. Dieses Ergebnis steht in Widerspruch zu der Annahme der interaktiven Sichtweise, nach welcher die Aktivierung der verdrängten Merkmale im Verarbeitungsverlauf abnehmen sollte. Mit der interaktiven Sichtweise läßt sich somit nur teilweise erklären, warum die verdrängten Merkmale am schnellsten aktiviert sind und nicht erklären, warum alle Merkmale aktiviert bleiben.

Die experimentellen Befunde können zur Stützung der Annahmen der eigenen Konzeption herangezogen werden (Anm. 8). In 4.3.1 wurden verschiedene Aktivierungsverläufe innerhalb des Sprachproduktionsprozesses vorgestellt. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die konzeptuelle Repräsentation der frühen Stufe, die in der Folge merkmalsreicher wird und Voraussetzung für eine Repräsentation der späten Stufe ist. Die konzeptuelle Repräsentation der frühen Stufe ist dem Aktualkonzept vergleichbar. Sie hat prototypischen Charakter und entsprechend sind die prototypischen Komponenten wie die w/n-Wertebelegung der Größenmarke aktiviert, wie beispielsweise im Konzept „Haus“. Dem Referenzkonzept kann eine konzeptuelle Repräsentation der späten Stufe entsprechen oder eine Repräsentation der frühen Stufe mit Verschiebung des prototypischen Größenwertes wie in „kleines Haus“. Betrachtet man einen Ausdruck wie „kleines Haus“ als Konzeptualisierung eines komplexen Referenzkonzepts, so lassen sich auf der Grundlage der eigenen Modellierung beispielsweise dem permanenten Merkmal die Form, dem emergenten Merkmal der verschobene Größenwert und dem verdrängten Merkmal die w/n-Wertebelegung der Größenmarke zuordnen. Gemäß den Annahmen der eigenen Konzeption geht der Größenwert des Kategorieprototypen, d.h. das verdrängte Merkmal zu einem frühen Zeitpunkt als konzeptuelle Repräsentation der frühen Stufe in das V-Modul mit end<sub>2</sub>-Status ein. Entsprechend kann angenommen werden, daß das verdrängte Merkmal unmittelbar nach der Rezeption des Nomens am schnellsten aktiviert werden kann. Auch wenn das Größenadjektiv „klein“ entsprechend wie die

anderen Adjektive in den obigen Experimenten vorrangig präsentiert würde, dann kann es für sich genommen nicht verarbeitet werden, weil es nur im Vergleich zu Kontextobjekten oder einer Bezugsmenge interpretiert werden kann. In der eigenen Konzeption bedeutet das, daß kein Wert in das V-Modul eingeht. Die eigene Konzeption stimmt in diesem Punkt mit der interaktiven Sichtweise überein, nach der ein Adjektiv bei einer Konzeptualisierung eines Referenzkonzeptes nicht für sich genommen, sondern nur in Interaktion mit einem Nomen verarbeitet wird. Folgt man dem Experimentaldesign, so würde im weiteren Verlauf der vollständige Adjektiv-Nomen-Komplex präsentiert. Das hat zur Folge, daß sich emergente Merkmale herausbilden können. In der eigenen Modellierung entspricht dem Komplex eine Kategorisierung mit dem D-Modul. Der durchschnittliche Größenwert kann verschoben werden, im Beispielsfall zu „kleines Haus“. Das entsprechende Aktivierungsmuster des D-Moduls kann zu dem bereits eingegangenen verdrängten end<sub>2</sub>- Wert als weiterer emergenter Wert ins V-Modul eingehen. Für die Abfolge gilt somit, daß der verdrängte Wert vor dem emergenten Wert in das V-Modul eingeht.

Die obigen Experimente zeigen, daß die verdrängten Merkmale im Verlauf in ihrer Aktivierung nicht zurückfallen und in der Folge alle Merkmale (verdrängte, emergente und permanente) gleich stark aktiviert sind. Dieser Befund stützt die Annahmen zur Verarbeitung des V- Moduls. Die Ausgabeschicht weist in der Folge ein Aktivierungsmuster auf, daß alle in einem jeweiligen Diskursverlauf relevanten Größenwerte widerspiegelt und deren Aktivierung für diesen aufrechterhält.

In der eigenen Konzeption finden die beiden ungeklärten experimentellen Befunde, die vorrangige Aktivierung der verdrängten Merkmale und die anhaltende Aktivierung aller Merkmale im Falle der Konzeptualisierung eines komplexen Referenzkonzeptes mit dem Dimensionsadjektiv „groß“, vorbehaltlich der generellen Bedenken bei der Übertragung von Sprachrezeptionsergebnissen auf Sprachproduktionsverläufe, eine Erklärung.

## 5.1.2 Prozesse der formativen Ebene

### 5.1.2.1 Minimal-, Unter- und Überspezifikation

In den Experimenten zur Objektidentifikation und Objektbenennung tritt das Dimensionsadjektiv „groß“ als Teil eines komplexen syntaktisch/semantischen Musters auf, welches neben der Objektklasse zusätzlich ein Farbadjektiv enthalten kann. In den Experimenten wird der Frage nachgegangen, von welchen Faktoren es abhängt, daß in bestimmten Situationen ein Objekt unterschiedlich kategorisiert und in der Folge benannt wird. Die Unterschiede beziehen sich auf die Spezifikation der Benennung. Eine Benennung gilt als minimal spezifiziert, wenn sie nur die Spezifikationen umfaßt, die für eine eindeutige Identifikation unbedingt erforderlich sind. Bei einer unterspezifizierten Benennung fehlen Attribute, so daß eine eindeutige Identifikation nicht möglich ist. Werden mehr Attributspezifikationen produziert als zur Identifikation notwendig sind, so ist die Benennung überspezifiziert (Pechmann, 1994, Mangold-Allwinn u.a., 1995).

Geht man von der Annahme aus, daß die Wahl der Attributspezifikation vollständig durch die Beschaffenheit der Kontextobjekte determiniert ist, so stellen die minimal spezifizierten Benennungen die optimalste Wahl dar. Zum einen ermöglichen die minimal spezifizierten Benennungen im Gegensatz zu den unterspezifizierten Benennungen eine eindeutige Identifikation des benannten Objektes. Zum anderen enthalten sie im Gegensatz zu den überspezifizierten Benennungen keine Redundanzen. Aus dieser Annahme leitet sich die These ab, daß unter- oder überspezifizierte Äußerungen weniger instrumentell sind als minimalspezifizierte und daher bei der Sprachproduktion weniger häufig vorkommen (Olson, 1970). Diese These wird als These der Informativität und Redundanzvermeidung bezeichnet (Mangold-Allwinn u.a., 1995). Sie steht jedoch im Widerspruch zu experimentellen Befunden, nach denen unter- oder überspezifizierte Äußerungen sehr häufig produziert werden.

Überspezifizierte Äußerungen treten auf, wenn der Sprecher davon ausgeht, daß durch die zusätzliche Nennung von nicht-diskriminativen Adjektiven die Identifikation des Objektes für den Adressaten erleichtert wird. Unterspezifizierte Äußerungen

werden produziert, wenn auf ein Objekt innerhalb eines Diskursverlaufs mehrfach referiert wird. Dabei kommt es zur wiederholten Benennung des Objektes. Die Benennung umfaßt bei der Wiederaufnahme der Referenz weniger Attribute, als für die eindeutige Identifikation notwendig wären. Es kann davon ausgegangen werden, daß Sprecher und Hörer im Sprachproduktionsverlauf eine gemeinsame Wissensbasis aufbauen, auf die sie sich mit ihren Produktionen beziehen. Eine unterspezifizierte Äußerung kann erfolgen, weil wechselseitig klar ist, auf welches Objekt referiert wird. Für die experimentellen Ergebnisse zur Minimal-, Über- und Unterspezifikation wurde eine konnektionistische Modellierung von Eikmeyer u.a. (1995a) vorgestellt (vgl. 6.1.2.2). Die Autoren gehen dabei davon aus, daß die Objekte in einem Benennungsprozeß ihre relevanten Merkmale im sogenannten Merkmalsraum aktivieren. Der Merkmalsraum gliedert sich in den Zielraum und den Kontextrraum. Das Zielobjekt aktiviert die Merkmalsknoten im Zielraum und die Kontextobjekte die entsprechenden Knoten im Kontextrraum. Für den Übergang von den konzeptuellen zu den formulativen Prozessen enthält das Modell den Lexemraum und den Kontrollraum. Der Lexemraum wird vom Zielraum aus aktiviert. Dort werden die Wörter, die produziert werden sollen, aktiviert. Im Kontrollraum liegen die verschiedenen syntaktisch/semantischen Muster, die sich in der Abfolge der Wörter unterscheiden, in Form von Kontrollketten vor. Bei der Produktion einer Benennung der Minimalspezifikation aktivieren Zielobjekt und Kontextobjekt zunächst ihre entsprechenden Merkmale im Ziel- bzw. Merkmalsraum. Dabei aktivieren die Knoten des Zielraums zum einen ihrerseits entsprechende Lexemknoten, zum anderen hemmen sie ihre Zwillingsknoten im Kontextrraum. Die Hemmung dient der Vermeidung der Überspezifikation. Die gehemmten Knoten können keine Aktivierung in den Kontrollraum geben. Die verbleibenden aktivierten Knoten des Kontextrraums aktivieren im Kontrollraum einen entsprechenden Auswahlknoten derjenigen Kette, die zur Aktivierung paßt. Damit wird festgelegt, welche Kontrollkette und somit welches Adjektiv produziert wird. Die Belegung für das Adjektiv entstammt aus dem Lexemraum, wo der entsprechende Lexemknoten, der seine Aktivierung aus dem Zielraum erhalten hat, am stärksten aktiviert ist. Überspezifizierte Benennungen kommen beispielsweise zustande, wenn mehrere Kontextobjekte vorliegen und diese jeweils Merkmale aufweisen, die sie nicht mit dem Zielobjekt teilen. Im Kontrollraum

wird eine Kontrollknotenkette aktiviert, die Positionen für diese Merkmale enthält. Stellt sich in der Folge heraus, daß nicht alle Merkmale der Kette diskriminierend sind, so erfolgt die hemmende Wirkung vom Zielraum zu seinen entsprechenden Zwillingsknoten. Das zunächst selektierte Muster des Kontrollraums kann zu diesem Zeitpunkt jedoch bereits so stark aktiviert sein, daß es produziert wird. Die Folge ist eine überspezifizierte Benennung.

Diese Modellierung der Überspezifikation erklärt meiner Ansicht nach die Fälle, in denen das Farbadjektiv zusätzlich genannt wird, auch wenn es zur eindeutigen Identifikation des Zielobjektes nicht notwendig wäre. Gibt es mehrere Kontextobjekte mit verschiedenen Farben, so wird nicht jede dieser Informationen von den entsprechenden Knoten des Zielraums gehemmt. Das bedeutet, daß die Farbe insgesamt gesehen, als diskriminierendes Merkmal beurteilt wird. In der Folge wird ein Muster selektiert, das mit der Farbinformation des Zielobjektes aus dem Lexemraum gefüllt wird. Diese Modellierung deckt sich mit den experimentellen Ergebnissen von Pechmann, der bei einem größeren Referenzbereich eine durchschnittlich kürzere Latenzzeit für das Farb-Größen-Objektklassen-Muster (F-G-O) gegenüber dem G-F-O-Muster bekommt (Pechmann, 1994).

Auf die Fälle, bei denen das Größenadjektiv überspezifiziert wird, kann diese Modellierung m.E. nicht übertragen werden. Da es sich bei der Größe um ein relatives Merkmal handelt, kann die Aktivierung der Knoten im Ziel- und Kontextraum erst erfolgen, wenn ein Vergleich der Objekte in Bezug auf dieses Merkmal stattgefunden hat. Dieser Vergleich benötigt Zeit. Der „groß“ oder „klein“-Knoten kann daher nicht gleich schnell wie die Knoten für die Farbinformation aktiviert werden. Die Farbknoten im Kontextraum können unabhängig von den anderen Objekten und somit schneller aktiviert werden (vgl. 5.1.1.3). Aus der frühen Aktivierung der Knoten im Kontextraum wird in der oben vorgestellten Modellierung die Selektion einer Kontrollkette, die in der Folge zu einer überspezifizierten Benennung führt, abgeleitet. Die Aktivierung des „groß“ oder „klein“-Knotens erfolgt in Abhängigkeit von den anderen Objekten. Die Knoten im Kontextraum werden zu einem entsprechend späteren Zeitpunkt aktiviert. Folglich wird im Kontrollraum nicht vorzeitig eine Kontrollkette aktiviert, die ein überspezifiziertes Muster in Bezug auf die Größeninformation darstellt. Für die Modellierung der Überspezifikation bedeutet

das, daß die zusätzliche Encodierung der Größeninformation nicht mit demselben Mechanismus wie dem der Farbinformation erklärt werden kann. Es kann sich daher nicht um die kontextuell eingehende Größeninformation handeln, die die Überspezifikation bewirkt. Bei dieser Größeninformation handelt es sich um eine relative Information, die den Vergleich mit den Kontextobjekten voraussetzt. Soll die Größeninformation zu einem frühen Zeitpunkt eingehen, so daß in der Folge die entsprechenden Knoten des Kontextnetzes aktiviert werden können, damit anschließend ein Muster mit dem Größenadjektiv selektiert werden kann, so muß es sich um absolut eingehende Größeninformation handeln.

In der eigenen Modellierung erfolgt die Unterscheidung von absoluter und relativer Größeninformation mit Hilfe der beiden Verarbeitungsinstrumentarien. Die relative Größeninformation entstammt aus dem V-Modul und die absolute Größeninformation aus dem D-Modul. Aus den bisherigen Überlegungen läßt sich schließen, daß folglich die Größeninformation aus dem D-Modul zu einem frühen Zeitpunkt vorliegen muß und diese für die Selektion eines überspezifizierten Musters verantwortlich ist. Gemäß der eigenen Modellierung liegt zu einem frühen Verarbeitungszeitpunkt die Größeninformation der konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe vor. Das ist der Fall, wenn ein präsentiertes Objekt als Vertreter seiner Klasse kategorisiert wird. Die Kategorisierung erfolgt im D-Modul. Mit dem Klassenprototypen wird die durchschnittliche Größeninformation der Klasse zur Verfügung gestellt. Ein Zielobjekt kann daher zu einem frühen Zeitpunkt als „groß für seine Klasse“ kategorisiert werden. Bei dieser Größeninformation handelt es sich um eine absolute Information. Aus der eigenen Modellierung ergibt sich eine mögliche Ursache der Überspezifikation somit dadurch, daß der Sprecher für ein gegebenes Objekt die Größenrelation dieses Objektes in Bezug auf seine Klasse encodiert. Das wird beispielsweise dann der Fall sein, wenn die Größenunterschiede zum Klassenprototypen besonders groß sind. Das entspricht der V-Hypothese 3 (vgl. 4.3.1). Diese Größeninformation kann unabhängig von den Kontextobjekten bereitgestellt werden. „Groß“ bezieht sich auf die absolute Information „groß für die Klasse“ und nicht auf die relative Größeninformation „größer als die Kontextobjekte“. Neben der längerfristig gespeicherten absoluten Größeninformation kann auch die absolute Größeninformation in Form einer Ad-hoc-Bildung im D-Modul gebildet

werden. Die frühzeitig bereitgestellte Information wäre dann beispielsweise „groß“ in der Bedeutung „groß für den Bildschirm“ (vgl. 5.1.1.2). In beiden Fällen hat die Größeninformation einen absoluten Status wie die Farbinformation und kann folglich die Selektion eines überspezifizierten Musters initiieren. Wichtig ist dabei zu sehen, daß diese Interpretation eine Differenzierung der Größeninformation in absolute und relative Größeninformation notwendig macht.

Die eigene Modellierung macht keine expliziten Aussagen über den Übergang von den konzeptuellen Strukturen zu den Strukturen der formulativen Ebene. In der Modellkonzeption von Eikmeyer u.a. (1995a) wird die Bedeutung des Einflusses der konzeptuellen Prozesse auf die Produktion von überspezifizierten Äußerungen mit Überspezifizierung der Farbinformation deutlich. Werden für das Zielobjekt mehrere prominente Merkmale im Zielraum konzeptuell aktiviert, so kann es unter Umständen ökonomischer sein, für einige dieser Merkmale die entsprechenden Lemmas zu aktivieren und in die Kontrollstruktur eingehen zu lassen, als zu überprüfen, ob es sich dabei um diskriminierende Merkmale handelt. Das Resultat wäre eine überspezifizierte Äußerung, deren Aufbau mittelbar konzeptuell gesteuert wurde.

Die eigene Modellierung zeigt für die Größeninformation anhand einer Unterscheidung in absolute und relative Größeninformation, daß die Ursachen der Überspezifikation der Größeninformation mit Hilfe von Prozessen der konzeptuellen Ebene erklärt werden können. Als nicht-konzeptuelle Begründung für die Überspezifikation kann die Vorrangstellung der Muster, die das Größenadjektiv an erster Position haben, angeführt werden. Die Überspezifikation käme demnach zustande, weil das frequentere Muster die Größeninformation benötigt. Im folgenden werden experimentelle Befunde bezüglich der Produktion dieser Muster vorgestellt. Anschließend wird diskutiert, ob ein Zusammenhang zwischen den frequenteren Mustern und den konzeptuellen Prozessen besteht.

### **5.1.2.2 Bevorzugte G-O und G-F-O-Muster**

Bei den im vorherigen Abschnitt vorgestellten Einflußfaktoren auf die Wahl eines syntaktisch/semantischen Musters mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ handelt es sich

um partnerseitige Einflußfaktoren. Der Sprecher produziert diejenige Äußerung, die für die verfolgten Ziele instrumentell ist, d.h. dem Partner eine problemlose Identifikation des Objektes ermöglicht.

Die von Pechmann (1994) durchgeführte Experimente belegen, daß auch sprecherseitige Einflußfaktoren die Wahl des syntaktisch/semantischen Musters beeinflussen. Zu den sprecherseitigen Einflußfaktoren zählen syntaktische Vorgaben, die sich auf die Reihenfolge von Größe, Farbe und Objektklasse innerhalb des syntaktisch/semantischen Musters beziehen. Die Experimente belegen eine regelhafte Abfolge der Größeninformation vor der Farb- und Objektklasseninformation im syntaktisch/semantischen Muster, die als kanonische Sequenz bezeichnet wird (vgl. Pechmann 1994, S. 143). Die Muster mit der Abfolge Größe - Objektklasse (G-O) und Größe - Farbe - Objektklasse (G-F-O) werden häufiger produziert. Die Umstellung der kanonischen Abfolge führt zu invertierten Äußerungen. Bei den Experimenten wurde zunächst sicher gestellt, daß die Farbe der markierten Zielobjekte schneller konzeptualisiert werden kann als die Größe. Bei den resultierenden Benennungen stand bei der Mehrzahl dennoch das Größenadjektiv an erster Position. Es wurden somit mehr Äußerungen mit kanonischer Abfolge produziert. Auch in den Fällen, in denen die Farbe aufgrund ihrer hervorstechenden Eigenschaft überspezifiziert wurde, stand das Farbadjektiv häufig trotzdem erst an zweiter Position im G-F-O-Muster. Auf der konzeptuellen Ebene gibt es in diesem Fall eine Abfolge, wonach die Farbinformation schneller als die Größeninformation konzeptualisiert werden kann. Die Abläufe der Konzeptualisierung spiegeln sich jedoch nicht wider in den resultierenden syntaktisch/semantischen Mustern. Die Muster werden nicht maximal inkrementell produziert, was bedeuten würde, daß die zuerst konzeptualisierte Information auch an erster Position im syntaktisch/semantischen Muster encodiert wird. Pechmann überprüft auch die umgekehrte Annahme. Sie besagt, daß die vorrangig konzeptualisierte Information an zweiter Position, d.h. direkt vor der Objektklasse encodiert wird. In Vorexperimenten wurde sichergestellt, daß im Gegensatz zu den vorherigen Experimenten die Größeninformation schneller als die Farbinformation konzeptualisiert werden kann. Das Ergebnis zeigt, daß auch in diesem Fall kanonische Sequenzen produziert werden, d.h. die Größe an erster Position encodiert wird. Beide Annahmen, also zum

einen, daß die schnellere Verfügbarkeit eines Adjektivs zur Positionierung am Anfang der Phrase führt und zum anderen, daß daraus die Besetzung des slots direkt vor dem Nomen im syntaktisch/semantischen Muster resultiert, lassen sich experimentell nicht bestätigen. Pechmann folgert daraus, daß komplexe Nominalphrasen nicht maximal inkrementell produziert wurden.

Die Interpretation der Ergebnisse von Pechmann führt m.E. zu dem naheliegenden Schluß, daß die dynamischen Prozesse auf der konzeptuellen Ebene nicht in einer Eins-zu-eins-Übertragung den dynamischen Aufbau der syntaktisch/semantischen Strukturen bewirken. Bei der Produktion von komplexen Nominalphrasen kann davon ausgegangen werden, daß die lexikalischen Strukturen, die mit bestimmten konzeptuellen Strukturen assoziiert werden, nicht jedesmal in Übereinstimmung mit den Prozessen der konzeptuellen Ebene aufgebaut werden, sondern daß es sich um feststehende syntaktisch/semantische Muster handelt, die als eine geschlossene Einheit mit einer bestimmten konzeptuellen Struktur assoziiert werden. Desweiteren kann davon ausgegangen werden, daß die assoziativen Verbindungen sich durch Lernprozesse herausbilden. Es stellt sich die Frage, warum gerade die Muster häufiger assoziiert werden, die das Größenadjektiv an erster Position haben, d.h. warum es sich bei den G-O- und G-F-O-Mustern um die frequenteren Muster handelt. Hierzu muß der konzeptuell-formulative Zusammenhang nicht mehr ausschließlich auf der Ebene des individuellen Sprachproduktionsprozesses betrachtet werden, sondern auf der Ebene des ontogenetischen und phylogenetischen Prozeßverlaufs. Im Fall der frequenteren Muster bedeutet das, daß die Herausbildung der betreffenden Muster als frequentere Muster innerhalb einer Sprachgemeinschaft mit den individuellen konzeptuellen Prozessen der Verarbeitung der Größeninformation in Zusammenhang gebracht werden kann. Für die individuellen Konzeptualisierungsprozesse spielt die Größeninformation gemäß der eigenen Hypothesen eine wesentliche Rolle, sowohl für die Prozesse der Wissensnutzung im Sprachproduktionsprozeß, wo die Größeninformation frühzeitig aktiviert wird als auch für die Prozesse der Wissensbildung, beispielsweise im Zusammenhang mit dem Aufbau von Wissenstaxonomien. Es wird angenommen, daß diese Vorrangstellung sich in den syntaktisch/semantischen Mustern insofern widerspiegelt, als daß die erste Position in den Mustern für die Größeninformation steht. Geht man davon aus, daß sich die

Entstehung von syntaktisch/semantischen Mustern so vollzieht, daß frequente konzeptuelle Strukturen in der Folge zu einem früheren Zeitpunkt, d.h. im Spracherwerb früher mit einem entsprechenden syntaktisch/semantischen Muster assoziiert werden, so müßten die frequenteren Muster auch die zu einem früheren Zeitpunkt erworbenen Muster sein. Diese Annahme kann gestützt werden durch die Ergebnisse der Spracherwerbsforschung, die in 5.2.2.2 vorgestellt werden.

Die Argumentation stützt die Annahme, daß die Prozesse der Konzeptualisierung in ihrer wechselseitigen Beeinflussung zu den Prozessen der formulativen Ebene gesehen werden müssen. Diese Annahme steht im Gegensatz zu der Konzeption von Pechmann (1994), der von einer Unabhängigkeit von Prozessen der Konzeptualisierung ausgeht und eine ausschließlich semantische Beeinflussung syntaktischer Prozeduren zum Aufbau komplexer Nominalphrasen annimmt.

### **5.1.2.3 Markiertheitseffekt**

Für das V-Modul wird in der eigenen Modellkonzeption angenommen, daß eine abgebildete Relation in neutraler Codierung gleichermaßen als „größer als“ oder „kleiner als“ konzeptualisiert ist. Unter neutraler Codierung wird verstanden, daß es auf konzeptueller Ebene keine Einflüsse gibt, die eine der Relationen und somit die Verlaufsrichtung markieren. Diese Annahme läßt sich experimentell stützen (vgl. 5.1.1.2). Sollen die Versuchspersonen jedoch anstelle des non-verbalen Verhaltens verbal die „größer“ bzw. „kleiner“-Relation benennen, so belegen die entsprechenden experimentellen Ergebnisse, daß die „größer“-Relation sowohl in der Pre- als auch in der Post-Bedingung schneller produziert werden kann als die „kleiner“-Relation (Schriefers, 1985, 1990). Schriefers (1990) geht davon aus, daß es zwei mögliche Ursachen für auftretende Schwierigkeiten beim Abruf der lexikalischen Information gibt. Den einen Problembereich stellt der Übergang von der konzeptuellen Stufe hin zur formulativen Stufe dar. Hierzu zählt der Einfluß interferierender konzeptueller Information, wie sie beispielsweise mit dem Kongruenzeffekt beschrieben wurde. Zum anderen können Gründe für Verzögerungen des lexikalischen Abrufs auf der Ebene des Formulierens auftreten. Ein Beispiel hierfür ist der Markiertheitseffekt, welcher

besagt, daß die unmarkierte Relation von Dimensionsadjektiven schneller abgerufen werden kann als die markierte lexikalische Form. Wie in 5.1.1.2 dargestellt, läßt sich dieser Markiertheitseffekt auf der konzeptuellen Ebene nicht nachweisen.

Der Markiertheitseffekt tritt somit erst auf einer späteren Stufe des Sprachproduktionsprozesses auf, wenn die Konstruktionen der Konzeptualisierung mit lexikalischen Einheiten assoziiert werden. In weiteren Experimenten von Schriefers (1990) wurde nachgewiesen, daß für die zeitlichen Unterschiede nicht Prozesse auf der artikulatorischen Ebene verantwortlich sind, weil die größer- und kleiner-Relationen gleich schnell artikuliert werden können. Die Verzögerungen betreffen somit den Übergang von der konzeptuellen zur formulativen Ebene. Der Grund für den Markiertheitseffekt kann daher nicht darin bestehen, daß die unmarkierten Formen schneller artikuliert werden können.

Als Begründung für das Auftreten des Markiertheitseffektes bieten sich nach Schriefers folgende zwei Möglichkeiten an. Als eine Möglichkeit läßt sich der Markiertheitseffekt mit Unterschieden in der Häufigkeit zwischen den markierten und den unmarkierten adjektivischen Formen begründen, wobei die unmarkierten Formen auch die häufiger in Erscheinung tretenden Formen und somit die schneller abrufbaren Formen sind. Eine andere mögliche Begründung könnte die größere Komplexität der Lemmas der markierten Formen gegenüber den Lemmas der unmarkierten adjektivischen Formen darstellen (Bierwisch & Lang, 1987b).

Eine konnektionistische Modellierung könnte die Befunde zum Markiertheitseffekt beispielsweise mit Hilfe von unterschiedlichen Verbindungsstärken modellieren. Es kann gemäß den experimentellen Befunde von Schriefers davon ausgegangen werden, daß eine verstärkte Verbindung von der konzeptuellen „größer“-Relation zur lexikalischen „größer“-Relation besteht. Die konzeptuelle „kleiner“-Relation weist hingegen eine schwächere assoziative Beziehung zur lexikalischen „kleiner“-Relation auf (vgl. 6.5).

Das Phänomen des Markiertheitseffektes und dessen Lokalisierung auf der Ebene der Formulierung unterstreicht m.E. zum einen die Notwendigkeit, bei der Analyse des Sprachproduktionsprozesses die jeweils eigenen Gesetzmäßigkeiten der unterschiedlichen Prozeßebenen herauszustellen. Damit wird ein weiteres Argument dafür bereitgestellt, die Vorstellung einer bloßen Eins-zu-eins-Entsprechung zwischen

der konzeptuellen und der formulativen Ebene aufzugeben. Eine solche Vorstellung ist im produktorientierten, traditionellen linguistischen Verständnis beispielsweise bei Bierwisch (1987) anzutreffen (vgl. 1.5.1 ). Zum anderen wird deutlich, daß sich nur unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen der beiden Prozeßebenen die Phänomene der Überspezifikation (vgl. 5.1.2.1) und der Vorrangstellung bestimmter syntaktisch/semantischer Muster (vgl. 5.1.2.2) erklären lassen. Wenn die linguistische Forschung auf die formulative Ebene fokussiert, können bestimmte Sprachproduktionserscheinungen daher nur unvollständig erklärt werden.

## **5.2 Ontogenetische Entwicklung**

Im folgenden sollen Ergebnisse zur Erforschung der ontogenetischen Entwicklung vorgestellt werden. Die Grundlage bildet die konstruktivistisch geprägte Entwicklungstheorie von Piaget (z.B. 1975a, 1976), die in 5.2.1 vorgestellt wird. Innerhalb der einzelnen Entwicklungsstufen werden die kognitiven Fähigkeiten beschrieben, die im Zusammenhang mit der Konstruktion des Größenwissens im Individuum als relevant betrachtet werden. In 5.2.2 wird auf experimentelle Befunde speziell zu der Verarbeitung der Größeninformation im Entwicklungsprozeß eingegangen. In der eigenen Modellkonzeption wird der Sprachproduktionsprozeß als untrennbar von dem jeweiligen Entwicklungsstand der kognitiven Fähigkeiten des sprachverarbeitenden Individuums angesehen. Diese bislang implizite Annahme liegt den M-Hypothesen (vgl. 2.1.1.1 und 2.1.2) zugrunde, weil mit ihnen Aussagen bezüglich der Lernprozesse getroffen werden. Es wird ein Zusammenhang hergestellt zwischen dem individuellen Entwicklungsstand und dem Elaboriertheitsgrad der Objektklassifikation. Erst wenn diese Klassifikationsleistung erbracht ist, kann eine verfeinerte Klassifikation mit Hilfe mit der Größeninformation erfolgen. Das Vorhandensein bestimmter Strukturen und Fähigkeiten ist somit die Voraussetzung, damit sich neue Strukturen herausbilden können. Für die Ausbildung des Größenwissens bedeutet das, daß die Konstruktionsprozesse im Zusammenhang mit anderen inneren Strukturbildungen gesehen werden müssen. In 5.2.3 wird dargestellt,

wie sich die Konstruktion von Größenwissen in Abhängigkeit von anderen kognitiven Konstruktionsprozessen vollzieht.

### 5.2.1 Die kindlichen Entwicklungsstufen bei Piaget

Der entwicklungspsychologische Ansatz von Piaget, geht von einer untergeordneten Rolle der Sprache im geistigen Entwicklungsprozeß eines Kindes aus (Piaget & Inhelder, 1973; Ginsburg & Opper, 1998; Knobloch, 1999). Im Sinne der Systemposition 1 (vgl. 2.1.4 und 2.5) versteht Piaget das Leben mit seinen Entwicklungsstufen als einen fortschreitenden Neuschöpfungsprozeß immer komplexerer Formen, welche auf ein ständig verbessertes Gleichgewicht zwischen den inneren Strukturen und der Umwelt abzielen (Piaget, 1976). Ebenso wie der Organismus sich seiner Umwelt anpaßt, ist auch Intelligenz als Anpassungsverhalten zu beschreiben, indem sie innere Strukturen erzeugt, die diesem Zweck dienen. Nach Piaget genügt es für die theoretische Beschreibung, die Invarianten herauszulösen, welche allen hervorgebrachten Strukturierungen gemeinsam sind. Für die geistige Entwicklung unterscheidet Piaget veränderliche und unveränderliche Elemente. Zu den invarianten Funktionen gehören *Organisation* und *Anpassung*. Die Anpassung kann durch zwei sich wechselseitig beeinflussende Prozesse beschrieben werden, zum einen die *Assimilation* und zum anderen die *Akkommodation*. Assimilation steht für die Einverleibung der äußeren Wirklichkeit in die vom Organismus aufgebauten Strukturen, welche gleichzeitig aufgrund der Akkommodation eine Veränderung gemäß den Einwirkungen der Umwelt erfahren. Während Adaption den äußeren Aspekt dieses Zyklus beschreibt, wird mit Organisation sein innerer Aspekt erfaßt, nämlich die Strukturbildung, welche die Integration von Strukturen in Systeme oder Strukturen höherer Ordnung umfaßt. Auf diesem Hintergrund vollzieht sich die gesamte intellektuelle Entwicklung, für welche vier Stufen unterschieden werden können (Piaget, 1984): die *sensomotorische* (Geburt bis 2 Jahre), die *präoperative* (2 bis 7 Jahre), die der *konkreten Operationen* (7 bis 11 Jahre) und die der *formalen Operationen* (11 Jahre und älter).

Im Verlauf der *senomotorischen Phase*, für welche Piaget (1975a) sechs Entwicklungsstadien unterscheidet, erwirbt das Kind die vorbereitenden kognitiven Fähigkeiten für die Ausbildung der ersten Objektbegriffe. Mit dem objektiven Objektbegriff ist die Fähigkeit gemeint, ein Objekt unabhängig von einer bestimmten Situation oder unabhängig von der mit ihm vollzogenen Handlung intern zu repräsentieren, so daß ihm die Eigenschaften der Permanenz und Substanz zugeschrieben werden kann. Bei den frühen Begriffen dieser Entwicklungsstufe handelt es sich weitgehend um subjektive Objektbegriffe. Das bedeutet, daß das Objekt noch ganz in das kindliche Handeln einbezogen wird und ihm außerhalb der eigenen Wahrnehmung noch keine Existenz zugesprochen wird. Zu den Vorbereitungen für den Übergang zur Ausbildung des objektiven Objektbegriffs zählen vor allem die Akkommodation des Sehschemas an die Bewegung sowie die Koordination der Hand- und Augenbewegung (Piaget & Inhelder, 1975b). Diese Fähigkeiten werden in 5.3.3 im Zusammenhang mit der Entwicklung der Fähigkeit zur Größenkonstanz dargestellt.

In der *präoperativen Phase* kommt es zur Bildung erster symbolischer Vorstellungen vor allem durch die Nachahmung (Piaget, 1975b). Bei der Nachahmung des Handelns mit den Dingen werden Aspekte dieser Handlung herausgefiltert und diese Merkmale können als Verinnerlichung des Handelns mit den Dingen repräsentiert werden. Die Fähigkeit zur Bildung symbolischer Vorstellungen wird als Voraussetzung für die Ausbildung der Symbolfunktion angesehen. Die Symbolfunktion bezeichnet die Fähigkeit, bestimmte Dinge durch eine verinnerlichte Repräsentation zu ersetzen, ohne daß die betreffenden Gegenstände gegenwärtig sind. Die zu diesem frühen Zeitpunkt gebildeten Symbole sind individuell und stehen in enger Beziehung zur Erfahrung des Kindes. Die Bedeutung der Symbole erschließt sich nur dem konstruierenden Individuum, welches die Symbole als Folge seines Umweltbezuges aufgebaut hat. Damit wird die in 2.5.1 aufgestellte These gestützt, nach welcher die Bedeutung individuell im Individuum konstruiert wird. Die sprachlichen Einheiten, die mit diesen Symbolen assoziiert werden können sind hingegen sozial und nicht individuell. Das Kind lernt mit der Zeit, seine inneren Zustände mit den sprachlichen Einheiten der Sprachgemeinschaft zu assoziieren. Zunächst ist die Verwendung der ersten Wörter jedoch noch sehr individuell. Die Bezeichnungen werden auf die

individuell herausgebildeten Zustände bezogen, die noch stark von den Konzeptualisierungen der Erwachsenen abweichen können. Die Verwendung der ersten Wörter ist in dieser Phase mit der Bildung von Symbolen vergleichbar, d.h. die ausgebildeten symbolischen Repräsentationen sind eng an die ausführenden Handlungen gebunden, daher werden auch die ersten Wörter unmittelbar auf die Handlung bezogen, die gerade ausgeführt wird. Mit der Zeit kann mit den Wörtern auch auf abwesende Dinge oder Ereignisse verwiesen werden.

Im präoperativen Stadium treten erste klassifikatorische Leistungen auf. Mit der Betrachtung der Entwicklung der Klassifikationsleistungen beschäftigt sich Piaget (Piaget & Inhelder, 1973; Piaget & Inhelder, 1975a; Piaget & Szeminska, 1975) in seinen späteren Werken und unterscheidet innerhalb der präoperativen Phase zwei Stadien: das Stadium 1 (2-5 Jahre) und das Stadium 2 (5-7 Jahre). Im ersten Stadium treten erste Klassifikationsleistungen zunächst in Form der Bildung von kleineren partiellen Aneinanderreihungen auf, bei denen wenige Objekte nach unterschiedlichen Gesichtspunkten eine Anordnung erfahren, oder in Form der Bildung komplexerer Objekte mit denen beispielsweise interessierende Muster oder Bilder nachgebildet werden. Im zweiten Stadium kommt es zur Bildung von Klassen und hierarchischer Anordnungen, allerdings werden Inklusionsbeziehungen noch nicht verstanden. Die Denkweise des Kindes ist zentriert auf einen Teilaspekt der Klassenbildung. Die Gesamtheit der Anordnung kann somit nicht gleichzeitig berücksichtigt werden. Dies ist jedoch für das Verständnis einer Inklusionsbeziehung notwendig. Die Unfähigkeit des Kindes der präoperativen Phase Inklusionsbeziehungen zu verstehen, kann damit erklärt werden, daß das Kind, sobald es Untergruppen von einem Ganzen gebildet hat, diese zentriert und dann das Ganze außer acht läßt. Zu den Erscheinungsformen der Zentriertheit des Denkens zählen auch kommunikative, egozentrische Redeweisen, die in Wiederholung, Monolog, kollektiven Monolog und der Verwendung von Pronomen und demonstrativen Adjektiven ohne Kenntlichmachung ihres Bezugs für den Partner, ihren Ausdruck finden (Piaget, 1979). Diese Unfähigkeit des Kindes, nicht gleichzeitig den Standpunkt des anderen und seinen eigenen zu berücksichtigen, offenbart das zugrundeliegende Denkmuster dieser Phase, nämlich die Unfähigkeit, verschiedene Aspekte einer Situation gleichzeitig zu berücksichtigen. Diese Tendenz zeigt sich auch in der mangelnden Fähigkeit, numerische Ordnungsreihen zu bilden.

Wird ein Kind über Teilbereiche der Ordnung informiert wie z.B.  $b < c$  und  $b > a$ , so ist es nicht in der Lage, die Gesamtordnung  $a < b < c$  zu deduzieren. Die Fähigkeit zum deduktiven Schlußfolgern ist noch nicht ausgebildet. Mit dem sogenannten transduktiven Schließen tritt eine Vorform davon auf. Diese nimmt eine Zwischenstellung zwischen Induktion und Deduktion ein. Sie läßt das Allgemeine unberücksichtigt und stellt zwischen konkreten Erscheinungen Beziehungen her, wo keine vorliegen.

Mit der Zeit dezentriert sich das Denken jedoch von der einseitigen Beschäftigung mit dem Teil oder dem Ganzen. So ist das Kind in der Phase der *konkreten Operationen* in der Lage, hierarchische Klassifikationen vorzunehmen und Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen der Hierarchie zu erkennen, also Inklusionen zu verstehen. Die Klassifikationen sind aber nur konkret. Beim Umgang mit nur vorgestellten Klassen gelingt es dem Kind nicht, die Beziehungen zwischen den Elementen der Hierarchien zu verstehen. Die Fähigkeit zur numerischen Ordnungsbildung hat sich in der Phase der konkreten Operationen dahingehend verändert, daß das Kind eine planvolle Reihenbildung hervorbringen kann, wobei es mit dem kleinsten oder größten Element beginnt. Zudem koordiniert es jetzt die beiden inversen Beziehungen - „größer als“ und „kleiner als“. Auch im Zusammenhang mit dem Zahlenbegriff, für welchen Piaget die Herstellung der Stück-für-Stück-Korrespondenz zweier Reihen und die Erhaltung dieser Korrespondenz bei Veränderung ihrer ursprünglichen Wahrnehmungsstruktur als wesentliche Elemente erachtet, vollzieht sich auf der Ebene der konkreten Operationen eine entscheidende Entwicklung (Piaget & Szeminska, 1975). In den Phasen der präoperativen Stufe wird bei der Anordnung von Elementen wie z.B. Stäben in kürzere oder längere Reihen die Invarianz der numerischen Äquivalenz beider Sätze nicht erkannt. Das Kind zentriert zunächst ausschließlich die Länge, dann abwechselnd die Länge oder Dichte der Anordnung. Erst auf der Stufe der konkreten Operationen koordiniert es beide Dimensionen und setzt sie zu den vollzogenen Transformationen in Beziehung. Auch für andere Erhaltungen, wie die der kontinuierlichen Quantität, der Substanz, des Gewichts und des Volumens läßt sich zeigen, daß das Kind auf der Stufe der konkreten Operationen die Fähigkeit besitzt, die Zahleigenschaft eines Satzes als invariantes Element zu verstehen. Auch hier lassen sich die Entwicklungsstufen mit zunehmender

Berücksichtigung mehrerer Dimensionen wie z.B. Höhe, Länge und Breite beim Volumen nachweisen.

Der Übergang zum *formalen Denken* besteht vor allem in der Erweiterung der Wirklichkeit von einer wirklichen hin zu vielen möglichen (Schröder, 1989; Ginsburg & Oppen, 1998). Geht der konkret Denkende von der vorgegebenen Information aus und ist bei ihm entsprechend der Zugang zum Schlußfolgern sach- und wahrnehmungsgebunden, so hat sich beim formal Denkenden der Prozeß der Problemkonstruktion von den bloß augenscheinlichen Wahrnehmungen gelöst. Er versucht, durch systematisches Denken mögliche Lösungen zu erzielen. Während also der konkret Denkende versucht, einen Sachverhalt aus den Daten zu erschließen, d.h. er geht empirisch-induktiv vor, so abstrahiert der formal Denkende mit seinem charakteristischen hypothetisch-deduktiven Denken von den empirisch wahrgenommenen Daten der Erfahrung durch die Konstruktion möglicher Ereignisse. Ein weiterer Entwicklungsschritt besteht darin, daß sich die konkreten Operationen nur auf eine Aussageform und nicht, wie beim formalen Denken, auf ein gesamtes System von Aussagen und deren Transformationsregeln beziehen.

Insgesamt vollzieht sich die geistige Entwicklung auf dem Hintergrund der Anforderung, auf ein zunehmend besseres Gleichgewicht zwischen dem System und der Umwelt abzielen. Diesen selbstregulierenden Vorgang bezeichnet Piaget als *Äquilibration* (Piaget, 1976). Der Äquilibrationsprozeß erfolgt bei der Entwicklung des Konzeptes „groß“ anhand der Prinzipien der Differenzierung und Integration, der Relativierung von Begriffen und der quantitativen Bestimmung von Relationen. Bei dem früh verfügbaren Merkmal „Größe“ handelt es sich um ein *differenzierendes Merkmal*, mit welchem Objekte unterschieden werden können. Durch die Verwendung des Merkmals für die Prozesse der Objektklassifikation erfolgt anhand der *Prinzipien der Differenzierung und Integration* eine Äquilibration in Form einer zunehmend elaborierteren Objektklassifikationskomponente. Äquilibration auf der Grundlage des Prinzips der *Relativierung* von Begriffen bedeutet im Falle der Konzeptualisierung von „groß“, daß für eine Objektklasse in einem frühen Entwicklungsstadium zunächst die beiden allgemeinen Kategorien „groß“ und „klein“ gebildet werden und im Verlauf der weiteren Entwicklung zusätzlich die Kategorie „mittelgroß“ hinzukommt. Die Fähigkeit zur qualitativen Unterscheidung von „groß,

mittelgroß und klein“ ist die Grundlage für die *quantitative Relativierung* von Begriffen. Die Elemente einer Objektkategorie können auf einer kontinuierlichen Meßskala angeordnet werden. Auf dieser Grundlage kann erkannt werden, daß ein „mehr“ bzw. „weniger“ der Qualität „Größe“ auf der Skala zueinander in einem reziproken Verhältnis stehen, was der folgenden Bewegung auf dem Kontinuum entspricht. Ein „mehr groß“ entspricht einer Verschiebung hin zum positiven Pol, ein „weniger groß“ einer Verschiebung in Richtung des negativen Pols. Die vollständige Fähigkeit der Quantifizierung verschiedener Größenverhältnisse beinhaltet die zusätzliche Erkenntnis, daß der affirmativen Verwendung der Relationen „a größer als b“ und „b kleiner als a“ die Negation „a ist nicht gleich b“ entspricht.

## **5.2.2 Ontogenetische Experimente**

### **5.2.2.1 Erwerb des Begriffsinhalts von „groß“**

Die im folgenden vorgestellten Experimente zu der ontogenetischen Entwicklung des Dimensionsadjektivs „groß“ stellen Beiträge dar zur Entwicklung der sprachlichen Verwendung von „groß“. Piaget kam es vor allem darauf an, die Prozesse auf konzeptueller Ebene näher zu betrachten. Da später die unterschiedlichen Befunde insgesamt als Stützung des eigenen Modells herangezogen werden sollen, bedarf es an dieser Stelle des Hinweises, daß die Entwicklungsprozesse auf der vorsprachlichen Ebene nicht notwendigerweise synchron zu den Prozessen auf der sprachlichen Ebene verlaufen.

In ihren Ausführungen „Spracherwerb und Qualitätsurteile“ geht Goede (1987) davon aus, daß es im Verlauf des geistigen Entwicklungsprozesses von konzeptuellen Strukturen zu sogenannten Regressionen kommt. Diese zeigen sich beispielsweise auch in der Verwendung von „mehr“- und „größer“-Urteilen. Während Kinder unter 5 Jahren und Erwachsene das Objekt mit dem größeren Volumen als das größere wählen, orientieren sich Kinder im Alter zwischen 4,5 und 6 Jahren ausschließlich nach der Ausdehnung der Objekte in der vertikalen Richtung. Goede vermutet nun, daß zwischen den Entwicklungen der „größer“- und „mehr“-Urteile bei

kontinuierlichen Quantitäten ein Zusammenhang besteht, da sowohl das Konzept der Größe als auch das Konzept der Masse Bezug nehmen auf die drei Dimensionen des Raumes und daß es im Verlauf des Entwicklungsprozesses zu Interferenzen zwischen den Bedeutungen kommt. Für „größer“ unterscheidet Goede zwei Verwendungsweisen. Zum einen kann man von einem Objekt sagen, daß es größer ist als ein anderes, wenn es bezüglich aller meßbaren räumlichen Aspekte größer ist, also sowohl auf der Hauptachse (HA) als auch auf den Nebenachsen (NA). In den anderen Fällen wird mit den spezifischeren Bezeichnungen wie z.B. „hoch“ für die vertikale Achse operiert. Die andere Verwendungsweise birgt den universellen Charakter von „groß“, was bedeutet, daß „größer“ für Vergleiche jeder beliebigen Dimension herangezogen werden kann wie z.B. bei „größere Länge“. Die in der Folge von Goede durchgeführten Experimente stützen die Hypothese, daß im Verlauf des Entwicklungsprozesses zeitweilige Veränderungen der „mehr“-Antworten auftreten, die auf den Einfluß von „größer“-Antworten zurückzuführen sind und nicht durch zwischenzeitliche Veränderungen der Volumeneinschätzung verursacht sein können. Genau betrachtet werden nach Goede hierbei folgende drei Phasen durchlaufen. In der ersten Phase hält mit der Verwendung von „groß“ eines der ersten Adjektive seinen Einzug in den aktiven Wortschatz des Kindes (Crystal, 1993). Goede geht davon aus, „daß das Wort vermittelt der prototypischen Lehrbeispiele von Anfang an in Bezug gesetzt wird zu der räumlichen Ausdehnung fest umgrenzter Objekte“ (Goede 1987, S. 593). Sowohl die zu diesem Zeitpunkt auftretenden „größer“-Urteile als auch die „mehr“-Urteile basieren auf einem Volumenvergleich, der in der Regel (R)

„Größer ist das Objekt mit mehr Substanz.“

„Mehr dran (drin) ist am (im) größeren Objekt.“

zum Ausdruck kommt (ebenda). In einer zweiten Phase kommt es zur Bedeutungsveränderung von „größer“. Der Volumenvergleich wird ersetzt durch den Vergleich der Ausdehnungen auf einer ausgezeichneten Hauptachse der Objekte, was zur Folge hat, daß das „größere“ von zwei Objekten nicht mehr automatisch das größere Volumen hat. Entsprechend führt die Regel (R) unter diesen Bedingungen zu Resultaten, die im Widerspruch stehen zu den Resultaten der primären Bedeutung von „mehr“ mit Hilfe des Volumenkriteriums. Der Konflikt zwischen (R) und dem Volumenkriterium für „mehr“ wird schließlich in der Weise gelöst, daß (R) außer

Kraft gesetzt wird. In der dritten Phase wird die semantische Repräsentation von „größer“ schrittweise in Richtung des Endzustandes umgearbeitet, dergestalt, daß nun neben dem HA-Kriterium auch die NA-Kriterien Berücksichtigung finden.

Gathercole (1982) verweist auf einen vergleichbaren Ablauf mit ihrer Untersuchung von „big“- und „tall“-Antworten bei Kindern. Diesmal können jüngere Kinder (3 Jahre) die Begriffe richtig verwenden, während die älteren (4-5 Jahre) zu Fehlern tendieren, indem sie „big“ im Sinne von „tall“ verwenden, also, mit Goedes Terminologie gesprochen, dem HA-Kriterium folgen. Gathercole wählt zur Erklärung dieses vorübergehenden Entwicklungsrückschrittes die sogenannte starke semantische Hypothese, welche die Regression in der semantischen Veränderung des Lexikons des Kindes begründet sieht. Zunächst lernt ein Kind Adjektive wie „big“ und „tall“ in selektiven Kontexten für einige willkürliche Beispiele richtig zu verwenden. Anschließend vollzieht es Abstraktionsleistungen, was zur Ausbildung von semantischen Merkmalen wie z.B. [+ vertikal] für „tall“ führt. In der Folge können diese Merkmale für die Definition anderer Begriffe bereitgestellt werden, was zur Bedeutungsdifferenzierung beiträgt. Gleichzeitig können in solchen Übergangsphasen zeitweilige Übergeneralisierungen dieser Merkmale und eine Ausdehnung auf verwandte Begriffe auftreten. Genau das geschieht, wenn [+ vertikal] in der Folge auf „big“ ausgeweitet wird.

### **5.2.2.2 Erwerb von Positiv-, Komparativ- und Superlativformen**

Es wurden verschiedene Experimente durchgeführt (Evans, 1979), um der Frage nachzugehen, in welcher Abfolge die einzelnen Ausprägungsformen des Dimensionsadjektivs „groß“ erlernt werden. Neben dem Erlernen und den Veränderungen im Begriffsinhalt des Dimensionsadjektivs „groß“ etabliert sich die Fähigkeit, das Adjektiv als Teil des Gegensatzpaares „groß-klein“ zu verstehen. Die Fähigkeit zu Bildung von Gegensatzrelationen, die in den längerfristig gespeicherten Gedächtnisbesitz aufgenommen werden, wird auf das 4-5. Lebensjahr datiert (Rachidi, 1989). Bezüglich der Abfolge des Erlernens der beiden Pole besteht weitgehend Einigkeit, daß der positive Pol vor dem negativen erlernt wird (ebenda). Eine

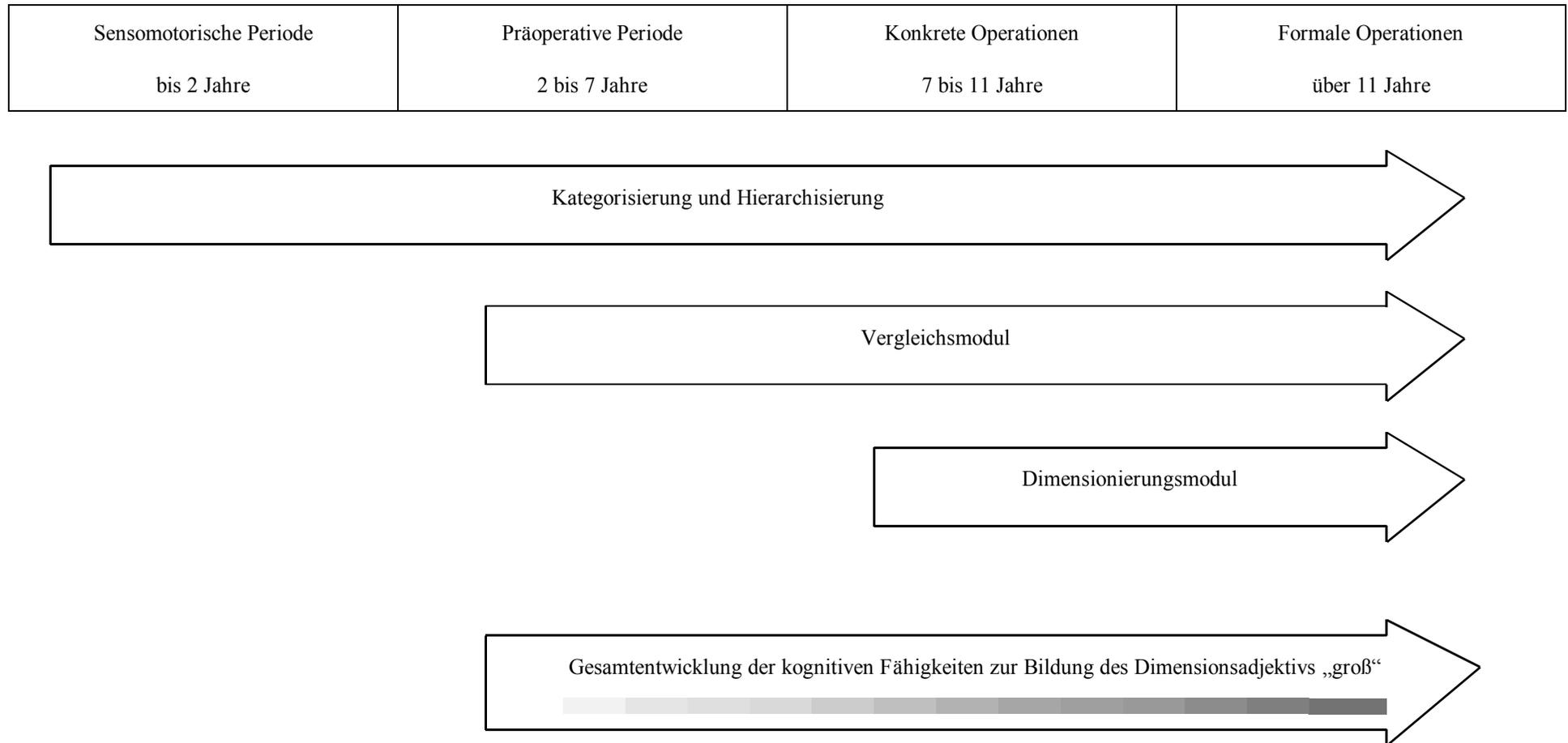
mögliche Erklärung hierfür ist die kognitive Präferenz des Kindes für das perzeptiv Wichtigere (vgl. Anm. 11, Kapitel 4). Im Hinblick auf den Erwerb der unterschiedlichen Komparationsformen des Dimensionsadjektivs „groß“ haben die von Evans (1979) durchgeführten ontogenetischen Experimente zu interessanten Ergebnissen geführt. Seine Experimente zeigen, daß Kinder im Alter von 7-11 Jahren Komparativ- und Superlativformen häufiger als ungradierte Positivformen gebrauchen und das, obwohl sich die Grundform schon bei 2-jährigen Kindern und die Komparativ- und Superlativformen erst bei den 4-5 jährigen entwickelt haben. Evans stellt die These auf, daß der vollständige Erwerb der Komparativform von Dimensionsadjektiven leichter ist als die vollständige Beherrschung der Semantik der Positivform. Als Begründung führt er an, daß die Verwendung von „groß“ nur in Bezug auf einen Klassendurchschnitt korrekt verwendet werden kann, während die Verwendung von „größer“ auch ohne Wissen über die relevante Klassennorm angewendet werden kann. Die Kinder scheinen zunächst nur „foreground relations“ zu beherrschen, d.h. die Anordnung von zwei beim Komparativ oder drei beim Superlativ in der Situation gegebenen Vergleichsgrößen, ohne daß eine Einordnung dieser Objekte in Bezug auf die Werte der übergreifenden Klasse erfolgt. Erst später sind die Kinder in der Lage „background relations“ herzustellen und auch sprachlich umzusetzen, nämlich dann, wenn sie mehrere Objekte nicht nur unter sich vergleichen, sondern auch in Bezug auf eine im Gedächtnis abgespeicherte Klassennorm einordnen können. Mithilfe weiterer Experimente untersuchte Evans (1979) die kindliche Verwendung von antonymen und komplementären Adjektivpaaren. Seine Experimente belegen, daß Kinder ein antonymes Adjektivpaar wie „groß-klein“ zunächst wie ein komplementäres Adjektivpaar verwenden und die antonyme Verwendungsweise sich erst mit der Zeit herausbildet. Evans zweite These lautet somit, daß antonyme bzw. konträre Adjektivpaare erst komplementär bzw. kontradiktorisch gebraucht werden. Abschließend stellt Evans (1979) einen Zusammenhang zu seiner ersten These bezüglich der Verwendung der unterschiedlichen Komparativformen her. Solange das Kind mit gegensätzlichen Dimensionsadjektiven nur „foreground relations“ erfaßt, folgt es einer dyadischen Logik mit den beiden Ausprägungen groß/größer oder klein/kleiner. Mit der Entwicklung der Fähigkeit zur Konstruktion von „background relations“ vollzieht sich

der Übergang vom komplementären Zweierschema zum antonymen triadischen Beziehungsgefüge (vgl. Rachidi, 1989, S. 23), d.h. zu der Fähigkeit des Vergleichens tritt die Fähigkeit hinzu, Gegenstände aufgrund ihrer Größe in „klein“, „mittelgroß“ und „groß“ zu klassifizieren.

### **5.2.3 Gesamtentwicklung der kognitiven Fähigkeiten zur Bildung des Dimensionsadjektivs „groß“**

Ausgangspunkt der Betrachtung der Entwicklung der Fähigkeiten zur Bildung des Dimensionsadjektivs „groß“ ist die Interaktion des Individuums mit seiner Umwelt. Die mit der Systemposition 1 vertretene Sichtweise wird präzisiert durch die konstruktivistisch geprägte Entwicklungspsychologie von Piaget (1975a, 1979, 1984), der die wechselseitige strukturelle Kopplung des Systems an seine Umwelt mit Hilfe der beiden Prozesse der Assimilation und Akkommodation beschreibt. Bei der Bildung des Dimensionsadjektivs „groß“ handelt es sich um einen umfassenden kognitiven Prozeß, der sich über einen längeren Zeitraum der ontogenetischen Entwicklung erstreckt. Für diesen Prozeß bedarf es verschiedener kognitiver Fähigkeiten, die aufeinander Bezug nehmen und sich in ihrer Entwicklung bedingen. Mit Piaget gesprochen, handelt es sich bei der Entwicklung der kognitiven Gesamtfähigkeit der Bildung des Dimensionsadjektivs „groß“ um einen Äquilibrationsprozeß, wobei frühere Stadien die Strukturen bereitstellen, auf die die nachfolgenden Bezug nehmen, um einen neuen Gleichgewichtszustand herzustellen. Die wesentlichen Fähigkeiten im Falle der Konzeptualisierung von „groß“ sind in Abbildung 5.2 veranschaulicht.

Abbildung 5.2: Äquilibrationsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“



*Kategorisierung* und *Hierarchisierung* nehmen ihren Ausgangspunkt in der sensorischen Phase, in welcher Objektbegriffe unter vorrangiger Berücksichtigung von sensorischen Anteilen und Handlungsanteilen gebildet werden. Dabei bilden die Fähigkeit zur Größenkonstanz und die Fähigkeit unterschiedliche Größen zu erkennen die Voraussetzung, damit die Größeninformation als imaginale Marke in die Bildung von Objektbegriffen eingehen kann. Der Größeninformation kommt bei der Ausbildung von objektiven Objektbegriffen eine wichtige Funktion zu. Die Bildung von objektiven Objektbegriffen stellt die vorbereitende Stufe für Klassifikationsprozesse dar. Durch das Erfassen und Verarbeiten von einer immer größeren Anzahl von Objekten kann von einem Prozeß der zunehmenden Exemplar- und Kategorieerfahrung gesprochen werden (vgl. M1 bis M3-Hypothese in 2.1.1.1). Eine genügend große Erfahrung mit der Kategorie ist wiederum die Voraussetzung dafür, daß eine erweiterte Kategorisierung mit Hilfe der Größeninformation erfolgen kann (vgl. M6 und M7-Hypothese in 2.1.2). Die vorbereitende Stufe der Größenkategorisierung kann darin gesehen werden, daß sich ein bestimmter Vertrautheitsgrad für die Objektkategorisierung ausgebildet hat. Die Objektkategorisierung und die Ausbildung von Bezugssystemen können somit als aufeinander aufbauende Fähigkeiten angesehen werden. Mit der Ausbildung von symbolischen Vorstellungen, d.h. der Fähigkeit der Symbolfunktion in der präoperativen Phase, erfolgen erste Abstraktionsleistungen. Da die Größeninformation als Merkmalsinformation zu einem frühen Zeitpunkt zur Verfügung steht, kann davon ausgegangen werden, daß die Größeninformation auch beim Aufbau der inneren Repräsentationen wesentlich beteiligt ist. Gleichzeitig befindet sich das Kind in einem Prozeß der zunehmenden Kategorieerfahrung, was die Ausbildung von Urteilen über typische Exemplare einer Kategorie mit sich bringt. In diesem Zusammenhang trägt die Größeninformation zum Aufbau einer abstrakten Konzeptualisierung bei, da der Prototyp einer Kategorie u.a. das Merkmal der durchschnittlichen Gestalt aufweist und somit der Schluß naheliegt, daß er in Bezug auf das Größenmerkmal eine w/n-Wertebelegung für seine Kategorie zugeordnet bekommt. In der Phase der konkreten Operationen, in welcher bei hierarchischen Klassifikationen auch die Beziehungen zwischen Elementen wie beispielsweise Inklusionsbeziehungen erkannt werden, leistet „groß“ einen wichtigen Beitrag zu

diesen Leistungen des Wissensaufbaus, indem es die Prozesse zur Regulation des Spezifitätslevels steuert (vgl. 4.3.2). Als Voraussetzung für diese Fähigkeiten können eine große Kategorieerfahrung sowie die Fähigkeit zur Ausbildung von Bezugssystemen angesehen werden.

Den dargestellten experimentellen Befunden zufolge kann die Fähigkeit zur Verwendung des *Vergleichsmoduls* für die Mitte der präoperativen Phase angesetzt werden. Die beobachtbaren Handlungen bei Kindern wie die Reihenbildung von Gegenständen können m.E. auf die Überlegungen von Helm (1991) zur externen Symbolmanipulation übertragen werden. Für die Entwicklung der kognitiven Fähigkeit des V-Moduls würde das bedeuten, daß die Fähigkeit zunächst aufgrund der Manipulation von Gegenständen extern eingeübt und anschließend verinnerlicht wird. Zunächst wird diese Fähigkeit für die Bildung kleinerer partieller Anordnungen genutzt. Insgesamt ist die präoperative Phase durch Zentriertheit gekennzeichnet. Die Zentriertheit zeigt sich bei der Verwendung des Vergleichsmoduls in zwei Punkten. Zum einen ist das Kind auf den Teilaspekt zentriert, der nach Goede (1987) nur die Einbeziehung der vertikalen Achse von Größe in seiner räumlichen Ausdehnung umfaßt. Zum anderen ist die Fähigkeit zum deduktiven Schlußfolgern noch nicht ausgebildet, d.h. die Ausgabestruktur des V-Moduls kann nicht als Ganzes zur Verfügung gestellt werden und erlaubt keine Deduktion der Gesamtordnung. Es sind aufgrund der Zentriertheit nur Teilaussagen möglich. In der Phase der konkreten Operationen vollziehen sich Erweiterungen in Bezug auf die Verwendungsmöglichkeiten des V-Moduls. Zum einen kann mittels des V-Moduls eine planvolle Reihenbildung erfolgen, die ihren Ausgangspunkt im kleinsten oder größten Element nimmt. Zum anderen kann das Kind durch die Einbeziehung aller räumlichen Achsen von Gegenständen relative Größenvergleiche vornehmen. Schließlich gilt für die konzeptuelle Ausgabeschicht des V-Moduls, daß sie vollständig zur Verfügung steht und somit die Deduktion der Gesamtordnung erlaubt. Damit ist die Koordination der inversen Beziehungen „größer als“ und „kleiner als“ möglich. Außerdem erlaubt die gesamte Betrachtung der konzeptuellen Ausgabestruktur des V-Moduls die Erkenntnis, daß der Affirmation „x größer als y“ die Negation „y ist nicht so groß wie x“ entspricht. Auf der Stufe der formalen Operationen können auf

der Grundlage der vollständigen Betrachtung der Ausgabestruktur beispielsweise transitive Schlußfolgerungen gezogen und eventuelle Widersprüche erkannt werden (Anm. 9).

Die Verwendung des *Dimensionierungsmoduls* setzt neben einer genügend großen Kategorieerfahrung und einer dezentrierten Betrachtung von Klassifikationsleistungen die für die konkrete Phase beschriebene Verwendungsweise des Vergleichsmoduls voraus. Daher ist die Fähigkeit zur Verwendung des D-Moduls erst für die Stufe der konkreten Operationen anzusetzen. Mit zunehmender Kategorieerfahrung wird mit Hilfe des Dimensionierungsmoduls aufgrund der dort vollzogenen Durchschnittsberechnungen für die jeweilige Basiskategorie ein Prototyp abstrahiert. Dem Prototyp sowie den anderen prototypischen Vertretern der Objektklasse werden feste Skalenabschnitte zugeordnet. Der Prototyp der Kategorie vertritt den mittleren Skalenbereich, der dem sogenannten w/n-Bereich in Bezug auf das Merkmal „Größe“ entspricht. Die Fähigkeit zur planvollen Reihenbildung wie sie im Zusammenhang mit der Verwendung des V-Moduls gebildet wurde, ist Voraussetzung für die Verwendung des D-Moduls, weil hier für eine Bezugsmenge anhand dieser Fähigkeit ein Bezugssystem ausgebildet wird. Die planvolle Reihenbildung beinhaltet, daß in eine bereits bestehende Anordnung neue Element eingefügt werden können und daß die Elemente der Bezugsmenge vollständig kategorisiert werden. Die planvolle Reihenbildung nimmt ihren Ausgangspunkt im kleinsten oder größten Element und jedes Element erhält seine feste Position in der Anordnung. Schließlich muß die Fähigkeit der dezentrierten Betrachtung von Klassifikationsleistungen ausgebildet sein, denn die konzeptuelle Ausgabestruktur des D-Moduls bezieht sich auf eine absolute Skala und die Festlegung der absoluten Skalenabschnitte kann nur in Relation zur gesamten Bezugsmenge erfolgen.

„Groß“ ist ein Adjektiv, das zu den ersten Wörtern im Sprachwortschatz eines Kindes zählt (Goede, 1987). Demnach liegt es nahe anzunehmen, daß die kognitive Fähigkeit zur Verwendung von „groß“ schon im Alter von 2 Jahren vorliegt. Wie die bisherigen Ausführungen jedoch gezeigt haben, handelt es sich bei der Verwendung von „groß“ als Dimensionsadjektiv um eine *kognitive Gesamtfähigkeit*, die erst im Verlaufe der

Kindheitsentwicklung erworben wird. Erst mit circa 11 bis 13 Jahren kann davon ausgegangen werden, daß die Entwicklung dieser kognitiven Gesamtfähigkeit abgeschlossen ist, d.h. daß die Fähigkeit zum konzeptuellen Aufbau des Adjektivs „groß“ bezogen auf volumetrische Abmessungen vorliegt und die Verwendung der „tools“, also des V- und D-Moduls in der Art und Weise erfolgt, daß sowohl die Fähigkeiten zur relativen und absoluten Komparation ausgeprägt sind als auch zur Bildung und Nutzung von längerfristigem Wissen. Die Frage stellt sich damit, welche Fähigkeiten sich im Sinne eines Äquilibrationsprozesses in der Kindheit entwickeln müssen, wann diese Fähigkeiten zum ersten Mal zu beobachten sind und wie diese zu beschreiben sind, wobei die für diese Arbeit wesentliche Frage nach der Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ im Sprachproduktionsprozeß für die Beurteilung der sprachlichen Äußerungen herangezogen wird.

In der sensomotorischen Periode führt die Fähigkeit zur Größenkonstanz dazu, daß überhaupt erst Objekte aufgrund ihrer Größe unterscheidbar sind. Kinder können bereits im Alter von 2 Jahren bzw. in Abhängigkeit von der individuellen Entwicklung die Äußerung „groß“ verwenden, obwohl die Fähigkeit in der Art und Weise des Vergleichsmoduls noch nicht vorhanden ist. Für die sensomotorische Phase stellt Evans (1979) fest, daß Kinder im Alter von 2 Jahren die Grundform des Positivs verwenden. Betrachtet man die individuelle Konzeptualisierung bei Kindern, so ist m.E. denkbar, daß sich diese Verwendung des Positivs in der Bedeutung „größer als“ in Bezug auf die eigene Körpergröße interpretieren ließe. Damit würde bereits in einer sehr frühen Phase die Fähigkeit des Vergleichens eingeübt. Dafür spräche, daß die Kinder in diesem Alter noch keinen Wissensbesitz über die absolute Größe einer Bezugsmenge aufgebaut haben. Sie treffen demnach einen temporären Vergleich aktuell für die Situation, wobei das Kontextobjekt die eigene Körpergröße sein kann. Mit Beginn der präoperativen Phase tritt somit die Fähigkeit des Vergleichens hinzu zur Fähigkeit der Kategorisierung. Allerdings verschlechtert sich für einen begrenzten Zeitraum aufgrund der Koordination der verschiedenen Fähigkeiten die bereits erlernte Fähigkeit, die Größe einzuordnen. In dieser Phase wird Größe nach dem HA-Kriterium konzeptualisiert, was sich auch beispielhaft in den Versuchen von Piaget (1975) zur Erhaltung der kontinuierlichen Quantität zeigt, in welchen Kinder die Flüssigkeitsmenge in verschiedenen Gefäßen nach ihrem Volumen beurteilen mußten

und diese ihr Urteil zentriert auf die Höhe der Flüssigkeitssäule stützten. In dieser Phase verwenden Kinder, so Evans (1979), den Komparativ und Superlativ, was m.E. deutlich macht, daß die Kinder die Fähigkeit zur relativen Komparation intensiv einüben. Allerdings ist bei den Kindern in dieser Phase die Fähigkeit zur Koordination der inversen Relationen noch nicht vorhanden, d.h. sie erkennen noch nicht, daß die Relation „größer als“ beim Vertauschen von Ziel- und Kontextobjekt ebenso mit der inversen Relation „kleiner als“ bezeichnet werden kann.

Nach der präoperativen Phase, die durch Zentriertheit gekennzeichnet ist, folgt die Phase der konkreten Operationen. Die Beobachtungen bzw. experimentellen Ergebnisse von Sinclair (1967, zit. bei Montada 1998, S. 533) zeigen, daß Kinder in der frühen Phase der konkreten Operationen zuerst die Worte „groß“ und „klein“ verwenden, um Objekte aufgrund ihrer Länge zu vergleichen. Sinclair stellt fest, daß Kinder für die Beschreibung einer Reihenbildung zuerst den Positiv und nicht den Komparativ verwenden. Dieses Ergebnis scheint auf den ersten Blick in Widerspruch zu den Beobachtungen von Evans zu stehen, wonach Kinder in der Phase der konkreten Operationen die Komparativformen gegensätzlicher Dimensionsadjektive leichter produzieren als die Positivform. Er begründet dies damit, daß die gradierten Formen nur einen Vergleich mit einem weiteren Objekt und keinen Rückgriff auf Durchschnittsnormen verlangen. Diese Ergebnisse lassen sich so interpretieren, daß erst mit zunehmender Kategorierfahrung die Ausbildung von abstrakten inneren Repräsentationen möglich wird und somit in der Phase der konkreten Operationen mit Hilfe des D-Moduls Bezugssysteme ausgebildet werden können, die mit dem abstrakten Prototypen den Regreß auf den durchschnittlich großen Vertreter der Bezugsmenge zulassen.

Dieser Widerspruch löst sich jedoch auf, wenn die Beobachtungen von Evans und Sinclair aus der Sicht des ontogenetischen Konzeptualisierungsprozesses neu interpretiert werden. Demnach kann die Entwicklung der sprachlichen Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“ wie folgt beschrieben werden. Kinder in der präoperativen Phase verwenden zunächst die sprachlichen Bezeichnungen „groß“ und „klein“ in einer Weise, daß sie Gegenstände konzeptuell vergleichen, wobei diese Fähigkeit des Vergleichens in Form des V-Moduls vorliegt. Die Verwendung des Positivs erfolgt zu einem frühen Zeitpunkt in der Phase der konkreten Operationen auf

der Grundlage der Konzeptualisierung der relativen Komparation. Mit der weitergehenden Entwicklung dieser Phase kommt es zur Ausbildung der Fähigkeit des Dimensionierens bzw. zur Verwendung des D-Moduls. Diese Entwicklung wird durch die Ergebnisse von Sinclair gestützt. Übertragen auf die eigene Modellkonzeption beschreibt Sinclair die Prozesse, die dem Beginn der Verwendung des D-Moduls entsprechen. Wenn er feststellt, daß zunächst die Positivformen geäußert werden, so bezieht sich Sinclair m.E. auf die dahinterstehenden Prozesse der sich ausbildenden Fähigkeit zur absoluten Komparation. Entsprechend ist die nächste Phase dadurch gekennzeichnet, daß beispielsweise „mittel“ als weitere Bezeichnung hinzukommt. Wenn er weiter feststellt, daß die vergleichenden Beschreibungen nur in eine Richtung erfolgen, so stützt diese Beobachtung m.E. die Annahme, daß die Fähigkeit der planvollen Reihenbildung mit Deduktion der Gesamtordnung und damit verbunden der Fähigkeit zur Reversibilität die Voraussetzungen für die operationale Fähigkeit zur Verwendung des D-Moduls bilden. In der Phase der konkreten Operationen wird die Fähigkeit zur Verwendung des D-Moduls an konkreten Objektkonstellationen eingeübt, d.h. es werden perzeptuell vorliegende Objekte absolut kompariert, indem sie großen, mittleren und kleinen Skalenbereichen zugeordnet werden. Aufgrund der Fähigkeit zur Dezentrierung können sowohl für die Verwendung des V-Moduls als auch des D-Moduls die konzeptuellen Ausgabestrukturen vollständig betrachtet werden. Die kognitiven Fähigkeiten zur absoluten und relativen Komparation etablieren sich in dieser Phase als eigenständige Fähigkeiten heraus. In dieser Phase sind alle für die Nutzung der Verarbeitungsmodule erforderlichen Fähigkeiten vorhanden, wie die Fähigkeit zur Reversibilität, Affirmation und Negation für das V-Modul sowie die Fähigkeit zur Bildung antonymer Gegensatzrelationen für das D-Modul. Da jetzt die beiden kognitiven Fähigkeiten parallel zur Verfügung stehen, entwickeln sich aufgrund ihrer Interaktion weitere Fähigkeiten wie die Koordination von temporären und längerfristigen Wissensstrukturen. Mit diesen Fähigkeiten können jedoch auch Interferenzen auftreten wie sie beispielsweise in der Situation des Paradoxons entstehen. Der zur Auflösung der paradoxen Konstellation benötigte Desambiguierungsprozeß kann als Fähigkeit angesehen werden, die sich als Folge des inneren Ungleichgewichtszustandes herausbildet und das System in einen neuen, verbesserten Gleichgewichtszustand überführt (Anm. 10). Im Übergang zur Phase der

formalen Operationen kann die Fähigkeit zur Verwendung des D-Moduls in zunehmendem Maße auch auf nicht perzeptuell gegebene Objektmengen angewandt werden, d.h. es kann längerfristiger Wissensbesitz strukturiert und hierarchisiert werden.

Insgesamt kann die Gesamtentwicklung der kognitiven Fähigkeit zur Bildung und Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“ als Äquilibrationsprozeß betrachtet werden, bei dem es sich um einen selbstregulierenden Prozeß handelt (Piaget, 1976). Die *Äquilibration* stellt einen der vier Entwicklungsfaktoren dar, zu welchen desweiteren die *Reifung*, *soziale Vermittlung* und *Erfahrung* zählen (Ginsburg & Opper, 1998). Die Äquilibration umfaßt nach Piaget (1976) drei Äquilibrationsformen, die sich alle für den oben beschriebenen Äquilibrationsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ aufzeigen lassen. Die erste Form der Äquilibration bezieht sich auf die „Äquilibration zwischen der Assimilation der Gegenstände an Aktionsschemata und der Akkommodation dieser Aktionsschemata an die Gegenstände“ (Piaget, 1976, S. 16). Diese Form der Äquilibration betrifft im Konzeptualisierungsprozeß von „groß“ beispielsweise die Ausbildung und zunehmende Differenzierung der Bezugssysteme. Das ist der Fall, wenn eine Einteilung in die Bereiche „groß“, „mittel“ und „klein“ erweitert wird und sich die inneren Strukturen für weitere Skalenbereiche wie „größere“ und „kleinere“ ausbilden. Die zweite Form der Äquilibration findet zwischen verschiedenen Subsystemen statt, wobei sich Ungleichgewichtszustände einstellen, wenn sich beispielsweise diese Subsysteme mit unterschiedlicher Geschwindigkeit entwickeln (vgl. Ginsburg & Opper, 1998, S. 285). Im Falle der kognitiven Entwicklung von „groß“ ist das der Fall, wenn, wie oben beschrieben, in der präoperativen Phase die Fähigkeit zur Verwendung des V-Moduls zwar bereits ausgebildet ist, aber gleichzeitig aufgrund der Zentriertheit die Hauptachseninformation von „Größe“ überbewertet wird. Die dritte Form der Äquilibration bezieht sich auf das fortschreitende Gleichgewicht zwischen der Differenzierung und der Integration (vgl. Piaget, 1976, S. 16) und findet somit zwischen dem Ganzen und seinen Teilen, d. h. dem kognitiven Gesamtsystem und seinen Subsystemen statt. Ein Beispiel aus der ontogenetischen Entwicklung von

„groß“ ist die oben beschriebene Fähigkeit zur Desambiguierung, die das Gesamtgleichgewicht des Systems ermöglicht.

Für den zweiten Entwicklungsfaktor der Reifung ist im Hinblick auf die Größeninformation vor allem die Hand-Auge-Koordination ein wichtiger Reifefaktor, weil damit die Größenkonstanz ermöglicht wird (vgl. 5.3.3).

Zu dem dritten Entwicklungsfaktor der sozialen Vermittlung zählt die Sprache der jeweiligen Sprachgemeinschaft, die das Individuum umgibt. In diesem Zusammenhang ist bedeutsam, daß die ontogenetischen Prozesse der Konzeptualisierung von „groß“ im wesentlichen nicht-sprachlich induziert sind. Die Bezeichnung „groß“, die beispielsweise ein Kind mit der deutschen Muttersprache lernt, kann, wie mehrfach gesehen, zu verschiedenen Zeitpunkten im Entwicklungsprozeß auf verschiedene innere Zustände bezogen werden. An der Oberfläche, d.h. der Äußerung „groß“ sind diese dabei nicht ersichtlich. So kann sich beispielsweise „groß“ in der präoperativen Phase auf einen Teilbereich der relativen konzeptuellen Ausgabestruktur des V-Moduls beziehen im Sinne von „größer als“ oder aufgrund der Zentriertheit dieser Phase übergeneralisiert verwendet werden, wenn „Größe“ mit „Alter“ identifiziert wird (Montada, 1998). In der konkret-operationalen Phase hingegen kann die Verwendung von „groß“ bereits mit den ersten Konzeptualisierungsversuchen mit dem D-Modul assoziiert sein. Umgekehrt können die inneren kognitiven Fähigkeiten schon weiter ausgeprägt sein, als die entsprechende Sprachkompetenz des Kindes. Das ist beispielsweise der Fall, wenn Kinder in der präoperativen Phase „groß“ sagen, aber „hoch“ konzeptualisieren. Als Folge der Intransparenz der jeweiligen Konzeptualisierungsprozesse ergibt sich für die experimentelle Methodologie die Forderung, daß die Überprüfung der kindlichen Entwicklungsprozesse zu kognitiven Funktionen ihren Ausgangspunkt nicht ausschließlich in den sprachlichen Äußerungen nehmen sollte.

Ein wesentlicher Entwicklungsfaktor ist die Erfahrung, zu der nach Piaget (1976) die dinglich-konkrete und die logisch-mathematische Erkenntnis zählen. Die dinglich-konkrete Erkenntnis führt zur Wissensbildung auf der Grundlage von beobachtbaren Tatsachen und wird durch den Prozeß der empirischen Abstraktion erworben (vgl. Ginsburg & Opper, 1998, S. 274). Diese Erkenntnis spielt im Konzeptualisierungsprozeß von „groß“ bei der Abstraktion der Eigenschaft „Größe“

für verschiedene Objekte eine Rolle. Für den Konzeptualisierungsprozeß von „groß“ reicht diese Erkenntnis alleine nicht aus, sondern es muß außerdem die logisch-mathematische Erkenntnis berücksichtigt werden. Die logisch-mathematische Erkenntnis ergibt sich aufgrund der Reflexion von Handlungen. Diese werden zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung direkt an den Gegenständen vorgenommen und sind somit externalisiert. Nachdem die Fähigkeit auf diese Weise eingeübt ist, können die Prozesse verinnerlicht werden. Die verinnerlichteten Prozesse lassen sich auch auf innere Repräsentationen anwenden. Das ist beispielsweise der Fall in der Phase der formalen Operationen, wenn abstrakte Prototypen als Bezugsmenge fungieren und auf ihrer Grundlage übergeordnete Repräsentationen aufgebaut werden können. Als höchster Entwicklungsstand der logisch-mathematische Erkenntnis kann angesehen werden, wenn das Individuum sich seiner Denkprozesse bewußt wird. Die Bewußtmachung der Denkprozesse zeigt sich darin, daß die Handlungen beschrieben oder begründet werden können. In diesem Zusammenhang könnte auch die Fähigkeit eines Sprechers im Sprachproduktionsprozeß gesehen werden, bewußt eine Konzeptualisierung auf mittlerer Abstraktionsebene aufzubauen und zu verbalisieren, wenn er mit einem Kind spricht (vgl. 4.3.2).

Als wesentliche Einflußfaktoren auf die kognitive Gesamtfähigkeit zur Bildung und Verwendung von „groß“ können die Prozesse der Äquilibration und Erfahrung angesehen werden. Dabei ist der Konzeptualisierungsprozeß in seiner Betrachtung in der ontogenetischen Entwicklung wesentlich geprägt durch die Ausbildung und Interaktion der beiden „tools“. Dieser Schluß steht in Übereinstimmung zu der konstruktivistischen Entwicklungstheorie von Piaget, nach welcher die Entwicklung von geistigen Operationen die wesentliche Einflußgröße auf die Ausbildung der Gedächtnisleistung darstellt:

„Der Kernpunkt der Piagetschen Theorie ist nicht, daß die Gedächtnisleistung im Laufe der Zeit besser wird - das kommt selten vor - sondern daß außer den tatsächlichen Ereignissen auch die sich entwickelnden geistigen Operationen das Gedächtnis beeinflussen.“

Ginsburg & Opper (1998, S. 226)

### 5.3 Stützung aus neurophysiologischer Sicht

Für die Frage nach der Betrachtung linguistischer Fragestellungen aus neurophysiologischer Sicht gibt es mehrere Gründe. Historisch beschäftigte sich die Sprachforschung ursprünglich mit neurophysiologischen Beiträgen, um beispielsweise Aufschluß darüber zu erhalten, an welchen Orten im menschlichen Gehirn das Sprachzentrum zu lokalisieren ist, was unter anderem zur Entdeckung des sogenannten Broca- und Wernicke-Areals führte (z.B. Damasio & Damasio, 1994). In dieser Tradition erlebt die Linguistik durch die Aphasieforschung eine Wiederbelebung der Beschäftigung mit neurophysiologischen Fragestellungen. Die grundsätzliche Frage, wie überhaupt das Sprechen erfolgt, führt zu der Auseinandersetzung mit der Funktionsweise des Sprechapparats, der Lautbildung u.s.w. und erfährt eine Renaissance unter anderem im Zusammenhang mit der Analyse und Implementierung automatischer Spracherkennungssysteme. Außerdem finden experimentelle Methoden aus dem Bereich der Neurophysiologie in vielfältiger Weise Eingang in die Linguistik, wie beispielsweise die PET-Versuche zur Stützung einzelner theoretischer linguistischer Annahmen aus dem Bereich der Generativen Grammatik (z.B. Pinker, 1999; Vijayan u.a., 1999).

Für diese Arbeit sind hauptsächlich zwei Überlegungen ausschlaggebend, die eine Betrachtung aus neurophysiologischer Sicht notwendig machen. Zum einen folgt aus der Fokussierung auf die Verlaufsrichtung der Sprachverarbeitung auf die Sprachproduktion des Dimensionsadjektivs „groß“ und der Integration ontogenetischer Lernprozesse, daß ausgehend von der perzeptuellen Aufnahme der Größeninformation die weitere Verarbeitung der Größeninformation und schließlich die Ausbildung von Bezugssystemen erfolgt. Entsprechend werden in 5.3.3 mit der Entwicklung der Fähigkeit zur Größenkonstanz die Voraussetzungen für die Verwendung der Größeninformation und in 5.3.1 die Verarbeitungswege der Größeninformation und die Weiterleitung in die entsprechenden Hirnareale betrachtet. Bereits das Herausfiltern der Informationen aus den Wechselwirkungen zwischen Umwelt und kognitivem System stellt im Sinne einer Top-down-Erwartung einen Prozeß dar, der anhand der Aktivierungsmuster von Hirnregionen Hinweise dafür liefern kann, woher die Information kommt, wo und wie diese konzeptualisiert und

gelernt wird (vgl. 5.3.2 und 5.3.4). Neurophysiologische Befunde können somit Aufschluß darüber geben, welche Gehirnregionen bei Wahrnehmungsprozessen und welche bei den Prozessen der Sprachproduktion stärker aktiviert werden. In diesem Zusammenhang wird auf die Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für die Nutzung der „tools“ im Sprachproduktionsprozeß eingegangen (vgl. 5.3.5).

Die zweite Überlegung, die eine grundsätzliche Beschäftigung mit neurophysiologischen Befunden notwendig macht, ist ein methodisches Argument. Wenn, wie in Kapitel 6, simulative Methoden genutzt werden, die sich in einer Analogie zum Neuron und der Vernetzung von Neuronen bewegen, dann kann die Integration neurophysiologischer Erkenntnisse unter Umständen zu einer Verbesserung neuronaler Netze führen (Anm. 11).

### **5.3.1 Verarbeitungswege der visuellen Information**

Für das weitere Verständnis der neurophysiologischen Aspekte der Perzeption wird zunächst der biologische Verarbeitungsweg der visuellen Information dargestellt (Hubel & Wiesel, 1980; Hubel, 1989; Kandel u.a., 1996; Kolb & Wishaw, 1996). Der Verarbeitungsweg der visuellen Information verläuft von der Retina über die seitlichen Kniehöcker hin zum primären visuellen Cortex, der Area Striata, die auch als V1 Region bezeichnet wird und von dort aus weiter in die sogenannten extrastriären corticalen Areale. In der Retina werden die eintreffenden Informationen der Umwelt, die in den Lichtwellen enthalten sind, in neurale Signale umgesetzt. Das geschieht in den Photorezeptoren, bei denen man Stäbchen und Zäpfchen unterscheidet. Die Reaktionen benachbarter Photorezeptoren werden von den bipolaren Zellen gesammelt und an die Ganglienzellen der Retina weitergeleitet. Die Axone der Ganglienzellen münden in den Sehnerv, der die visuelle Information aus dem Auge nach hinten ins Gehirn weiterleitet. Bei den Ganglienzellen gibt es größere, sogenannte M-Zellen und kleinere P-Zellen. Die Sehnervenfasern münden in den seitlichen Kniehöcker. Er besteht aus sechs Schichten, die jeweils von einem Auge Informationen empfangen. Die Organisation der einzelnen Schichten ist retinotop. Das bedeutet, daß jedem Ort im seitlichen Kniehöcker einem Ort auf der Retina entspricht,

und daß benachbarte Orte auf der Retina benachbarten Orten im seitlichen Kniehöcker entsprechen. Auf diese Weise wird eine vollständige Karte der Netzhaut abgebildet. Außerdem findet eine Trennung der eingehenden Signale von den großen und kleinen Ganglienzellen statt. Die magnozellulären Schichten 1 und 2 erhalten ihren Input von den M-Ganglienzellen, die parvozellulären Schichten 3, 4, 5 und 6 von den P-Ganglienzellen. Die beiden Schichttypen sind für die Wahrnehmung unterschiedlicher visueller Qualitäten zuständig. Die magnozelluläre Schicht schickt Informationen über Bewegung und räumliche Beziehungen an den Cortex, die parvozelluläre Schicht übermittelt Informationen über Farbe, Textur, Form und Tiefe. Die Informationen werden an den visuellen Cortex weitergeleitet, wo die Signale an verschiedenen Stellen der V1 Region in der Schicht 4c des visuellen Cortex eintreten. Die Signale aus den magnozellulären Schichten des seitlichen Kniehöckers treten in der oberen 4C $\alpha$ , die Signale der parvozellulären Schichten zum Teil in der unteren 4C $\beta$ -Schicht und teilweise in den Schichten 2 und 3 ein. Zu einem sehr frühen Zeitpunkt, eigentlich schon mit der Auftrennung der beiden Ganglienzellentypen der Retina, findet somit eine qualitative Separation der Verarbeitung der visuell eingehenden Informationen statt. Die Farbinformation und die räumliche Information, wobei die räumliche Information für die Größeninformation notwendig ist, sind somit bereits auf einer frühen Verarbeitungsstufe getrennt. Das unterstreicht aus neurophysiologischer Sicht die Notwendigkeit im Hinblick auf die weitere Verarbeitung und spätere Konzeptualisierung der Informationen, eine Unterscheidung zwischen der Farbinformation und der Größeninformation zu treffen.

Im Zusammenhang mit den verschiedenen experimentellen Befunden wurde auf den unterschiedlichen Status, welcher der Größeninformation im Gegensatz zur Farbinformation eingeräumt werden muß, hingewiesen (vgl. 5.1.1.3). Diese implizite Annahme wird dabei damit begründet, daß die Farbinformation ein absolutes, Größeninformation hingegen ein relatives Merkmal sei. Mit der Integration neurophysiologischer Befunde wird die implizite Annahme des unterschiedlichen Status der beiden perzeptuellen Informationen insofern explizit gestützt, daß die Größeninformation und die Farbinformation bereits zu einem frühen Zeitpunkt neurophysiologisch in getrennten Kanälen verarbeitet werden und die Größeninformation eine Kombination aus verschiedenen Informationsquellen darstellt.

Bei der Weiterleitung der Information aus dem seitlichen Kniehöcker kommt es zu einer weiteren Auftrennung der Verarbeitungswege. Ein Verarbeitungsweg der parvozellulären Bahnen tritt in die oberflächige Schicht des primären visuellen Cortex ein, ein anderer in die tieferen Schichten. Ebenso wie die einzelnen Schichten des seitlichen Kniehöckers enthält die V1 Region des visuellen Cortex eine vollständige Karte der Netzhaut. Hier finden sich Zellen, die auf Streifen einer bestimmten Orientierung oder auf bestimmte Bewegungsrichtungen besonders gut ansprechen. Insgesamt sind die Informationen über den Ort der eingehenden Information auf der Netzhaut sowie seiner Orientierung auf der Netzhaut und dem Eintreffen vom rechten oder linken Auge in sogenannten Hypersäulen organisiert (Goldstein, 1997; Tanaka, 1993). Zu den Regionen der Hypersäulen gehören außerdem die sogenannten Blobs. Bei den Blobs handelt sich um Areale, die speziell auf Farbinformation ansprechen (Hubel, 1989; Zeki, 1994). Die Hypersäulen sind elementare Verarbeitungseinheiten (Goldstein, 1997), d.h. Verarbeitungsmodule (Hubel, 1980), die unabhängig voneinander und parallel die Informationen aus den einzelnen Netzhautarealen auf die obigen Informationsgehalte hin durchforsten. Von der V1-Region des visuellen Cortex werden die Informationen in übergeordnete visuelle Felder weitergeleitet und verarbeitet. Es wird angenommen, daß es für diese Folgeverarbeitung ca. 32 solcher extrastriärer Areale gibt. Im Verlaufe der Folgeverarbeitung kommt es zu einer weiteren Auftrennung der Verarbeitungswege. Der magnozelluläre Verarbeitungsweg verläuft von der Interblob-Region der V1-Region zu der dicken Streifen-Schicht der V2-Region, die orientierungsspezifische Zellen enthält und von dort weiter zu der V5-Region, dem mediotemporalen Areal (MT). Der Verarbeitungsweg endet im parietalen Cortex, der mit visuell-räumlichen Funktionen betraut ist. Der parvozelluläre Verarbeitungsweg spaltet sich in der V1-Region in einen Weg, der die Blobs durchläuft und über die dünne Streifen-Schicht, die nicht orientiert ist, weiter zur V4-Schicht führt, die speziell für die Farbinformation zuständig ist. Der andere parvozelluläre Verarbeitungsweg führt über die Interblob-Bahn zur blassen Streifen-Schicht der V2-Region, die orientierungsspezifische Zellen enthält. Mit der Auftrennung der beiden parvozellulären Verarbeitungswege kommt es demnach zur Auftrennung der Verarbeitung der Farb- und Forminformation. Die beiden Informationsverarbeitungswege führen im inferior-temporalen Cortex zusammen, wo

es vermutlich zur Verarbeitung der Farb- und Forminformation kommt. Im folgenden werden die wichtigsten Cortexareale vorgestellt, von denen angenommen wird, daß sie an der höheren Verarbeitung, d.h. an der Zusammenführung der Einzelinformationen beteiligt sind.

### **5.3.1.1 Corticale Verarbeitung**

Im Cortex lassen sich die wichtigsten kognitiven Funktionen drei Arealen zuordnen. Diese Areale werden auch Assoziationsfelder genannt (Kandel u.a., 1996). Der präfrontale Assoziationscortex ist an der Planung und Durchführung von komplexen motorischen Handlungen beteiligt. In dieser Region wird auch der Sitz des Arbeitsgedächtnisses angenommen (vgl. 5.3.5). Der limbische Assoziationscortex ist der Sitz des Gedächtnisses und beinhaltet die Emotions- und Motivationsaspekte des Verhaltens. Im parietal-temporal-okzipitalen Assoziationsfeld werden sensorische und sprachliche Informationen zusammengeführt.

Der vorgestellte Ansatz stellt für den Sprachproduktionsprozeß die Verarbeitung von sensorischer Information und die Verknüpfung mit sprachlicher Information dar. Der Verarbeitungsweg der visuellen Information wurde im vorangegangenen Abschnitt vorgestellt. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Integration der unterschiedlichen Informationen im parietal-temporal-okzipitalen Assoziationsfeld erfolgt. Es bestehen intercorticale Nervenverbindungen zwischen den primären sensorischen Bereichen und den übergeordneten sensorischen Bereichen und zwischen diesen Bereichen und dem parietal-temporal-okzipitalen Assoziationsfeld. Werden die Verbindungen zwischen den übergeordneten sensorischen Arealen und dem parietal-temporal-okzipitalen Assoziationsfeld verletzt, so können sogenannte Agnosien auftreten. Das bedeutet, daß, obwohl die Sensorik funktioniert, die Objekte in der Folge nicht mehr wahrgenommen werden können.

Die verschiedenen assoziativen Cortices haben jeweils eine Region in der rechten und in der linken Hemisphäre. Den beiden Hirnhälften kommt bei den hier betrachteten übergeordneten Abläufen eine unterschiedliche Funktion zu. Bei der Verarbeitung der visuellen Information stimuliert die Information der rechten Gesichtshälfte zunächst

die linke temporale und die rechte nasale Retinahälfte. Die Information wird so gebündelt, daß sie im visuellen Cortex in der linken Hirnhälfte verarbeitet wird. Anschließend kann die Information bei intakter Verbindung zwischen den beiden Hirnhälften auch in die rechte Hirnhälfte gelangen. Umgekehrt wird die Information der rechten Gesichtshälfte im linken Cortexareal verarbeitet. Beide Areale können also vollständig „sehen“. Soll die sensorische Information jedoch weiter verarbeitet werden, also beispielsweise mit sprachlicher Information kombiniert werden, so ruft eine nicht intakte Verbindung zwischen den beiden Hemisphären Störungen hervor (Geschwind, 1980). Das liegt daran, daß die Hemisphären in Bezug auf diese höheren Funktionen eine Spezialisierung aufweisen. Bei den Prozessen der Sprachverarbeitung kommt den beiden Hemisphären eine unterschiedliche Funktion zu. Die linke Hemisphäre wird als sprachliche Hälfte bezeichnet, weil dort der Sitz des Sprachzentrums vermutet wird. Die rechte Hemisphäre hingegen kann nicht „sprechen“. Für die Kombination der visuellen Information mit sprachlicher Information bedeutet das, daß visuelle Information aus dem linken Gesichtsfeld bei einer Störung der Verbindung des Corpus callosum, dem Verbindungsnerv zwischen den beiden Hirnhälften, nicht benannt werden kann.

Für die Überlegungen der Konzeptualisierung der Größeninformation im vorgestellten Ansatz bedeutet das, daß die Konzeptualisierungsprozesse im linken parietal-temporal-okzipitalen Assoziationscortex erfolgen.

Insgesamt gesehen bedeutet die Organisation in den corticalen Hirnarealen für die Modellierung, daß eine bestimmte kognitive Leistung als das Miteinander-aktivwerden einer großen Anzahl von Neuronen beschrieben werden kann. Einen entsprechenden Ansatz wählt Pulvermüller mit dem von ihm vorgestellten Cell-Assembly-Konzept (Pulvermüller, 1992). Es besagt, daß die Aktivierungen in den unterschiedlichen corticalen Verarbeitungsregionen korreliert sind. Für den Zusammenhang von sensorischer und sprachlicher Information bedeutet das, daß alle linguistischen Strukturelemente ihre Entsprechung im Zusammenschluß der Neuronen, den sogenannten Cell-Assemblies haben. Es wird für eine verbundene Sichtweise der neurophysiologischen Strukturen und den linguistischen Elementen argumentiert. Nach Pulvermüller unterscheiden sich die neurophysiologischen Aktivierungsareale, d.h. die Cell-Assemblies der Inhaltsworte wie Nomina, Verben

und Adjektive und die der Funktionselemente wie Artikel, Pronomina und Konjunktionen voneinander (Pulvermüller, 1998). Die Cell-Assemblies, die den Funktionselementen entsprechen, sind auf die Sprachzentren beschränkt, während sich bei den Inhaltselementen ein großer Teil der aktivierten Neuronen des Cell-Assemblies außerhalb dieser Gebiete befindet. Im Hinblick auf das Größenadjektiv bedeutet das, daß eine verteilte Aktivierung über verschiedene Cortexareale hinweg, wie beispielsweise eine Aktivierung in der V4-Region (Dobbins u.a., 1996, 1997) sich bei der Sprachproduktion nachweisen lassen müßte.

Hinweise darauf, daß die Aktivierungsverläufe stärker als dies bislang angenommen wurde, sich in Regionen außerhalb der klassisch-sprachverarbeitenden Areale, d.h. der Wernicke und Broca-Areale nachweisen lassen, liefern beispielsweise auch die Ergebnisse zum Abruf von lexikalischen Informationen von Damasio u.a. (1996). Die Autoren konnten mit Hilfe der PET-Methode den Verarbeitungsweg bei Probanden über Eigennamen sowie Tiere und Werkzeuge nachzeichnen und zeigen, daß für diese Inhalte unterschiedliche, den konzeptuellen Regionen und Wortabrufregionen zwischengeschaltete Regionen existieren. Diese zwischengeschalteten Regionen, die sogenannten Mediationsstrukturen (Damasio & Damasio, 1994), befinden sich zum einen in räumlicher Nähe zu denjenigen Regionen, von denen angenommen wird, daß sie die entsprechenden Informationen bereitstellen, die in den konzeptuellen Repräsentationen zusammengeführt sind. Desweiteren wird über diese zwischengeschalteten Regionen ausgesagt, daß es sich um Areale handelt, deren Struktur und Operationen im Verlaufe der Entwicklung erworben und durch Lernprozesse modifiziert werden. Die Anzahl der ausgebildeten dazwischengeschalteten Regionen ist ebenfalls abhängig von individuellen Lern- und Reifungsprozessen und variiert interindividuell. Abschließend stellen die Autoren fest, daß die Areale der konzeptuellen Verarbeitung die Entwicklung der Regionen zum Abruf der Wortinformation in ihrer Entwicklung beeinflussen. Ausgehend davon, daß beispielsweise das Wissen über Tiere vermutlich in Form von kognitiven topologischen Karten vorliegt, die nach den Prinzipien der Ähnlichkeit organisiert sind (vgl. 1.5.2) stellen die Mediationsschichten wahrscheinlich die topographischen Strukturen für die Organisationsprinzipien der Konzeptualisierungsprozesse bereit, die am Wissensaufbau und der Wissensnutzung beteiligt sein können. So gibt es

beispielsweise eine Mediationsstruktur für Tiere, d.h. hier werden Informationen zu Tieren in einem Zwischenschritt verarbeitet, indem auf die Informationsstruktur, wie sie als Bezugssystem vorliegt, zurückgegriffen wird. Dabei kommt es zu einer Aktivierung des Mediationsareals, was m.E. den Rückschluß erlaubt, dahinter ein Funktionsprinzip, wie das des D-Moduls anzunehmen. Dabei stellt das D-Modul ein Funktionsprinzip dar, das als universales und ökonomisches Tool stets dieselbe Aufgabe übernimmt und nicht in einem bestimmten Hirnareal zu lokalisieren ist (Anm. 12). Insgesamt belegen die Ergebnisse von Damasio u.a. (1996) in bezug auf die nicht-sprachlichen Areale die Notwendigkeit der Betrachtung der perzeptuellen Informationen und der konzeptuellen Regionen für den Sprachproduktionsprozeß, wenn dieser vollständig betrachtet werden soll.

Sowohl die Regionen der konzeptuellen Repräsentationen als auch die Mediationssysteme sind corticale Areale, wo Informationen längerfristig abgespeichert werden. Hierzu zählen deklarative Wissensbestandteile wie die konzeptuellen Repräsentationen und prozeduraler Wissensbesitz, wie er beispielsweise im Zusammenhang mit der Fähigkeit zur Verwendung der „tools“ angenommen wird. Für den Aufbau und die Konsolidierung von längerfristigem prozeduralem Wissen wird davon ausgegangen, daß die Fähigkeiten in den Cortexstrukturen selbst langsam gelernt werden (Spitzer, 1996). Im Zusammenhang mit der längerfristigen Speicherung von deklarativem Wissen verweisen McClelland u.a. (1995) auf die wichtige Rolle des Hippocampus. Die Autoren gehen davon aus, daß der Hippocampus im Gegensatz zum Cortex schnell lernt und eine begrenzte Aufnahmekapazität aufweist und durch die repetitive Darbietung von Informationen, es dem Cortex ermöglicht, die neuen Informationen zu Modifikationen bewirkenden Lernprozessen zu verwenden (Anm. 13). Spitzer spricht davon, daß der Hippocampus als Trainer des Neocortex fungiert (vgl. Spitzer 1996, S. 220 ff.).

Übertragen auf die eigene Modellkonzeption lassen sich die Überlegungen zur längerfristigen Speicherung von konzeptuellem Wissen unter Involvierung des D-Moduls und das Training dieser Cortexstrukturen mit Hilfe des Hippocampus zusammenführen und sich zur Stützung der Modellannahme des Hintergrund-Updateings heranziehen. Demnach würden neu eintreffende Größeninformationen, aber auch Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis (vgl. 5.3.5) zunächst in den

hippocampalen Strukturen kurzfristig gespeichert und anschließend im Hintergrunds-Updating die Modifikation der längerfristig mit dem D-Modul aufgebauten Strukturen im Cortex bewirken. Die von McClelland u.a. (1995) vorgestellte Unterscheidung der beiden Gedächtnissysteme ist für die eigene Modellkonzeption auch deshalb interessant, weil sich auf diese Weise erklären läßt, wieso ungewöhnliche Information, also beispielsweise eine extreme Größeninformation eines Vertreters einer Objektklasse gleichzeitig als ein extremes Beispiel, d.h. als Einzelinformation im Hippocampus erinnert werden kann und trotzdem keine totale Neuorganisation des längerfristigen Bezugssystems dieser Objektklasse, d.h. der allgemeinen Struktur im Cortex zur Folge hat. Geht man, wie in der eigenen Modellkonzeption angenommen, davon aus, daß auch die Informationen, die für die Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis aufgerufen werden, anschließend am Hintergrunds-Updating beteiligt sind, dann entstammt ein großer Teil dieser Informationen selbst den längerfristigen Wissensstrukturen, beispielsweise in Form der abstrakten Prototypen. In der Folge kann davon ausgegangen werden, daß diese Informationen, wenn sie ebenfalls in die repetitiven Trainingszyklen des Hippocampus eingehen, die längerfristigen Strukturen konsolidieren und extremere Werte in ihrem modifizierenden Einfluß abschwächen (vgl. 4.1.2.2).

### **5.3.1.2 Forminformation**

Die Forminformation spielt im eigenen Ansatz eine untergeordnete Rolle. Bei den Simulationen in 6.3 und 6.4 werden für die Forminformation diesbezüglich unspezifizierte Features verwendet. Die folgenden Ausführungen sollen verdeutlichen, daß für die Verarbeitung der Forminformation verschiedene Theorien bestehen, die im Hinblick auf eine Übertragung auf simulative Anforderungen verwendet werden können.

Gemäß der obigen Ausführungen in 5.3.1 kann davon ausgegangen werden, daß die Informationsverarbeitung für die Formwahrnehmung über das Parvo-Interblob-System erfolgt (Goldstein, 1997). In der V1-Region des visuellen Cortex ermöglichen Zellen mit immer komplexer werdenden linearen rezeptiven Feldern die Erkennung

der Konturen einer Form. Der Kanal führt zum inferior-temporalen Cortex, wo Zellen zu finden sind, deren receptive Felder eine gesamte Gesichtshälfte umfassen und selektiv auf bestimmte Formen wie beispielsweise Hände oder Gesichter ansprechen. Zusammen mit der Information aus der magnozellulären Bahn, welche die Analyse der Bewegung und der Umrisse leistet, können beide Bahnen zur zweidimensionalen Abschätzung der Form beitragen. In dem Ansatz von David Marr (1982) zur visuellen Informationsverarbeitung entspricht das der primären Rohskizze (Kandel u.a. 1996).

Es existieren verschiedene Theorien, wie sich ausgehend von einer solchen neurophysiologisch gestützten Repräsentation die weiteren Schritte vollziehen, die zu einer Objektidentifikation führen. Ein wichtiger Unterscheidungspunkt ist dabei die Frage, ob es sich bei den Prozessen um reine Bottom-up-Prozesse handelt oder ob Top-down-Komponenten integriert werden müssen. Auf diese Unterscheidung wird in 5.3.2 im Zusammenhang mit der Größeninformation eingegangen. In der Theorie von Marr wird davon ausgegangen, daß sich sämtliche Prozesse ausgehend vom Netzhautbild, also anhand von Bottom-up-Prozessen erklären lassen. Andere Modellierungen weisen im Zusammenhang mit dem visuellen Erkennen darauf hin, daß die Wahrnehmungsprozesse nicht isoliert von anderen Vorgängen wie Sprache oder konzeptuellem Wissen, denen die Rolle einer Top-down-Komponente zukommt, betrachtet werden können (Dorffner, 1991).

In den konstruktivistisch geprägten Ansätzen steht die Konstruktion der Objektinformation durch ein aktiv am Verarbeitungsprozeß teilnehmendes Individuum im Vordergrund der Überlegungen. Die Grundidee ist, daß sich die Wahrnehmung eines Gegenstandes aus seinen elementaren Bestandteilen aufbaut. Die bislang beschriebenen neuronalen Abläufe werden in dieser Sichtweise der präattentativen Stufe der Verarbeitung zugeordnet. Zu den elementaren Merkmalen zählen somit beispielsweise die Farbe, Linien und die Bewegung. Es wird davon ausgegangen, daß diese Merkmale unabhängig voneinander bereit gestellt werden (Livingstone, 1990). Dieser Vorgang läuft automatisch und unbewußt ab (Goldstein, 1997). Die nächste Stufe ist die Stufe der aufmerksamergerichteten Verarbeitung. Hier richtet das aktiv am Verarbeitungsprozeß teilnehmende Individuum seine Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Stelle. Die gerichtete Aufmerksamkeit ist die Voraussetzung dafür,

daß die einzelnen Elemente zu einem Ganzen zusammengefügt werden können (Treisman, 1990). Aus neurophysiologischer Sicht entspricht das einer Verknüpfung der beiden Informationsstränge aus der temporalen und der parietalen Verarbeitungsbahn (Kolb & Whishaw, 1996). Die Objektwahrnehmung setzt Aufmerksamkeitsprozesse voraus. Erst sie ermöglichen es, daß ein Objekt als eine Einheit wahrgenommen werden kann (Anm. 14). Die bis zu diesem Verarbeitungszeitpunkt entstandene Konstruktion hat den Status einer aktuellen Repräsentation. Damit erhält die Annahme der sprachpsychologischen Forschung, daß es sich bei der Konzeptbildung auf einer frühen Verarbeitungsstufe um ein dynamisch erzeugtes Konzept handelt, bei welchem die imaginalen Bestandteile vorrangig aktiviert sind, eine neurophysiologische Stützung. Um zu einer Objektidentifikation zu gelangen, wird das konstruierte Wahrnehmungsergebnis mit den bereits vorhandenen Gedächtnisinhalten verglichen. Es handelt sich um längerfristig gespeicherte generische Repräsentationen, die ebenfalls imaginale Bestandteile aufweisen. Im Zusammenhang mit der Unterscheidung von aktuell generierten und längerfristig gespeicherten Repräsentationen stellt sich die Frage, wie es zum Aufbau einer dreidimensionalen Repräsentation aus einer zweidimensional bereitgestellten Vorlage kommt und ob die Repräsentationen objekt- oder betrachterzentriert vorliegen (Anm. 15). Eine objektzentrierte Repräsentation stellt im Gegensatz zur betrachterzentrierten Repräsentation eine blickpunktfreie Repräsentation dar (SFB, 1995). In der Theorie von Marr (1982) vollzieht sich der Übergang von der primären Skizze zum sogenannten 3-D-Modell über die 2 ½-D-Skizze. Das 3-D-Modell kann als generische Repräsentation und die 2 ½-D-Skizze als aktuell konstruierte Repräsentation verstanden werden. Bei Marr wird beiden Repräsentationen der Status von objektzentrierten Repräsentationen zugeschrieben.

Eine objektzentrierte Repräsentation setzt meiner Ansicht nach eine gewisse Vertrautheit mit dem Objekt voraus. Das bedeutet, daß das entsprechende Objekt aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet worden ist und sich erst allmählich eine objektzentrierte Repräsentation herausbildet. Diese Sichtweise würde dafür sprechen, bei der aktuellen Repräsentation von einer betrachterzentrierten und bei der generischen Repräsentation von einer objektzentrierten Repräsentation auszugehen.

In der eigenen Modellierung wird angenommen, daß die Informationen der Form und der Größe kombiniert werden, so daß sich in der Folge Konzeptualisierungen wie beispielsweise „ein großes X“ ergeben. In Analogie zu der Forminformation wird für die Größeninformation ein Konstruktionsprozeß zugrundegelegt (vgl. 5.3.2.2). Wie gesehen, vollzieht sich die Konstruktion der Forminformation als ein Prozeß auf mehreren Stufen. Im Hinblick auf die eigene Modellierung stellt sich die Frage, auf welcher Stufe der Formverarbeitung die Kombination mit der Größeninformation erfolgt. Es kann davon ausgegangen werden, daß auf der präattentativen Stufe die beiden Informationen als elementare Bestandteile vorliegen (Treismann, 1990). Die Kombination der Informationen setzt Aufmerksamkeitsprozesse voraus. Folglich kann daher erst auf der Stufe der aktuellen Repräsentation die Größeninformation mit der Forminformation eines Objektes kombiniert werden. Auf der Ebene der aktuellen Repräsentation hat ein wahrgenommenes Objekt eine bestimmte individuelle Form und eine individuelle Größe. Die objektzentrierte Repräsentation, die zum Vergleich hinzugezogen wird, stellt eine gemittelte Repräsentation der Objektklasse dar. Sie stellt die Entsprechung zu der entspricht der konzeptuellen Repräsentation der frühen Stufe dar (vgl. 4.3.1). Es findet eine Zuordnung der aktuellen Repräsentation zu derjenigen generischen Repräsentation dar, zu welcher die geringste Abweichung besteht. Es kann angenommen werden, daß sich die Zuordnung selbständig vollzieht und mit der Zeit eine zunehmende Differenzierung der Repräsentationsklassen erfolgt. In 6.3 wird ein Simulationsdesign für das überwachte Herausbilden von Kategorien vorgestellt. Die eigene Modellierung sieht an dieser Stelle ein vereinfachtes Modul vor. Hier soll, wie in den Hypothesen formuliert, die graduelle Herausbildung der Kategorien in Abhängigkeit von den Variablen Exemplarerfahrung, Kategorieerfahrung, Lernerfahrung und Distinktivität aufgezeigt werden.

### **5.3.1.3 Größeninformation**

Für den Verarbeitungsweg der Größeninformation stellt sich die Frage, welche der beiden in 5.3.1 unterschiedenen Hauptbahnen hauptsächlich verantwortlich ist. Die bisherigen Ausführungen legen nahe, daß die Verarbeitungsschritte, die zur

Informationsermittlung der relativen Größe von Objekten, der räumlichen Perspektive und der Tiefenwahrnehmung notwendig sind, im magnozellulären System stattzufinden scheinen (Kandel u.a., 1996). Andere Forschungsergebnisse lassen vermuten, daß auch der inferior-temporale Cortex bei der Entfernungs- und Größeninformation eine wichtige Rolle spielt (Dobbins u.a., 1997).

Insgesamt stellt sich für die Verarbeitung der Größeninformation die Frage, die sich bereits im Hinblick auf die Verarbeitung der Forminformation gestellt hat, nämlich inwieweit bei der Verarbeitung ein reiner Bottom-up-Prozeß angesetzt werden soll, oder ob und wenn ja inwiefern Top-down-Komponenten bei der Verarbeitung eine Rolle spielen. Für die prinzipielle Integration von Top-down-Komponenten kann die neurophysiologische Evidenz angesehen werden, nach der auf sämtlichen Verarbeitungsstufen neben den bisher ausschließlich betrachteten horizontalen Verbindungen auch sehr viele Quer- und Rückverbindungen bestehen. So entstammen beispielsweise im seitlichen Kniehöcker nur 10-20 % der eingehenden synaptischen Verbindungen aus der Retina (Kandel u.a. 1996). Das spricht für die Möglichkeit, daß eingehende Verbindungen aus anderen Regionen, wie z.B. des Hirnstamms den Informationsfluß kontrollieren.

### **5.3.2 Verarbeitung der Größeninformation**

Im folgenden wird auf die Verarbeitung der Größeninformation näher eingegangen. Es werden Theorien vorgestellt, die in Bezug auf die Annahme einer Bottom-up- bzw. Top-down-Verarbeitung unterschiedliche Annahmen treffen und auf dieser Grundlage der eigene Ansatz eingeordnet. Es lassen sich drei unterschiedliche Hypothesen im Zusammenhang mit der Verarbeitung der Größeninformation unterscheiden. Die Ansätze bewegen sich im Spannungsfeld der Annahme für die Verarbeitung der Größeninformation als reinen Bottom-up-Prozeß auf der einen Seite und von Top-down-Konzeptionen auf der anderen Seite. Der Verarbeitungsprozeß kann als reiner Bottom-up-Prozeß beschrieben werden. Das bedeutet, daß ausschließlich die von dem visuellen System eingehende Information für die folgenden Verarbeitungsprozesse hinzugezogen werden. Die Top-down-Konzeptionen sehen für die Verarbeitung der

Größeninformation eine zusätzliche Top-down-Komponente vor, welche längerfristig gespeichertes Wissen über die Größeninformation von Objekten umfaßt. Im folgenden werden die drei Positionen vorgestellt und aufgezeigt, welche Repräsentationsanforderungen sich aus den unterschiedlichen Sichtweisen im Hinblick auf die Simulation ergeben. Die Argumentation für die Wahl der eigenen Position wird in 6.2 weitergeführt, wo die Simulation der Verarbeitung der Größeninformation als eine der Modellkomponenten der Gesamtkonzeption erfolgt.

Bei der Frage nach der Verarbeitung der Größeninformation ist der Frage nachzugehen, woher die Information über die Größe kommt. Aus neurobiologischer Sicht kann gesagt werden, daß das Netzhautbild keine ausreichenden Informationen über die absolute Größe eines Gegenstandes liefert (von Campenhausen, 1993). Ein großes Netzhautbild kann beispielsweise ein kleines nahes Objekt oder ein großes entferntes Objekt abbilden. Erst das Gehirn trifft eine „Entscheidung“ zur Größenkonstanz, also dem Sachverhalt, daß die Objekte weder „größer“ noch „kleiner“ aus der Sicht des Betrachters werden. Die Fähigkeit zur Verarbeitung der Größeninformation bringt die Fähigkeit zur Größenkonstanz hervor. Genauso wie ein und dasselbe Objekt aus unterschiedlichen Entfernungen als gleich groß wahrgenommen werden muß, müssen verschieden große Objekte in verschiedenen Entfernungen jeweils korrekt in ihrer Größe erfaßt werden. Die Fähigkeit zur Größenkonstanz bezieht sich auf die Fähigkeit der Verarbeitung der Größeninformation auf ein und dasselbe Objekt in verschiedenen Entfernungen (Lukas, 1996). In 5.3.3 wird aufgezeigt wie sich die Fähigkeit zur Größenkonstanz in der ontogenetischen Entwicklung herausbildet. In den folgenden drei Abschnitten werden jeweils unterschiedliche Annahmen zu der Verarbeitung der Größeninformation und der Größenkonstanz dargestellt.

### **5.3.2.1 Größeninformation als unmittelbare Abbildung**

Diese Sichtweise geht auf Gibson (1973) zurück. Die zentrale Hypothese ist bei Gibson, daß sowohl die Gegenstände als auch der diese umgebende Raum aus denselben Variablen gebildet werden, d.h. aus Oberflächen und Grenzen. Mit diesen

beiden Informationsquellen kann die visuelle Welt vollständig erfaßt werden. Das bedeutet, daß sämtliche Informationen sich direkt aus dem Netzhautbild ergeben. Gibsons Gradiententheorie zufolge weisen die unterschiedlichen Informationen unterschiedliche Reizmuster des Netzhautbildes auf. Gibson beschreibt die Reizmuster als ordinale Reizungen und unterscheidet vier Ordnungstypen ordinaler Reizung. Eine Linie verursacht beispielsweise eine ordinale Reizung zweiter Ordnung. Im Netzhautbild wird eine inhomogene Netzhautreizung erzeugt, die eine Diskontinuität in einem Gradienten des Netzhautbildes oder einen Sprung enthält (vgl. Gibson, 1973, S. 27). Für die Wahrnehmung von Größe bedeutet der Ansatz von Gibson, daß alle für die Größeninformation notwendigen Informationen direkt, ohne weitere kognitive Konstruktionsprozesse im Netzhautbild zu finden sind. Ein wahrgenommenes Objekt erzeugt auf der Netzhaut eine Abbildung. Die Größe des Netzhautbildes für sich allein genommen, erlaubt jedoch noch keine Aussage über die tatsächliche Größe des Objektes. Über den das Objekt umgebenden Hintergrund geht zusätzlich Information über die Entfernung des Objektes ein. Die entsprechende Information wird durch den Texturgradienten zur Verfügung gestellt. Der Texturgradient verdichtet sich bei größer werdender Entfernung. Als dritte Informationsquelle nennt Gibson den Maßstab. Der Maßstab ist die generelle visuelle Fähigkeit, Gegenstandsgrößen in verschiedenen Entfernungen einschätzen zu können. Dieser Maßstab ist Gibson zufolge im Wahrnehmungsprozeß implizit enthalten.

Die Größenkonstanz ergibt sich aus der Entfernung und dem Maßstab. Die Fähigkeit zur Größenkonstanz bezeichnet die visuelle Fähigkeit, die Beziehungen zwischen einer Gegenstandsgröße und der Bodentextur bei sich verändernden Entfernungen als invariant wahrzunehmen (Guski, 1996). Da der Maßstab mit sich verändernder Entfernung gleich bleibt, können die einzelnen gegebenen Größen zu ihm in Beziehung gesetzt und mit ihm verglichen werden. Die Größenkonstanz ist somit das „Nebenprodukt des konstanten Maßstabes, den die visuelle Welt bei unterschiedlicher Entferntheit hat“ (Gibson, 1973, S. 268).

Offen bleibt meiner Ansicht nach in der Theorie von Gibson, wie das Reizkorrelat des Maßstabs aussieht. Gibson stellt in diesem Zusammenhang nur fest:

„Die Gradiententheorie kann die so aufgefaßte Konstanz erklären, denn vermutlich ist der wahrgenommene Maßstab des Hintergrunds eine Funktion derselben Reizvariablen, die die

kontinuierliche Entfernung des Hintergrunds hervorbringen - gewiß eine unterschiedliche Funktion, die aber gleichermaßen durch die Reizung bedingt ist.“ (Gibson, 1973, S. 268)

Das bedeutet, daß alle für die Größeninformation notwendigen Informationen aus der retinalen Abbildung entstammen. Im Hinblick auf die Repräsentationsanforderungen in einem künstlichen intelligenten System bedeutet das, daß eine Repräsentation gewählt werden sollte, in der beide Informationen gleichzeitig enthalten und miteinander codiert sind (vgl.6.2).

### **5.3.2.2 Größeninformation als Konstruktionsprozeß**

Dieser Ansatz geht wie der obige Abbildungsansatz von der Annahme aus, daß die Verarbeitung der Größeninformation überwiegend ein Bottom-up-Prozeß ist. Der Unterschied liegt darin, daß die Informationen, die zur Größeninformation beitragen, sich nicht unmittelbar aus dem Wahrnehmungsprozeß ergeben und somit nicht unmittelbar vorliegen. Die Größeninformation und die Größenkonstanz ergeben sich aus der Kombination der Information der Größe des Netzhautbildes mit Informationen über die Entfernung zum Objekt. Dieser Prozeß der Kombination der Informationen kann als Konstruktionsprozeß angesehen werden. Die Information über die Entfernung kann aus mehreren Quellen entstammen. Aufschlüsse über die Entfernung eines Objektes zum Betrachter liefern wie im obigen Abbildungsansatz gesehen beispielsweise Abbildungsfaktoren wie der Texturgradient. Eine weitere Informationsquelle stellt die Bewegungsparallaxe dar. Sie bezeichnet den Sachverhalt, daß ein weiter entferntes Objekt bei Bewegung einen weiteren Weg aus der Sicht des Betrachters zurücklegt als ein näheres. Den verschiedenen Informationsquellen, die zur Entfernungsschätzung herangezogen werden können, kommt im Verlauf der ontogenetische Entwicklung eine unterschiedliche Bedeutung zu (vgl. 5.3.2.2). Im Erwachsenenalter wirken alle Faktoren bei der Entfernungseinschätzung zusammen und beeinflussen sich wechselseitig. An dieser Stelle soll auf die Informationsquellen der Querdisparation und Konvergenz näher eingegangen werden, weil sich mit der Verknüpfung dieser beiden Faktoren die Fähigkeit zur relativen und absoluten Entfernungswahrnehmung modellieren läßt. Dieser Ansatz wird in den neurophysiologischen Modellen von Churchland und Sejnowski verfolgt (1997). Die

Modellierungen von Churchland und Sejnowski werden in 6.2 vorgestellt. Die eigene Modellierung und anschließende Simulation der Konstruktion der Größeninformation sind aus diesem Ansatz abgeleitet.

Die *Querdisparation* gehört zu den sogenannten binokularen Informationsquellen. Die Konvergenz ist eine okulomotorische Variable, die ebenfalls Hinweise über die Distanz liefert. Da der Augenabstand 6 - 8 cm beträgt, nehmen die beiden Augen einen Gegenstand aus entsprechend voneinander entfernten Punkten wahr. Die Abbildung der beiden Informationen erfolgt jedoch in einem gemeinsamen Zielgebiet im visuellen Cortex. Hier treffen die beiden voneinander abweichenden Bilder ein. Die Abbildung dort wird also zwangsläufig durch ein Doppelbild gestört. Diese Deckungsabweichung nennt man binokulare Disparität oder Querdisparation (Anm. 16). Objekte lassen sich nun in verschiedenen räumlichen Tiefen fixieren, was durch die Veränderung des Konvergenzwinkels mit Hilfe der Drehung der Augen ermöglicht wird. In diesem Fixationspunkt liegen die projizierten Bilder im visuellen Cortex übereinander. Für das Erkennen einer solchen Übereinstimmung gibt es im visuellen Cortex Fixierungszellen, die aktiv werden, wenn der Cortexbereich, in dem sie liegen, von beiden Augen eine identische Eingangsaktivität erhält. Die Disparität im Fixationspunkt hat den Wert null. Desweiteren wurden Nahzellen und Fernzellen im visuellen Cortex entdeckt (Hubel, 1989). Erstere reagieren auf Übereinstimmungen vor und letztere auf solche hinter der Fixierungsebene. Durch das Zusammenspiel dieser Zellentypen wird räumliches Sehen, d.h. die Stereoskosis möglich. Auf diese Weise kann die räumliche Anordnung als relative Distanz von mehreren Objekten erkannt werden. Die Disparationen werden zur Erzeugung einer Tiefenwahrnehmung verwendet, wobei eine veränderte Disparation zu einem veränderten wahrgenommene Grad an Tiefe führt. Tiefenunterschiede von Objekten, d.h. deren relative Entfernung lassen sich durch die Retinadisparation bis zu einer Entfernung von ca. 100m ermitteln (Churchland & Sejnowski, 1997). Eine Simulation der Berechnung der Disparationen wird mit dem Fusion-Net der Autoren vorgestellt (vgl. 6.2).

Die Entfernungseinschätzung bezeichnet die Fähigkeit, die absolute Tiefe d.h. die Entfernung des Abstands zwischen der eigenen Person als Betrachter und dem betrachteten Objekt zu ermitteln. Sie läßt sich mittels der Kombination zweier Informationen bestimmen. Die eine Information ist die Vergenz. Sie bezeichnet die

Augenbewegungen, die durchgeführt werden, um ein Objekt zu fokussieren. Der Vergenzwinkel ist dabei um so größer, je näher das Objekt ist. Die andere Information ist die Disparation: Dabei handelt es sich, wie oben gesehen, um einen Wert, der die Relation zur Fusionsebene ausdrückt. In der V1 Region des visuellen Cortex wurden disparationsspezifische Zellen, sogenannte gain-modulated neurons nachgewiesen, deren Antwortverhalten sich nach der Entfernungsinformation richtet (Dobbins u.a., 1997). Es handelt sich um bestimmte disparitätsspezifische Zellen, die mit einer erhöhten Antwortfrequenz bei zunehmender Entfernung reagieren. Es scheint hingegen keine Zellen zu geben, die für sich genommen speziell auf die Entfernungsinformation ansprechen. Für die Repräsentationsanforderungen in einem künstlichen System bedeutet das, daß sich die Entfernungsinformation als Ergebnis einer verteilten Repräsentation ergeben sollte. In 6.2.2 wird ein entsprechender Ansatz von Pouget und Sejnowski (1994) vorgestellt.

Im Zusammenhang mit der Verarbeitung der Größeninformation legen neurophysiologische Befunde nahe, daß es in der V4 Region des visuellen Cortex Zellen gibt, die mit ihrem Antwortverhalten auf Größenkonstanz ansprechen (Dobbins u.a., 1996, 1997). Ähnlich wie bei der Verarbeitung der Entfernungsinformation wirken mehrere Zellen zusammen und bringen eine gemeinsame Reaktion hervor, die als Reaktion auf Größenkonstanzen interpretiert werden kann. In der eigenen Modellierung wird dieser Befund als Stützung für die Annahme einer verteilten Repräsentation der Größeninformation herangezogen.

### **5.3.2.3 Größeninformation als Hypothesenbildung**

Im Unterschied zur Bottom-up-Verarbeitung, wird in diesem Abschnitt von der Annahme eines Top-down-Wahrnehmungsprozesses ausgegangen, in dem Rückgriff auf früher erworbenes Wissen über die Größe der Objekte erfolgt. Die Informationsquelle der erinnerten Größe wird herangezogen, wenn keine Information über die Entfernung zur Verfügung steht. So kann beispielsweise mittels der Information des Umrisses eines Baumes erkannt werden, wie groß dieser ist, auch wenn keine Entfernungsinformation verfügbar ist (Zimbardo & Gerrig, 1999). Die

erinnerte Größe von Gegenständen kann zusätzlich von emotiven Komponenten beeinflusst werden. Wenn es zur Beeinflussung der Größenschätzung durch Positiv oder negativ bewertende Reize kommt, dann spricht man von Größenakzentuierung (vgl. Zimbardo, 1995, S. 204f.). Die wahrgenommene Größe ist somit mehr als nur das Resultat der objektiven Wahrnehmung. Ein Beispiel hierfür ist das Münzenexperiment, welches von Bruner und Goodman (1947, zit. in Zimbardo, 1995) durchgeführt wurde. Es belegt, daß der sozioökonomische Status die Größenwahrnehmung von Münzen beeinflusst. In dem Experiment wurden amerikanische Kinder aus unterschiedlichen sozialen Schichten aufgefordert, einen Lichtfleck auf die Größe einer erinnerten amerikanischen Münze einzustellen. Eine Kontrollgruppe stellte den Lichtfleck auf die Größe von Pappscheiben ein, die dieselben Größen wie die Münzen hatten. Es zeigte sich, daß die Münzen generell größer eingeschätzt wurden als die Pappscheiben. Außerdem traten Unterschiede zwischen den beiden sozialen Gruppen auf. Die ärmeren Kinder überschätzten die Größe der Münzen in höherem Maße als die reicheren Kinder.

Sowohl im Baum- wie auch im Münzenbeispiel kann die erinnerte Größe erst dann auf den Konzeptualisierungsprozeß Einfluß nehmen, wenn sich die erinnerte Größe für die Gegenstandsklasse herausgebildet hat. Es muß eine bestimmte Erfahrung mit den Exemplaren einer Objektklasse vorhanden sein, auf deren Grundlage die erinnerte Größe ermittelt wird. Die Repräsentation der erinnerten Größe kann dann wiederum von anderen Faktoren beeinflusst werden, die bewirken, daß die Repräsentation der erinnerten Größe entweder als zu groß, wie im Münzenbeispiel, oder als zu klein konzeptualisiert wird.

Insgesamt kann m.E. die hier vorgestellte Annahme zur Größenverarbeitung nicht als konkurrierende sondern als ergänzende Sichtweise zu den vorgestellten Positionen in 5.3.2.1 und 5.3.2.2 verstanden werden. Entsprechend wird in der eigenen Modellierung die Konstruktion der Größeninformation zunächst als Bottom-up-Prozeß beschrieben und gleichzeitig aufgezeigt, wie sich die erinnerte Größe auf der Grundlage vieler Einzelgrößeninformationen der Exemplare einer bestimmten Klasse herausbilden und als Top-down-Erwartung Einfluß auf den Konzeptualisierungsprozeß nehmen kann. Im Hinblick auf den Bottom-up-Prozeß versteht die eigene Modellierung die Größeninformation als kombinierte Information,

die sich zusammensetzt aus Netzhautbildgröße und Entfernung. Es wird nicht davon ausgegangen, daß die Informationen unmittelbar wahrgenommen werden, wie von Gibson (1973) angenommen, sondern daß ein Berechnungs- bzw. Konstruktionsvorgang erfolgt. Somit folgt der Ansatz in diesem Punkt der konstruktivistischen Sichtweise (vgl. 2.3.2).

Die zu kombinierenden Komponenten Netzhautbildgröße und die Entfernung sind proximale Informationen. Aus diesen Informationsquellen konstruiert das Individuum die Größeninformation. Die proximalen Reize liefern Hinweise auf die externen, sogenannten distalen Eigenschaften, dürfen aber nicht mit ihnen verwechselt werden. Bei der *Konstruktion der Größeninformation* ermöglichen die proximalen Reize, daß der distale Reiz, also die Größe eines Objektes, erschlossen werden kann. Ein und dieselbe Größe, d.h. der distale Reiz kann sich auf unterschiedliche Weise aus der Netzhautbildgröße und Entfernung erschließen. Die proximalen Informationen wirken dabei wie folgt zusammen. Die Verdoppelung der Distanz führt zur Halbierung der Netzhautbildgröße und umgekehrt führt die Verdoppelung der Bildgröße zur Halbierung der Entfernung. Unterschiedliche distale Reize werden erschlossen, wenn zum einen die Entfernung konstant bleibt und die projizierte Bildgröße, d.h. der proximale Reiz sich ändert. Dabei gilt: Je größer die Bildgröße ist, desto größer ist der distale Reiz. Zum anderen werden unterschiedliche distale Reize erschlossen, wenn die Bildgröße konstant bleibt und die Entfernung sich ändert. Es gilt: Je größer die Entfernung ist, desto größer ist der distale Reiz.

Die konstruierte Größeninformation bildet die Grundlage für die Herausbildung der erinnerten Größe. Ebenso wie das Individuum die einzelnen Größeninformationen erschließt, konstruiert es die erinnerte Größe, die als Top-down-Komponente Einfluß auf den Wahrnehmungsprozeß hat. Durch die Berücksichtigung von Bottom-up- und Top-down-Komponenten bewegt sich die eigene Modellierung an der Schnittstelle von Perzeption und Kognition. Die Konzeptualisierung des Dimensionsadjektivs „groß“ in seiner absolut komparierten Verwendung entsteht an diesem Übergang. Die externen sensorischen Inputs nehmen auf die Kategorisierung gleichermaßen Einfluß wie das *innere konzeptuelle Wissen um die erinnerte durchschnittliche Größe* der Objektklasse. Die konzeptuellen Zustände sind individuell und subjektiv, weil sie vom Umweltbezug des einzelnen Individuums abhängen. Andererseits müssen die

Konzeptualisierungen insofern stabil, eindeutig und identifizierbar sein, weil sie zu bewußten Vorgängen herangezogen werden können (Dorffner, 1991). Das ist der Fall, wenn beispielsweise zwei Objektklassen nicht-perzeptuell, also abstrakt in Bezug auf ihre Größe verglichen werden. Für die Herausbildung der identifizierbaren Zustände (ID-state) (vgl. Dorffner 1991, S. 361f.) spielen Bottom-up- und Top-down-Prozesse eine Rolle, deren Zusammenwirken in der eigenen Modellierung am Beispiel der Größenkonzeptualisierung verdeutlicht wird.

### 5.3.3 Entwicklung der Fähigkeit zur Größenkonstanz

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der Größenkonstanz gibt es unterschiedliche theoretische Ausrichtungen in Bezug auf die Frage, ob die Fähigkeit zur Größenkonstanz angeboren ist oder ob sie sich im Verlaufe der ontogenetischen Entwicklung herausbildet. Die Berliner Schule geht davon aus, daß die Fähigkeit zur Konstanzleistung bereits mit der Geburt vorliegt, weil für ihre Wahrnehmung angeborene Prinzipien verantwortlich sind. Die Wiener Schule hingegen betrachtet die Größenkonstanz als eine erlernte Fähigkeit (vgl. Fischer 1995, S. 145).

Experimente sowie neurophysiologische Befunde legen nahe, daß es sich bei der Fähigkeit zur Größenkonstanz um eine Fähigkeit handelt, die sich im Verlaufe der Entwicklung herausbildet. Im folgenden wird der Ablauf der Entwicklung der Fähigkeit zur Größenkonstanz dargestellt. Dabei wird die Entwicklung derjenigen Elemente hervorgehoben, die mit der Entwicklung der Größenkonstanz zusammenhängen oder Voraussetzungen für sie sind.

Von Geburt an entwickelt sich die *Sehschärfe*. Damit ist die Fähigkeit gemeint, feine Details wie konturierte Muster wahrzunehmen. Die Sehschärfe ist sehr schwach nach der Geburt. Unabhängig von der Entfernung wird unscharf gesehen. Sie verbessert sich aber schnell innerhalb der ersten 6 Monate, so daß sie nach ca. einem Jahr der Sehschärfe eines Erwachsenen entspricht (Wilkening & Kirst, 1998). Eine ausreichend gute Sehschärfe ist die Voraussetzung zur Fähigkeit der Ouedisparität. Bei ihr werden die eingehenden retinalen Abbildungen auf ihre Abweichungen mit Hilfe der far-, near- und tuned-Zellen hin analysiert (Hubel, 1989).

Die ersten Hinweise auf die *Entfernung* entstammen in den ersten Monaten aus der Bewegung. Man bezeichnet sie als „kinetische cues“ (vgl. Wilkening & Kirst, 1998, S. 496). Die Bewegungsparallaxe gibt Aufschluß über die Entfernung von Gegenständen. Je entfernter ein Gegenstand, desto weniger weit wandert sein Netzhautbild (Fischer, 1995). Da zu diesem Zeitpunkt die Sehschärfe noch schwach ist und sie Voraussetzung für die biokulare Disparität ist, kann dieser Hinweisreiz noch nicht zur Distanzwahrnehmung herangezogen werden. Die sogenannten „pictorial cues“ (vgl. Wilkening & Kirst 1998, S. 497) können daher erst nach ca. einem halben Jahr für die Entfernungsschätzung genutzt werden (Goldstein, 1997). Die Bewegungsinformation ist für die Distanzeinschätzung somit grundlegender als die statische Bildinformation (Fischer, 1995).

Wird die Größenkonstanz als Fähigkeit zur *Kombination der Informationen Netzhautbildgröße und Entfernung* verstanden, so kann davon ausgegangen werden, daß die Größenkonstanzleistung in Ansätzen schon in den ersten 6- 8 Wochen erfolgt. Die Festlegung auf diesen Zeitpunkt deckt sich nicht mit den Überlegungen von Piaget (1975a). Dieser geht davon aus, daß für die Entfernungswahrnehmung neben den visuellen Informationen taktilo-kinästhetische Informationen in den frühen Entwicklungsstufen eine wichtige Rolle spielen. Nach Piaget schafft die erfolgreiche *Auge-Hand-Koordination* die Voraussetzung für die Tiefenwahrnehmung. Die beiden Sinnesmodalitäten funktionieren zwischen dem 2. und 4. Monat zunächst unabhängig voneinander. Die Koordination erfolgt ca. ab dem 4. Monat. Für die Entwicklung der Fähigkeit der Größenkonstanz bedeuten diese Voraussetzungen von Piaget, daß diese erst nach der erfolgreichen Auge-Hand-Koordination erfolgt. Mit der Auge-Hand-Koordination wird die Fähigkeit erworben, ein Objekt als gleich groß taktil wahrzunehmen, unabhängig von der Distanz, die für die Greifhandlung benötigt wird. Das entspricht einer größenkonstanten Objektwahrnehmung. Erst im Anschluß an die erfolgte Auge-Hand-Koordination kann das Konstanzphänomen auf die visuelle Wahrnehmung übertragen werden. Die Fähigkeit zur Größenkonstanz bildet sich folglich erst ab dem ca. 4. Monat heraus.

Die Fähigkeit zur Objekt Konstanz muß im Zusammenhang mit der Fähigkeit zur Objektpermanenz gesehen werden. Mit *Objektpermanenz* ist die Verinnerlichung eines Objekts gemeint. Nach Piaget vollzieht sich dieser Entwicklungsprozeß auf

mehreren Stufen, wobei graduell bestimmte Fähigkeiten, die für die Objektpermanenz wichtig sind, erworben und durch Übung gefestigt werden. Wichtige Voraussetzungen für die Objektpermanenz werden in der zweiten sensomotorischen Stufe zwischen dem 4. und 10. Monat erworben. Dazu gehört die *visuelle Antizipation zukünftiger Positionen von Gegenständen*. Das bedeutet, daß das Baby einen Gegenstand an einer anderen Stelle, als wo es diesen gesehen hat, sucht. Dieses Verhalten kann andererseits auch so interpretiert werden, daß dem Objekt eine ihm selbst innewohnende Permanenz zugesprochen werden kann (Wilkening & Kirst, 1998). Mit dieser Interpretation wird die Fähigkeit zur Objektpermanenz bereits auf den 3. bis 5. Monat datiert. Piaget hält demgegenüber den vom Kind gebildeten Begriff jedoch noch für subjektiv, weil er in hohem Maße an eine eigene Handlung gebunden ist. Das belegt er damit, daß der Säugling besonders intensiv sucht, wenn er selbst das Verschwinden des Gegenstandes verursacht hat. Die eigentliche Objektpermanenz erfolgt damit nach Piaget erst in der letzten, der sechsten Stufe der sensomotorischen Entwicklung, d.h. zwischen dem 18. und 24. Monat. Für den Zusammenhang zwischen Objektpermanenz und Größenkonstanz bedeutet diese Sichtweise, daß die Fähigkeit zur Größenkonstanz vor der Fähigkeit zur Objektpermanenz erworben wird.

Abbildung 5.3: Überblick über die Entwicklungselemente für die Größenkonstanz

Entwicklungselement	0 - 6 Monate	6 > Monate
Sehschärfe	zunächst unscharfes Sehen, dann schnell entwickelnde Sehschärfe	gute Sehschärfe
Entfernungseinschätzung	kinetische Cues: sich verändernde Netzhautbildgröße	piktorale Cues: Vedeckung Cue der gewöhnten Größe

Objektwahrnehmung	amodale Wahrnehmung schon mit 3.- 5. Monat: kohärente Objektwahrnehmung trotz Verdeckung (Wilkening & Kirst, 1998), wichtig ist dabei eine genügend große Entfernung zwischen den Objekten und die Bewegung.	10.- 12. Monat: teilweise noch subjektiver Objektbegriff  6.- 8. Monat: Objektpermanenz (Piaget, 1975a)
Größenkonstanz	Gewisse Fähigkeit zur Größenkonstanz (Bower, 1966) mit 2 Monaten Netzhautbildgröße + Bewegungsparalaxe	Größenkonstanz bis zu einer Entfernung von 70cm

Im weiteren Verlauf der Entwicklung der Fähigkeit zur Größenkonstanz wird in zunehmenden Maße die Entfernungsinformation als weitere Informationsquelle hinzugezogen. Die Untrennbarkeit dieser Informationsquelle von der Fähigkeit zur absoluten Größenwahrnehmung und Größenkonstanzleistung läßt sich mit den experimentellen Ergebnissen eines von Paivio (1975) durchgeführten Versuchs stützen. In dem Experiment sollten Versuchspersonen beurteilen, welches von zwei Objekten weiter entfernt ist. Die Ergebnisse zeigen, daß dieses Urteil in der kongruenten Bedingung (vgl. 5.1.1.1), d.h. bei der Abbildung der tatsächlichen Größenrelation langsamer ist als in der inkongruenten Bedingung, wenn das tatsächlich größere Objekt kleiner abgebildet ist und sich diese Situation nur dann erklären läßt, wenn für dieses Objekt eine größere Entfernung angenommen wird. Dieses Ergebnis belegt, daß die erwachsenen Versuchspersonen insofern die Fähigkeit zur Größenkonstanz besitzen, als daß sie die Netzhautbildgrößeninformation und die Entfernungsinformation in Relation setzen können und daraus schließen können, daß das in Wirklichkeit größere Objekt mit bei größerer Entfernung das abgebildete kleinere Objekt ist.

### 5.3.4 Kategoriale Wahrnehmung

Unter *kategorialer Wahrnehmung* versteht man die Fähigkeit, kontinuierliche Ausprägungen von Stimuli so wahrzunehmen, als ob sie distinkten Kategorien zugehörten. Innerhalb einer gebildeten Kategorie werden für die Stimuli keine Unterschiede festgestellt in Bezug auf die Eigenschaften, welche die Kategorisierung bewirkt haben (Anderson, 1996). Unter kategorialer Wahrnehmung wird eine Analog-Digital-Umwandlung verstanden, bei welcher über einem physikalischen Kontinuum eine Einteilung in diskrete Äquivalenzklassen, denen bestimmte Bezeichnungen zugeordnet werden können, erfolgt (Harnad, 1987a, 1987b). Es findet also eine Top-down- und Bottom-up-Wechselwirkung statt. Auf der einen Seite werden Wissensbestände des LZGs aktiviert und auf der anderen Seite findet die Bildung qualitativ distinktiver und diskreter Kategorien auf physikalischen Kontinuen statt. Die kategorialen Abgrenzungen und Zuordnungen von natürlichen Objektklassen und Objektattributen unterscheiden sich. Während die Kategorisierungen einer natürlichen Objektklasse relativ überdauernd vom LZG vorgegeben sind, erfolgen die Kategorisierungen von Objektattributen in einer jeweiligen Situation immer wieder neu.

Medin und Barsalou (1987) zeigen, daß es große Ähnlichkeiten zwischen den *sensorischen perzeptuellen Kategorien* wie beispielsweise Farbwahrnehmung oder Wahrnehmung von sprachlichen Lauten und den *generischen konzeptuellen Kategorien* gibt. In beiden Fällen findet eine Analog-Digital-Umwandlung statt, bei welcher einzelnen Regionen eines physikalischen Kontinuums diskrete Äquivalenzklassen mit einer bestimmten Bezeichnung zugeordnet werden. Wahrnehmung erfolgt also immer kategorial.

In der Folge werden die Prozesse der Konzeptualisierung der Größeninformation auf dem Hintergrund der kategorialen Wahrnehmung diskutiert. Den Ausgangspunkt bildet die kategoriale Wahrnehmung der Größeninformation. Anschließend wird argumentiert, daß die kategoriale Wahrnehmung auch die Grundlage für die Funktionsweise der beiden Verarbeitungsmodule des V- und D-Moduls bildet. Bei der Kategorisierung der Größeninformation spielen, wie gesehen, Bottom-up- und Top-down-Prozesse eine Rolle und es erfolgen somit Kategorisierungen auf beiden

Prozeßebenen. Die Fähigkeit der kategorialen Wahrnehmung läßt sich auf der Ebene der eintreffenden visuellen Information und bei Kategorisierungen der höheren, konzeptuellen Ebene nachweisen.

Eine frühe Form der *kategorialen Wahrnehmung auf der visuellen Ebene* kann in der Konstruktion der Unterscheidbarkeit von Objekten in Bezug auf eine bestimmte Eigenschaft gesehen werden. Wenn man die Größen von Objekten, die sich aus Entfernung und Netzhautbildgröße zusammensetzen, als distale Reize betrachtet, kann es zwischen zwei Objekten Größenunterschiede geben, die so minimal sind, daß sie nicht mehr erkannt werden können. Die Zusammenhänge zwischen den physikalischen Reizen und den inneren Konstruktionen, welche den Beschränkungen der inneren Strukturen unterliegen, werden in der Psychophysik untersucht. Man bezeichnet die kleinste physikalische Differenz, die vom Individuum als Unterschied konstruiert werden kann, als Unterschiedsschwelle (Zimbardo & Gerrig, 1999). Die absolute Größe eines Reizes, wie beispielsweise die Länge eines Stabes, hat Einfluß auf die Unterscheidbarkeit. Je größer der Standardstab, desto größer muß der Größenunterschied zum Vergleichsstab sein, damit der Unterschied zwischen zwei Stäben erkannt werden kann. Bei einem absolut kleinen Stab genügen kleinere Größenunterschiede zum Vergleichsstab, damit der Unterschied erkannt werden kann. Dieser Zusammenhang wird in dem sogenannten Weber'schen Gesetz ausgedrückt, welches besagt, daß die Beziehung zwischen den Unterschieden in den Reizen und den absoluten Reizen konstant ist. Das von Fechner 1877 formulierte Gesetz baut auf dem Weber'schen Gesetz auf und formuliert folgenden Zusammenhang zwischen einem physikalischen Reiz und einer subjektiver Empfindung der Unterschiedsschwelle: Die sensorische Wahrnehmung, d.h. die Empfindung ist innerhalb bestimmter Grenzen proportional zum Logarithmus der Reizstärke (vgl. Schönflug & Schönflug 1995, S. 115f.). Das bedeutet, daß die gleichmäßige Steigerung des physikalischen Reizes zunächst zu einem Anstieg der Kurve der Empfindung führt, dann aber immer mehr abnimmt. Dieser Ansatz hat insofern Bedeutung für die Frage der Kategorienbildung auf der Grundlage perzeptueller Informationen, weil der Zusammenhang zwischen den physikalischen Reizen und deren Konstruktion im Individuum explizit hergestellt wird. Die Empfindungen sind

auf einer Skala als Intervalle abgebildet, die jeweils gleiche Intervalle bilden. Den resultierenden Konstruktionen kann der Status von Kategorien mit klaren Grenzen, den Unterschiedsschwellen, zugesprochen werden. Bei der Repräsentation der Größenklassen in 6.2 als verteilte Aktivierungsmuster handelt es sich um Muster, die auf einer früheren Verarbeitungsstufe bereits als unterscheidbare Muster kategorisiert wurden.

Die Größenrepräsentationen werden im weiteren Kategorisierungsverlauf, so die eigene Modellannahme, zusammen mit der Forminformation kategorisiert. Für die *Konzeptualisierung* bedeutet das, daß sich unterschiedliche Kategorien herausbilden, in Abhängigkeit von der Größenwertstreuung und Größenprägnanz der Größeninformation (vgl. M6 und M7-Hypothese in 2.1.2). Die Ausbildung der Kategorien wird im eigenen Modell mit dem D-Modul modelliert, welches ein Bezugssystem für jeweils eine Objektklasse konstruiert. Die Herausbildung der Bezugssysteme ist gemäß der konstruktivistischen Auffassung ein individueller Prozeß. Die eintreffenden sensorischen Inputs, die mit der Forminformation kategorisiert werden, spiegeln den individuellen Umweltbezug wider. Die Herausbildung der Bezugssysteme entspricht der Herausbildung von inneren subjektiven Kategorien, die in der individuellen Erfahrung des Individuums verankert sind (Dorffner & Prem, 1993). Man spricht in diesem Zusammenhang von „symbol grounding“ (Harnad, 1987a, 1992) im Sinne von „concept grounding“ (Dorffner u.a., 1993). Die Kategorien und Bezugssysteme sind individuelle Konstruktionen, die in der Folge mit Symbolen einer Sprachgemeinschaft assoziiert werden können (vgl. 2.2). Die Voraussetzung hierfür ist, daß sich sogenannte identifiable states (ID) herausbilden, die mit einer Bezeichnung assoziiert werden können (Dorffner, 1991). Die IDs stellen das Bindeglied zwischen den individuellen Kategorisierungen und den Symbolstrukturen der Sprachgemeinschaft dar. Sie sind die individuellen Konzepte, die im Spannungsfeld des individuellen Umweltbezuges und der bereits herausgebildeten systeminternen Zustände, die als Top-down-Komponenten fungieren, entstehen.

In der eigenen Modellierung erfüllen die beiden Verarbeitungsinstrumentarien die Ausbildung solcher IDs für die Assoziation mit dem Dimensionsadjektiv „groß“. Auf

dem Hintergrund der kategorialen Wahrnehmung stellen das V- und D- Modul Instrumentarien zur Bewerkstelligung von kategorialer Abgrenzung und Zuordnung der verschiedenen Ausprägungen des Dimensionsadjektivs „groß“ dar.

Mithilfe des D- Moduls werden qualitativ distinkte und diskrete Kategorien auf einem physikalischen Kontinuum gebildet. Auf der einen Seite werden die Größenwerte in das Verarbeitungsmodul eingelesen und bilden das Kontinuum. Auf der anderen Seite erfolgt eine kategoriale Abgrenzung dergestalt, daß einzelnen Gruppen kontinuierlicher Werte feste Skalenabschnitte zugeordnet werden. Sie haben den Charakter distinkter und diskreter Kategorien, denn von jedem Skalenabschnitt  $x$  kann gleichermaßen gesagt werden, daß er nicht- $y$ , nicht- $z$  u.s.w. ist. Desweiteren lassen sich sogenannte Anker festlegen (Macmillan, 1987). Sie bilden entweder die Extrema des Kontinuums oder der Anker liegt in der Mitte, wo er dem Kategorieprototypen die  $w/n$  -Wertebelegung zuordnet. Die so erfolgten kategorialen Repräsentationen können nun mit einer Bezeichnung für die gebildeten Kategorien verbunden werden, wie beispielsweise mit klein, kleinere u.s.w.. Die Kategorisierungen mittels des D- Moduls können als Beispiele für generische Wissenskategorien verstanden werden. Sie sind am Aufbau von längerfristig gespeichertem Wissensbesitz beteiligt. Eine Modellannahme besagt (vgl. 4.1.2.2), daß hierfür die ablaufenden Hintergrundberechnungen verantwortlich sind, die die Kategorisierung im D-Modul ständig modifizieren. Dieselbe Funktionsweise des D-Moduls und somit dieselben Prinzipien der kategorialen Wahrnehmung wie die Ausbildung distinkter und diskreter Kategorien und Anker, treffen auch auf temporäre Kategorisierungen, die sogenannten Ad-hoc-Bildungen zu.

Nach Medin und Barsalou (1987) können sensorische perzeptuelle Kategorien dazu dienen, Attribute zu entdecken, welche relevant für eine höhergeordnete Klassifikation sind. Sie wählen das Beispiel der Klassifikation einer Farbe als „rot“, welche dazu beiträgt, eine generische konzeptuelle Kategorie wie „Erdbeere“ zu bestimmen. Entsprechend können Größenklassifikationen als sensorische perzeptuelle Kategorien verstanden werden, die ebenfalls einen Beitrag zur Bestimmung einer generischen Kategorie leisten. Das können zunächst nur sehr grobe Kategorisierungen sein, also beispielsweise, alles was größer ist als die eigene Person, würde

zusammengefaßt in einer Kategorie „großer Gegenstand“ und alles kleinere in „kleiner Gegenstand“ (vgl. 5.2.3).

Harnad (1987a) unterscheidet im Zusammenhang mit dem Phänomen der kategorialen Wahrnehmung zwischen *relativer Diskriminierung*, was der Fähigkeit entspricht, zwei Stimuli zu vergleichen und *absoluter Identifikation*, bei welcher ein autonomes Urteil über einen Stimulus abgegeben wird. Es bietet sich m.E. an, diese Unterscheidung in Analogie zum eigenen Modell zu betrachten. Bei der Verwendung der Größeninformation zur Kategorisierung entspricht dem autonomen Urteil die absolute Verwendung des Größenadjektivs, die aus der Verarbeitung im D-Modul resultiert. Die relative Diskriminierung ist abhängig von der sensorischen Modalität und der involvierten Dimension, sie unterliegt den Beschränkungen der Verarbeitungskapazität des Arbeitsgedächtnisses (vgl. 5.3.5). Das Analog der Verarbeitungsprozesse der relativen Diskriminierung stellen die Verarbeitungsprozesse im V-Modul dar. Es erfolgen Prozesse der relativen Komparation, wobei nur eine begrenzte Anzahl von Relationen zu einem bestimmten Zeitpunkt bei der Verarbeitung berücksichtigt werden können

Harnad (1987a) beschreibt ein 3-Ebenen-Repräsentationssystem, welches die beiden nicht-symbolischen Repräsentationen, die ikonische Repräsentation und die kategoriale Repräsentation und die symbolische Repräsentation umfaßt. Bei der ikonischen Repräsentation handelt es sich um eine analoge Repräsentation des Inputs bzw. seiner Variationen, die fließend ineinander übergehen. Dabei handelt es sich um noch unkategorisierte Repräsentationen. Auf der Grundlage von ikonischen Repräsentationen erfolgen Ähnlichkeits- und Unterschiedsurteile. Diese stellen Prozesse der relativen Diskriminierung dar. Folglich scheinen ikonische Repräsentationen vor allem für die relative Diskriminierung eine Rolle zu spielen.

Auf der Grundlage der theoretischen Annahmen zur kategorialen Wahrnehmung wird die Funktion der relativen Diskriminierung vom V-Modul erfüllt. In 4.3.1 wurde im Zusammenhang mit den Ausführungen von Herrmann aufgezeigt, daß im V-Modul auch figurale Repräsentationen in Bezug auf ihre Größe miteinander verglichen werden können. Vergleichen ist hierbei möglich, ohne daß ein konzeptueller Bezug erfolgen muß, d.h. die Assoziation der figuralen Repräsentation mit einer konzeptuellen Repräsentation muß nicht vorausgegangen sein. In der Theorie zur

kategorialen Wahrnehmung werden ikonischen Repräsentationen relativ diskriminiert. In der eigenen Konzeption entspricht das dem Vergleich von figuralen Repräsentationen im V-Modul. Die Abläufe werden unter Berücksichtigung der Kapazitätsbeschränkung dieses Verarbeitungsmoduls in 6.4 simuliert.

Im V-Modul werden verschiedene Relationen abgebildet. Diesen Ausgabemustern kann insofern der Status von temporären ID-Zuständen zugeschrieben werden, als daß diese Relationen in einer späteren Stufe des Sprachproduktionsverlaufs mit Symbolstrukturen assoziiert werden können. Im Gegensatz zum D-Modul ist das V-Modul vorrangig auf die temporäre Verarbeitung der eintreffenden Informationen ausgerichtet. Diese Informationen entstammen den verschiedenen Gedächtnissystemen (vgl. 4.2.1) und aus ihnen bilden sich die Relationen, die für einen Diskurszyklus im V-Modul aufgebaut werden. Nach Beendigung des jeweiligen Diskurszyklus wird das V-Modul vollständig deaktiviert. Mit jedem neuen Zyklus bildet sich ein neues Relationsgefüge, d.h. was jetzt und hier „groß“ ist, kann im nächsten Zyklus „klein“ sein. Die Anzahl der Relationen im V-Modul unterliegen dabei der Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses, auf welches im folgenden Abschnitt eingegangen wird.

### **5.3.5 Kapazität des Arbeitsgedächtnisses**

In der eigenen Modellierung werden das V- und D-Modul als Subsysteme des Arbeitsgedächtnisses beschrieben (vgl. 4.2.1). Eintreffender sensorischer Input trifft dort auf längerfristig gespeichertes Wissen oder auf im Diskursverlauf entstandene Wissensstrukturen. Die Informationen müssen für eine bestimmte Zeitdauer verfügbar gehalten werden, um mittels der beiden Verarbeitungsinstrumentarien für die nachfolgende Sprachproduktion konzeptualisiert werden zu können. Parallel dazu resultieren aus der Verarbeitung Modifikationen der längerfristig gespeicherten Strukturen (vgl. 4.1.2.2).

Aus neurophysiologischer Sicht wird die corticale Region des frontalen Assoziationscortex (vgl. 5.3.1.1) mit der Funktion des Arbeitsgedächtnisses in Zusammenhang gebracht (Kandel u.a., 1996). Die corticale Region des frontalen

Assoziationscortex gliedert sich in eine obere präfrontale und untere präfrontale Region, zwischen welchen sich der Sulcus principalis befindet (ebenda). Es wird angenommen, daß diese Areale für bestimmte Funktionen des Arbeitsgedächtnisses zuständig sind (Anm. 17). Hierzu zählt vor allem die Fähigkeit, eine Aufgabe zu erfüllen, deren Ausführung eine verzögerte Reaktion erforderlich macht. Das ist beispielsweise der Fall, wenn für die Bewältigung der Aufgabe Informationen über eine kurze Zeitdauer behalten werden müssen, um einen Augenblick später zur Lösung der Aufgabe zusammen mit anderen Informationen verarbeitet zu werden. Neurophysiologisch läßt sich bei der kurzfristigen Speicherung von Informationen eine Steigerung der Impulsfrequenz der Nervenzellen im frontalen Cortex nachweisen (Anderson, 1996; Kandel u.a., 1996). Die Nervenzellen des Arbeitsgedächtnisses werden durch die Substanz Dopamin aktiviert (Goldman-Rakic, 1994). Dopamin ist ein Stoff, der bei Aufmerksamkeitsprozessen von den sogenannten G-Proteingekoppelten Rezeptoren über den ganzen Cortex ausgeschüttet wird. Diesen Vorgang der Beeinflussung von Neuronen durch synaptische oder hormonelle Stimulation bezeichnet man als Neuromodulation (Spitzer, 1996). Aus der Sicht der Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses bedeutet das, daß davon ausgegangen werden kann, daß die Zeitdauer, für welche die Aktivierung aufrecht erhalten wird, zeitlich begrenzt ist. Aus der Sicht der Information, die behalten werden kann, bedeutet das, daß sie einer Kapazitätsbeschränkung unterliegt. Das Arbeitsgedächtnis ist insofern kapazitätsbeschränkt, als daß es eine begrenzte Zeitdauer gibt, in welcher die Information verfügbar gehalten wird (Anderson, 1996; Anm. 18).

Im Zusammenhang mit der Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses kommt der „magischen“ Zahl 7 eine wichtige Rolle zu. Die begrenzte Kapazität bezieht sich auf die unmittelbare Gedächtnisspanne, die memoriert und übertragen werden kann. Experimentelle Befunde zur absoluten Beurteilung von eindimensionalen Reizen wie Tönen, Lautstärken, Geschmacksstärken sowie visuellen Reizen der unterschiedlichsten Art von Versuchspersonen belegen, daß die menschliche Übertragungskapazität für die einzelnen Reizmodalitäten sich zwischen 4 bis max. 15 einzulesenden Werten bewegt, welche unterschieden, verarbeitet und wieder abgerufen werden können (Miller, 1956). Dabei muß unterschieden werden zwischen der begrenzten Informationsmenge, die in bits gemessen wird und dem

Fassungsvermögen des Arbeitsspeichers, in welchen Informationseinheiten von unterschiedlicher Komplexität, die sogenannten chunks eingelesen werden können (Baddeley, 1994). Ein chunk ist „die geistige Umgestaltung der Realität, die jeder Geist (mind) für sich selbst erfindet“ (Kanigel 1981, zit. in: Zimbardo, 1995). Die bedeutungstragende Informationseinheit kann einen Buchstaben, ein Wort oder einen ganzen Satz umfassen. Für die Verarbeitung im V-Modul bedeutet das, daß den eingelesenen Relationen der Status von chunks zugeschrieben wird. Die Kapazitätsbeschränkung besteht darin, daß nur eine begrenzte Anzahl dieser Relationen gleichzeitig memoriert werden kann. Dabei ist es durchaus möglich, daß eine weitaus größere Menge an Informationen verarbeitet werden kann, wenn über diese ein entsprechendes chunking stattfindet. Das Konzept des chunking betrifft dabei gleichermaßen die Zusammenfassung von perzeptuell eingehenden Informationen sowie die komprimierte Speicherung von Wissen im Langzeitgedächtnis. Shiffrin und Nosofsky (1994) weisen auf den Einfluß von langzeitlich gespeichertem Wissen in Form von chunks auf das Arbeitsgedächtnis hin. Dieser Zusammenhang ist bei der eigenen Konzeption im Zusammenhang mit den Top-down Prozessen von Bedeutung. So beschränkt sich, wie gezeigt, die Werteeingabe ins V- Modul nicht auf die Werte einer perzeptuell gegebenen Objektmenge, die alle ex-Status haben, sondern es können Wissensstrukturtypen unterschiedlicher Stati und Komplexität miteinander verarbeitet werden (vgl. 4.1.3). Ein Beispiel für einen chunk, der dem Langzeitgedächtnis entstammt, stellt der Wissensstrukturtyp des abstrakten Prototypen dar, der sich mit Hilfe des D-Moduls herausbildet. Der Größenwert des abstrakten Prototypen kann zusammen mit einem perzeptuellen Einzelwert eine Werteeingabe für das V- Modul bilden. Auf dem Hintergrund der Kapazitätsbeschränkung und des chunking läßt sich zusammenfassend für die beiden arbeitsteilig und interaktiv operierenden Verarbeitungsmodule festhalten, daß das V- Modul der begrenzten Verarbeitungskapazität von ca. 7 chunks unterliegt, wobei das D- Modul ein Instrumentarium zur Bereitstellung solcher chunks ist. Während Miller (1956) im Hinblick auf die Kapazitätsbeschränkung noch unbeantwortet läßt, ob die Beschränkung erlernt wird oder biologisch in der menschlichen Architektur des Nervensystems begründet ist, belegen spätere experimentelle Befunde, daß sich die

Kapazitätsgrenze nicht durch Übungs- oder Lerneffekte nach oben hin verschieben läßt (Shiffrin & Nosofsky, 1994). Die Kapazitätsbeschränkung ist demnach strukturell determiniert.

Bei der Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses ist davon auszugehen, daß die einzelnen Items sequentiell entsprechend ihrer Ankunft in zeitlicher Abfolge gespeichert werden (Zimbardo & Gerrig, 1999). Wird die Kapazitätsgrenze überschritten, so gehen ältere Items zugunsten neuerer verloren. Die Kapazitätsbeschränkung besteht darin, daß es eine begrenzte Zeitdauer gibt, in welcher die Information verfügbar gehalten wird. Im Zusammenhang mit eingehender verbaler Information schlägt Anderson (1996) eine artikulatorische Schleife vor, die soviel Information halten kann, wie zu einer bestimmten Zeit memorierbar ist. Eintreffende räumlich-visuelle Information wird mit Hilfe eines räumlich-visuellen Notizblocks verfügbar gehalten. Die artikulatorische Schleife und der räumlich-visuelle Notizblock sind Hilfssysteme zur Aufrechterhaltung der Informationen im Arbeitsgedächtnis. In der Sprachproduktionskonzeption von Hermann und Grabowski (1994) werden die Hilfssysteme von der Zentralen Exekutive kontrolliert (vgl. 1.3.1). Diese Hilfssysteme entsprechen dem Fokusspeicher, der den deklarativen Teil des Arbeitsspeichers darstellt. Die Zentrale Exekutive greift auf die Inhalte dieses Speichers bei der Sprachproduktion zu. Sie entspricht dem operativen bzw. prozeduralen Teil des Arbeitsgedächtnisses (Herrmann & Grabowski, 1994).

Der Arbeitsspeicher ist in sofern aktiv, als daß er deklarative Datenstrukturen enthält, über welchen kognitive Operationen ausgeführt werden. Die ablaufenden Prozesse sind aufmerksamkeitsgesteuert, das bedeutet, die Informationen werden zur *bewußten Verarbeitung* herangezogen. Das Arbeitsgedächtnis ist somit die einzige Stufe des Erinnerns, auf der Material bewußt verarbeitet wird (Zimbardo & Gerrig, 1999). Im Rahmen psychologischer Theoriebildung kann man daher statt von Bewußtsein unter anderem von Arbeitsspeicher sprechen (Herrmann & Grabowski, 1994; Anm. 19). Der Arbeitsspeicher dient der Überarbeitung, Organisation und dem Überdenken von Informationen aus dem sensorischen oder Langzeitgedächtnis. Die Inhalte des deklarativen Arbeitsspeichers verändern sich fortlaufend. Beim Sprachproduktionsprozeß werden die für die Sprachproduktion relevanten Daten für jede Situation neu bereitgestellt.

Die Konzeption der beiden Verarbeitungsmodule als Hilffsysteme des Arbeitsgedächtnisses trägt diesem temporären Verständnis insofern Rechnung, als daß die Verarbeitungsinstrumentarien als tools konzipiert sind, deren Inhalte nach jedem Gebrauch wieder gelöscht werden, um so für eine neue Situation wieder zur Verfügung zu stehen. Die Interaktion zwischen den einzelnen Gedächtnissystemen spielt in der eigenen Konzeption eine zentrale Rolle. Ins V-Modul können Relationen aus den unterschiedlichen Gedächtnissystemen eingehen. Gemäß der Modellannahmen werden alle Relationen gleichermaßen berücksichtigt. Erst die Aufgabenstellung bewirkt eine Fokussierung und trägt zur Entscheidung bei, welche Relation im weiteren Sprachproduktionsverlauf encodiert wird. Neurophysiologische Befunde belegen Aktivationsströme vom Arbeitsgedächtnis zu den temporalen Gehirnarealen, wo wie gesehen, der Sitz des semantischen Assoziationsgedächtnisses vermutet wird. Auf diese Weise kann man sich beispielsweise die Aktivierung der entsprechenden end2-end2 Strukturen vorstellen. Im Hinblick auf die erzielten experimentellen Befunde für die einzelnen Relationen können unterschiedliche Zeitspannen angenommen werden. Dazu zählt beispielsweise der unterschiedlich angesetzte zeitliche Verfall der Informationen aus den unterschiedlichen Informationssystemen, daß beispielsweise Informationen aus den imaginalen Bereichen schneller vorliegen und auch wieder schneller deaktiviert werden als Informationen aus den abstrakt-strukturellen Bereichen (vgl. 4.2.2.2; Anm. 20). Die experimentellen Befunde zeigen weiter, daß die Aufgabenstellung eine Fokussierung auf eine der abgebildeten Relationen bewirken kann. Diese Fokussierung ist ein aufmerksamkeitsgesteuerter Prozeß, der im Arbeitsgedächtnis abläuft.

Die mit Hilfe der beiden Verarbeitungsinstrumentarien erzeugten Strukturen können selbst wieder in Form von Prozeduren abgespeichert werden. Die Speicherung vollzieht sich langsam, d.h. die Strukturen müssen häufig auftreten und eingeübt werden. Wie gesehen, wird die Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses mit dem frontalen Cortex in Verbindung gebracht. Diese Gehirnstruktur ist jedoch nicht von Geburt an vollständig ausgebildet, sondern sie entwickelt sich innerhalb der Ontogenese. Diese Tatsache wird als Voraussetzung gewertet, daß sich komplexere Strukturen überhaupt erst herausbilden können:

„Ein sich in seiner Kapazität entwickelndes System ist für das Erlernen komplexer Strukturen besser geeignet als eines, das von Anfang an die volle Kapazität aufweist.“  
(Spitzer 1996, S. 199).

Die „tools“, die als Operationen am Ablauf von Prozeduren beteiligt sind, bilden die Grundlage für den ontogenetischen Erwerb komplexerer Strukturen.

Im Sprachproduktionsprozeß bildet das Arbeitsgedächtnis zusätzlich die Voraussetzung für die Organisation der Kommunikation.

„Das Arbeitsgedächtnis der Kommunikationspartner scheint nicht nur dafür verantwortlich zu sein, wie sie die kommunizierte Information intraindividuell verarbeiten, sondern auch dafür, wie sie die gemeinsame sprachliche Interaktion organisieren“ (Rickheit & Strohner 1993, S. 143 f.)

Eine Form der Organisation der sprachlichen Interaktion stellt die partnerbezogene Konzeptualisierung von „groß“-Äußerungen dar, wenn die vom sprachproduzierenden Individuum für den Partner eingeschätzte Situationsauffassung deklarativer Wissensbestandteil des Arbeitsgedächtnisses des Sprechers ist (vgl. 4.1.3). In das Arbeitsgedächtnis gehen Informationen aus dem laufenden Diskurs ein, welche in der eigenen Modellierung mit der Statuszuweisung  $end_1$  gekennzeichnet werden. Damit wird eine interindividuelle Wissensbasis als Bestandteil des Arbeitsgedächtnisses konstruiert.

Aus den bisherigen Ausführungen ergibt sich als eine Anforderung an die Modellierung der Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses, daß die für eine bestimmte Aufgabe benötigten Informationen in ihren Aktivierungen aufrecht erhalten werden müssen, damit relativ rasche Veränderungen stattfinden können, so daß das System adäquat in einer bestimmten Situation reagieren kann. Im Zusammenhang mit der Unterscheidung zwischen Lernvorgängen, die das Langzeitgedächtnis und solchen die das Kurzzeitgedächtnis betreffen (vgl. 5.3.1.1), kommt Dorffner (1991) zu dem Schluß, daß das Lernen vom Hebb-Typus nicht geeignet ist, die Phänomene des Kurzzeitgedächtnisses nachzubilden. Er schlägt für die Modellierung des Kurzzeitgedächtnisses den Einsatz von Netzwerken mit Schleifen vor, in denen sich kurzzeitig Muster ausbreiten bzw. über einige Zeit hinweg selbst erhalten können. Das Wissen in den Schleifen hat insofern den Status von dynamischem Wissen, als daß kurzfristige Änderungen möglich sind. In diesem Punkt sind die Überlegungen zum Kurzzeitgedächtnis m.E. auf die Anforderungen der Modellierung des

Arbeitsgedächtnisses übertragbar (Anm. 21). In der in 6.4 erfolgenden Verlaufssimulation wird die Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses in Form von sogenannten situationalen Layern modelliert. Diese Schichten beinhalten für einen Konzeptualisierungsprozeß einer „groß“-Äußerung die jeweils relevanten Größeninformationen und halten deren Aktivierung für diesen Prozeß aufrecht. Die Modellierung bietet in diesem Punkt insofern die Möglichkeit für Modellerweiterungen, die derzeit noch nicht in der Modellierung realisiert sind. Hierzu zählen zum einen die Integration der Prozesse des unterschiedlichen Verfalls der Informationen aus dem sensorischen Gedächtnissystem wie sie mit den Ergebnissen der psychologischen Forschung nahegelegt werden und zum anderen die Berücksichtigung von zeitversetzt eintreffenden neuen Informationen und deren Einfluß auf die Konzeptualisierung im V-Modul.

#### **5.4 Bedeutung der Integration interdisziplinärer Forschung**

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die für diese Arbeit wesentlichen psycholinguistischen Experimente, Argumente der ontogenetischen Entwicklung und neurophysiologischen Befunde vorgestellt. Hierbei konnte gezeigt werden, inwieweit die interdisziplinären Forschungsergebnisse die wesentlichen Modellannahmen der eigenen Modellkonzeption stützen. Die Integration interdisziplinärer Forschungsergebnisse ist die Konsequenz aus der Betrachtung des sprachverarbeitenden Individuums in seiner wechselseitigen strukturellen Kopplung zu seiner Umwelt, d.h. des System-Umwelt-Komplexes.

Auf diesem Hintergrund bedeutet die Integration der sprachpsychologischen experimentellen Ergebnisse, daß anhand des sprachlichen und nicht-sprachlichen Verhaltens Rückschlüsse auf die inneren Verarbeitungsprozesse möglich sind. Dabei ermöglicht die gezielte Manipulation des Inputs die Überprüfung von Teilabläufen, wie das beispielsweise in den Experimenten von Pechmann (1994) erfolgt. Auf diese Weise lassen sich die Verarbeitungsprozesse den einzelnen Phasen des Sprachproduktionsprozesses, d.h. der Konzeptualisierung, Formulierung bzw. Artikulation zuordnen. Anhand der Ergebnisse der sprachpsychologischen

Experimente wurde aufgezeigt, welche Rolle die Größeninformation beim Wissensaufbau und Wissensabruf im Sprachproduktionsprozeß spielt. Dabei wurde deutlich gemacht, welche experimentellen Ergebnisse unter anderem Hinweise zur Stützung der in Kapitel 4 vorgestellten Modellannahmen im Hinblick auf das Auftreten des Paradoxons liefern und somit den Zusammenhang aufzeigen zwischen dem Informationsabruf aus verschiedenen Gedächtnissystemen, wie bei Paivio (1977), und dem Einfluß der absoluten Größeninformation auf die Encodierung der relativen Größeninformation, wie in den Experimenten von Schriefers (1985) zum Kongruenzeffekt. Insgesamt stellen die experimentellen Befunde Beschreibungsmodelle für das Verhalten aus dem Blickwinkel eines externen Betrachters dar und sind in diesem Verständnis der Systemposition 2 zuzuordnen.

Wird hingegen der System-Umwelt-Komplex und seine inneren Strukturbildungen und Veränderungen in das Zentrum des wissenschaftstheoretischen Interesses gestellt, so resultiert daraus zum einen die Betrachtung der ontogenetischen Entwicklung des sich in Interaktion mit seiner Umwelt befindenden System-Umwelt-Komplexes. Über diese Innensicht der sich entwickelnden Strukturen und Fähigkeiten vermitteln die ontogenetischen Befunde Erkenntnisse, die die eigenen Modellannahmen stützen. Hierzu zählt vor allem die konstruktivistisch geprägte Entwicklungstheorie von Piaget, auf deren Hintergrund die Entwicklung der Fähigkeit zur Verwendung der „tools“ sowie die Ausbildung von Wissensbesitz sich als Äquilibrationsprozeß beschreiben läßt. Für den Sprachproduktionsprozeß der „groß“-Äußerungen bedeutet die Betrachtung der ontogenetischen Entwicklung, daß Lernprozesse integrativer Bestandteil der Modellierung des Sprachproduktionsprozesses sind.

Zum anderen erfordert die Betrachtung des sich selbstregulierenden kognitiven Systems die Integration neurophysiologischer Ergebnisse, die für die eigene Modellkonzeption von Bedeutung sind, um den Verarbeitungsweg von der Wahrnehmung hin bis zum Aufbau und zur Nutzung von Wissen in den verschiedenen Gedächtnissystemen nachzuvollziehen und in der Folge abbilden zu können. Instrumentarien der Prozesse der Selbstregulation und Selbstorganisation sind die kognitiven „tools“, die diese Funktionsprinzipien widerspiegeln. Die Konzeption dieser „tools“ erfährt unter anderem Stützung durch das neurophysiologische Grundprinzip der kategorialen Wahrnehmung, wobei die Funktionsweisen der beiden

„tools“ mit der Unterscheidung von absoluter Identifikation und relativer Diskriminierung gestützt werden. Die Konzeption der „tools“ folgt ökonomischen Prinzipien, d.h. sie stehen für Funktionsweisen, die nicht an einem bestimmten Ort zu lokalisieren sind, sondern die sich auf sich wiederholende und in verschiedenen Bereichen auftretende Abläufe beziehen. Die neurophysiologischen Befunden belegen die Annahme von Verarbeitungsprozessen, die ökonomischen Prinzipien folgen. Hierzu zählen beispielsweise das Prinzip des chunkings im Zusammenhang mit der Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses, die Prinzipien der kategorialen Wahrnehmung, die gleichermaßen auf perzeptuelle und konzeptuelle Prozesse zutreffen ebenso wie die Aufrechterhaltung von Aktivierungszuständen in rekurrenten Schichten wie sie sowohl im Zusammenhang mit den Prozessen des Arbeitsgedächtnisses als auch für den Informationsfluß vom Hippocampus zu den corticalen Strukturen angenommen werden.

Eine m.E. wichtige Rolle wird in zunehmendem Maße der Integration interdisziplinärer Befunde im Hinblick auf die Modellierung und Konstruktion künstlicher intelligenter Systeme zukommen. Je besser es gelingt, neurophysiologische Erkenntnisse mit Hilfe der verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, wie Linguistik und Informatik zusammenzuführen, desto besser wird ein künstliches System mit Intelligenz abbildbar, das das Modell „Natur“ besser integrieren kann. Die Größeninformation im Sprachproduktionsprozeß bildet hierfür einen besonders interessanten Forschungsgegenstand. So kann ein Computer mit der Information, daß ein Elefant groß ist, gefüttert werden. Soll ein Computer jedoch Wissen erwerben können, dann muß dieser die Möglichkeit haben, beispielsweise mit Hilfe von „tools“ in Interaktion mit seiner Umwelt, die hierfür relevanten Informationen zu nutzen und individuelles Wissen aufzubauen.

## **6 Simulation kognitiver Prozesse für das Dimensionsadjektiv „groß“ im Sprachproduktionsprozeß**

### **6.1 Der Einsatz neuronaler Netze für Sprachproduktionsmodelle**

#### **6.1.1 Simulation und Experiment**

Zu Beginn der Arbeit wurde in Kapitel 1 auf die Vorteile des Einsatzes simulativer Methoden allgemein hingewiesen (vgl. 1.2.4). Die Begründung für die im Anschluß vorgestellte Simulation kann im wesentlichen in den folgenden drei Punkten gesehen werden.

Zum einen lassen sich die Abläufe der Konzeptualisierung nur schwer mit experimentellen Methoden erforschen. Das hier vorgestellte komplexe Modell zur Erklärung der konzeptuellen Prozesse bei der Konzeptualisierung der Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ läßt sich in seiner Gesamtheit nicht experimentell überprüfen. Ein Grund hierfür ist, daß einige der Prozeßkomponenten eng mit den Prozessen der formulativen Ebene verflochten sind und die experimentellen Bedingungen hier nur schwierig die notwendigen Trennungen zwischen den einzelnen Prozeßstufen zulassen, da bei Sprachproduktionsexperimenten der Sprachproduktionsprozeß vollständig von der Konzeptualisierung über die Formulierung hin zur Artikulation durchlaufen wird. Ein weiterer Grund liegt in der Vernetzung der Prozesse der Konzeptualisierung der Sprachproduktion, d.h. der Wissensnutzung mit den Prozessen des Wissensaufbaus wie beispielsweise den konzeptuellen Repräsentationen, die längerfristig aufgebaut worden sind. Eine Entzerrung, die für eine experimentelle Überprüfung notwendig wäre, ist demnach kaum möglich.

Die zweite Überlegung, die für die simulative Methodik spricht und eine experimentelle Überprüfung für das hier vorgestellte Modell ungeeignet erscheinen läßt, ergibt sich aus der Integration von Lernprozessen in die Modellierung des Sprachproduktionsprozesses. Zwar können Experimente für Probanden von unterschiedlichem Entwicklungsstand erfolgen, die Verflechtung von individuellem Kenntnisstand und Sprachproduktion und die dynamischen Veränderungen vermögen

sie jedoch nicht abzubilden. Mit einer Simulation, bei welcher selbst Daten erzeugt werden, können diese wiederum Eingang finden in neue simulative Prozesse und so Entwicklungsverläufe abbilden.

Der dritte Grund für die Wahl der Methodik der Simulation gegenüber einer experimentellen Überprüfung liegt in der in dieser Arbeit vertretenen wissenschaftstheoretischen Ausrichtung. Das konstruktivistische Verständnis beschreibt das Verhalten des System-Umwelt-Komplexes nicht von einer externen Betrachterposition. Eine solche externe Betrachterposition interpretiert das System-Verhalten, indem es das System unter verschiedenen experimentellen Bedingungen agieren läßt. Mit der Fokussierung auf die Innensicht des kognitiven Systems erlangen die Prozesse der zunehmend verbesserten Viabilität (vgl. 2.1) des kognitiven Systems, die selbstorganisierenden Prozesse, welche zu seiner autopoietischen Organisation (vgl. 2.1.1.1) beitragen und die fortlaufende Modifikation seiner inneren Strukturen im Sinne eines Äquilibrationsprozesses (vgl. 5.2.3) Bedeutung. Die simulative Methode stellt für die Überprüfung dieser Prozesse ein geeignetes Instrumentarium dar, wenn mit ihr eine Methodik gewählt wird, die eine Analogie zu dem konstruktivistischen Verständnis darstellt. Im folgenden werden hierzu verschiedene methodische Vorgehensweisen diskutiert.

### **6.1.2 Denkrichtungen und der Einsatz neuronaler Netze**

Ausgehend von der in Kapitel 2.3 vorgestellten Unterscheidung zur Entstehung von Wissen im Individuum ergeben sich aus den Denkrichtungen Kognitivismus, Konnektionismus und Konstruktivismus folgende methodischen Konsequenzen für den Einsatz simulativer Methoden, die in Abbildung 6.1 veranschaulicht sind.

Die drei nachfolgenden Abschnitte beschreiben jeweils eine wissenschaftstheoretische Denkrichtung mit den ihr entsprechenden simulativen Methoden.

Abbildung 6.1: Denkrichtungen und simulative Methodik

Denkrichtung	Repräsentation	Simulationsmethode	Beispiele
Kognitivismus	physikalische Symbole repräsentiert	symbolischer Formalismus <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelbasierte Systeme</li> <li>• Objektbasierte Systeme</li> <li>• Marker-Passing Systeme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LILOG-Verstehenssystem (Habel, 1988)</li> <li>• WORT (Hildebrandt u.a., 1993)</li> <li>• ABSITY, FAUSTUS, FLOBAN</li> </ul>
Konnektionismus	Subsymbole/ Symbole repräsentiert	konnektionistischer Formalismus <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spreading-Activation-Modelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schade (1992)</li> <li>Eikmeyer u.a. (1995a, 1995b)</li> <li>• Diederich (1990d)</li> <li>• Mangold-Allwinn (1993)</li> </ul>
Konstruktivismus	Subsymbole/ Symbole konstruiert	konnektionistischer Formalismus <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuronale Netze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ritter &amp; Kohonen (1989)</li> <li>• Dorffner (1991)</li> <li>• Schyns (1991)</li> </ul>

### 6.1.2.1 Kognitivistische Modellierung und semantische Netze

Unter Beibehaltung der Hypothese einer abstrakten symbolischen Ebene lassen sich für die symbolischen Simulationsmethoden regelbasierte Systeme, objektorientierte Systeme und Marker-Passing-Systeme unterscheiden (vgl. Rickheit & Strohner 1993, S. 125). Ein Beispiel für ein *regelbasiertes System* ist das LILOG-Verstehenssystem, mit welchem auf der Grundlage der semantischen Repräsentation von Texten wie beispielsweise des Texttyps der Wegbeschreibung vom System Fragen zu diesem Text beantwortet werden können (Habel, 1988; Habel & Pribbenow, 1989) oder in einer speziellen Entwicklung mit dem Repräsentationsformalismus KL-ONE die Repräsentation von Konzeptstrukturen sowie Prototypen (Eschenbach, 1988) möglich ist.

Bei den *objektorientierten Systemen* finden Prozesse durch den Austausch von Nachrichten zwischen Objekten statt; daher resultiert auch die Bezeichnung Message-Passing-Systeme (vgl. Rickheit & Strohner, 1993, S. 128). Ein Beispiel hierfür ist WORT, welches das Modell eines Textverarbeitungssystems simuliert (Hildebrandt u.a., 1993) oder das lexikalisch verteilte Text-Parsing-System (TOPIC) von Hahn (1987) für die automatischen Zusammenfassungen von Fachtexten, bei welchen ausgehend von einem Volltext Abstracts erstellt werden.

*Marker-Passing-Systeme* arbeiten mit einem nichtmodularen Aufbau mit ungerichteter, aber Beschränkungen unterliegender Aktivationsausbreitung. Beispiele hierfür sind ABSITY, FAUSTUS und FLOBAN (vgl. Rickheit & Strohner, 1993, S.129f.) sowie die Modellierung von Charniak (1983). Die Marker-Passing-Systeme können als Vorstufe der im folgenden Abschnitt vorgestellten konnektionistischen Spreading-Activation-Modelle angesehen werden. Einen kombinatorischen Ansatz aus Marker-Passing-System und konnektionistischer Modellierung stellt Hender (1989) vor. Das hybride Modell besteht aus der Marker-Passing-Komponente SCRAPS, mit welcher Problemlösungsprozesse sowie Pfadevaluationen erfolgen können. Die Ergänzung um die konnektionistische Komponente ermöglicht es, über die dynamische Aktivierung der Microfeatures der Konzepte weitere symbolische Frames zu aktivieren.

Neben der hybriden Kombination von Marker-Passing-Systemen mit konnektionistischen Modellierungen werden hybride Modelle in der Kombination aus Message-Passing-Systemen mit konnektionistischen Modellierungen als vielversprechend angesehen (vgl. Rickheit & Strohner, 1993, S. 133). Ein Beispiel dafür, daß symbolisch-simulative Methoden in zunehmendem Maße nicht in Konkurrenz zu anderen simulativen Methoden stehen, sondern als einander ergänzend in Form von Hybriden-Modellen aufgefaßt werden und für die Lösung praktischer Probleme eingesetzt werden können, ist der Wissensrepräsentationsformalismus ERNEST (Hildebrandt u.a., 1995). ERNEST ist ein semantischer Netzwerkformalismus, der Bestandteil einer integrativen Architektur ist, zu welcher als weitere Komponente für die Bildverarbeitung die Interpretation von Sensordaten mit Hilfe der simulativen Methode neuronaler Netze hinzukommt.

Insgesamt stellen die Simulationen im symbolischen Paradigma Abläufe des Informationsabrufs und Verstehensprozesse auf der Grundlage einer symbolischen Wissensrepräsentationsbasis dar und sie liefern Erklärungen für Inferenzprozesse.

### **6.1.2.2 Konnektionistische Modellierung und Spreading-Activation-Netze**

Im Unterschied zu den im vorangegangenen Abschnitt genannten symbolischen Simulationen streben die konnektionistischen Modelle eine stärkere Nähe zum biologischen Vorbild des menschlichen Gehirns an. Die Analogie bezieht sich sowohl auf strukturelle Entsprechungen in Form der Architektur sowie auf dynamische Entsprechungen im Hinblick auf die Verarbeitungsprozesse. Zu den Anforderungen für eine kognitive symbolische Architektur zählen die symbolischen Repräsentationen, auf deren Grundlage die notwendigen Rechenoperationen ausgeführt werden (Newell, u.a., 1989). Im Gegensatz dazu werden die Vorzüge konnektionistischer Modelle darin gesehen, daß einerseits nicht-symbolische Information verarbeitet wird und daß andererseits als Folge der 100-Schritte Beschränkung massive Parallelverarbeitung realisiert wird. Außerdem werden biologisch plausible Speicherzugriffe wie beispielsweise das assoziative Gedächtnis realisiert (Stoffer, 1990). Die Modelle sind aufgrund der hohen Redundanz robust gegen Schäden, d.h. aus einem partiellen

Ausfall der Netzwerkstruktur resultiert kein vollkommener Zusammenbruch der Leistung, sondern nur eine graduelle Verschlechterung, was als „graceful degeneration“ bezeichnet wird (vgl. McClelland u.a., 1986, S. 29). Ein weiteres Merkmal der konnektionistischen Modelle ist ihre Anpassungsfähigkeit, d.h. die Systeme können in bestimmten Umgebungen lernen, wozu wahrnehmungsnahe Aufgaben besonders gut geeignet sind (vgl. Waloszek, 1996, S. 262f.). Die unterschiedlichen Modelle, die unter den Begriff Konnektionismus fallen, realisieren diese Merkmale in unterschiedlichem Maße.

Die frühen Modelle, die den Übergang von den Marker-Passing-Systemen zu den konnektionistischen Modellen vollziehen (Hendler, 1989), realisieren vor allem das Merkmal der Parallelverarbeitung. Das Merkmal der *Parallelverarbeitung* ist eine Notwendigkeit, die aus der menschlichen Informationsverarbeitung resultiert, welche im Vergleich zur maschinellen Verarbeitung mit Hilfe des Computers sehr langsam abläuft. Um dennoch die von der menschlichen Informationsverarbeitung hervorgebrachten Leistungen vollbringen zu können, müssen die Verarbeitungsprozesse, die in ca. 100 Prozeßschritten erfolgen (Feldman & Ballard, 1982; Diederich, 1988a), massiv parallel verlaufen (Waltz & Pollack, 1985).

In dem hier dargestellten Überblick erfolgt eine Unterscheidung der konnektionistischen Modelle, zum einen in die Spreading-Activation-Modelle, die m.E. eine Zwischenstellung beziehen zwischen den symbolischen Modellen und den subsymbolischen Modellen und zum anderen in die neuronalen Netze, auf die im folgenden Abschnitt eingegangen wird. Diese Einordnung deckt sich mit der in Kapitel 2 vorgenommenen Auftrennung des konnektionistischen Verständnisses, wonach die einzelnen Ansätze, je nachdem ob ein symbolisches oder radikal subsymbolisches Verständnis zugrunde gelegt wird, eher einer kognitivistisch-konnektionistischen oder aber der konstruktivistisch-konnektionistischen Position zugeordnet werden können.

Auf der Grundlage dieser Unterscheidung sind die objektorientierten Programmierungen konnektionistischer Modellierungen von Spreading-Activation-Prozessen der kognitivistisch-konnektionistischen Position zuzuordnen. Mit Hilfe der objektorientierten Programmiersprache PROLOG erfolgen Implementierungen der von Barwise und Perry (1987, S.299ff.) vorgestellten formalen Sprache in der Version

der „Determiner-Free-Aliass“ (Braun u.a., 1987; Polzin & Rieser, 1991). Basierend auf der Weiterentwicklung CheOPS (Eikmeyer, 1987) stellen Polzin und Eikmeyer (1990) die Netzwerksrepräsentationssprache BiKonnex vor. BiKonnex besteht aus einer deklarativen und einer prozeduralen Komponente. Im deklarativen Teil erfolgt die Spezifikation der Netzwerktopologie und mit der prozeduralen Komponente lassen sich Aktivationsausbreitungsprozesse sowie Lernprozesse simulieren. Ebenfalls in CheOPS programmiert sind die Simulationen zu dem von Schade vorgestellten Modell für die Modellierung von Sprachproduktionsprozessen und Versprechern (Schade, 1990, 1992). Das von Schade vorgestellte Modell besteht aus drei Teilnetzen: einem Teilnetz für die Modellierung von Lexikon und Phonologie, einem Semantik- und einem Syntaxnetzwerk. Das Teilnetz für Lexikon und Phonologie wird auch als Normnetzwerk bezeichnet und besteht aus der Wortebene, der Silbenebene, der Ebene für Silbenbestandteile, der Lautebene und der Ebene für phonologische Merkmale. Die Knoten der einzelnen Ebenen repräsentieren die entsprechenden linguistischen Einheiten. Das Semantiknetzwerk orientiert sich an der Situationssemantik von Barwise und Perry (1987). Es werden zwei Semantikebenen unterschieden, wobei die Knoten der einen Ebene Uniformitäten wie „Jon“, „besuchen“ und die der anderen Situationen wie „Jon besucht John“ repräsentieren. Zusätzlich gibt es Knoten für semantische Rollen wie „Agens“ oder „Patiens“ und Verbindungsknoten zu den semantischen Rollen. Das Syntaxnetzwerk besteht aus Kontrollknotenketten, die über Verbindungsknoten mit dem Normnetzwerk bzw. den Knoten des semantischen Netzes verbunden sind.

Das von Eikmeyer u.a. (1995a) vorgestellte konnektionistische Modell für die Produktion von Objektbenennungen stellt eine Simulation der experimentell erzielten Ergebnisse zur Produktion von Minimal-, Unter- oder Überspezifikationen dar (vgl. 5.1.2.1). Außerdem lassen sich Versprecher und Reparaturen modellieren. Das Modell besteht aus den interagierenden Modellkomponenten Objektraum, Merkmalraum mit Ziel- und Kontextrraum, Lexemraum und Kontrollraum. Im Ziel- und Kontextrraum repräsentieren die Knoten dieses Teilnetzes die für die Benennung relevanten Merkmale wie Farben, relative Größen, Objektformen und Objektklassen, also z.B. „blau“, „klein“ und „groß“. Im Lexemraum stehen Knoten für Wörter und deren linguistisch bedeutsame Teile wie etwa Phoneme. Beispiele für Knoten im Lexemraum

sind „die“, „rot“ oder „/r/“. Beim Kontrollraum handelt es sich um ein Teilnetz aus miteinander verbundenen sogenannten Kontrollknotenketten wie beispielsweise „DET\_ADJ\_N“.

Ein weiteres Beispiel für eine konnektionistische Spreading-activation-Architektur ist die Modellierung des semantischen Desambiguierungsprozesses mehrdeutiger Wörter von Cortrell (1989). Das hierfür vorgeschlagene Modell besteht aus drei Ebenen und setzt sich aus vier Komponenten zusammen. Die unterste Ebene ist die Inputebene und stellt die lexikalische Ebene dar. Jede Unit entspricht hier einem lexikalisch realisierten Wort. Von dort aus werden auf der nächsthöheren Ebene die verschiedenen Wortbedeutungen aktiviert. Ausgehend von dieser Ebene erfolgt die Aktivierung der Ebene der semantischen Rollen, d.h. der Case-Ebene sowie der syntaktischen Ebene. Diese Informationen tragen zur Competition und in der Folge zur Entscheidung zugunsten einer von mehreren möglichen Wortbedeutungen bei.

Die von Diederich (1986) vorgestellten Simulationen sind m.E. ein gutes Beispiel dafür, wie sich der Übergang von den statischen, diskreten, symbolisch geprägten semantischen Netzwerken hin zu dynamischen, analogen, konnektionistischen Modellen vollzieht. Mithilfe des Programm-Pakets SPREAD, einem LISP-Derivat, werden die Aktivierungsausbreitungsprozesse in semantischen Netzwerken wie KL-ONE und in propositionalen Netzwerken simuliert. In den weiteren Publikationen werden in den Modellierungen und Simulationen zunehmend die Anforderungen des konnektionistischen Paradigmas realisiert. Hierzu zählt insbesondere die *Integration von Lernprozessen* (Diederich, 1988b, 1989, 1990c). Im Zusammenhang mit den Lernprozessen schlägt Diederich eine Modellierung vor, die sich von der Modellierung der Lernprozesse in konstruktivistisch-konnektionistischen Netzwerken unterscheidet. Beim Lernen in den letztgenannten Netzwerken handelt es sich um ähnlichkeitsbasiertes Lernen, wozu beispielsweise der Backpropagation-Algorithmus zählt. Das lernende System lernt hierbei Verallgemeinerungen auf der Grundlage einer großen Anzahl von Trainingsbeispielen. Das von Diederich vorgestellte Lernverfahren, das sogenannte Recruitment-Lernverfahren, ist hingegen ein mittels Instruktion erfolgreiches Lernen und zählt daher zu den höher geordneten Lernverfahren. Mit ihm wird es dem System ermöglicht, rasch und anhand eines einzigen Beispiels zu lernen. Das Lernverfahren vollzieht sich, indem einige

ursprünglich in Bezug auf Repräsentation und Funktion unspezifizierte, d.h. freie Units zu sogenannten „committed units“ umgewandelt werden:

„Recruitment learning is the strengthening of the connections between a group of committed units and one or more free units. This results in a transformation of free units into committed units.“ (Diederich, 1989, S. 164)

Die neu hinzugekommenen Units werden in das bestehende Netzwerk aus generischen Konzepten, Attributen und deren Werten integriert. Die von Diederich (1988b, 1989) vorgestellte konnektionistische Architektur stellt ein strukturiertes semantisches konnektionistisches Netzwerk dar. Die Strukturiertheit wird mittels einer modularen Architektur realisiert. Es existieren Module für einen Konzeptraum, einen Attributraum und einen Raum, in welchem die Ausprägungen der Attribute repräsentiert sind (Anm. 1). Die Wissensbasis des semantischen konnektionistischen Netzwerks wird mit Hilfe der Konzept/Attribut/Wert-Tripel aufgebaut:

„The central idea is to use binder units to connect concepts and instances with attributes and values, and to make these structures accessible for retrieval and question-answering.“ (Diederich, 1988b, S. 5)

Zur Strukturiertheit trägt die Definition weiterer Räume wie beispielsweise des „binder space“ mit entsprechenden Units bei, die Träger bestimmter Funktionen sind. Nach Diederich ist die Strukturiertheit ein wesentliches Kriterium konnektionistischer Netzwerkmodelle, die er als Synthese aus Künstlicher Intelligenz (KI) und Neuronalen Netzen beschreibt (Diederich, 1988a). Die Strukturiertheit ist seiner Ansicht nach die Voraussetzung dafür, daß das Systemverhalten nachvollziehbar bleibt, d.h. daß in Netzwerkarchitekturen Erklärungen für die ablaufenden Prozesse des Systems möglich sind (Diederich, 1990a). Diese Aufgabe kann nach Ansicht von Diederich eine neuronale Netzwerkarchitektur nicht erfüllen. Als Gründe führt er u.a. an, daß im Zusammenhang mit dem Lernverfahren das Netz als Ganzes von den Modifikationen eines Lernalgorithmus, so z.B. des Backpropagation, betroffen ist und somit gezielt lokales Lernen nicht abbildbar ist. Zum anderen verhindern die Multilayerperzeptrone aufgrund der zwischengeschalteten Hidden-Schicht die Transparenz der ablaufenden Prozesse im Netzwerk.

Zu den realisierten Anforderungen der hier vorgestellten konnektionistischen Spreading-Activation-Modelle zählen die zugrundeliegenden Prinzipien der Aktivationsausbreitung, der lateralen Inhibition, der unterschiedlichen

Aktivationsniveaus und des parallelen Verarbeitungsverlaufs, die bereits bei Waltz & Pollack (1985) beschrieben werden. Gleichzeitig sind m.E. weitere Anforderungen an konnektionistische Modelle in den vorgestellten Modellierungen nicht realisiert. Hierzu zählen u.a. die Anbindung des Systems an seine Umwelt, die Integration von Lernprozessen sowie der wirkliche Regreß auf subsymbolische, d.h. nicht bedeutungstragende Microfeatures.

Mit der Entstehung der ersten konnektionistischen Modelle wurden auch Kritiken laut. Diese Kritiken beziehen sich zum einen generell auf die Wahl des subsymbolischen Paradigmas (Fodor & Pylyshyn, 1988; Pylyshyn, 1989) und zum anderen auf spezielle Realisierungsfragen wie die Grenzen der konnektionistischen Modellierungen, mit denen insbesondere die höheren kognitiven Leistungen den Kritikern zufolge nicht abbildbar sind (vgl. 2.3.1).

Auf der Grundlage der beiden Prämissen, daß zum ersten nicht alle konnektionistischen Anforderungen realisiert sind und zum zweiten, daß kognitive Phänomene bei nur partieller Realisierung der konnektionistischen Anforderungen nicht vollständig erklärt werden können, wird hier die folgende These aufgestellt, daß wenn die konnektionistischen Anforderungen vollständig realisiert sind und eine konstruktivistisch-konnektionistische Grundposition bezogen wird, sich alle kognitiven Phänomene konnektionistisch modellieren lassen. Diese These wird anhand der nachfolgenden Argumente gestützt.

Die Argumentation für die Wahl der konstruktivistisch-konnektionistischen Grundposition erfolgte in Kapitel 2 und kann mit Hilfe der in Kapitel 2.6 erfolgten Zusammenfassung argumentativ nachvollzogen werden. Die Analyseebene, die dem Verständnis der Systemposition 1 entspricht, ist in der Terminologie von Marr (1982) die algorithmische Ebene, d.h. die der computationalen Ebene zugrundeliegende Ebene (vgl. 1.2.4). Die algorithmische Ebene ist die Ebene, auf der die Prozesse der sprachlichen Performanz abbildbar sind (Rumelhart & McClelland, 1986c).

Zu den Gründen, daß die bisher vorgestellten Modelle dem kognitivistisch-konnektionistischen Verständnis zugeordnet werden, zählt zum einen die Repräsentationsannahme von symbolischer Information in den Netzwerkknoten. Eine in den bisherigen Modellen nicht realisierte Anforderung verlangt den *Regreß auf subsymbolische nicht-bedeutungstragende Elemente* (Stoffer, 1991). Es lassen sich

anhand der bisher vorgestellten Modelle folgende Knotenbelegungen mit symbolischen Informationen unterscheiden. Zum einen werden in den Knoten der hier vorgestellten Modelle vollständige konzeptuelle Informationen transportiert. Diese Knoten können für konzeptuelle Einheiten jeglicher Komplexität wie Konzeptbestandteile, Konzepte oder Propositionen stehen. Ein Beispiel hierfür aus den vorgestellten Modellen ist die Codierung von Merkmalen im Ziel- oder Kontextraum bei der Modellierung von Eikmeyer u.a. (1995a, 1995b) oder die Knotenbelegungen im Modell von Schade (1992), welche im Semantiknetzwerk für ganze Situationen stehen. Die radikal subsymbolische Annahme hierzu wäre eine Knotenbelegung, die für die einzelnen Knoten keine Interpretation mehr ermöglichen würde. Noch extremer wird dem symbolischen Paradigma in der Knotenbelegung entsprochen, wenn in den Knoten der konnektionistischen Architekturen linguistisches Wissen repräsentiert wird. Dieses Wissen hat den Status von übergeordnetem Meta-Wissen bezüglich prozessuraler Abläufe, wenn beispielsweise die Produktionsergebnisse, d.h. die hervorgebrachten sprachlichen Strukturen selbst wieder in Form grammatischer Strukturen repräsentiert werden. Solches Wissen erfährt im Modell von Schade (1992) beispielsweise eine Codierung in Form von Kontrollknotenketten. Die subsymbolische Alternative bestände darin, auch diese symbolischen Komponenten mit Hilfe einer konnektionistischen subsymbolischen Modellierung zu erzeugen.

Anhand der vorgestellten Modelle zeigt sich, daß trotz des unterschiedlichen Einsatzes der Knoten, in den überwiegenden Fällen symbolische Information transportiert wird. Die einzelnen Knotenbelegungen können für sich gesehen interpretiert werden. Es ist somit nicht der Fall, daß erst die Gesamtheit einer größeren Anzahl von Knoten eine Interpretation des Systemzustandes ermöglicht. Die vermeintlichen Vorteile der lokalen Repräsentationsannahme beschreiben Hinton u.a.(1986) folgendermaßen:

„Given a network of simple computing elements and some entities to be represented, the most straightforward scheme is to use one computing element for each entity. It is easy to understand and easy to implement because the structure of the physical network mirrors the structure of the knowledge it contains. The naturalness and simplicity of this relationship between the knowledge and the hardware that implements it have led many people to simply

assume that local representation is the best way to use parallel hardware.“ (Hinton u.a., 1986, S. 77)

Die subsymbolische Alternative der verteilten, *distribuierten Repräsentationsannahme* hingegen ermöglicht keine separate Interpretation der Netzwerkknotenbelegungen. Das ist gemäß der Systemposition 1 jedoch auch nicht notwendig, denn das System bringt in Interaktion mit seiner Umwelt und als Folge seiner inneren Zustände eigenständig Verhalten hervor, das nicht von einem externen Designer kontrolliert werden muß. Einer Kontrolle entspräche m.E. die Transparenz der Knotenbelegung in Form einer lokalen Repräsentationsannahme. Für einen externen Designer können die Vorteile eines händisch erstellten lokalen Modells scheinbar in den folgenden beiden Punkten gesehen werden:

„First, it is easier to think one understands the behavior of a network if one has put all the ‘knowledge’- all the connections-oneself. Second, it seems intuitively obvious that it is harder to attach an arbitrary name to a distributed pattern than it is to attach to a single unit.“

(Hinton u.a., 1986, S. 85)

Hingegen stellt die Annahme von der distribuierten Repräsentation insofern eine Übereinstimmung mit der Systemposition 1 dar, weil mit ihr dem konstruktivistischen Verständnis entsprochen wird, wonach das System seine inneren Zustände selbst konstruiert. Mit Hilfe der distribuierten Repräsentationen ist das System in der Lage auf der Grundlage neuer Situationen, denen es sich ausgesetzt sieht, automatisch zu generalisieren und auf eine sich verändernde Umwelt mit wechselndem Verhalten zu reagieren (vgl. Hinton, u.a., 1986, S. 78). Die Fähigkeiten zur Generalisierung und Adaptivität des Systems auf der Grundlage distribuiertes Repräsentationen bedeuten für die Lernprozesse des kognitiven Systems, daß diese untrennbar verbunden sind mit dem Hervorbringen von Verhalten des kognitiven Systems. Indem das kognitive System handelt, oder wie in dem eigenen vorgestellten Modell Sprache produziert, verändert es seine inneren Strukturen, d.h. es lernt. Entsprechend stellen McClelland u.a.(1986) für die Parallel-Distributed-Processing-Modelle (PDP) fest:

„...models of this class provide a basis for understanding how learning can occur spontaneously, as a by-product of processing activity.“ (McClelland u.a., 1986, S. 4)

In den Modellen, die dem kognitivistisch-konnektionistischen Verständnis zuzuordnen sind, bleiben Lernprozesse entweder vollständig ausgeklammert oder sie werden von einem externen Designer gesteuert. Das bedeutet, daß von vorne herein der Zeitpunkt

des Lernens feststeht sowie was gelernt werden soll und wie es die bereits bestehenden Strukturen beeinflussen soll. Das Lernen neuer Konzepte in lokalen Modellen, wie es beispielsweise in den Modellierungen des Recruitment-Lernens bei Diederich (1988b, 1989) erfolgt, halten Hinton u.a. (1986) für unplausibel:

„A scheme that uses local representations must first make a discrete decision about *when* to form a new concept, and then it must find a spare hardware unit that has suitable connections for implementing the concept involved. Finding such a unit may be difficult if we assume that, after a period of early development, new knowledge is incorporated by changing the strengths of the existing connections rather than by growing new ones.“  
(Hinton, u.a., 1986, S. 86, Hervorhebung der Autoren)

Die subsymbolische Alternative im konstruktivistisch-konnektionistischen Verständnis der Systemposition 1 ermöglicht ungesteuerte Lernprozesse in dem Sinne, als daß sich im System Veränderungen herausbilden, die eigenen Gesetzmäßigkeiten folgen. Solche Prozesse lassen sich mit Hilfe der sogenannten *unüberwachten Lernverfahren* am optimalsten modellieren. Die Lernprozesse sind stets individuell, d.h. sie vollziehen sich in Abhängigkeit von individuellem Umweltbezug und der bereits individuell herausgebildeten Strukturen. Mit der Modellierung von Lernprozessen in lokalen Modellen sind solche dynamischen Prozesse nicht abbildbar. Bei den Lernprozessen auf der Grundlage von distribuierten Repräsentationen sind stets weite Teile der Netzwerkarchitektur involviert. Die Netzwerkarchitektur adaptiert ihre Verbindungen so, daß sowohl bereits gelerntes Wissen als auch neu hinzukommende Informationen optimal abgebildet werden können. Außerdem können in den Verbindungen generalisierte Repräsentationen wie prototypisches Wissen und Exemplarwissen gleichzeitig gelernt und repräsentiert werden (McClelland & Rumelhart, 1986a). Im Zuge der Lernprozesse kann es vorkommen, daß es zu vorübergehenden Verschlechterungen oder zu einem plötzlichen Anstieg der Lernleistung des Netzes kommt. Ein Beispiel für einen plötzlichen Lernerfolg ist die Simulation des sogenannten „vocabulary spurt“ eines Netzes bei der Erlernung von Wortbedeutungen (Plunkett u.a., 1992; Dorffner, 1996). Diese Erscheinung in der ontogenetischen Entwicklung bezieht sich auf den unkontinuierlichen Lernverlauf, bei welchem es sich bei dem Erlernen der Zuordnung von Konzepten zu Wörtern zu Beginn um einen langsamen Prozeß handelt, an den sich dann ein plötzlicher schneller Zuwachs der Lernleistung anschließt, d.h. es können auf einmal viele Konzept-Wort-Zuordnungen

korrekt gebildet werden. Solche Nebeneffekte der Lernprozesse in konstruktivistisch-konnektionistischen Netzen stellen interessante Eigenschaften von Lernprozessen heraus, wie sie sich auch in natürlich lernenden Systemen nachweisen lassen. Auf diese Weise haben die Modelle mit distribuiertem Repräsentation den Vorzug, „some powerful and unexpected emergent properties“ (vgl. Hinton u.a., 1986, S. 78) hervorzubringen.

In den kognitivistisch-konnektionistischen Modellen lassen sich Repräsentationen wie Schemata, Propositionen und Konzepte abbilden. Häufig erfolgt die Repräsentation dieses Wissens in Form von semantischen Hierarchien, denen überindividuelle Geltung zukommt und externe Beschreibungen der Wissensorganisation darstellen, d.h. es existiert ein externer Designer, der festlegt, wie das repräsentationale Gefüge aussehen soll. Der Annahme von Schemata kommt im kognitivistischen Verständnis eine zentrale Rolle bei der Erklärung von kognitiven Leistungen wie der Interpretation von Inputdaten, der Steuerung von Handlungssequenzen sowie der Speicherung von Wissen im Gedächtnis zu (vgl. Rumelhart u.a., 1986, S. 7). Zwischen den umfassenderen repräsentationalen Einheiten und den kleineren Einheiten wie den Konzepten und deren Bestandteile bestehen Inklusionsbeziehungen. Die subsymbolische Alternative stellt diesem Verständnis der Schemata das *Prinzip der Emergenz* (vgl. 2.3.1) gegenüber. Auf der Grundlage der distribuierten Repräsentationen bilden sich Zustände aus, die von einem externen Betrachter als Schemata, Propositionen oder Konzepte interpretiert werden können. Über diese Repräsentationen und die hierarchische Organisation des Gesamtgefüges stellen Waltz und Pollack (1985) fest:

„...hierarchies arise naturally, based on shared microfeatures, but are not the fundamental basis for organizing in a semantic network, as in most AI models.“ (Waltz & Pollack, 1985, S.66)

In der alternativen Sichtweise sind die Schemata nicht als feststehende Gebilde im Gedächtnis gespeichert, sondern sie werden in der jeweiligen Situation als Instanziierung eines Schemas generiert und stellen somit einen aktiven Prozeß dar:

„...schemata emerge at the moment they are needed from the interaction of a large number of much simpler elements all working in concert with one another.“ (Rumelhart u.a., 1986c, S.20)

Realisiert wird die Vorstellung der Emergenz von Schemata in einem Constraint-satisfaction-Netzwerk, das einen Ruhezustand zu erlangen sucht. Die stabilen Zustände entsprechen den instanziierten Konfigurationen von Schemata, welche Goodness-of-fit-Maxima darstellen in einer Landschaft, die einen n-dimensionalen Raum über die Microfeatures bildet (Rumelhart u.a., 1986c). In der Harmony-Theory von Smolensky (1986a, 1986b, 1988) sind Schemata kohärente Zusammenschlüsse von aktivierten Wissensatomen, deren Aktivierungszustand bei der Bildung von Inferenzen abgeglichen wird mit der jeweils tatsächlich vorliegenden aktuellen Aktivierung in den Wissensatomen. Das sich bildende Schemata stellt den Zustand größtmöglicher Übereinstimmung dar, d.h. es ist „maximally self-consistent“ (vgl. Smolensky, 1986a, S. 208), was zur Folge hat, daß der Harmony-Wert maximal ist. Eine Annahme des subsymbolischen Paradigmas ist es, daß *sämtliches regelhaftes Verhalten vom kognitiven System selbst hervorgebracht wird*, ohne daß dabei regelgeleitetes Verhalten unterstellt werden muß.

„We suggest that lawful behavior and judgements may be produced by a mechanism in which there is no explicit representation of the rule. Instead, we suggest that the mechanisms that process language and make judgments of grammaticality are constructed in such a way that their performance is characterizable by rules, but that the rules themselves are not written in explicit form anywhere in the mechanism.“ (Rumelhart & McClelland, 1986a, S.217)

Ein Beispiel hierfür ist die Abbildung des Erlernens der regelmäßigen und unregelmäßigen Vergangenheitsformen des Englischen in einem konnektionistischen Netzwerk (Rumelhart & McClelland, 1986a). In diesem Fall lernt das Netzwerk die Herausbildung der Regel für das, was in der Linguistik mit der korrekten Verwendung der Vergangenheitsform regelmäßiger englischer Verben bezeichnet wird ebenso wie die Ausnahmen von dieser Regel. Dabei wird zu keinem Zeitpunkt die Regel explizit dem System präsentiert. Vielmehr lernt das System aufgrund von Beispielfällen, selbst die Regel herauszubilden, d.h. das System lernt, die korrekten Vergangenheitsformen zu bilden. Gleichzeitig zeigt das Netzwerk denselben Lernverlauf, wie er für Kinder beim Erlernen der Vergangenheitsformen nachgewiesen wurde. Dieser Erlernensprozeß umfaßt drei Phasen. In der ersten Phase können wenige Beispiele von regelmäßigen und unregelmäßigen Verbformen korrekt gebildet werden. In der zweiten Phase kommt es zur Herausbildung der Regel und in diesem Zuge zu

Übergeneralisierungen, d.h. zur Ausdehnung der Regelanwendung auf Ausnahmefälle. In der dritten Phase können schließlich sowohl regelhafte Verbformen als auch Ausnahmefälle korrekt gebildet werden und es findet eine Ausweitung des erworbenen Wissens hin auf neue, noch unbekannte Fälle statt. Das Beispiel unterstreicht die Notwendigkeit der Integration von ontogenetischen Prozessen für prozessurale Modelle: Ein und derselbe Input, beispielsweise eine bestimmte Verbgrundform, kann in Abhängigkeit von dem jeweiligen Entwicklungsstand in einem Fall korrekt und zu einem anderen Zeitpunkt des Entwicklungsstandes mit einer falschen Vergangenheitsform assoziiert werden.

Die konstruktivistisch-konnektionistische Sichtweise geht davon aus, daß sich die Prozesse der Emergenz auch auf höhere kognitive Leistungen hin ausweiten lassen. So stellen McClelland und Kawamoto (1986) eine Simulation für die Prozesse der Satzrezeption vor, bei der ein Netzwerk lernt, den Konstituenten eines Satzes die entsprechenden thematischen Rollen zuzuordnen. Beispiele weiterer Modelle, mit welchen die Satzverarbeitung subsymbolisch simuliert wird, sind die sogenannten Elman- und Jordan-Netzwerke, die die Verarbeitung zeitlicher Sequenzen, wie sie für die Sprachverarbeitung komplexerer Strukturen notwendig sind, ermöglichen (Dorffner, 1991; Diederich, 1990b).

Die Prozesse der Emergenz sind auf der Grundlage der Interaktion des kognitiven Systems mit seiner Umwelt zu beschreiben. Hierfür ist es erforderlich, daß die subsymbolischen Repräsentationen nicht händisch von einem externen Designer gesetzt werden, sondern daß es sich ausschließlich um erworbene Zustände des Systems handelt. Diese inneren Zustände emergieren aus der *Anbindung des kognitiven Systems an seine Umwelt*. Das bedeutet, daß die Microfeatures nicht wie in den bisherigen Modellen kleinere, selbst wieder bedeutungstragende Elemente sind, sondern daß sie sich aus den perzeptuell eingehenden Informationen herausbilden. Für die Microfeatures bedeutet das, daß für sie kleinere Bestandteile von noch feinerer Granulierung (vgl. Waltz & Pollack, 1985, S.71) angenommen werden müssen. Über diese Microfeatures stellen Waltz und Pollack (1985) fest:

„Microfeatures are intended to be part of a module that can be driven by perception, language input and memory.“ (Waltz & Pollack, 1985, S.65)

In diesem Verständnis sind die Microfeatures an die drei Verarbeitungskomponenten des längerfristigen Wissens, der Wissenskomponente für Wissen, das in einer

bestimmten Diskurssituation relevant ist sowie die Wissenskomponente für sensorisches Wissen angebunden (vgl. 4.2.1).

Auch Hendler (1988) plädiert für die Integration der Modellierung der perzeptuellen Verarbeitung. Die Anbindung dieser Verarbeitungsprozesse an die symbolischen Verarbeitungsprozesse vollzieht sich seiner Ansicht nach mittels des Netzwerkes der subsymbolischen Microfeatures:

„...a carefully structured set of ‘microfeatures’..., may be able to link visual processing to symbolic inference about the images seen.“ (Hendler, 1988, S.102)

Hendler schlägt in diesem Zusammenhang ein Modell vor, das aus einem distribuierten Netzwerk besteht, welches Klassifikationen der perzeptuellen Informationen erzielt wie beispielsweise mit dem Backpropagation-Lernalgorithmus.

„The hidden unit layer develops a distributed internal representation in which the microfeatures serve to correlate the encodings to the objects. Once a training is completed, the links between the hidden and output units contain a weight space that can be used in a manner similar to that used in the structured network described previously.“ (Hendler, 1988, S. 104)

Das Netzwerk der Microfeatures wird somit nicht mehr von einem externen Designer erstellt, sondern die Gewichtsmatrix der Microfeatures ist das Resultat von Lernprozessen in einem distribuierten Netzwerk. Das Wissen über die Microfeatures steckt in den Verbindungen und stellt somit implizites Wissen dar.

„...almost all knowledge is *implicit* in the structure of the device that carries out the task rather than *explicit* in the states of the units themselves. Knowledge is not directly accessible to interpretation by some separate processor, but it is built into the processor itself and directly determines the course of processing.“ (Rumelhart u.a., 1986a, S.75f., Hervorhebungen der Autoren)

Die Prozesse der Emergenz von inneren Zuständen sind im konstruktivistisch-konnektionistischen Verständnis als *Prozesse der Selbststeuerung* des kognitiven Systems zu beschreiben. Die Frage nach der Strukturiertheit, die wie oben gesehen, für die kognitivistisch-konnektionistischen Modelle als wichtig erachtet wird, läßt sich im konstruktivistisch-konnektionistischen Verständnis so beantworten, daß das kognitive System als Folge der selbstregulierenden Prozesse innere Zustände herausbildet, die ökonomischen Prinzipien folgen und so optimale Adaptions- und Akkomodationsprozesse darstellen. Die Frage nach der Optimalität der Strukturiertheit für Erklärungsprozesse eines externen Betrachters weicht somit der

Frage nach der Optimalität der Struktur für das kognitive System. In dem hier vorgestellten eigenen Modell folgen die „tools“ ökonomischen Prinzipien und tragen so zur Strukturbildung der inneren Zustände des kognitiven Systems bei (vgl. 4.1.2.2). Für eine abschließende Bewertung der konnektionistischen Spreading-Activation-Architekturen bleibt festzuhalten, daß ihr Einsatz überwiegend für die Modellierung von Sprachrezeptionsprozessen auf der Grundlage eines bereits gelernten fixen Wortbedeutungsinventars erfolgt. Die Strukturiertheit der Netzwerkarchitekturen ermöglicht es, die Verstehensprozesse auf den verschiedenen Ebenen transparent zu halten, m.E. allerdings mit der Gefahr, daß klassisches linguistisches Wissen in einer zu direkten Übertragung in die unterschiedlichen Ebenen eingespeist wird und fälschlicherweise dem Rezipienten als sprachliches Wissen und Können implantiert wird.

### **6.1.2.3 Konstruktivistische Modellierung und Neuronale Netze**

Die im folgenden vorgestellten Modelle realisieren die im vorangegangenen Abschnitt aufgeführten Anforderungen an subsymbolische Modellierungen in weitaus größerem Maße als es die konnektionistischen Spreading-Activation-Modelle tun. Zunächst wird ein Modell vorgestellt, welches den Aufbau von längerfristigem Wissen als selbstorganisierenden Prozeß beschreibt. Im Anschluß daran erfolgt die Darstellung einer Modellierung, bei welcher die Emergenz der inneren Zustände des kognitiven Systems in Abhängigkeit von den situationalen Faktoren simuliert wird. Abschließend werden einige Modelle vorgestellt, die das hervorgebrachte Systemverhalten in Zusammenhang mit den ontogenetischen Prozessen beschreiben. Bei der Auswahl der Modelle handelt es sich um diejenigen Modelle, die wesentlichen Einfluß auf die Überlegungen und Konzipierung des eigenen Modells und der in den nächsten Abschnitten vorgestellten Simulationen haben.

Die von Ritter und Kohonen (1989) vorgestellten Simulationen belegen, daß der Selbstorganisationsprozeß in der Lage ist, über einer neuronalen Netzwerkarchitektur topologische Karten zu erzeugen, die semantische Beziehungen zwischen symbolischen Daten wie beispielsweise Objektbegriffen widerspiegeln.

„...a self-organizing process is indeed able to create over a neural network topologically or geometrically organized maps that display semantic relations between symbolic data.“  
(Ritter & Kohonen, 1989, S.241)

Die resultierende Repräsentation wird als selbstorganisierende semantische Karte bezeichnet. In der von den Autoren vorgestellten Simulation erfolgt die Ausbildung einer semantischen Karte auf der Grundlage der Merkmalseigenschaften von verschiedenen Tieren. Der Lernvorgang entspricht einer Abstraktionsleistung, bei welcher der mehrdimensionale Merkmalsraum so auf eine zweidimensionale Ausgabeschicht abgebildet wird, daß die Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den wichtigsten Merkmalen durch räumliche Distanzen auf der Karte abgebildet werden (Kruse u.a., 1991). Anhand einer Merkmalsmatrix, welche festhält, ob ein bestimmtes Tier eine bestimmte Eigenschaft aufweist oder nicht, werden verteilte Repräsentationen für die verschiedenen Tiere erzielt. Als weiterer vektorielles Bestandteil geht die Repräsentation für die Codierung der verschiedenen Tiernamen ein, die eine willkürliche Zuordnung zu den konzeptuellen Repräsentationen der Tiereigenschaften darstellt und in diesem Sinne losgelöst von diesen Repräsentationen ist. Die Kohonen-Feature-Map ist aufgebaut wie ein zweischichtiger Musterassoziator. Es gibt eine Eingabeschicht und eine zweidimensionale Ausgabeschicht, die eigentliche selbstorganisierende Karte. Bei der Simulation der semantischen Organisation von Tiernamen werden 16 Knoten der Eingabeschicht für die Codierung der Tiernamen benötigt, 13 weitere Knoten codieren die Merkmale der Tiere. Die 10 x 10 Knoten der Ausgabeschicht dienen der Repräsentation der semantischen Konzepte der Tiere. Nachdem jeder Eingabevektor 2.000 mal präsentiert worden ist, also nach 32.000 Lernzyklen zeigt die Ausgabeschicht eine Organisation, welche die Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen den einzelnen Tieren abbildet, wenn nur die vektorielles Bestandteile der Tiernamen als Input verwendet werden.

In einer weiteren durchgeführten Simulation zeigen die Autoren, wie sich als Folge eines Selbstorganisationsprozesses auch rollenbasierte semantische Karten herausbilden, die den Ausgangspunkt der Produktion von Satzsequenzen bilden können. Auf der Grundlage eines 30 Worte-Vokabulars erfolgt die Selektion von 39 zulässigen Satzmustern, aus denen Sätze gebildet werden können, die aus drei Wörtern bestehen. Für jedes Wort wird ein Kontext definiert. Die Repräsentation des

Kontextes für ein Wort erfolgt mittels einer vektoriellen Repräsentation, welche für jedes Wort das unmittelbare Vorgänger-Wort und den unmittelbaren Nachfolger codiert. Die für jedes Wort gemittelten Kontextinformationen stellen die Inputinformationen dar und werden dem Netzwerk zusammen mit der Information für die jeweilige Bezeichnung als Eingabevektoren präsentiert. Nach 2.000maliger Präsentation jedes Wort-Kontext-Vektors mit seiner Bezeichnung wird das Netzwerk mit den Bezeichnungen alleine getestet. Als Folge des Selbstorganisationsprozesses der Lernphase bilden sich auf der Ausgabeschicht großflächige Kartenareale heraus für Nomen, Verben und Adverbien und innerhalb dieser Regionen Unterbereiche, so beispielsweise ein Areal für Eigennamen innerhalb des Kartenareals der Nomen.

„We clearly see that *the contexts have 'channeled' the word items to memory positions whose arrangements reflects both grammatical and semantic relationships.*“ (Ritter & Kohonen, 1989, S. 249, Hervorhebung der Autoren)

Die beiden Simulationen sind m.E. deshalb besonders bedeutsam, weil sie die prinzipielle Geeignetheit von Selbstorganisationsprozessen für die Ausbildung von kognitiven Leistungen belegen, mit denen sich Anknüpfungspunkte an die sogenannten höheren kognitiven Leistungen ergeben. Insbesondere lassen sich hierarchische Relationen im längerfristigen Wissensgefüge sowie die Wissensbasis für die Produktion von einfachen Satzsequenzen als Emergenzen eines selbstorganisierenden kognitiven Systems darstellen.

Neben dem Kontext können situationale Faktoren Einfluß auf den Selbstorganisationsprozeß nehmen und die Emergenz von inneren Zuständen des kognitiven Systems beeinflussen. Als Beispiel hierfür sei die Simulation von Instruktionseffekten bei der Ähnlichkeitsbeurteilung von Konzepten von Mangold-Allwinn (1993) angeführt. Ähnlich wie in der Simulation von Ritter und Kohonen (1989) werden Tiere und die zugehörigen Bezeichnungen vektoriell repräsentiert. Der Lernvorgang erfolgt in einem Multilagenperzeptron (MLP). Dieser ließe sich m.E. aber auch problemlos in einer Kohonenarchitektur realisieren. Der Musterassoziator umfaßt 5 Schichten: Neben der Ein- und Ausgabeschicht existieren noch drei verdeckte Ebenen. Die Knoten der Eingabeschicht codieren die Bezeichnungen der zu vergleichenden Tiere. In der ersten verdeckten Schicht, der Merkmalsschicht, entspricht jedes Merkmal, das bei einem der Tierbegriffe vorkommen kann einem Knoten. Die Knoten der dritten Schicht umfassen eine Menge von Vergleichsknoten,

die jeweils in Tripeln einem Paar von zu vergleichenden Merkmalsknoten zugeordnet sind. Es reagiert jeweils ein Knoten des Tripels, wenn beide der zu vergleichenden Merkmalsknoten aktiv sind bzw. wenn nur der eine oder der andere Knoten aktiviert ist. Die Aktivierung eines entsprechenden Tripelknotens codiert somit das Resultat des Merkmalsvergleichs. Die vierte Schicht besteht aus zwei Knoten, in welchem die Summierung der Aktivationszustände von Knoten der dritten Schicht codiert werden. Der Knoten der fünften Schicht, der Ähnlichkeitsknoten, codiert den vom Netzwerk bestimmten Ähnlichkeitswert. Je größer der im Ähnlichkeitsknoten erzielte Wert ist, desto ähnlicher sind sich die zu vergleichenden Repräsentationen. Zum Vergleich: Auf einer selbstorganisierenden Kohonenkarte würden sich die Ähnlichkeiten zwischen den konzeptuellen Repräsentationen anhand der unterschiedlichen Distanzen auf der Karte aufzeigen lassen. Die Simulationen von Mangold-Allwinn zeigen, daß die Zusammensetzungen der konzeptuellen Repräsentationen mit den situationalen Gegebenheiten variieren, woraus unterschiedliche Ähnlichkeitseinschätzungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation resultieren. Im Hinblick auf die eigenen Simulationen ist die Simulation zum situationsabhängigen Ähnlichkeitsvergleich von Mangold-Allwinn deshalb von Bedeutung, weil die unterschiedliche Gewichtung der die konzeptuellen Repräsentationen konstituierenden Merkmale berücksichtigt wird. In der eigenen Modellierung kommt der dynamischen Aktivierung der Microfeatures im Zusammenhang mit der Größeninformation eine wichtige Rolle zu (vgl. 4.2.2.3) und in den Simulationen werden entsprechende vektorielle Repräsentationen verwendet.

Neben der Kontextinformation und den situationalen Gegebenheiten resultiert aus dem sich selbst ständig verändernden kognitiven System und seinen inneren Zuständen eine weitere dynamische Komponente aus den ontogenetischen Prozessen des kognitiven Systems. In den Simulationen des Erwerbs von symbolischen Zuständen und den assoziierten Bezeichnungen erachten Plunkett u.a. (1992) die Frage der Emergenz von Symbolen in einem kognitiven System als die zentrale Frage ontogenetischer Prozesse (vgl. 6.1.3). Das von den Autoren vorgeschlagene Modell beinhaltet daher die direkte Anknüpfung der kognitiven Verarbeitungsprozesse an die Prozesse der sensorischen Verarbeitung. Die sensorischen Informationen werden in einer künstlichen Retina vorverarbeitet, wo eine komprimierte Übertragung der

Pixelinformationen des eingehenden Bildes auf die rezeptiven Felder des retinalen Abbildes erfolgt. Die Aktivierung eines rezeptiven Feldes ist dabei um so stärker, je mehr Bildpunkte in den Einflußbereich dieses Feldes fallen. Die auf diese Weise erzielten retinalen Repräsentationen können mit einer Bezeichnung assoziiert werden. Entsprechend lernt das Netzwerk in einem autoassoziativen Training, bestimmte Retinabild- und Bezeichnungsrepräsentationen zu reproduzieren. Dabei lernt das System interessanterweise besser, wenn es die beiden Informationsmodalitäten miteinander lernt, als wenn es zunächst nur die inneren Repräsentationen für die visuelle Information ausbildet. Im Lernverlauf bilden sich in jeweils einer Hidden-Schicht Repräsentationen für die jeweilige Modalität sowie in einer weiteren Hidden-Schicht zusammengesetzte Repräsentationen für die Bild-Wort-Paarungen heraus. Im Anschluß an die Lernphase ist das Netzwerk in der Lage bei der Präsentation von jeweils nur der Bild- bzw. Bezeichnungsinformation, die korrekten Zuordnungen zu erbringen. Zudem zeigt der Lernverlauf Phänomene, die auch für die kindliche Sprachentwicklung beschrieben werden. Hierzu zählt die Prototypenbildung, der „vocabulary spurt“ sowie die zu einem früheren Zeitpunkt sich entwickelnde Fähigkeit, Sprache zu verstehen gegenüber der Fähigkeit, Sprache zu produzieren und schließlich die Tendenz zur Unter- und Überspezifikation beim Erlernen der Wortbedeutungen. Die von Plunkett u.a. (1992) vorgestellten Simulationen sind für die im Anschluß vorgestellten Simulationen des eigenen Modells deshalb von Bedeutung, weil eine explizite Anbindung an die visuell-sensorischen Verarbeitungsprozesse erfolgt. Das kognitive System lernt in seiner Anbindung an die Umwelt, seine eigenen inneren Zustände herauszubilden. In der Operationalisierung der Inputvektoren wählen die Autoren ein Verfahren, das auch in den eigenen Simulationen Anwendung findet: Zu einer Anzahl von prototypischen Repräsentationen werden Abweichungsmuster gebildet und nur diese werden dem System als Input dargeboten. Das System lernt auf der Grundlage dieser Abweichungsmuster zu generalisieren und prototypische Repräsentationen herauszubilden. Diese werden mit den parallel dazu erlernten symbolischen Bezeichnungen assoziiert. Die Autoren beschreiben die semantische Entwicklung

„ ... as the outcome of the mutual constraints exerted by categorization processes operating on two different aspects of the environment of the developing human being, i.e. the inherently meaningful structure of objects, events, episodes, actions, on the one hand; and

the meaning-lending structure of the linguistic practices in which the child is a novice participant, on the other hand.“ (Plunkett u.a., 1992, S.309)

Dorffner (1996) geht in seinen Simulationen zur Kategorisierung in der frühen Phase des Spracherwerbs im Gegensatz zu der Modellierung von Plunkett u.a. (1992) davon aus, daß die Kategorisierungen nicht auf Ähnlichkeiten sondern auf Unähnlichkeiten basieren. Das von ihm gewählte Lernverfahren ist eine Abwandlung des Competitive-Lernens, mit welchem er die Kategorisierungen mit denselben Inputdaten wie bei Plunkett u.a. lernen läßt. Es erfolgt somit dieselbe Anbindung an die visuellen und akustischen sensorischen Modalitäten. Das Modell stellt jedoch insofern eine Erweiterung dar, als daß sich im System graduell selbständig die inneren Zustände, die den prototypischen Repräsentationen entsprechen, herausbilden (vgl. 6.3.1.5).

Die abschließend vorgestellten Simulationen von Schyns (1991) zum Spracherwerb von konzeptuellen Repräsentationen und deren Bezeichnungen erfolgen auf der Grundlage einer modularen Architektur, wobei eine Kategorisierungskomponente für die unüberwachte Herausbildung von konzeptuellen Repräsentationen existiert und eine davon unabhängige Benennungskomponente, mit welcher überwacht lernend die Bezeichnungen erlernt werden. In der ersten Simulation erfolgt die Abbildung des unüberwachten Erlernens der konzeptuellen Repräsentationen. Hierfür werden drei prototypische Repräsentationen für „Hund“, „Katze“ und „Vogel“ erstellt, die unterschiedliche Ähnlichkeiten zueinander aufweisen. Das Ähnlichkeitsmaß wird durch den sogenannten Intercosinusprototypenwert ausgedrückt. Es handelt sich um dasselbe Ähnlichkeitsmaß, welches in den eigenen Simulationen in 6.3.2 verwendet wird. Ausgehend von den drei prototypischen Repräsentationen werden Repräsentationen für deren jeweilige Exemplare erzeugt, die Abweichungsmuster zu den prototypischen Repräsentationen darstellen. Diese exemplarische Information stellt den Input für die Kohonenklassifikation dar und entspricht auch in diesem Punkt dem Verfahren, das in der eigenen Simulation angewandt wird. Dem System werden also zu keinem Zeitpunkt die Prototypen selbst präsentiert, sondern nur die Exemplarinformationen, auf deren Grundlage sich unüberwacht lernend die prototypischen Repräsentationen auf der Ausgabeschicht der Kohonenkarte herausbilden. Mit demselben Lernverfahren wird in einer weiteren Simulation von Schyns (1991) die unüberwachte Herausbildung von hierarchischen Beziehungen zwischen konzeptuellen Repräsentationen abgebildet. Dabei kann Schyns zeigen, daß

die prototypischen Repräsentationen zu einem früheren Zeitpunkt erlernt werden als die Konzepte auf der unteren Abstraktionsebene, also beispielsweise zunächst die Repräsentation für „Hund“ und dann erst für „Schäferhund“ wie es auch Experimente zur Entwicklung des kindlichen Erwerbs von konzeptuellen Repräsentationen belegen (vgl. 4.2.3.2). In der Konzeption von Schyns wird von einer Unabhängigkeit zwischen den Konzeptualisierungsprozessen und den Benennungsprozessen ausgegangen. Die Abläufe der Assoziation einer bestimmten konzeptuellen Repräsentation mit einer korrekten Benennung werden so modelliert, daß zunächst in einem autoassoziativen Lernverfahren die Zuordnungen der Kohonenkartenoutputrepräsentationen mit den korrekten Bezeichnungen überwacht lernend trainiert werden. Im Anschluß daran wird nur noch die konzeptuelle Repräsentation als Input dargeboten und das Netzwerk ist in der Lage, die fehlende Information zu rekonstruieren, d.h. die korrekte Bezeichnung hervorzubringen. Der Abruf der Benennungsinformation wird realisiert mit einem sogenannten Brain-state-in-a-box-Modell (BSB), welches mittels des Gradientenabstiegsverfahrens einen stabilen Zustand, d.h. einen niedrigen Energiezustand zu erlangen sucht. In den simulativen Experimenten zeigt sich, daß die Zuordnung der Benennungen zu den prototypischen konzeptuellen Repräsentationen schneller erfolgt als die Zuordnung dieser Benennungen zu den Repräsentationen der Exemplare. Desweiteren wird den Benennungen im Zusammenhang mit den konzeptuellen Kategorisierungsleistungen ein Top-down-Einfluß zugeschrieben. So zeigen weitere Simulationen, daß das parallele Erlernen von Benennungen förderlich für die Herausbildung von konzeptuellen Repräsentationen ist. Das bedeutet, daß sich beispielsweise eine neue Kategorie schneller herausbildet, als wenn nur Bottom-up-Prozesse, also reine konzeptuelle Kategorisierungsprozesse beteiligt sind. Das Interessante an dem Modell von Schyns im Hinblick auf die Simulationen des eigenen Modells ist die Wahl der Kohonenklassifikation für die Ausbildung konzeptueller Repräsentationen. Dieses Verfahren wird in der unüberwacht lernenden Herausbildung der Repräsentationen mit der vorrangigen Aktivierung der Größeninformation zur Überprüfung der Modellthesen 6 und 7 in 6.3.2 gewählt. Außerdem zeigt das Modell die prinzipielle Möglichkeit auf, wie sich die Verbindung von selbstüberwachend lernenden Verfahren der Konzeptualisierung mit einer Benennungskomponente realisieren läßt (vgl. 6.5).

### 6.1.3 Neuronale Netze für die Simulation der kognitiven Verarbeitung des Dimensionsadjektivs „groß“

Mit den im Anschluß vorgestellten eigenen Simulationen werden die einzelnen Modellhypothesen mit Hilfe von neuronalen Netzen überprüft. Der Einsatz von neuronalen Netzwerkarchitekturen begründet sich in der Hauptsache damit, daß mit ihnen die wesentlichen Aspekte der kognitiven Verarbeitung des Dimensionsadjektivs „groß“ am treffendsten abgebildet werden können.

Hierzu zählt zum einen die *Anbindung der konzeptuellen Verarbeitung an die Prozesse der Perzeption*. Mit dieser Anbindung wird letztlich die Verankerung jeglichen Symbolgebrauchs realisiert. Das kognitive System emergiert aus der Anbindung an und der Interaktion mit seiner Umwelt individuelle innere Zustände, die, wenn sie eine bestimmte Stabilität erlangen, mit den Bezeichnungen der Sprachgemeinschaft assoziiert werden können. Die hervorgebrachten Konzepte und die assoziierten Symbole sind verankert in der Erfahrung des Individuums sowie seinen inneren mentalen Zuständen.

„Grounding in this sense is not limited to linking concepts to sensors and effectors, but also to any internal mental state thus constituting the context for concept formation.“ (Dorffner & Prem, 1993, S.1)

Zu den inneren Zuständen zählen in der eigenen hier vorgestellten Modellierung beispielsweise das längerfristig gespeicherte Wissen über die durchschnittliche Größe eines Objektes, welches auf die Konzeptualisierung und Formulierung einer „groß“-Äußerung Einfluß nimmt.

Die Frage nach der Verankerung der Symbole ist richtigerweise als Frage nach der Emergenz der Symbole zu stellen. und wird von Plunkett u.a. (1992) folgendermaßen formuliert:

„How do syntactically governed and semantic symbol types get into a cognitive system?“ (Plunkett u.a., 1992, S. 294)

Eine radikale Antwort auf diese Frage geht davon aus, daß hierfür eine angeborene Architektur des kognitiven Systems, die sich in der Evolution herausgebildet hat, verantwortlich ist und daß die direkte sensorische und motorische Anbindung an seine Umwelt vollständig ausreichend ist, um direkt verankerte Repräsentationen hervorzubringen. Diese Position wird auch als radikaler Konnektionismus bezeichnet

(Dorffner, 1990; Dorffner, 1991; Dorffner & Prem, 1993; Dorffner & Rotter, 1990). Der radikale Konnektionismus deckt sich mit der hier vertretenen konstruktivistisch-konnektionistischen Position, nach welcher sämtliches Systemverhalten selbständig hervorgebracht wird.

„By ‘radical’ we understand the consequent emphasis of those aspects which are novel as compared to the symbolic, or cognitivist approach. At the center of such aspects is self-organization in a neural network through learning rules, replacing explicit design or knowledge engineering.“ (Dorffner & Prem, 1993, S.2)

Zum anderen können mit Hilfe neuronaler Netzwerkarchitekturen *Lernprozesse*, welche für die Konzeptualisierungsprozesse des Dimensionsadjektivs „groß“ unerlässlich sind, integriert werden und es kann ihre Bedeutung für den Sprachproduktionsprozeß von Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ abgebildet werden.

Im folgenden wird die Wahl der verschiedenen neuronalen Netzwerkarchitekturen für die eigenen Simulationen begründet. Die Darstellung orientiert sich an den von Rumelhart u.a. (1986a) beschriebenen acht Hauptaspekten von PDP-Modellen. Mit Hilfe dieser Aspekte werden im folgenden die einzelnen Parameter in den hier vorgestellten eigenen Simulationen für die speziellen Netzwerkarchitekturen vorgestellt.

Im Zusammenhang mit dem ersten Kriterium, der *Menge der an der Verarbeitung beteiligten Units*, stellen zum einen die Entscheidung für eine bestimmte Netzwerkarchitektur sowie zum anderen die Festlegung des Inputs und Outputs die zu spezifizierenden Parameter dar. In den nachfolgenden eigenen Simulationen wird für die Simulation der Konstruktion der Größeninformation und für die Simulationen der Objektklassenkategorisierung jeweils die Netzwerkarchitektur eines Multilayerperzeptrons verwendet. In beiden Fällen existieren Hidden-Schichten, deren Units keinen Kontakt zur Umwelt haben. Die Inputs stellen in allen Fällen distribuierte Repräsentationen dar. Im Falle der Simulation der Konstruktion der Größeninformation wird auf die Repräsentationsfrage in einem eigenen Abschnitt eingegangen (vgl. 6.2.1). Bei den Simulationen der Objektklassifikation stellen die Inputmuster arbiträre Abweichungsmuster um die jeweiligen Zentroiden einer Hyperkugel dar. Diese distribuierten Repräsentationen codieren mögliche, nicht weiter spezifizierte Formfeatures verschiedener Objekte. Die Zentroiden sind Vektoren in

einem 4-dimensionalen Raum und die möglichen Abweichungen im Radius betragen 1,0 für die Inputvektoren der Trainingsmenge und 2,0 für die Inputvektoren der Testmenge. Der Unterschied im Radius begründet sich damit, daß die Generalisierungsfähigkeit, d.h. die Fähigkeit des Netzes auf Inputs, die noch größere Unterschiede aufweisen als die im Training gelernten Inputs, beim Testverhalten beurteilt werden soll. Die drei Outputunits stellen die binäre Codierung von drei Klassen dar. Die Simulationen der Bezugssystemausbildung und die Simulationen der Verlaufssimulation des Dimensionsadjektivs „groß“ erfolgen mit der neuronalen Netzwerkarchitektur der topologischen Kohonenkarten. Die Inputvektoren der Simulationen zur Ausbildung der Bezugssysteme sind kombinatorische distribuierte Repräsentationen bestehend aus einem 4-dimensionalen Objektklasseninformationsanteil, der sich aus den unspezifizierten Formfeatures zusammensetzt und einem Anteil, der die Größeninformation codiert. Dieser repräsentationale Bestandteil resultiert daraus, daß zu den jeweiligen Zentroiden einer Hyperkugel der Dimensionalität 7 Abweichungsmuster um den Radius 0,5 erzeugt werden. Die Inputvektoren für die Verlaufssimulation sind 7-dimensional, die arbiträre Formfeature-Information wird dabei vernachlässigt. Als Inputvektoren werden verschiedene Gewichtsvektoren der Kohonenkartenoutputunits verwendet, die in den Simulationen zur Ausbildung der Bezugssysteme zu verschiedenen Lernzeitpunkten vom Netzwerk ausgebildet wurden. Auf diese Weise wird eine direkte Anbindung an die prozessuralen Abläufe des Erlernens des Bezugssystemwissens erzielt. Damit wird der aufgestellten Forderung entsprochen, daß die Prozesse der Wissensnutzung, d.h. der Sprachproduktion, die hier in den Verlaufssimulationen simuliert werden, untrennbar mit den Prozessen des Wissensaufbaus verbunden sind.

Das zweite Kriterium bezieht sich auf den *Aktivierungszustand des Systems zu einem Zeitpunkt  $t$* , mit welchem die Aktivierungen der einzelnen Units erfaßt werden. Die einzelnen Aktivierungen der Units zu einem bestimmten Zeitpunkt werden in einem Vektor festgehalten. Die Aktivierungswerte der Units können dabei kontinuierliche oder diskrete Werte aufweisen und es können Beschränkungen auf ein bestimmtes Intervall erfolgen (Zell, 1994). In den nachfolgenden Simulationen nehmen die Aktivierungen reelle Zahlenwerte an und die Grenzwerte der Aktivierungen betragen 0,0 und 1,0 (Anm. 2).

Neben der momentanen Aktivierung einer Unit wird mit dem dritten Kriterium der *Output der Units* erfaßt. Der Outputwert stellt den Wert dar, welcher an die anderen Units weitergesandt wird (Dorffner, 1991). Als Folge der Interaktion der Units berechnet sich der Output einer Unit aus der Aktivierung der Units, die sie umgeben und der eigenen Aktivierung. Die Outputfunktion berechnet sich mit Hilfe einer Transferfunktion aus der Aktivierungsfunktion, auf welche unten näher eingegangen wird und bestimmt die Ausgabeaktivierung einer Unit. In den eigenen Simulationen handelt es sich bei der Outputfunktion um die Identitätsfunktion, d.h. der mit Hilfe der Aktivierungsfunktion erzielte Wert wird als Outputwert verwendet.

Ein weiteres Kriterium stellt die *Verbindungsstruktur zwischen den Units* dar. Die Frage nach der Verbindungsstruktur betrifft zum einen die Grundarchitektur der gewählten Netzwerke. In Abhängigkeit von dem Grade der Verbindung lassen sich grob Netzwerkarchitekturen mit Feedforward-Vollverbindungen zwischen den Layern, Vollverbindung innerhalb eines Layers, partieller Verbindung und Eins-zu-eins-Verbindung unterscheiden (Dorffner, 1991). In den nachfolgenden eigenen Netzwerken erfolgt mit der Selektion der Netzwerkarchitektur die damit verbundene Vernetzungsstruktur. So handelt es sich bei den Multilayerperzeptronen um Feedforward-Vollverbindungen, d.h. jede Unit des ersten Layers ist mit jeder Unit des darauf folgenden Layers verbunden. Bei der Verbindungsstruktur der topologischen Kohonenkarten handelt es sich um ein zusammengesetztes Netzwerkmodell. Von der Eingabeschicht zur Ausgabeschicht besteht ebenfalls eine Feedforward-Vollverbindung. Die Ausgabeschicht der Kohonenkarte ist durch Vollverbindung sowie durch die Festlegung einer bestimmten Anzahl topologisch geordneter Nachbarn für jeweils eine Unit gekennzeichnet. Zum anderen beinhaltet die Frage des Verbindungsnetzwerks, daß die Verbindungsstärken zwischen den einzelnen verbundenen Units in einer Gewichtsmatrix  $W$  festgehalten werden können. Anhand der Gewichtsmatrix lassen sich in deren Zeilen der sogenannte „fan-out“, d.h. die von einer Unit wegführenden Verbindungen und in den Spalten der sogenannte „fan-in“, d.h. die zu einer Unit hineinkommenden Verbindungen ablesen (vgl. Rumelhart u.a., 1986a, S. 51). In den anschließend vorgestellten Simulationen mit dem Simulationstool VieNet 2.0 werden die Gewichtsverbindungen zwischen den einzelnen Units in der Abfolge des jeweiligen Fan-outs der durchnummerierten Units

eines Layers erfaßt und in dieser Abfolge in internen dynamischen Arrays verwaltet. Bei den Verbindungsstärken lassen sich exzitatorische, d.h. Gewichte mit einem Wert größer als 0 und inhibitorische Verbindungsstärken mit einem negativen Gewichtswert unterscheiden. In der topologischen Ausgabeschicht der Kohonenkarte werden beispielsweise inhibitorische Gewichte zur Förderung der Konkurrenz eingesetzt. Zwischen einer Kartenunit und ihren Nachbarn bestehen exzitatorische Verbindungen, deren erregende Wirkung mit zunehmendem Abstand geringer wird. Die Verbindungen zu den anderen Kartenunits sind inhibitorisch. Das aus dieser Verbindungsstruktur resultierende Aktivierungsverhalten wird als laterale Hemmung oder Umfeldhemmung bezeichnet (vgl. Kruse u.a., 1991, S.133).

Als fünftes Kriterium gibt die *Propagierungsfunktion* an, wie sich die Netzeingabe einer Unit  $j$  aus den Ausgaben der anderen Units und den Verbindungsgewichten berechnet. Die Netzeingabe, die auch als Nettoinput  $net_j$  bezeichnet wird, berechnet sich aus der Summe der Ausgaben der Vorgängerunits  $o_i$  multipliziert mit dem jeweiligen Gewicht  $w_{ij}$  der Verbindung zwischen den betreffenden Units und sieht formal wie folgt aus:

$$net_j(t) = \sum o_i(t) w_{ij}.$$

Als einen weiteren Faktor enthält die Propagierungsfunktion den sogenannten Bias-Wert und dessen Gewichtungsverbindungen. Dieser Wert stellt eine mögliche mathematische Realisierung des Schwellenwertes dar. Ein Schwellenwert gibt an, ab welchem Aktivierungswert eine Unit aktiv sein soll. Die Bias-Unit hat die Funktion eines „On“-Neurons, d.h. ihre Ausgabe hat stets den Wert 1. Mit Hilfe der Bias-Unit wird es möglich, die Schwellenwerte anhand der Verbindungsgewichte zwischen der Bias-Unit und den Units der Hidden- bzw. Outputschicht zu realisieren.

Aufgrund des Nettoinputs läßt sich die aktuelle Aktivierung einer Unit mit Hilfe der *Aktivierungsfunktion*, welches das sechste Kriterium darstellt, berechnen. Dabei kann die alte Aktivierung bei der Berechnung mitberücksichtigt werden; sie muß es aber nicht (Zell, 1994). Im einfachsten Fall handelt es sich bei der Aktivierungsfunktion um die Identitätsfunktion, d.h. der Ausgabewert entspricht dem Nettoinput. Eine ebenfalls einfache Aktivierungsfunktion ist die binäre Schwellenwertfunktion. Übersteigt der Output einer Unit eine bestimmte wertemäßige Schwelle, so wird der Aktivierungswert der Unit auf 1 gesetzt, ansonsten erhält sie den Wert 0. In den

anschließend vorgestellten Simulationen wird durchgängig die sogenannte sigmoide Aktivierungsfunktion  $a_j$  verwendet. Dabei gilt für die Aktivierung einer Unit  $j$  zu einem Zeitpunkt  $t$ :

$$a_j(t) = 1 / (1 + e^{-net_j(t)})$$

Die Ausgabewerte der sigmoiden Aktivierungsfunktion liegen im Intervall zwischen 0 und 1 (Anm. 3). Neben diesen deterministischen Aktivierungsfunktionen läßt sich als weitere Klasse die Klasse der stochastischen Aktivierungsfunktionen definieren, bei denen der Eingabe der Ausgabewert nicht eindeutig, sondern nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zugeordnet wird (Zell, 1994).

Das siebte Kriterium bezieht sich auf die unterschiedlichen *Lernregeln* der neuronalen Netzwerke. Im Zusammenhang mit den konnektionistischen Spreading-activation-Architekturen wurde auf das Recruitment-Lernen, d.h. die Rekrutierung neuer Units und die damit verbundene Entwicklung neuer Verbindungen und das Löschen existierender Verbindungen hingewiesen (vgl. 6.1.2.2). Andere Lernverfahren bewirken die Modifikation der Aktivierungs-, Propagierungs- oder Ausgabefunktion (Zell, 1994). Die im Hinblick auf die eigenen Simulationen interessierenden Lernverfahren hingegen modifizieren die Verbindungsstärken der Verbindungen. Die Grundlage und der Ausgangspunkt hierfür ist die Hebbsche Lernregel. Sie besagt, daß wenn zwei Units gleichzeitig aktiviert sind, sich die Verbindung zwischen diesen Units verstärkt (Rumelhart u.a., 1986a; Rumelhart, 1989; Mangold, 1996). Eine spezielle Realisierung des Hebbschen Lernens stellt die Delta-Regel sowie das Backpropagation-Lernen dar (Rumelhart u.a., 1986b; Hinton, 1994). Bei den Simulationen zur Konstruktion der Größeninformation und der Objektkategorisierung wird das überwacht lernende Backpropagation-Lernverfahren angewendet. Bei den überwachten Lernprozessen der Konstruktion der Größeninformation stellen bestimmte systeminterne Zustände die Targetoutputs für das Systemverhalten der Größenkonstanz dar, das im Verlaufe des Reifungsprozesses zunehmend besser abgebildet werden soll. Die Selektion des überwachten Lernverfahrens für die Prozesse der Objektkategorisierung begründet sich damit, daß davon ausgegangen wird, daß in der sprachlichen Entwicklung das Erlernen der Kategorisierung von Objektklassen rückgekoppelt mitgesteuert wird von einem „Lehrer“ als Vertreter einer Sprachgemeinschaft (vgl. 2.3.1). Auf eine alternative Modellierung mit Hilfe

unüberwachter Lernverfahren wird in 6.3.1.5 eingegangen (Anm. 4). Das globale Ziel des Backpropagation-Lernverfahrens ist es, daß bei der Präsentation der Inputmuster die erzielten Outputmuster möglichst geringe Abweichungen zum gewünschten Target, der gelernt werden soll, aufweisen. Dazu ist die Gewichtsmatrix so zu modifizieren, daß die Inputmuster möglichst optimal auf die gewünschten Ausgabemuster abgebildet werden können. Der Lernvorgang ist ein Verfahren, bei welchem die Lernfehler minimiert werden. Zur Ermittlung des Gesamtlernfehlers eines Netzes wird als Maß für die Abweichung die Summe der quadrierten Einzelabweichungen über alle Musterpaare verwendet (Kruse, u.a., 1991; Hinton, 1994). Um diesen Gesamtfehler zu minimieren, wird mit Hilfe des sogenannten Gradientenabstiegsverfahrens für jedes einzelne Gewicht für ein vorgegebenes Muster ein Wert ermittelt, welcher den Lernfehler für dieses Muster minimiert und so zur Minimierung des Gesamtlernfehlers des Netzes beiträgt. Die lokale Realisierung der Gewichtsveränderungen vollzieht sich auf der Grundlage der Verallgemeinerung der Delta-Regel. Sie stellt insofern eine Erweiterung der Delta-Lernregel dar, weil sie Gewichtsadaptionen in Netzwerkarchitekturen mit Hidden-Schichten ermöglicht. Um die Unterscheidung der Adaption einer Gewichtsverbindung hin zu einer Outputunit bzw. einer Hiddenunit zu treffen, wird ein sogenannter Abweichungsterm ( $\delta$ ) eingeführt, der entsprechend unterschiedlich spezifiziert wird. Im Falle einer Outputunit enthält der Abweichungsterm die Differenz zwischen dem tatsächlichen und dem gewünschten Output sowie die erste Ableitung der Aktivierungsfunktion. Für eine Hiddenunit gibt es auf den ersten Blick keinen Targetoutput, zu dem die Abweichung mittels der Differenz angegeben werden kann. Er muß erst ermittelt werden. In diesem Fall berechnet sich der Abweichungsterm aus der gewichteten Summe der Abweichungswerte aller nachfolgenden, postsynaptischen Units sowie der ersten Ableitung der Aktivierungsfunktion. Die Fehlerwerte werden also von der Outputschicht zur Hidden-Schicht zurückgegeben, woher die Bezeichnung „Backpropagation“ resultiert. Für die Veränderung der Verbindungsgewichte geht zusätzlich als Multiplikator die Lernrate ( $\eta$ ) ein, mit welcher das Ausmaß der Gewichtsveränderung beeinflußt werden kann. In den nachfolgenden Simulationen erhält die Lernrate den konstanten Wert von 0,5. Insgesamt berechnet sich das neue Gewicht ( $w_{\text{new}}$ ) nach folgender Formel:

$$w_{\text{new}} = \eta * o_i * \delta_j + w_{\text{old}},$$

wobei  $o_i$  für den Outputwert der entsendenden Unit steht und das Fehlersignal  $\delta_j$  sich für eine Hidden- oder Outputunit  $j$  wie oben beschrieben berechnet. Die Gewichtsstärke vor der Veränderung wird mit  $w_{\text{old}}$  bezeichnet.

In den nachfolgenden Simulationen kommen sowohl überwachte als auch unüberwachte Lernverfahren zum Einsatz. Die Selektion der unüberwachten Lernverfahren wurde an verschiedenen Stellen in dieser Arbeit bereits begründet (vgl. Kapitel 2). Der Einsatz unüberwachter Lernverfahren ist essentiell für den Anspruch der Modellierung des Verhaltens eines kognitiven Systems, jegliches Systemverhalten als Prozeß der Selbststeuerung und Selbstorganisation abzubilden. Daher werden die zentralen Simulationen, wozu die Herausbildung des Bezugssystemwissens sowie die Abbildung des Sprachproduktionsverlaufs der Konzeptualisierung von Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ zählen, mit Hilfe des selbstorganisierenden Lernverfahrens des Kohonenlernens realisiert. Das selbstorganisierende Kohonenlernverfahren ermöglicht es dem kognitiven System, auf der Grundlage eines hochdimensionalen Inputraums eine Struktur, die die wichtigsten Informationen dieses Inputs abbildet, in einer zwei- oder dreidimensionalen Kartenausgabeschicht topologisch zu repräsentieren.

„The algorithms aim is to generate a mapping of a higher dimensional space  $V$  spanned by the inputs onto an, usually two-dimensional, array of formal neurons. The map is generated by establishing a correspondance between inputs from  $V$  and neurons in the array such that the topological (neighborhood) relationships among the inputs are reflected as faithfully as possible in the arrangements of the corresponding neurons in the array.“ (Ritter & Schulten, 1988, S. 59)

In den zweischichtigen Kohonen-Musterassoziatoren, die in den anschließenden Simulationen verwendet werden, vollzieht sich der Lernvorgang folgendermaßen. Zunächst werden die Gewichte zwischen der Eingabeschicht und der eigentlichen Kohonenkarte zufällig initialisiert (Ritter u.a., 1991). Dann wird für jedes zufällig gewählte Eingabemuster ein Erregungszentrum auf der Kohonenkarte bestimmt, welches dem Gewinner im Kompetitionslernen entspricht. Die Gewinnerunit auf der Ausgabeschicht der Kohonenkarte stellt dabei diejenige Kartenunit dar, deren Gewichtsvektor zu dem jeweiligen Eingabevektor die geringste euklidische Distanz aufweist. Die Gewinnerunit erhält als Folge des anschließenden Winner-takes-all-

Lernens (WTA) die Aktivierung 1, alle anderen Units erhalten die Aktivierung 0. Die Modifikation der Verbindungen von der Eingabeschicht zur Kohonenausgabeschicht vollzieht sich so, daß die Gewichtsverbindungen der Kartenunits, die innerhalb eines bestimmten Radius zu der Gewinnerkarteneinheit liegen, modifiziert werden. Die Eigenschaft, daß Units, die näher am Erregungszentrum  $z$  liegen, stärker beeinflusst werden als die weiter davon entfernten, wird durch den Faktor  $h_{jz}$  bestimmt (Kohonen, 1995). Dieser beschreibt eine Funktion für den Grad der Beeinflussung, die der Gaußschen Glockenkurve ähnlich ist und in die zum einen der Abstand von der Unit  $j$  zum Erregungszentrum  $z$  und zum anderen der Radius sowie in dem hier verwendeten Programm eine Variable für den Lernfortschritt eingeht, die in Abhängigkeit von der Anzahl der Lernzyklen abnimmt (Anm. 5). Für den Grad der Beeinflussung bedeutet das, daß die unmittelbar an die Gewinnerunit angrenzenden Units in stärkerem Maße von Modifikationen ihrer Gewichtsverbindungen betroffen sind als weiter entfernte Units. Für das Ändern der Gewichte wird folgende Formel für die Anpassung der neuen Verbindungstärken ( $w_{new}$ ) verwendet:

$$w_{new} = w_{old} + h_{jz} * \eta * (x_{(input)} - w_{old}).$$

Mit  $\eta$  wird hier eine im Lernverlauf zeitlich abfallende Lernrate bezeichnet. Das bedeutet, daß am Anfang die Karte in großem Umfang die Verbindungsstärken verändert und sich dann im späteren Verlauf die Veränderungen auf Feinabstufungen in kleineren Bereichen beziehen. Der Eingabevektor wird mit  $x_{(input)}$  bezeichnet.

Im Anschluß an die Ermittlung der neuen Gewichte, entweder mit Hilfe des Backpropagation- oder des Kohonenlernens, erfolgt mit dem sogenannten Update die Berechnung der neuen Aktivierungen der einzelnen Units. In VieNet 2.0 wird zur Unterstützung von synchronen Updatevorgängen innerhalb eines Layers für den Aktivierungswert  $X$  einer Unit ein zusätzlicher Wert  $X_{new}$  zur Verfügung gestellt. Dieser Wert steht während der Updatephase als Zwischenspeicher zur Verfügung. Nach Abschluß des Updates werden für alle Units die Werte aus dem Zwischenspeicher in die  $X$ -Werte umkopiert (vgl. Linhart & Dorffner, 1994, S. 3). Die Abfolge der Berechnung der neuen Werte der Units in den verschiedenen Layern erfolgt in den verwendeten Feedforward-Netzen im hierfür üblichen Modus der topologischen Ordnung, d.h. die Aktivierungen der einzelnen Units errechnen sich nach der Ordnung, die durch die Netzwerktopologie vorgegeben ist. Es werden also

zuerst die Aktivierungen der Eingabeunits, dann die erste Hidden-Schicht bis hin zur Ausgabe berechnet (Zell, 1994).

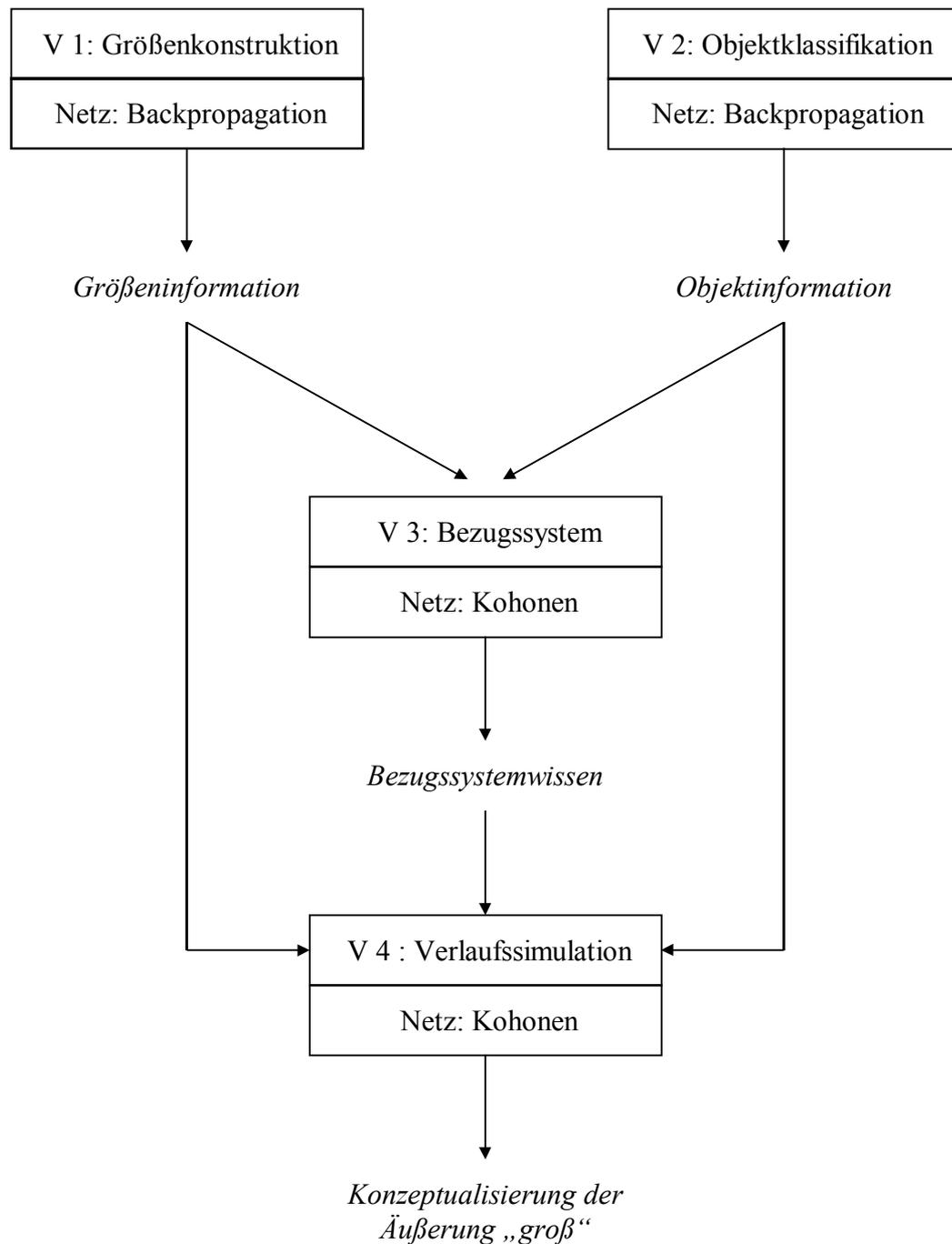
Als letzter und achter Punkt führen Rumelhart u.a. (1986a) die *Lernumgebung* an:

„It is crucial in the development of any model to have a clear model of the environment in which this model is to exist.“ (Rumelhart, u.a., 1986a, S.53)

Die Darstellung der Umgebung erfolgt in VieNet 2.0, indem der „physikalische“ Input eines Systems in sogenannten externen Layern explizit dargestellt wird (vgl. Linhart & Dorffner, 1994, S. 14). Diese externen Layer enthalten keine Units im eigentlichen Sinne, weil ihre Werte nicht von Lernvorgängen tangiert werden; vielmehr werden die Werte des externen Layers in die eigentliche Inputschicht kopiert und dann für die anschließenden Lernvorgänge verwendet. Der Vorteil liegt m.E. auch darin, daß auf diese Weise eine Trennung von Lernumgebung und Reaktion des Systems auf einen bestimmten Input erzielt wird und das Systemverhalten auf der graphischen Oberfläche des Simulationstools für den Anwender visualisiert wird. Die Erläuterungen zur Operationalisierung der externen Inputmuster für die einzelnen Simulationen erfolgt jeweils im Zusammenhang mit den entsprechenden Simulationen. Diese Lernumgebung läßt sich als eine Liste einer bestimmten Anzahl von externen Inputmustern auffassen, die eine bestimmte Wahrscheinlichkeit beinhalten, daß eines dieser Muster den tatsächlichen Lerninput für das System bildet. Die selektierten Inputmuster werden dem System stets in zufälliger Abfolge präsentiert.

Abschließend werden die nachfolgenden Simulationen in folgendem Überblick in Abbildung 6.2 zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 6.2: Gesamtüberblick über die durchgeführten Simulationen



Ein neuronales Netzwerk mit den oben spezifizierten Parametern ist in der Lage, die kognitive Verarbeitung des Dimensionsadjektivs „groß“ gemäß den aufgestellten M- und V-Hypothesen zu simulieren. Bei den nachfolgend vorgestellten Simulationen handelt es sich insofern um einfache Modelle, als daß keine Daten der realen Wirklichkeit wie beispielsweise Sensordaten verwendet werden (vgl. 6.5). Anstelle

dessen wird das partielle Systemverhalten anhand verschiedener einfacher Prozeßkomponenten simuliert, was eine stärkere Einbeziehung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen kognitiven Fähigkeiten erlaubt und so zur Erklärung des Systemverhaltens insgesamt beiträgt. Ähnliches stellen Churchland und Sejnowski (1997) für ihre Modellierungen des Sehvermögens der Primaten fest. Dieses ist reichhaltig und umfaßt viele Faktoren. Die Autoren verweisen mit der ersten von zwei Alternativen auf Simulationen einzelner Faktoren, die spezifische Einzelfunktionen isoliert abbilden, wobei die Wechselwirkungen, die zwischen den einzelnen Faktoren bestehen, vernachlässigt werden. Die zweite Alternative hingegen verwendet sogenannte einfache Modelle und kann dafür die Wechselwirkungen in die Modellierungen einfließen lassen, denn, so stellen die Autoren fest:

„...genau diese Wechselwirkungen sind für die Mechanismen wichtig. Trotz dieser Mängel wird man der zweiten Alternative den Vorzug geben, denn im allgemeinen ist es immer noch besser, ein kleines Stück weiter zu kommen als überhaupt nicht. Mit etwas Glück lernen wir anhand der einfachen Modelle etwas hinzu, was wir bei weiteren, realistischeren Simulationen verwenden können.“ (Churchland & Sejnowski, 1997, S. 245)

Auf dem Hintergrund dieser Überlegungen zur Bedeutung einfacher Modelle sind die nachfolgend vorgestellten Simulationen zu verstehen.

## **6.2 Simulation der perzeptuellen Wahrnehmung von Größe**

### **6.2.1 Theoretische Implikationen für die Simulation**

In Abschnitt 5.3.2 wurde aus den drei vorgestellten Alternativen zur Größenverarbeitung für die *Konstruktion der Größeninformation* plädiert. Für die Simulation mit Hilfe eines neuronalen Netzwerkes bedeutet das, daß das Netzwerk den Zusammenhang von absoluter Entfernungsinformation und Netzhautbildgröße lernen muß.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß sich die simulativen Anforderungen mit der zugrundegelegten theoretischen Sichtweise ändern. Soll beispielsweise dem wahrnehmungsökologischen Erklärungsansatz von Gibson (1973) entsprochen werden, so wäre es meiner Ansicht nach adäquater den Input nicht wie in der hier

vorgestellten Lösung mit Hilfe der beiden Komponenten Netzhautbildgröße und Entfernung zu repräsentieren. Um der Tatsache besser zu entsprechen, daß beide Informationen sich gemeinsam aus dem Netzhautbild ergeben, würde sich für den Input eine mit Hilfe des Conjunctive-Codings erzielte Repräsentation anbieten. Bei dieser Codierungsform handelt es sich um eine Matrix, welche für zwei Informationen eine gemeinsame Repräsentation erstellt. Die Repräsentation läßt sich beispielsweise so erzielen, daß die Netzhautbildgrößeninformation in den Spalten des Codierungsschemas erscheint und die Entfernungsinformation in den Zeilen. Treffen innerhalb der Matrix zwei übereinstimmende Werte aufeinander, so wird dieser Wert beibehalten. Sind die Werte aus der Spaltenposition und der entsprechenden Zeilenposition hingegen unterschiedlich, so wird ein zufälliger Wert gewählt. Mit diesem Codierungsverfahren wird eine Inputrepräsentation erzielt, deren Vektoren beide Informationen auf einmal abbilden, genauso wie es der Ansatz von Gibson nahelegt.

Wie in 5.3.2.2 aufgezeigt, wird hier der Ansatz präferiert, welcher die Größeninformation als eine Kombination aus Netzhautbildgröße und Entfernungsinformation versteht, welche erlernt wird.

Es stellt sich die Frage, wie die beiden Informationen repräsentiert werden sollen. Es soll von der Vereinfachung ausgegangen werden, daß das Pixelnetzhautbild jeweils zentriert vorliegt. Je mehr Pixel belegt sind, desto größer ist das Netzhautbild.

Für die Repräsentation der Entfernung soll der in 5.3.2.2 vorgestellte Ansatz von Churchland und Sejnowski (1997) berücksichtigt werden. Die Entfernung soll verteilt repräsentiert werden, beispielsweise als binärer Vektor, der um so mehr Einsen enthält (z.B. linksbündig aufgefüllt), desto größer die Entfernung ist. Die absolute Größe wäre demnach repräsentiert durch die beiden Vektorbestandteile Netzhautgrößenbild und Entfernung, wobei jeder Teilvektor die Ähnlichkeitsrelation korrekt widerspiegelt (z.B. Teilvektor1: je mehr belegte Pixel, desto größer das Netzhautbild). Das Problem bei der kombinierten Vektorrepräsentation besteht nun darin, daß mit ihr die Ähnlichkeitsrelationen zwischen den repräsentierten absoluten Größenwerten insgesamt unkorrekt wiedergegeben werden. Das liegt daran, daß es sich bei der Information der beiden Teilvektoren um sogenannte vertikale Informationen handelt.

Diese drückt sich proportional in Aktivierungen aus, d.h. je mehr Einsen im Teilvektor sind, desto größer ist das Netzhautbild bzw. desto größer ist die Entfernung. Für die gesamtvektorielle Repräsentation, d.h. für die Netzhautbildgröße zusammen mit der Entfernung sollte hingegen als horizontale Information vorliegen (vgl. Dorffner 1991, S.136f.). Mit horizontaler Information ist gemeint, daß verteilte Repräsentationen erzielt werden, wobei die Ähnlichkeiten zwischen den einzelnen Vektoren sich beispielsweise mittels der Berechnung der euklidischen Distanzen korrekt ausdrücken läßt. Eine solche Codierung der Information ist notwendig, wenn beispielsweise mit Hilfe einer Kohonenkarte wie in der eigenen Simulation, Ähnlichkeiten zwischen Inputvektoren abgebildet werden sollen. Wenn nun der vollständige Größenvektor betrachtet wird, so zeigt sich, daß sich die Ähnlichkeit zwischen den Vektoren zwar korrekt in Bezug auf die vertikale Information jedoch nicht korrekt in Bezug auf die horizontale Information widerspiegelt, d.h. daß zwar die Anzahl der aktivierten Units die Ähnlichkeit korrekt widerspiegelt (z.B. je mehr Einsen im Gesamtvektor, desto größer die absolute Größe) es sich dabei jedoch nicht immer um gemeinsame Units, d.h. Units an korrespondierenden Stellen im Feature-Vektor handelt. Ein einfaches Beispiel soll das verdeutlichen. Die Größeninformation sei codiert in 6 Eingabeknoten, wobei 3 Knoten für die Repräsentation der Netzhautbildgröße und 3 für die Entfernung reserviert sind. Exemplarisch seien hier folgende drei Repräsentationen von Größenvektoren betrachtet:

Vektor1: 1 1 1 1 1 1

Vektor2: 0 1 0 1 1 1

Vektor3: 1 1 1 0 1 0

Hier sieht man, daß die vertikale Information die Ähnlichkeit zwischen den Vektoren korrekt ausdrückt: Vektor1 enthält 6 Einsen und repräsentiert somit eine größere Größe als die Vektoren 2 und 3, die beide 4 Einsen aufweisen, also die gleiche Größe repräsentieren. Die horizontale Information liefert dagegen ein anderes Bild: Berechnet man beispielsweise die euklidischen Abstände zwischen den Vektoren, so sind sich Vektor1 und Vektor2 (1,4) ähnlicher als Vektor2 und 3 (2,0), die jedoch die gleiche Größe repräsentieren und somit einen Abstand von 0 aufweisen sollten. Die Repräsentation spiegelt demnach die Ähnlichkeiten in diesem Beispiel nicht korrekt wider.

## 6.2.2 Die Modellierung von Churchland und Sejnowski

Das in 5.3.2.2 vorgestellte Fusion-Net besteht aus zwei Eingabeschichten, den Retinae mit jeweils  $60 \times 60$  Zellen, die mit einer zweiten Schicht von  $120 \times 120$  Zellen verbunden sind. Die zweite Schicht ist mit drei Ausgabeschichten verknüpft: einer Schicht mit  $60 \times 60$  Fixierungszellen und zwei Schichten von  $30 \times 60$  Nah- bzw. Fernzellen. Die Verschaltung sieht wie folgt aus: Es werden bei den Fixierungszellen jeweils korrespondierende Retinazellen verbunden mit einer Zelle der Zwischenschicht, jeweils mit einer +1 und einer -1 Verbindung. Bei den Ausgabeschichten der Nah- und Fernzellen werden Retinazellen verbunden, die ein Pixel links bzw. rechts von der Übereinstimmung liegen. Die Gewichte von den Knoten der Zwischenschicht hin zu den Ausgabeknoten betragen -10. Außerdem gibt es eine Biaszelle, die stets maximal, d.h. +1 aktiviert ist. Treffen nun zwei identische Signale ein, so erfährt die Ausgabezelle die Aktivierung 0 von der Zwischenschicht plus der Aktivierung 1 von der Biaszelle, d.h. die Ausgabezelle ist aktiv. Sind die eintreffenden Aktivierungen hingegen unterschiedlich, so wird der Einfluß der Biaszelle durch die starke negative Gewichtung übertönt, d.h. die Ausgabezelle bleibt inaktiv.

Auf diese Weise wird eine visuelle Szene mit mehreren Objekten in den verschiedenen Ausgabeschichten unterschiedlich codiert, was einer Interpretation der räumlichen Anordnung entspricht. Fusion-Net simuliert also die Wahrnehmung der relativen Entfernung von Objekten (Churchland, 1989).

Zieht man in einem weiteren Schritt zu der Information über die relative Entfernung der Gegenstände, welche wie gesehen durch die Disparität gewonnen wurde, den Vergenzwinkel hinzu, so läßt sich die absolute Tiefe des fixierten Objektes berechnen. Pouget und Sejnowski (1994) stellen für die Simulation der Berechnung der absoluten Entfernung eine Netzwerkarchitektur vor, die in der Eingabeschicht einen Knoten enthält, in welchem die Vergenz des Auges linear codiert wird und eine Anzahl von Knoten, welche die Disparation mit Hilfe von verteilter Repräsentation codieren. Dabei gibt es jeweils Knoten für die near, tuned und far-Zellen. Die Ausgabeschicht codiert nach dem Training die absolute Entfernung ebenfalls nach der verteilten Methode.

Die Modellierungen von Churchland und Sejnowski (1997) sowie Pouget und Sejnowski (1994) haben im Hinblick auf die eigene Modellierung folgende Bedeutung: Es existieren Netzwerke zur Berechnung der Disparität und der absoluten Entfernung. Die Entfernungsinformation ergibt sich aus der Kombination der Information der Disparität mit der Information des Vergenzwinkels. Im eigenen Ansatz wird die absolute Größeninformation aus den Bestandteilen der Entfernungsinformation und Retinabildgröße konstruiert. In Abbildung 6.3 ist veranschaulicht, wie der eigene Ansatz auf dem Hintergrund der vorgestellten Konzeptionen eingeordnet werden kann.

Abbildung 6.3: Netzwerke zur Berechnung der Disparität, absoluten Entfernung und

Größe

Netzwerk	Input	Output
Fusion-Net (Churchland, 1989; Churchland & Sejnowski, 1997)	Retinaebilder	Disparität
Pouget & Sejnowski (1994)	Disparität und Vergenzwinkel	Absolute Entfernung
Eigenes Netzwerk	Absolute Entfernung und Retinabildgröße	Absolute Größe

Der Output des Netzwerkes von Pouget und Sejnowski (1994) repräsentiert die absolute Entfernung. Die absolute Entfernungsinformation soll vektorieller Bestandteil des Inputs meines Netzwerkes zusammen mit dem vektoriellen Bestandteil der Netzhautbildgröße sein.

Pouget und Sejnowski zeigen, daß sich die absolute Entfernung als eine Kombination der Informationen Vergenz und Disparation repräsentieren läßt. Für die Repräsentation der absoluten Größe ergibt sich somit eine dreikomponentige Repräsentation bestehend aus:

- Retinabildgröße,
- Vergenz,
- Disparation.

Aus Gründen der Vereinfachung sollen anstelle der beiden Informationen Vergenz und Disparation die verteilt repräsentierten Ausgabemuster, welche die absolute Entfernung repräsentieren, direkt verwendet werden.

Vereinfacht kann die Repräsentation der absoluten Entfernung als verteilte Repräsentation wie folgt aussehen:

- Absolut kleine Entfernung: 1 0.5 0 0 0
- Absolut mittlere Entfernung: 0 0.5 1 0.5 0
- Absolut große Entfernung: 0 0 0.5 1 0.5

Die Repräsentation der Retinabildgröße kann wie folgt realisiert werden:

- Kleines Retinabild: 0 0 1 0 0
- Mittleres Retinabild: 0 1 1 1 0
- Großes Retinabild: 1 1 1 1 1

Die Gesamtvektoren mit den Bestandteilen Netzhautbildgröße (5 Units) und Entfernung (5 Units) sehen wie folgt aus:

Abbildung 6.4: Gesamtvektoren - Netzhautbildgröße und Entfernung

		Entfernung		
		klein	mittel	groß
Bildgröße	klein	1 0.5 0 0 0 0 0 1 0 0	0 0.5 1 0.5 0 0 0 1 0 0	0 0 0.5 1 0.5 0 0 1 0 0
	mittel	1 0.5 0 0 0 0 1 1 1 0	0 0.5 1 0.5 0 0 1 1 1 0	0 0 0.5 1 0.5 0 1 1 1 0
	groß	1 0.5 0 0 0 1 1 1 1 1	0 0.5 1 0.5 0 1 1 1 1 1	0 0 0.5 1 0.5 1 1 1 1 1

Ziel ist es, ausgehend von diesen vektoriellen Repräsentationen mit den Komponenten Entfernung und Bildgröße eine vektorielle Outputrepräsentation zu erzielen, welche die Größenverhältnisse korrekt widerspiegelt. Das bedeutet, daß die vektorielle Repräsentation, die einer Reaktion auf einen distalen Reiz der Größe1 entspricht mehr

Ähnlichkeit aufweist zu einer vektoriellen Repräsentation, welche eine Reaktion auf den distalen Reiz der Größe 2 darstellt als dies zu der Größe 3 der Fall ist (vgl. 6.2.1). Bei der Outputrepräsentation soll die absolute Größeninformation verteilt repräsentiert werden. Insgesamt soll eine Repräsentation der absoluten Größe erzielt werden, die zwar einerseits neurophysiologisch fundiert ist, andererseits jedoch nicht zu spezielle neurophysiologische Details berücksichtigt, weil diese im Hinblick auf den Gesamtrahmen der Simulation einen nicht gewünschten Schwerpunkt setzen würden. Die in der Folge vorgestellte Simulation soll vielmehr als ein Modul betrachtet werden, welches nach Bedarf durch ein detaillierteres neurophysiologisches Modul ersetzt werden kann. Im Rahmen dieser Arbeit wird mit Hilfe dieses Moduls aufgezeigt, wie die Anbindung von sensomotorischen Vorgängen realisiert in einem perzeptuellen Modul an die sich anschließenden kognitiven Module aussehen kann. Damit wird dem Schnittstellencharakter der konzeptuellen Prozesse zwischen den perzeptuellen und formulativen Prozessen entsprochen (vgl. 1.5.3).

### **6.2.3 Simulation der Konstruktion der Größeninformation**

Das verwendete Netzwerk besteht aus einer Eingabeschicht mit 10 Eingabeunits. Jeweils fünf der Eingabeunits sind für die Entfernungsinformation und die Netzhautbildgröße reserviert. Die beiden Informationen sollen gemeinsam die absolute Größeninformation ergeben. Der vektorielle Bestandteil für die Entfernung stellt eine verteilte Repräsentation dar. Es werden fünf verschiedene Entfernungen unterschieden. Dabei spiegeln die vektoriellen Repräsentationen die Ähnlichkeiten der Entfernungen wider. Für die Netzhautbildgröße werden vier verschiedene Größen unterschieden. Die Repräsentation entspricht dem Netzhautbild, welches zentriert auf der Netzhaut abgebildet wird und seiner Größe entsprechend eine bestimmte Anzahl von Units belegt. Mit 0 0 1 0 0 ist beispielsweise ein kleines Netzhautbild und mit 0 1 1 1 0 ein größeres Netzhautbild repräsentiert. Aus den Möglichkeiten des Zusammentreffens einer bestimmten Netzhautbildgröße mit einer bestimmten Entfernung ergeben sich demnach 20 verschiedene Kombinationen. Diese Kombinationen entsprechen bestimmten absoluten Größen, die sich wie in 5.3.2.2

gezeigt als Folge der Multiplikation der Entfernung mit der Netzhautbildgröße ergeben. Die verschiedenen Kombinationen und die sich daraus ergebende absolute Größeninformation ist in der folgenden Abbildung 6.5 dargestellt.

Abbildung 6.5: Codierung der absoluten Größe aus Netzhautbild- und Entfernungsinformation

		Entfernung				
		1 0.5 0 0 0	0.5 1 0 0 0	0 0.5 1 0 0	0 0 0.5 1 0	0 0 0 0.5 1
Netzhautbild	0 0 0 0 0	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)
	0 0 1 0 0	2 (2)	4 (4)	6 (6)	8 (7)	10 (9)
	0 1 1 1 0	3 (3)	6 (6)	9 (8)	12 (10)	15 (11)
	1 1 1 1 1	4 (4)	8 (7)	12 (10)	16 (12)	20 (13)

In der Abbildung 6.5 ist die Größeninformation der Übersichtlichkeit halber mit absoluten Zahlen dargestellt. Mit dieser Darstellung läßt sich erkennen, daß insgesamt 13 verschiedene Größenklassen auftreten. Sie sind in Klammern hinter den Kombinationen aufgeführt.

Das Netzwerk soll die nachfolgend in Abbildung 6.6 aufgelisteten Zuordnungen lernen. In der zweiten Spalte ist jeweils das Inputmuster aufgeführt, das aus den vektoriellen Bestandteilen Entfernung und Netzhautbildgröße besteht. In der dritten Spalte sind die Outputmuster aufgeführt. Sie bestehen aus 7 Units, welche die Größeninformation verteilt repräsentieren. Sie entsprechen den unterschiedlichen Größenklassen von 1 bis 13.

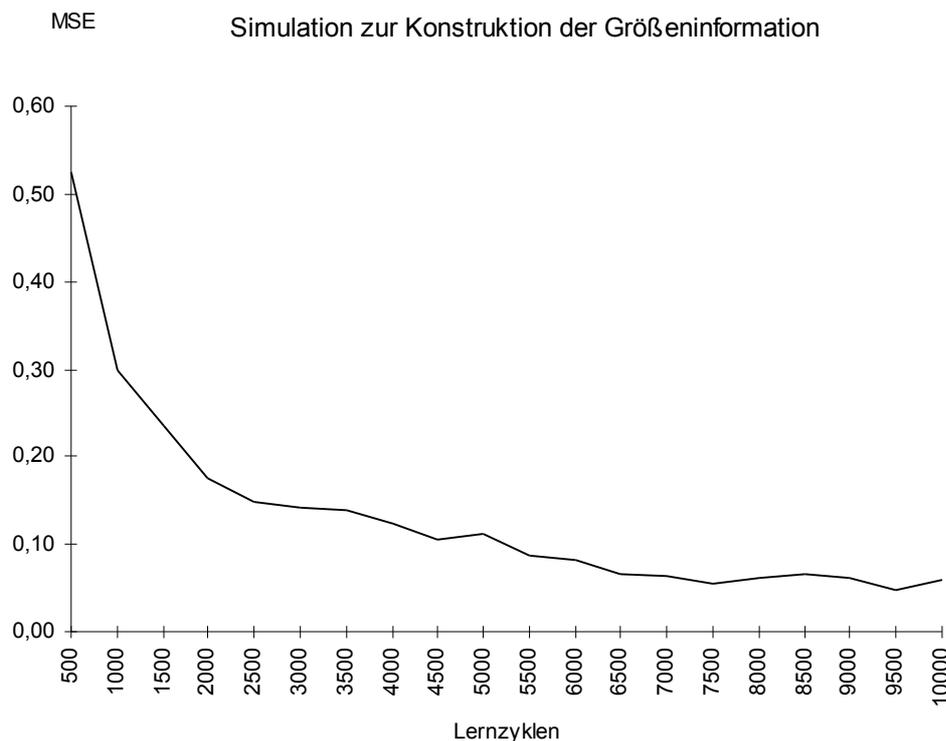
Abbildung 6.6: Input-Output-Zuordnungen für das Größenlernen

Kombination	Input	Output	Absolute Größen- information (Klasse)
1	1 0.5 0 0 0 0 0 0 0 0	1 0.5 0 0 0 0 0	1
2	1 0.5 0 0 0 0 0 1 0 0	0.75 0.75 0.25 0 0 0 0	2
3	1 0.5 0 0 0 0 1 1 1 0	0.5 1 0.5 0 0 0 0	3
4	1 0.5 0 0 0 1 1 1 1 1	0.25 0.75 0.75 0.25 0 0 0	4
5	0.5 1 0.5 0 0 0 0 0 0 0	0.75 0.75 0.25 0 0 0 0	2
6	0.5 1 0.5 0 0 0 0 1 0 0	0.25 0.75 0.75 0.25 0 0 0	4
7	0.5 1 0.5 0 0 0 1 1 1 0	0 0.25 0.75 0.75 0.25 0 0	6
8	0.5 1 0.5 0 0 1 1 1 1 1	0 0 0.5 1 0.5 0 0	7
9	0 0.5 1 0.5 0 0 0 0 0 0	0.5 1 0.5 0 0 0 0	3
10	0 0.5 1 0.5 0 0 0 1 0 0	0 0.25 0.75 0.75 0.25 0 0	6
11	0 0.5 1 0.5 0 0 1 1 1 0	0 0 0.25 0.75 0.75 0.25 0	8
12	0 0.5 1 0.5 0 1 1 1 1 1	0 0 0 0.25 0.75 0.75 0.25	10
13	0 0 0.5 1 0.5 0 0 0 0 0	0.25 0.75 0.75 0.25 0 0 0	4
14	0 0 0.5 1 0.5 0 0 1 0 0	0 0 0.5 1 0.5 0 0	7
15	0 0 0.5 1 0.5 0 1 1 1 0	0 0 0 0.25 0.75 0.75 0.25	10
16	0 0 0.5 1 0.5 1 1 1 1 1	0 0 0 0 0.25 0.75 0.75	12
17	0 0 0 0.5 1 0 0 0 0 0	0 0.5 1 0.5 0 0 0	5
18	0 0 0 0.5 1 0 0 1 0 0	0 0 0 0.5 1 0.5 0	9
19	0 0 0 0.5 1 0 1 1 1 0	0 0 0 0 0.5 1 0.5	11
20	0 0 0 0.5 1 1 1 1 1 1	0 0 0 0 0 0.5 1	13

Bei der Kategorisierungsaufgabe sollen die obigen Entfernung-Netzhautbild-Kombinationen gelernt werden. Die Kategorisierungsaufgabe beinhaltet die Fähigkeit aus den beiden Komponenten die richtige absolute Größe zu erschließen. Zum anderen wird die Fähigkeit zur Größenkonstanzleistung insofern erworben, als daß gelernt wird, daß ein und dieselbe Größe sich aus unterschiedlicher Entfernungs- und Netzhautbildgrößeninformation zusammensetzen kann.

Da es sich bei dem Kategorisierungsproblem um ein komplexes Problem handelt, werden zwei Hidden-Layer verwendet (Dorffner, 1991). Der erste Hidden-Layer umfaßt 10 Units und der zweite Layer 7 Units. Die Ausgabeschicht besteht aus 7 Units für die Größenklasseninformation. Es wurde eine entsprechende Netzwerkarchitektur erstellt und ein Netzwerk auf die Kategorisierungsaufgabe hin trainiert. Die Abbildung 6.7 zeigt, daß das Netzwerk nach ca. 7.000 Lernzyklen den Zusammenhang zwischen Entfernungs- und Netzhautinformation sehr gut gelernt hat. Die Güte des Lernens wird mit Hilfe des mittleren Standard-Errors (MSE) angegeben. Für jede Input-Outputkombination wird die Abweichung berechnet. Bei der Berechnung der Abweichung wird für jedes Muster der erzielte Output mit dem Targetoutput verglichen. Mit steigender Anzahl von Lernzyklen wird dieser Wert immer kleiner. Das bedeutet, daß das Netzwerk die zu lernenden Muster zunehmend besser kategorisiert.

Abbildung 6.7: Ergebnisse der Simulation zur Größenkonstruktion



In Abbildung 6.7 ist die Lernleistung des Netzwerkes im Abstand von jeweils 500 Lernzyklen festgehalten. Es wurden insgesamt 10 Testdurchläufe durchgeführt und

anschließend für die zu den verschiedenen Lernzeitpunkten erzielten MSE-Werte der Mittelwert berechnet. Der Kurvenverlauf zeigt, daß die Kombinationsaufgabe von Netzhautbildgröße und Entfernung graduell erlernt wird. Übertragen auf die menschliche Fähigkeit zur Größenkonstanz stützt diese Simulation die Sichtweise, daß es sich dabei um eine erlernte Fähigkeit handelt (vgl. 5.3.3). Der gemittelte Simulationsverlauf zeigt, daß zu Beginn diese Fähigkeit so gut wie noch nicht vorhanden ist, der MSE-Wert beträgt nach 500 Lernzyklen 0,52. Anschließend nimmt dieser Wert rasch ab auf einen MSE-Wert von 0,18 bei 2.000 Lernzyklen, d.h. die Kurve zeigt in dieser Phase einen relativ steilen Verlauf. Übertragen auf die Fähigkeit zum Erlernen der Größenkonstanz kann das so interpretiert werden, daß diese Fähigkeit sich in einer frühen Phase der Entwicklung relativ rasch herausbildet. Auch in diesem Punkt liegt eine Bestätigung der empirischen Daten vor, nach welchen sich die Fähigkeit zur unveränderlichen Größenwahrnehmung von Objekten bereits zu einem frühen Zeitpunkt in der sensomotorischen Phase herausbildet. Mit verantwortlich für das rasche Erlernen ist die sich in dieser Phase schnell entwickelnde Sehschärfe sowie die parallele Herausbildung verschiedener Fähigkeiten, wozu beispielsweise nach Piaget auch die erfolgreiche Hand-Auge-Koordination zählt.

### **6.3 Simulation der Konzeptualisierung von „groß“ im Langzeitgedächtnis: D-Modul**

Die Fähigkeit zur Kombination der beiden Teilinformationen der Netzhautbildgröße und der Entfernung ist die Voraussetzung für die Bereitstellung der Größeninformation. Diese Information kann in der Folge zu weiteren Verarbeitungsprozessen herangezogen werden. So bildet die Größeninformation die Basis für die Konzeptualisierungsprozesse, die zur Ausbildung von „groß“ und seinen Abstufungen führen. Als weitere Informationsbasis kommt die Objektklasseninformation hinzu.

Die anschließenden Simulationen sollen zeigen, wie der Prozeß der Herausbildung von Kategorien Einfluß auf den Prozeß der Herausbildung von Bezugssystemen hat. Die Prozesse der Objektkategorisierung werden in 6.3.1 simuliert. In 6.3.2 werden die

Informationsbasen der Größenkonstruktion und der Objektkategorisierung integriert in die Simulationen zum Größenkategorisierungslernen.

### 6.3.1 Objektkategorisierung

Bei der Objektkategorisierung soll die graduelle, überwachte Herausbildung von Kategorien simuliert werden. Die Objektkategorisierung stellt insofern eine Basis für die in 6.3.2 vorgestellten Prozesse der Herausbildung der Bezugssysteme dar, weil erst im Anschluß an eine genügend gute Objektkategorisierung eine Kategorie zum Input für eine weitere Binnendifferenzierung mit Hilfe der Größeninformation wird. Bei der Objektkategorisierung werden Gegenstände aufgrund von Ähnlichkeiten zusammengefaßt. Die Güte der Objektkategorisierung kann in Form eines Vertrauheitsmaßes für eine jeweilige Objektklasse gemessen werden, d.h. daß im zunehmenden Lernverlauf immer mehr Exemplare einer Klasse als korrekterweise dieser Klasse zugehörig kategorisiert werden. Zugrundegelegt wird dabei der in Kapitel 2 erörterte Zusammenhang zwischen dem Umweltbezug des Individuums und der inneren Herausbildung von Kategoriewissen. Mit Umweltbezug ist gemeint, daß ein Individuum nicht einfach die Umwelt verinnerlicht und diese im Individuum abgebildet wird, sondern es wird angenommen, daß das Individuum in der Interaktion mit seiner Umwelt und unter Restriktion seiner biologisch vorgegebenen Möglichkeiten inneres Wissen konstruiert.

Die in Kapitel 2 aufgestellten M-Hypothesen 1 bis 3 spezifizieren einzelne Annahmen bezüglich des Einflusses der Faktoren Exemplarvielfalt, Exemplarerfahrung, Kategorieerfahrung und Distinktivität auf den Objektkategorisierungsprozeß. Für die Simulationen lassen sich die Einflußfaktoren wie folgt operationalisieren.

Die *Exemplarvielfalt*  $v$  gibt die Anzahl der unterschiedlichen Exemplare pro Kategorie an. Für die Simulation werden drei Kategorien unterschieden. Bei drei Kategorien lassen sich entsprechend  $v_1$ ,  $v_2$  und  $v_3$  unterscheiden. Je kleiner  $v$ , desto weniger verschiedene Exemplare umfaßt die Kategorie.

Die *Exemplarerfahrung* gibt darüber Auskunft, wie sich einem Betrachter eine Kategorie präsentiert. Die Exemplare einer Kategorie werden in der Simulation in 500 disjunkten Exemplaren, in 100 disjunkten aber fünffach vorliegenden Exemplaren bzw. 50 disjunkten, die 10-fach vorliegen präsentiert. Konstant gehalten wird hierbei die Anzahl der Exemplare innerhalb einer Kategorie. Die Exemplarvielfalt geht als Multiplikationsfaktor  $n$  in die Bestimmung der Exemplarerfahrung ein. Der Faktor der Exemplarerfahrung wird operationalisiert als ein Multiplikationsfaktor  $m$ , der angibt, wie häufig die Exemplarvielfalt in einer Kategorie auftritt. Bei den drei Kategorien lassen sich somit die Multiplikationsfaktoren  $m_1$ ,  $m_2$  und  $m_3$  bestimmen.

Die *Kategorieerfahrung* bezeichnet den Aufbau einer einzelnen Kategorie im Zusammenhang mit der parallelen Kategorisierung anderer Klassen. Für die simulativen Zwecke wird das Verhältnis in Form von verschiedenen Gewichtungsanteilen für die verschiedenen Klassen festgelegt, die für den gesamten Lernprozeß unverändert bleiben.

In der Operationalisierung gibt es für den Aufbau der Trainingsmenge für jede Kategorie einen Faktor  $l$ , der angibt, wie häufig die Kategorie in der Trainingsmenge enthalten ist. Damit wird das Verteilungsverhältnis festgelegt. Bei den drei Kategorien lassen sich demnach  $l_1$ ,  $l_2$  und  $l_3$  unterscheiden.

Die *Lernerfahrung* bezeichnet die zunehmende Auseinandersetzung des Individuums mit der Umwelt. Die Lernerfahrung wird operationalisiert, indem variiert wird, wie häufig die Trainingsmenge beim Lernen präsentiert wird (Anzahl der Lernzyklen); es ergeben sich beispielsweise folgende Ausprägungen:  $z_1 = 100$ ,  $z_2 = 500$ ,  $z_3 = 1.000$ .

Die *Distinktivität* bezieht sich auf den Grad der Unähnlichkeit von verschiedenen Klassen. Sie gibt an, wie ähnlich bzw. unähnlich sich die Prototypen der einzelnen Kategorien sind. Die Distinktivität ist meßbar durch den Interprototypenvektorkosinuswert. Ein Wert nahe 1 bedeutet, daß die Vektoren sehr ähnlich sind. Ein Vektorkosinuswert nahe 0 ( $0 = 90^\circ$ ) bedeutet, daß die Vektoren einander unähnlich sind, d.h. orthogonal zueinander im Raum liegen. Für die drei Kategorien läßt sich das Verhältnis festlegen:  $i_1$  zu  $i_2$ ;  $i_1$  zu  $i_3$ ;  $i_2$  zu  $i_3$ .

Bei den durchgeführten Simulationen zur Überprüfung der M-Hypothesen handelt es sich insofern um einfache Simulationen, als daß einfache Netzwerkkonstrukturen sowie niedrigdimensionale Input- und Outputräume verwendet werden. Die

Grundarchitektur ist dabei ein 3-schichtiges MLP-Netzwerk mit 4 Inputunits, 10 Hiddenunits und 3 Outputunits. Die Lernvorgänge erfolgen mittels des überwachten Backpropagation-Lernverfahrens. Die genaue Beschreibung der für die einzelnen Simulationen verwendeten Input- und Outputmengen erfolgt jeweils im Zusammenhang mit den Erläuterungen zu den Operationalisierungen der jeweils zu überprüfenden M-Hypothese. Die Vektoren der Trainings- und Testinputmengen wurden für alle Simulationen mit Hilfe eines C-Programmes erzeugt, mit welchem sich zu den jeweiligen Zentrumvektoren innerhalb von einem variierbaren Radius beliebig viele Random-Vektoren erzeugen lassen. Die Unterschiede in den Radien zwischen den erzeugten Vektoren der Trainingsmengen und dem größer gewählten Radius der Vektoren der Testmengen begründet sich damit, daß auf diese Weise die Fähigkeit zur Generalisierung des Netzwerkverhaltens getestet werden kann (vgl. hierzu 6.3.1.1). Es wurden jeweils für alle Simulationen, d.h. für jeden der Tests 10 Testdurchläufe durchgeführt und über die erzielten Daten gemittelt. Die Simulationen wurden mit dem Simulationstool VieNet 2.0 durchgeführt.

### **6.3.1.1 Einfluß der Exemplarerfahrung**

#### Methode:

Es werden folgende Inputvektoren für die Trainingsmenge verwendet:

Simulation mit Zentrumsvektoren:

Klasse 1 besteht aus den 500 gleichen Vektoren: 0.5 0 0 0 Klasse 2 aus 500 gleichen Vektoren 0 0.5 0 0 und Klasse 3 enthält 500 gleiche Vektoren 0 0 0.5 0.

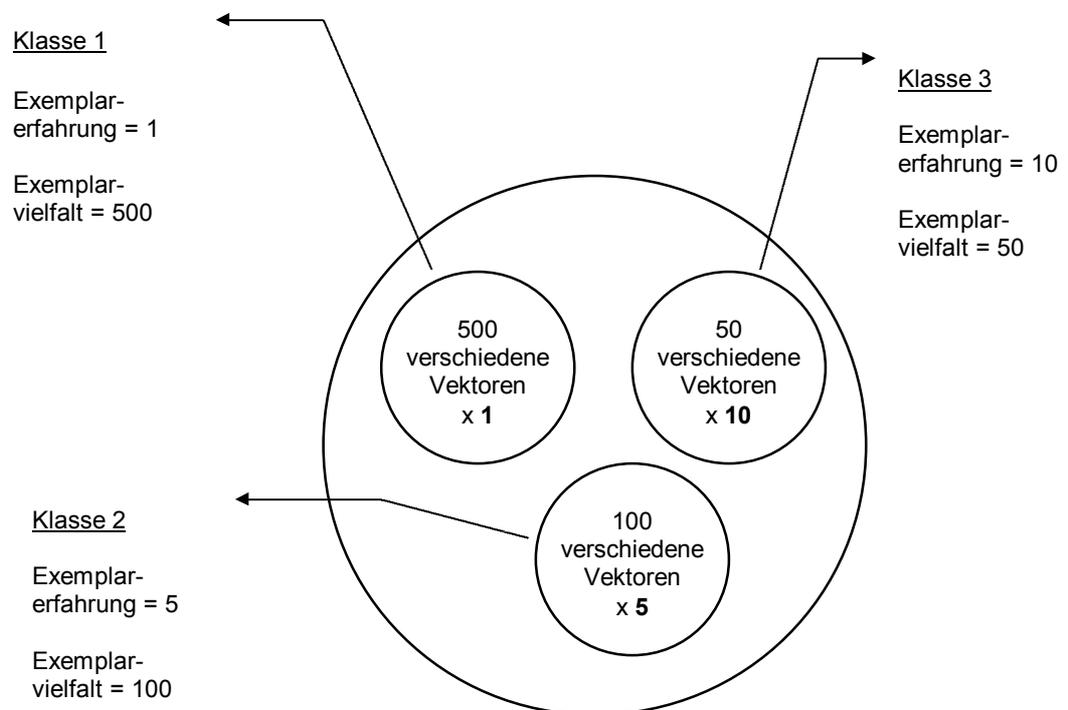
Standardsimulation:

Klasse 1 besteht aus 500 Random-Vektoren um das Zentrum 0.5 0 0 0 mit einem Radius von 1,0. Die Klasse 2 besteht aus 500 Random-Vektoren mit dem Zentrum 0 0.5 0 0 und dem Radius 1,0. Die Klasse 3 besteht aus 500 Random-Vektoren um das Zentrum 0 0 0 0.5 und dem Radius 1,0.

M1-Hypothese-Simulation:

Klasse 1 besteht aus 500 Random-Vektoren um das Zentrum  $0.5 \ 0 \ 0 \ 0$  mit einem Radius von 1,0. Die Klasse 2 besteht aus 5 x 100 Random-Vektoren mit dem Zentrum  $0 \ 0.5 \ 0 \ 0$  und dem Radius 1,0. Die Klasse 3 besteht aus 10 x 50 Random-Vektoren um das Zentrum  $0 \ 0 \ 0 \ 0.5$  und dem Radius 1,0. Insgesamt besteht die Trainingsmenge aus  $1 \times 500$  (Klasse 1) +  $5 \times 100$  (Klasse 2) +  $10 \times 50$  (Klasse 3) = 1500 Vektoren.

Abbildung 6.8: Operationalisierung der unabhängigen Variablen Exemplarerfahrung



Als Outputvektoren der Trainingsmenge werden für alle Simulationsdesigns verwendet:

500 Vektoren der Dimensionalität 3 der binären Klasse  $1.0 \ 0 \ 0$  für die Klasse 1, 500 Vektoren der binären Klasse  $0 \ 1.0 \ 0$  für die Klasse 2 und 500 Vektoren der binären Klasse  $0 \ 0 \ 1.0$  für die Klasse 3.

Die Testmenge enthält  $3 \times 100$  Random-Vektoren. Für die Klasse 1 werden 100 Abweichungsmuster um das Zentrum  $0.5 \ 0 \ 0 \ 0$ , für die Klasse 2 100 Muster um das Zentrum  $0 \ 0 \ 0.5 \ 0$  und für die Klasse 3 100 Random-Vektoren um das Zentrum  $0 \ 0 \ 0$

0.5 generiert. Der Radius, in dem die Abweichungsmuster von den Zentren liegen dürfen, beträgt für alle drei Klassen 2,0.

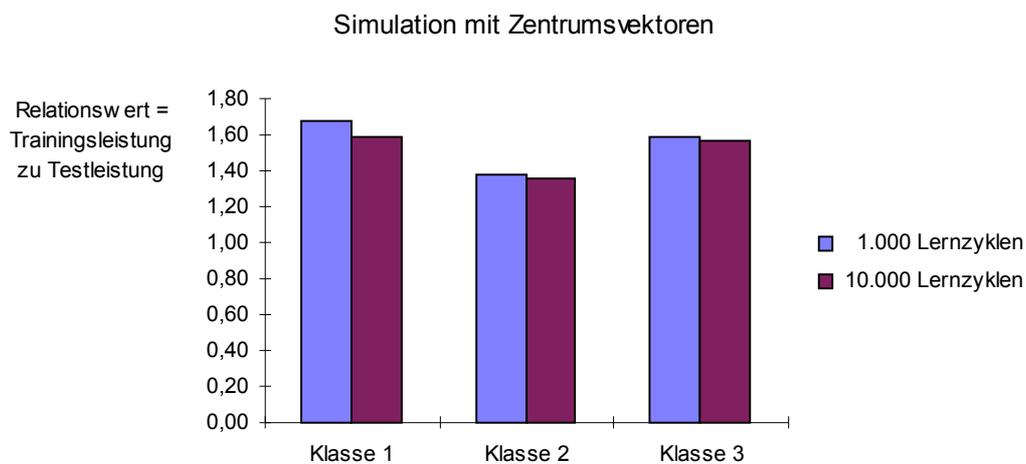
Die Targetmenge für die Testvektoren enthält für jede Klasse jeweils 100 binäre Vektoren. Für die Klasse 1 ist es die binäre Klasse 1.0 0 0, für die Klasse 2 die binäre Klasse 0 1.0 0 und für die Klasse 3 die binäre Klasse 0 0 1.0.

Bei der Operationalisierung der Inputvektoren wurde darauf geachtet, daß die Einflüsse der Störvariablen gering gehalten wurden. Dazu wurde ein Netz zunächst mit den Zentrumsvektoren der Klassen 1 bis 3 trainiert. Mit der Verwendung der Zentrumsvektoren betrug die Trainingsleistung konstant den Wert 1. Die Abweichungen in den Ergebnissen der Testleistung zwischen den Klassen 1 bis 3 sind ausschließlich auf die Random-Vektoren der Testmengen für diese Klassen zurückzuführen. In der Folge wurden diese Testvektoren-Samples für die Klassen 1 bis 3 bei sämtlichen Simulationsdesigns beibehalten. Die Ergebnisse der Simulationsläufe bei veränderten Simulationsdesigns konnten so einfach, das heißt ohne Herausrechnung von Störeinflüssen der Random-Vektoren der Testmenge ausgewertet werden, weil durch das Beibehalten der Testvektoren-Samples die Abweichungen der Ergebnisse zwischen den Klassen, die auf die Testvektoren zurückführbar sind, als relative Fehler bei dem Vergleich der prozentualen Veränderungen der Ergebnisse zwischen verschiedenen Simulationsdesigns kompensiert wurden.

Für die Interpretation der Ergebnisse wurde für jede Klasse das Verhältnis von Trainingsleistung zu Testleistung gemittelt über die Anzahl der Simulationsläufe für die einzelnen Lernepochen. Dieser Wert wird in der Folge als Relationswert bezeichnet. Bei einem Relationswert von  $<1$  ist der Testwert höher als der Trainingswert. Das bedeutet, daß die betrachtete Klasse besser testet als lernt. Ein Relationswert  $>1$  zeigt, daß der Trainingswert höher ist als der Testwert. Das bedeutet, daß bekannte Exemplare besser kategorisiert werden können als neue, unbekannte Exemplare.

Die nachfolgende Abbildung 6.9 stellt die Relationswerte für die Simulation mit den Zentrumsvektoren dar.

Abbildung 6.9: Simulation mit Zentrumsvektoren



Die Simulation mit den Zentrumsvektoren ergibt für alle drei Klassen relativ hohe Relationswerte. Die Klassen haben jeweils nur mit einem Exemplar, nämlich dem Zentrumsvektor perfekt gelernt und gleichzeitig ist die Differenz zu den Testwerten groß.

Im Sinne der obigen Operationalisierung der Exemplarerfahrung bedeutet das, daß die Exemplarerfahrung sehr groß ist und die Exemplarvielfalt lediglich auf ein Exemplar beschränkt bleibt. Für diese Lernsituation bedeutet das, daß das eine Exemplar zu 100% gelernt wird, aber die sich hieraus ausgebildete Kategorie unflexibel auf die Assimilation neuer Exemplare reagiert. Das zeigt sich in den relativ niedrigen Testwerten.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, daß sich für die einzelnen Klassen keine Verbesserung der Testleistung mit zunehmender Anzahl der Lernzyklen ergibt. Da gleichzeitig die Trainingsleistung den konstanten Wert von 1 hat, ergibt sich für die Relationswerte ein über die Lernepochen annähernd gleiches Verhältnis. Mehrere Wiederholungen der Simulationsläufe belegten, daß die Relationswerte bei 10.000 Lernzyklen relativ stabil sind.

Ergebnisse:

Es ergeben sich folgende Trainingswerte für die Simulation der M1-Hypothese (Anm.6):

Abbildung 6.10: Trainingswerte der M1-Hypothese-Simulation

Lernzyklen	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
1.000	0,78	0,77	0,87
2.500	0,67	0,81	0,95
5.000	0,82	0,80	0,95
10.000	0,83	0,82	0,95

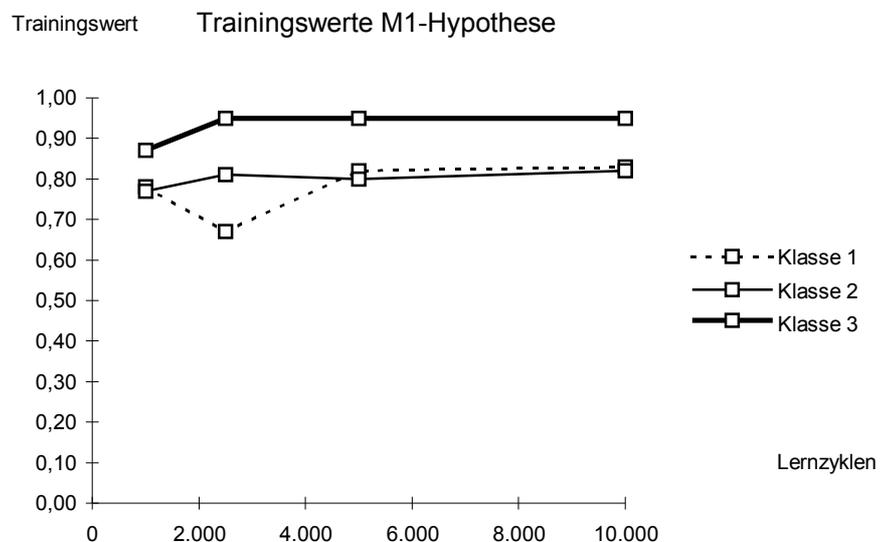
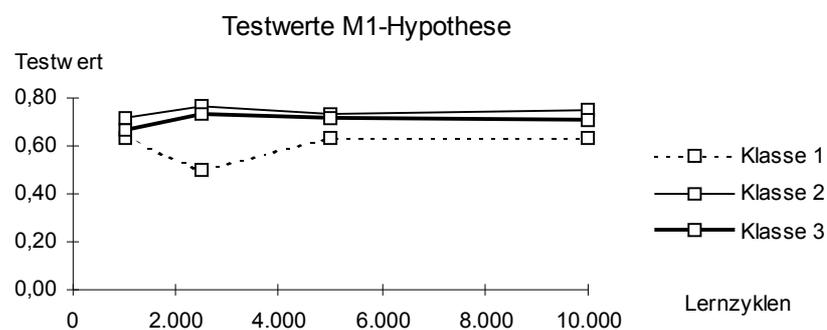


Abbildung 6.10 zeigt für alle drei Klassen eine geringfügige Zunahme in der Trainingsleistung. Für die Klasse 3 liegen die Trainingswerte über alle Lernzyklen hinweg auf höherem Niveau als die Werte der Klassen 1 und 2. Der Unterschied zu Klasse 1 beträgt bei 10.000 Lernzyklen rund 14% und zu Klasse 2 rund 16%. Die Klasse 3 nimmt zwischen 1.000 und 5.000 Lernzyklen relativ geringfügig stärker zu (um rund 9%) als die Klassen 2 und 3 (um rund 6%). Ab 5.000 Lernzyklen zeigen alle drei Klassen einen konstanten Verlauf ihrer Trainingswerte.

Abbildung 6.11: Testwerte der M1-Hypothese-Simulation

Lernzyklen	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
1.000	0,63	0,72	0,67
2.500	0,50	0,77	0,73
5.000	0,63	0,73	0,72
10.000	0,63	0,75	0,71

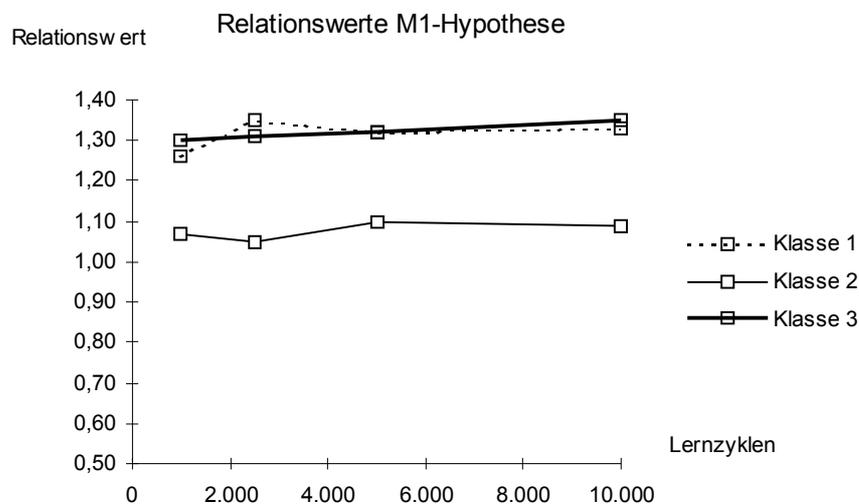


Der Verlauf der Testwerte für die drei Klassen ähnelt dem Verlauf der Trainingswerte auf einem geringfügig niedrigeren Niveau, allerdings liegen die Testwerte der Klasse 2 geringfügig über den Testwerten der Klasse 3, d.h. die Klasse 2 ist in ihrem Testverhalten geringfügig besser als die Klasse 3.

Zusammen mit dem Trainingsverhalten der drei Klassen, bei welchem die Klasse 3 deutlich besser als die Klasse 2 war, ergibt sich folgendes Ergebnis für die Relationswerte:

Abbildung 6.12: Relationswerte der M1-Hypothese-Simulation

Lernzyklen	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
1.000	1,26	1,07	1,30
2.500	1,35	1,05	1,31
5.000	1,32	1,10	1,32
10.000	1,33	1,09	1,35



Die Abbildung 6.12 verdeutlicht, daß die Relationswerte für die Klasse 2 über alle Lernepochen hinweg deutlich geringer ist als die entsprechenden Werte der Klassen 1 und 2. Insgesamt sind die Verläufe der Relationswerte über die Lernepochen für alle Klassen relativ konstant. Der niedrige Wert für die Klasse 2 erklärt sich dadurch, daß für diese Klasse der Unterschied zwischen der Trainingsleistung und der Testleistung relativ gering ist, d.h. die Klasse kategorisiert neue, noch nicht trainierte Exemplare nur geringfügig schlechter als die trainierten Exemplare. Die Abweichung von Trainingswert zu Testwert beträgt bei 10.000 Lernzyklen für die Klasse 2 rund 9%. Für die Klasse 3 beträgt dieser Wert rund 25%. Das bedeutet, daß für die Klasse 3 die Fähigkeit zu Testen gegenüber dem Training relativ schwach ist, was sich in einem hohen Relationswert niederschlägt. Die Klasse 3 mit der größten Exemplarerfahrung kann bekannte Exemplare sehr gut kategorisieren, jedoch neue, noch unbekannte Exemplare wesentlich schlechter. Die relativ konstanten Gesamtverläufe der Relationswerte über die Lernzyklen hinweg belegen, daß sich diese Trainings-Testwert-Relationen für die drei Klassen nicht verändern.

Der Vergleich der gemittelten Relationswerte bei 10.000 Lernzyklen für die Klasse 1 und 3 ergibt folgendes Ergebnis:

Abbildung 6.13: Vergleich der Relationswerte von Standard- und M1-Hypothese-Simulation

Gemittelte Relationswerte bei 10.000 Lernzyklen

	Standard	M1-Hypothese	Abweichung	in %
Klasse 1	1,39	1,33	-0,06	-5%
Klasse 2	1,07	1,09	0,02	2%
Klasse 3	1,18	1,35	0,17	13%

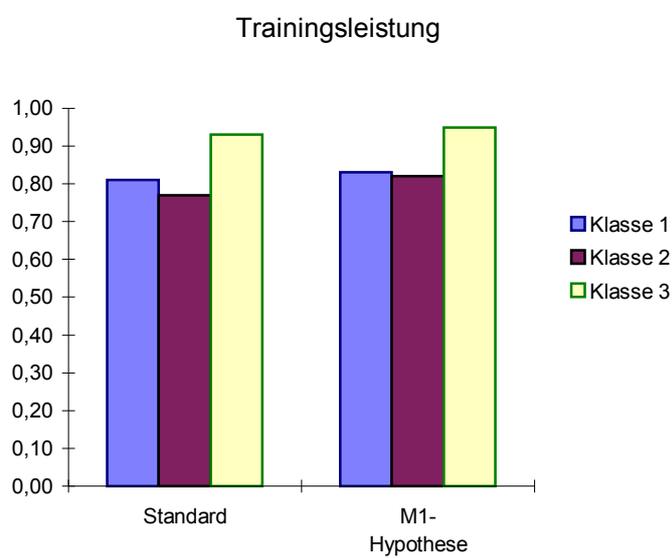


Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Standard- und M1-Hypothese-Simulation zeigt, daß der Relationswert bei Klasse 3 in der M1-Hypothese-Simulation wesentlich höher ist, während der Wert für die Klasse 1 gering ist.

Abbildung 6.14: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M1-Hypothese-Simulation

Gemittelte Trainingsleistung bei 10.000 Lernzyklen

	Standard	M1-Hypothese	Abweichung	in %
Klasse 1	0,81	0,83	0,02	2%
Klasse 2	0,77	0,82	0,05	6%
Klasse 3	0,93	0,95	0,02	2%

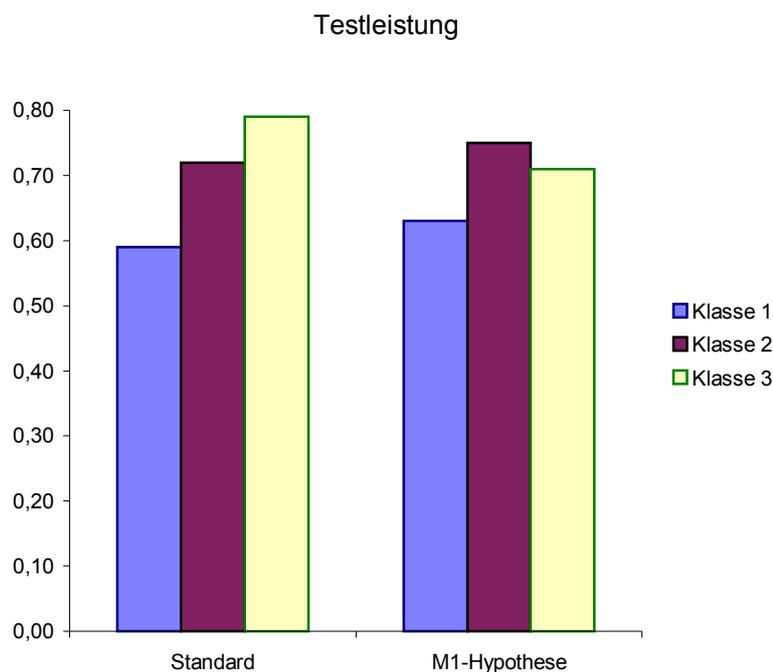


Die Trainingsleistung, die eine Komponente des Relationswertes darstellt, zeigt, daß das Verhältnis der Trainingsleistung von M1-Hypothese-Simulation zur Standard-Simulation für die Klassen 1 und 3 bei 10.000 Lernzyklen mit 2% konstant ist.

Abbildung 6.15: Vergleich der Testleistung der Standard- und M1-Hypothese-Simulation

Gemittelte Testleistung bei 10.000 Lernzyklen

	Standard	M1-Hypothese	Abweichung	in %
Klasse 1	0,59	0,63	0,04	6%
Klasse 2	0,72	0,75	0,03	4%
Klasse 3	0,79	0,71	-0,08	-11%



Die Betrachtung der Testleistung zeigt, daß bei 10.000 Lernzyklen die Klasse 3 schlechtere Testleistungsergebnisse erzielt als unter Standardbedingungen.

Die prozentuale Abweichung von 13% des Relationswertes für Klasse 3 von der Standard-Simulation zu dem Ergebnis aus der Simulation der M1-Hypothese setzt sich zusammen aus der 2%-igen Abweichung der Trainingsleistung mit positivem Vorzeichen und der 11%-igen Abweichung bzw. Verschlechterung der Testleistung gegenüber dem Ergebnis der Standardsimulation.

### Diskussion:

Die Ergebnisse bestätigen die M1-Hypothese nur schwach, wonach ein Zusammenhang zwischen der Zunahme der Exemplarerfahrung und der Zunahme der Güte der Kategorisierung gezeigt werden sollte.

Legt man ausschließlich den Vergleich der unterschiedlichen Trainingsleistungen der M1-Hypothese-Simulation zugrunde, so kann die um rund 15% höhere Trainingsleistung als Hinweis dafür gewertet werden, daß die Klasse 3 mit der größten Exemplarerfahrung am besten kategorisiert. Dieses Kriterium alleine genügt jedoch nicht, um die Kategorieerfahrung vollständig zu erfassen.

Zum einen zeigt der Vergleich der M1-Hypothese-Simulation mit der Standardsimulation, daß die Klasse 3 im Vergleich zu den anderen beiden Klassen keinen höheren Wert aufweist. Die Abweichungen zwischen Standard- und M1-Hypothese-Simulation liegen für die drei Klassen zwischen 2 und 6%. Gleichzeitig kategorisiert die Klasse 3 bereits unter neutralen Bedingungen besser als die beiden anderen Klassen. Diese Ergebnisse legen nahe, daß die Variation der Exemplarerfahrung keinen Einfluß auf das Kategorisierungsergebnis der M1-Hypothese-Simulation hat, weil sonst ein größerer Unterschied zwischen dem Standard- und dem M1-Hypothese-Simulationswert bestehen müßte.

Zum anderen ist die ausschließliche Betrachtung der Trainingsleistung als Kriterium für die Güte der Kategorisierung nicht ausreichend, weil die Testleistung mit in die Analyse einbezogen werden muß. Das bedeutet, daß die Fähigkeit zur optimalen Kategorisierung zwei Kriterien gleichermaßen erfüllen muß: die Fähigkeit, bereits bekannte Exemplare richtig zu kategorisieren sowie die Fähigkeit, neue, noch nicht gelernte Exemplare in die gebildete Kategorie zu assimilieren. Überträgt man dieses um das Kriterium der Testleistung ergänzte Verständnis von Güte der Kategorisierung auf die Ergebnisse der M1-Hypothese-Simulation, so zeigt sich, daß die Klasse 3 wesentlich schlechter testet als trainiert, was in dem hohen Relationswert (1,35 bei 10.000 Lernzyklen) zum Ausdruck kommt. Für die Klasse 3 mit der größten Kategorieerfahrung bedeutet das, daß sie die trainierten Exemplare gut kategorisieren kann, neue, noch nicht gelernte Exemplare hingegen wesentlich schlechter. Für die Klasse 2 mit der größeren Exemplarerfahrung von 5 ist der Relationswert niedriger, d.h. diese Klasse trainiert zwar nicht ganz so gut, kann aber dafür neue, noch

unbekannte Exemplare recht gut kategorisieren. Der Vergleich der M1-Hypothese-Simulation zur Standardsimulation zeigt, daß die Klasse 3 bei 10.000 Lernzyklen einen höheren Relationswert in der M1-Hypothese-Simulation hat als die anderen beiden Klassen. Da die Trainingsleistung in beiden Simulationen annähernd den gleichen Wert hat, die Abweichung beträgt 2%, ist ausschließlich das nicht optimale Testverhalten für den hohen Relationswert verantwortlich.

Aus der Summe der Ergebnisse ergibt sich in der Folge, daß die Hypothese modifiziert werden sollte. Sie kann folgendermaßen formuliert werden:

*Je größer die Exemplarerfahrung, desto besser wird die Fähigkeit zum Erkennen von Ähnlichkeiten, jedoch nimmt gleichzeitig die Fähigkeit zur Generalisierung, das heißt die Fähigkeit ab, neue unbekannte Exemplare der bekannten Kategorie zuzuordnen.*

Die erzielten Ergebnisse belegen die neu formulierte Hypothese wie folgt:

Wird die Güte der Kategorisierung ausschließlich in der Trainingsleistung gemessen, so zeigen die Ergebnisse aus Abbildung 6.10, daß die Klasse 3 mit der größten Exemplarerfahrung am besten kategorisiert wird, vor der Klasse 2 mit der zweitgrößten Exemplarerfahrung und der Klasse 1. Das bedeutet, daß ein Individuum bei der häufigeren Wahrnehmung weniger Exemplare schnell die entsprechende Kategorie herausbilden kann.

Wird die Güte der Kategorisierung jedoch anhand des Verhältnisses von Trainingsleistung zu Testleistung mit Hilfe des Relationswertes zwischen der Standardsimulation und der M1-Hypothese-Simulation gemessen, so zeigt sich, daß dieser Wert für die Klasse 3 höher ist. Hierfür ist vor allem der geringere Wert der Testleistung verantwortlich. Der Unterschied in der Testleistung bedeutet, daß die Klasse 3 schlechter generalisiert. Das bedeutet, daß ein Individuum, wenn es mit neuen, ihm noch unbekanntem Exemplaren konfrontiert wird, diese schlechter der bereits gebildeten Kategorie zuordnen kann. Für die Bildung der Kategorie mit großer Exemplarerfahrung heißt das, daß die Kategorie zwar zu einem frühen Zeitpunkt stabil herausgebildet wird, aber die Möglichkeit auf veränderte Exemplarvielfalt zu reagieren, eingeschränkt ist.

Als eine Folge des Ergebnisses des Versuchsplans<sup>1</sup> ergibt sich, daß die Operationalisierung der Güte der Klassifizierung eine Erweiterung erfährt. Neben

einer Verbesserung in der Trainingsleistung muß sich auch die Fähigkeit zum Testen proportional verbessern für eine Klasse, von der ausgesagt wird, daß sie besser kategorisiert als die Vergleichsklassen. Legt man diese Kriterienkombination zugrunde, so läßt sich der Einfluß der Exemplarerfahrung auf die Kategorisierung nicht nachweisen. Eine mögliche Erklärung hierfür kann darin gesehen werden, daß bei der Operationalisierung der Exemplarerfahrung dieses Kriterium zusammen mit der Exemplarvielfalt variiert wird. Das bedeutet, daß die Klasse 3 neben der größten Exemplarerfahrung von 10 gleichzeitig auch die geringste Exemplarvielfalt von 50 aufweist. Im Zusammenhang mit der Methode wurde die Prototypen-Simulation vorgestellt, bei welcher die einzelnen Klassen nur ein Exemplar trainieren, d.h. die Exemplarvielfalt 1 ist. Vergleicht man die bei dieser Simulation erzielten Ergebnisse mit den Ergebnissen der M1-Hypothese-Simulation der Klasse 3 (es werden beidemale dieselben Testvektoren verwendet!), so zeigt sich, daß die Relationswerte der Prototypen-Simulation ebenfalls sehr hoch sind. Für die Klasse 3 bei 10.000 Lernzyklen beträgt der Relationswert 1,57. Da der Trainingswert für die Klasse 3 1,0 beträgt, erklärt sich der hohe Wert ausschließlich mit der schlechten Testleistung. Diese Beobachtung legt nahe, daß die Variation der Exemplarvielfalt einen stärkeren Einfluß auf die Kategorisierung hat und nicht die Exemplarerfahrung wie in der M1-Hypothese angenommen. Die modifizierte Hypothese ist somit mit dem Kriterium der Exemplarvielfalt korrekter ausgedrückt. Auf der Grundlage der Interpretation der Ergebnisse von Versuchsplan 1 kann sie somit wie folgt als abgeleitete M1'-Hypothese formuliert werden:

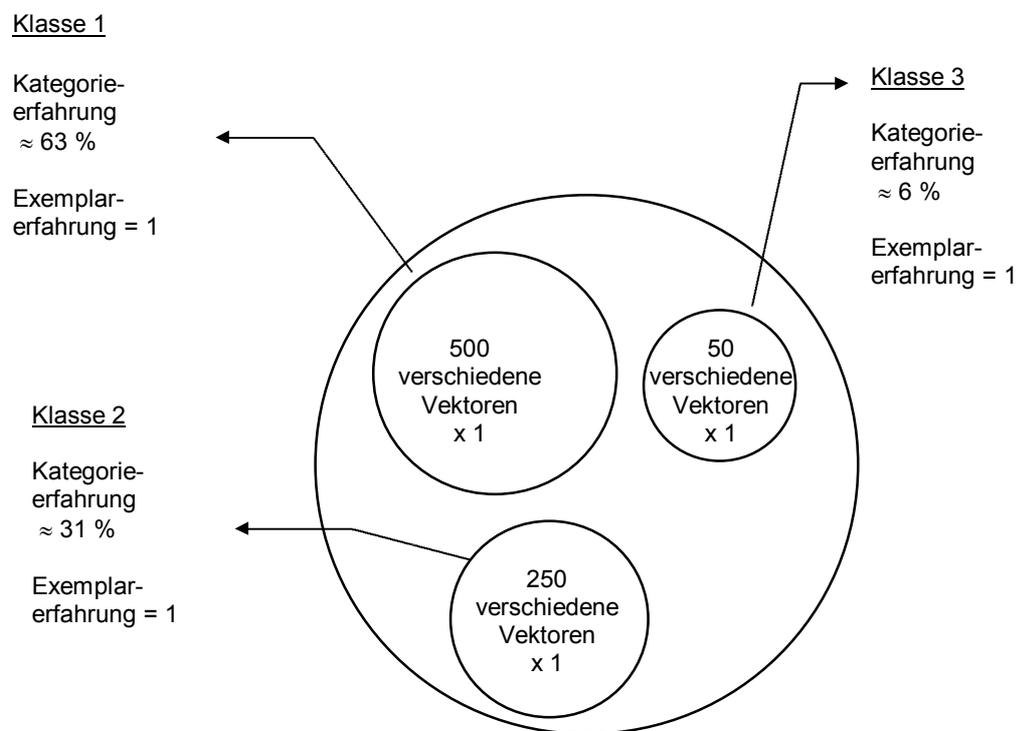
*Je geringer die Exemplarvielfalt, desto besser ist die Kategorisierung, jedoch nur in dem Sinne der Fähigkeit, bereits gelernte Exemplare richtig zu kategorisieren. Gleichzeitig ist bei kleiner Exemplarvielfalt die Fähigkeit gering, neue, noch nicht gelernte Exemplare in die bestehenden Kategorisierungsstrukturen zu assimilieren.*

### 6.3.1.2 Einfluß der Kategorieerfahrung

#### Methode:

Klasse 1 besteht aus 500 Random-Vektoren um das Zentrum  $0.5 \ 0 \ 0 \ 0$  mit einem Radius von  $1,0$ . Die Klasse 2 besteht aus 250 Random-Vektoren mit dem Zentrum  $0 \ 0.5 \ 0 \ 0$  und dem Radius  $1,0$  und die Klasse 3 aus 50 Random-Vektoren um das Zentrum  $0 \ 0 \ 0 \ 0.5$  und dem Radius  $1,0$ .

Abbildung 6.16: Operationalisierung der unabhängigen Variablen Kategorieerfahrung



Die Outputvektormenge besteht aus 500 Vektoren der Dimensionalität 3 der binären Klasse  $1.0 \ 0 \ 0$  für die Klasse 1, 250 Vektoren der binären Klasse  $0 \ 1.0 \ 0$  für die Klasse 2 und 50 Vektoren der binären Klasse  $0 \ 0 \ 1.0$  für die Klasse 3.

Die Testmenge und die Targetmenge für die Testvektoren werden wie in Versuch 1 erzeugt. Analog werden die Vektoren für die Standardsimulation, die für den Vergleich der erzielten Ergebnisse Verwendung finden, wie in Versuch 1 erzeugt.

Ergebnisse:

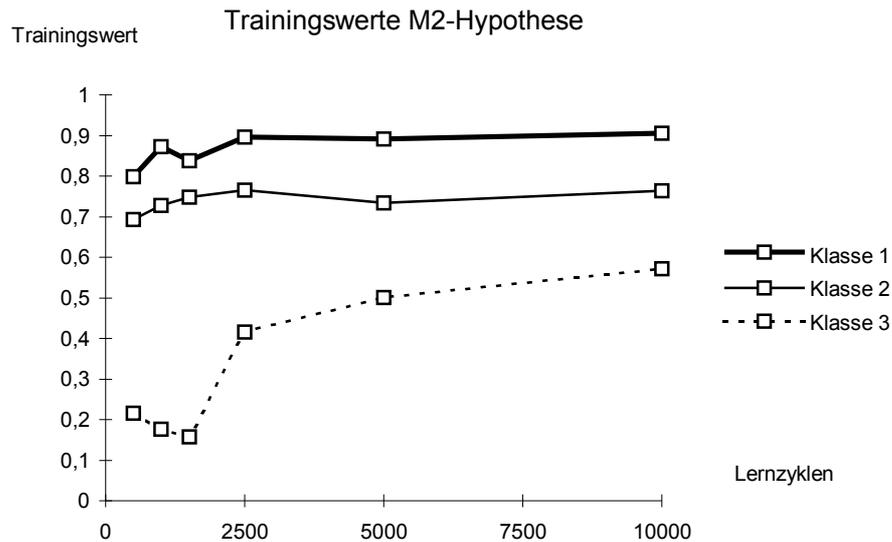
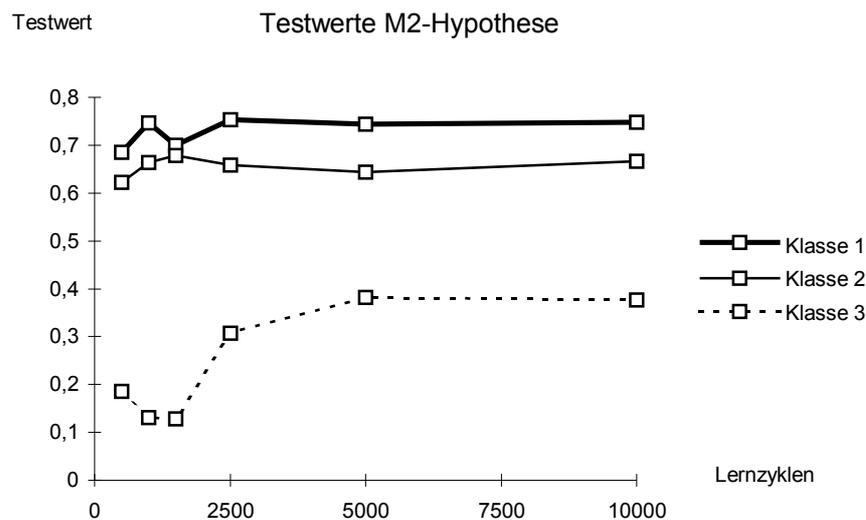


Abbildung 6.17: Trainingswerte der M2-Hypothese-Simulation

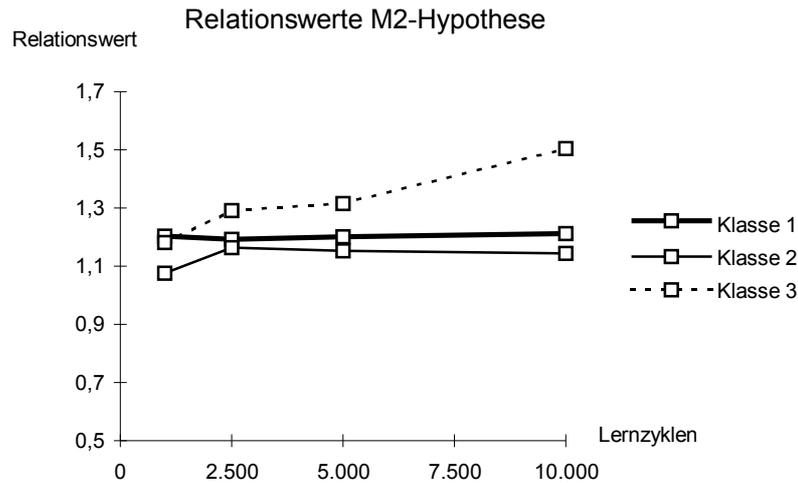
Die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung zeigt einen über die Lernepochen stabilen hohen Trainingswert, ebenso wie die Klasse 2, die ebenso stabile Ergebnisse hat und einen leicht geringeren Wert aufweist. Die Klasse 3 verzeichnet eine Zunahme des Trainingswerts über die Lernepochen, die mit der Anzahl der Lernzyklen schwächer wird. Der Trainingswert für die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung beträgt bereits bei 500 Lernzyklen rund 0,8, d.h. rund 80% der trainierten Exemplare werden korrekt kategorisiert. Der Trainingswert der Klasse 2 weicht um rund minus 13% vom Trainingswert der Klasse 1 ab. Die Abweichung zur Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung beträgt rund minus 73%. Bei 10.000 Lernzyklen steigt der Trainingswert der Klasse 1 auf rund 91% richtig kategorisierte Exemplare an. Der Trainingswert der Klasse 2 weicht um rund minus 16% vom Trainingswert der Klasse 1 ab. Die Abweichung für die Klasse 3 beträgt rund minus 37%.

Abbildung 6.18: Testwerte der M2-Hypothese-Simulation



Die Testwerte der Klasse 1 bewegen sich auf stabilem hohem Niveau, die Testwerte der Klasse 2 zeigen einen ebenfalls stabilen Verlauf mit geringfügig geringeren Werten. Die Klasse 3 testet zunächst (bis 1500 Lernzyklen) schwach. Die Testwerte steigen mit zunehmender Anzahl der Lernzyklen an, bleiben aber insgesamt weit unter den Werten von Klasse 1 und 2. Der Trainingswert der Klasse 1 beträgt bei 500 Lernzyklen 0,66, d.h. rund 66% der neuen Exemplare werden bereits korrekt kategorisiert. Die Abweichung bei 500 Lernzyklen zur Klasse 2 beträgt rund minus 9%, zur Klasse 3 mit der geringsten Kategorierfahrung rund minus 73%. Bei 10.000 Lernzyklen kategorisiert die Klasse 1 beinahe 75% der Testexemplare korrekt. Die Klasse 2 ist um rund 11% schlechter und die Klasse 3 testet mit einer Abweichung von minus 50% lediglich halb so gut wie die Klasse 1.

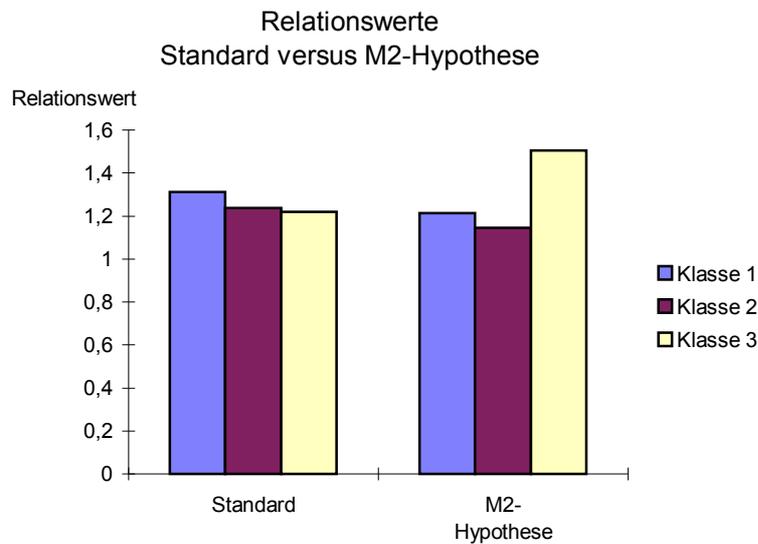
Abbildung 6.19: Relationswerte der M2-Hypothese-Simulation



Klasse 1 und 2 zeigen einen annähernd konstanten Verlauf der Relationswerte über die Lernepochen. Der Relationswert der Klasse 3 ist bis 5.000 Lernzyklen relativ konstant, d.h. die Trainingsleistung und die Testleistung steigen proportional an. Ab 5.000 Lernzyklen nimmt der Relationswert zu, was auf die Zunahme der Trainingsleistung zurückzuführen ist, wohingegen die Testleistung gleich bleibt. Die Relationswerte von Klasse 3 sind insgesamt über die Lernepochen höher als die Werte der Klassen 1 und 2.

Eine Aussage über die absolute Höhe der Relationswerte liefert der Vergleich der Relationswerte aus der Standard-Simulation für die drei Klassen bei 10.000 Lernzyklen mit den entsprechenden Relationswerten der M2-Hypothese-Simulation.

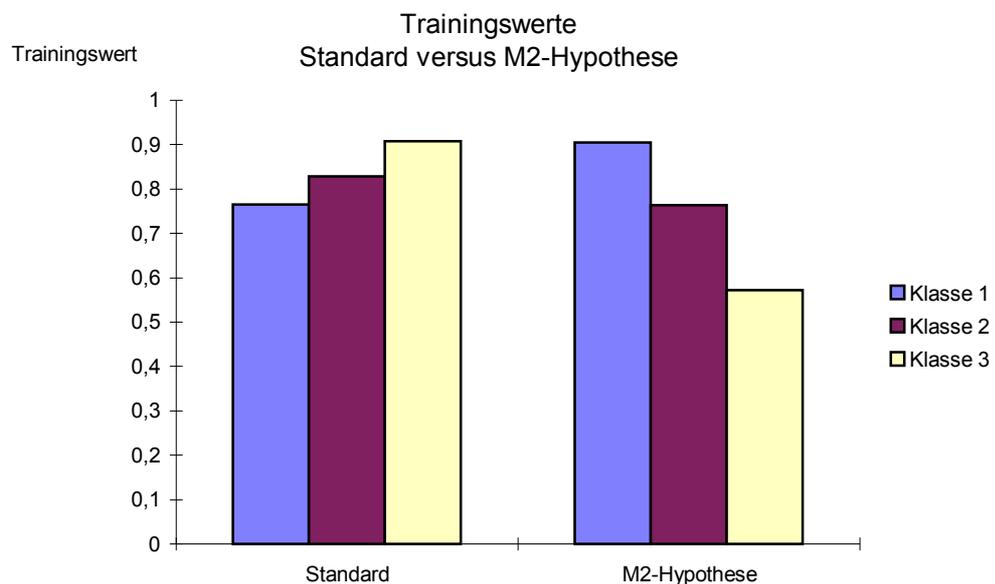
Abbildung 6.20: Vergleich der Relationswerte von Standard- und M2-Hypothese-Simulation



Die Relationswerte aus beiden Simulationsdesigns sind für die Klassen 1 und 2 annähernd gleich. Der Relationswert aus der M2-Hypothese-Simulation von Klasse 3 ist um rund 23% höher als in der Standard-Simulation.

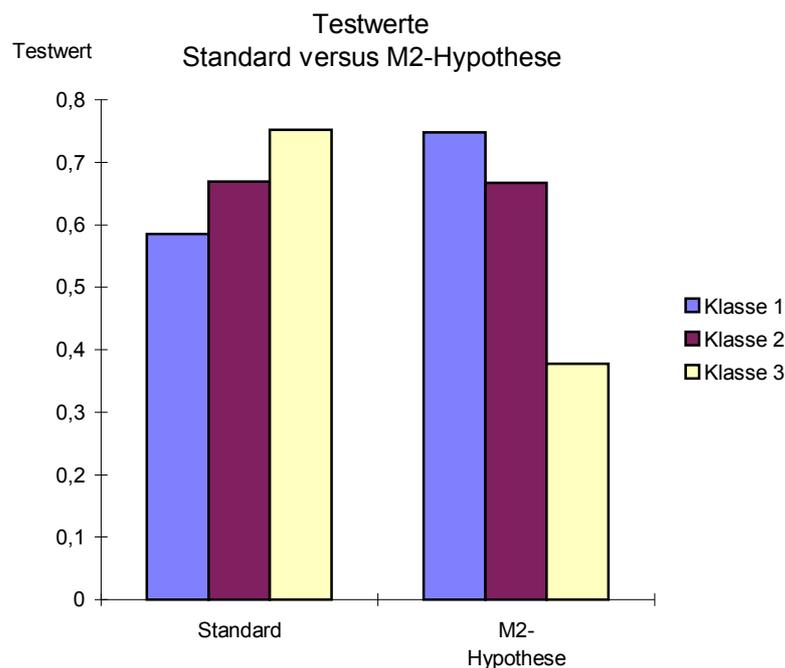
Die gesonderte Betrachtung der Trainings- und Testwerte zeigt folgendes Ergebnis:

Abbildung 6.21: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M2-Hypothese-Simulation



Die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung verzeichnet als einzige Klasse einen um rund 18% höheren Trainingswert. Die Klassen 2 und 3 haben in der M2-Hypothese-Simulation gegenüber der Standard-Simulation einen um 8 bzw. 37% niedrigeren Wert.

Abbildung 6.22: Vergleich der Testleistung der Standard- und M2-Hypothese-Simulation



Die Testwerte ergeben für die Klasse 1 einen um 28% höheren Wert in der M2-Hypothese-Simulation. Der Wert für Klasse 2 bleibt relativ konstant. Die Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung hat einen um 50% verminderten Wert gegenüber der Standard-Simulation.

#### Diskussion:

Die erzielten Ergebnisse bestätigen die M2-Hypothese. Die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung kategorisiert am besten. In der in der Diskussion von Versuchsplan 1 erweiterten Operationalisierung der Güte der Kategorisierung bedeutet das zum einen, daß die Klasse 1 besser trainiert als die Klasse 2 und 3. Das bedeutet, daß die Klasse 1 91% ihrer Trainingsexemplare korrekt kategorisieren kann,

die Klasse 2 mit der zweitgrößten Kategorieerfahrung 77% und die Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung nur 58% ihrer Trainingsexemplare. Der Vergleich mit der Standardsimulation bei 10.000 Lernzyklen zeigt, daß die Klasse 1 als einzige der drei Klassen einen um rund 18% höheren Trainingswert in der M2-Hypothese-Simulation aufweist. Der Wert für Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung ist um 37% niedriger als in der Standardsimulation, d.h. das Trainingsverhalten ist schlechter als unter Standardbedingungen. Die Ergebnisse bestätigen, daß die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung am besten kategorisiert auf der Grundlage der Trainingsleistung als Teiloperationalisierung der Güte der Kategorisierung, d.h. daß bekannte Exemplare richtig kategorisiert werden.

Die Ergebnisse der Testwerte belegen, daß sich die M2-Hypothese auch in der erweiterten Operationalisierungsbedingung bestätigt, d.h. daß neue Exemplare richtig kategorisiert werden. Die Klasse 1 testet deutlich besser als die Klassen 2 und 3, was mit den Abweichungen von minus 11% zur Klasse 2 bzw. minus 50% zur Klasse 3 bei 10.000 Lernzyklen belegt werden kann. Auch im Vergleich zwischen Standard- und M2-Hypothese-Simulation zeigt sich, daß die Klasse 3 bei 10.000 Lernzyklen ein deutlich besseres Testverhalten als unter Standardbedingungen zeigt. Die Abweichung von der Standard- zur M2-Hypothese-Simulation beträgt 28%. Die Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung zeigt eine um 50% verminderte Testleistung in der M2-Hypothese-Simulation gegenüber der Standard-Simulation. Die Ergebnisse belegen, daß neben der Fähigkeit bekannte Exemplare richtig zu kategorisieren auch die Fähigkeit, neue, noch nicht trainierte Exemplare korrekt zu kategorisieren gleichermaßen ausgeprägt ist, wenn eine Klasse gegenüber den Vergleichsklassen, die weniger stark vertreten sind, über eine genügend große Kategorieerfahrung verfügt. Dabei steigen bei einer Klasse mit großer Kategorieerfahrung die beiden Fähigkeiten proportional zueinander an. Für die Klasse 1 belegt das Ergebnis der Relationswerte, die über die Lernzyklen hinweg konstant um den Wert 1,2 liegen die proportionale Zunahme beider Lernleistungen. Für die Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung hingegen, nimmt der Relationswert über die Lernepochen hinweg zu und er ist absolut zu jeder betrachteten Lernepoche höher als die vergleichbaren Werte der Klassen 1 und 2 und auch höher als der Vergleichswert in der Standardbedingung. Die Klasse mit geringer Kategorieerfahrung trainiert und testet

absolut schlechter als die Klassen mit größerer und großer Kategorieerfahrung. Gleichzeitig nimmt die Verbesserung in der Trainingsleistung überproportional gegenüber der Verbesserung der Testleistung zu, was zur Folge hat, daß der Relationswert über den Verlauf der Lernzyklen hinweg ansteigt.

Übertragen auf die Überlegungen zur Güte der Kategorisierung in Abhängigkeit von der Kategorieerfahrung einer Klasse lassen sich die Ergebnisse so interpretieren, daß die Herausbildung von Kategorien durch ein kategorisierendes Individuum besser erfolgt, wenn die Exemplare einer Kategorie im Vergleich zu den Exemplaren der anderen Kategorien anteilmäßig beim Lernen stärker vertreten sind. Die resultierende Kategorie, die stabil ist in dem Sinne, daß sie sowohl die gelernten als auch neue Exemplare gleichermaßen gut kategorisiert, erlangt für das Individuum zu einem frühen Zeitpunkt einen hohen Vertrautheitsgrad und kann in der Folge weitere verfeinerte Kategorisierungen erfahren. Der Vorteil für das Individuum besteht darin, daß es mit Hilfe der verfeinerten Kategorisierung noch optimaler auf die Umweltanforderungen reagieren kann. Ein solcher Akkomodationsprozeß in Form einer Differenzierung der ausgebildeten inneren Strukturen kann sich beispielsweise unter der Hinzunahme der Größeninformation auf der Grundlage einer Kategorie mit genügend großem Vertrautheitsgrad vollziehen.

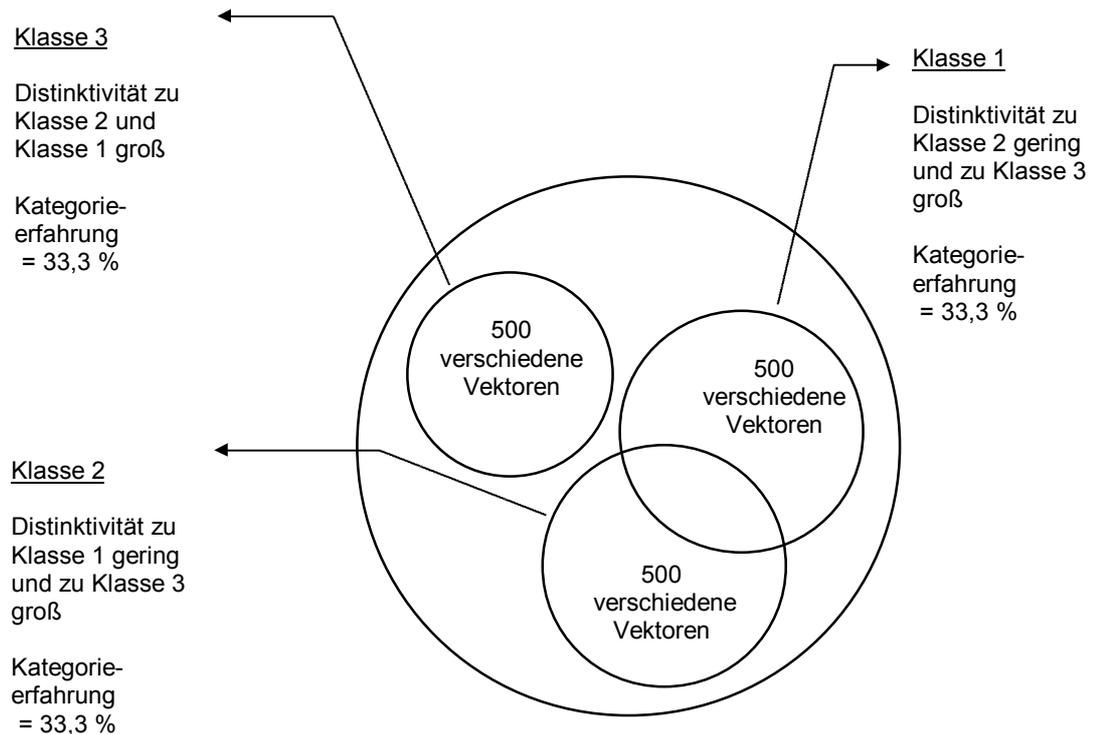
### **6.3.1.3 Einfluß der Distinktivität**

#### Methode:

Die Trainingsmenge besteht aus 500 Random-Vektoren der Klasse 1 um das Zentrum  $0.5 \ 0.5 \ 0 \ 0$ , 500 Random-Vektoren der Klasse 2 um das Zentrum  $0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0$  und 500 Random-Vektoren der Klasse 3 um das Zentrum  $0 \ 0 \ 0 \ 0.5$ . Der Radius beträgt jeweils 1,0. Der Intervektorcosinuswert zwischen dem Zentrumsvektor der Klasse 3 und den Klassen 1 und 2 beträgt 0. Die Klassen 1 und 2 sind einander ähnlicher. Der Intervektorcosinuswert beträgt 0,5. Die Interprototypenvektorcosinuswerte berechnen sich, indem das Skalarprodukt der zu vergleichenden Vektoren dividiert wird durch die euklidischen Normen der zu vergleichenden Vektoren (vgl. Schyns,

1991). Mit Hilfe dieser Werte lassen sich die Winkel zwischen den Zentren und somit die Ähnlichkeiten der Zentroiden bestimmen.

Abbildung 6.23: Operationalisierung der Distinktivität



Die Outputmenge besteht aus jeweils 500 binären Vektoren für die drei Klassen: 1 0 0 für Klasse 1, 0 1 0 für die Klasse 2 und 0 0 1 für die Klasse 3.

Die Testmenge besteht aus jeweils 300 Random-Vektoren für die drei Klassen: für die Klasse 1 um das Zentrum 0.5 0.5 0 0, für die Klasse 2 um das Zentrum 0 0.5 0.5 0 und für die Klasse 3 um das Zentrum 0 0 0 0.5. Der Radius beträgt jeweils 2,0.

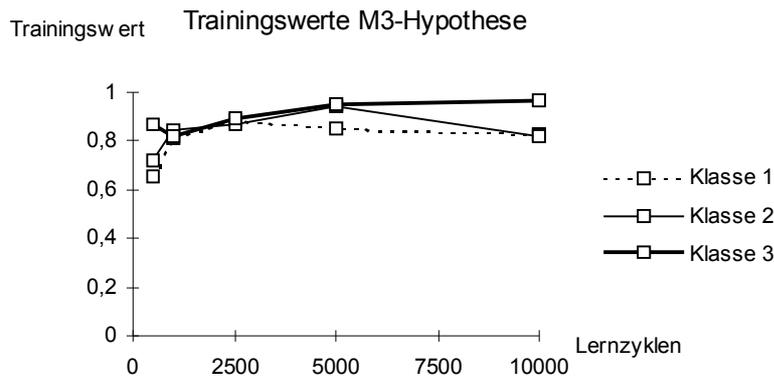
Die Targetmenge des Testoutputs sind die binären Klassen 1 0 0 für die Klasse 1, 0 1 0 für die Klasse 2 und 0 0 1 für die Klasse 3 mit jeweils 300 Vektoren.

Bei der Simulation erfolgten jeweils wie in den Versuchsplänen 1 und 2 für jede Lernepoche 10 Durchläufe mit neuen Gewichten, über die gemittelt wurde. Es wurden die Ergebnisse für die Lernepochen 500, 1.500, 2.500, 5.000 und 10.000 ermittelt.

### Ergebnisse:

Für die Simulation der M3-Hypothese ergeben sich folgende Trainingswerte:

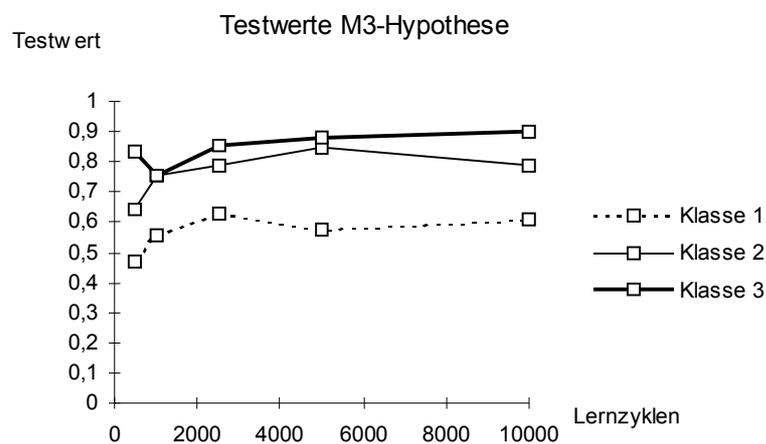
Abbildung 6.24: Trainingswerte der M3-Hypothese-Simulation



Die Trainingswerte der Klasse 3 mit der größten Distinktivität liegen über alle betrachteten Lernzyklen hinweg auf höherem Niveau, gefolgt von der Klasse 2 und Klasse 1. Bereits bei 500 Lernzyklen beträgt die Abweichung in der Trainingsleistung der Klasse 3 zur Klasse 1 rund 24% und zur Klasse 2 rund 17%. Bei 10.000 Lernzyklen beträgt der Unterschied zur Klasse 1 rund 14% und zur Klasse 2 rund 15%.

Die Testleistung der drei Klassen über die Lernepochen zeigt folgendes Ergebnis:

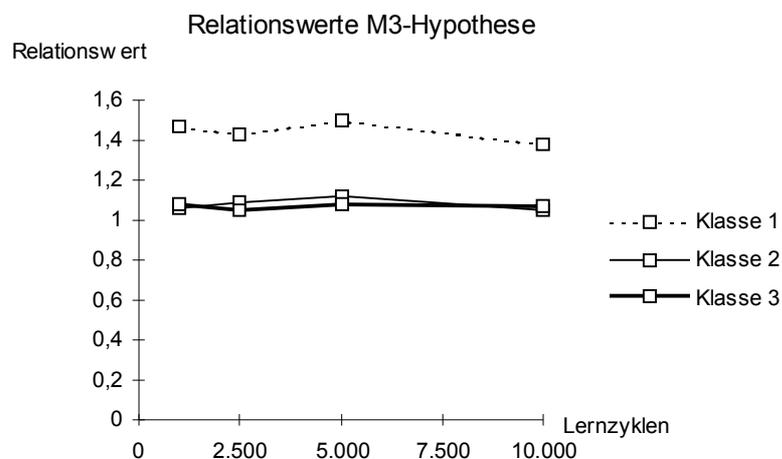
Abbildung 6.25: Testwerte der M3-Hypothese-Simulation



Die Klasse 3 weist die höchsten Testwerte über alle Lernepochen hinweg auf, die Klasse 2 hat die zweithöchsten Testwerte. Die Klasse 1 hat die mit Abstand niedrigsten Testwerte für alle geprüften Lernepochen. Bei 500 Lernzyklen liegt der Durchschnittswert der Testleistung der Klasse 3 bereits bei rund 84% korrekt getesteten Exemplaren. Die Abweichung zu den Klassen 1 und 2, die einander ähnlicher sind, betragen rund 44% bzw. 23%. Die Klasse 1 kann zu diesem Zeitpunkt nicht einmal die Hälfte der neuen, noch unbekanntenen Exemplare richtig kategorisieren. Bei 10.000 Lernzyklen liegt die Testleistung der Klasse 3 bei rund 90%. Die Abweichungen zu den Klassen 1 und 2 betragen 32% bzw. 13%.

Die Zusammenhänge zwischen Trainings- und Testleistung können mit Hilfe der Relationswerte für die drei Klassen wie folgt ausgedrückt werden:

Abbildung 6.26: Relationswerte der M3-Hypothese-Simulation



Die Klassen 1 und 2 weisen ähnlich niedrige Relationswerte auf (1,05 bzw. 1,07 bei 10.000 Lernzyklen). Die Relationswerte bleiben über die Lernepochen hinweg relativ konstant. Die Klasse 1 hat die höchsten Relationswerte. Bei 500 Lernzyklen beträgt der Wert 1,41 und bei 10.000 Lernzyklen immer noch 1,38, was einer geringfügigen Abnahme von nur 2% entspricht. Der hohe Wert für die Klasse 1 erklärt sich mit der großen Diskrepanz zwischen Trainings- und Testleistung.

### Diskussion:

Die Ergebnisse bestätigen die M3-Hypothese, die besagt, daß sich eine Kategorie, die sich stärker von den anderen Kategorien unterscheidet ein besseres Kategorisierungsergebnis erzielt als Kategorien, die einander ähnlicher sind. Im Versuchsplan 3 ist die Klasse 3 die distinktere Kategorie. Sie zeigt das beste Trainingsergebnis und testet am besten. Die beiden Kategorisierungsleistungen stehen zueinander in einem proportionalen Verhältnis, was durch den annähernd linearen Verlauf der Relationswerte über die Lernepochen verdeutlicht wird. Übertragen auf die Modellkonzeption bedeutet das Ergebnis, daß bei der Ausbildung von Kategorien die Distinktivität einen Einfluß auf die Güte des Kategorisierungsergebnisses hat. Für die Exemplare einer Kategorie, die sich stärker von den Exemplaren anderer Kategorien unterscheiden, können sich zu einem früheren Zeitpunkt relativ stabile Kategorisierungen herausbilden. Die Stabilität betrifft neben der Fähigkeit, wiederholt im Wahrnehmungsprozeß auftretende Exemplare der herausgebildeten Kategorie zuzuordnen insbesondere auch die Fähigkeit, neue Exemplare, die geringere Ähnlichkeiten zu der gebildeten Kategorie aufweisen, in die gebildete Strukturierung zu assimilieren. Eine solche stabile Kategorie hat für das Individuum eine genügend große Vertrautheit. Das bildet die Voraussetzung für weitere Akkomodationsprozesse, damit die herausgebildeten Strukturen noch flexibler auf die Umwelt reagieren können.

Es sei noch auf ein interessantes Nebenergebnis des Versuchsplans 3 hingewiesen. Obwohl die Klasse 1 und 2 zu Klasse 3 die gleiche Distinktivität aufweisen, zeigen die beiden Klassen nur eingeschränkt vergleichbare Kategorisierungsleistungen. Im direkten Vergleich der beiden Klassen trainieren die Klassen 1 und 2 annähernd gleich gut, was durch die Abweichung von rund 1% bei 10.000 Lernzyklen belegt wird. Es bestehen jedoch große Unterschiede in der Kategorisierungsleistung in Bezug auf das Testverhalten. Bei 10.000 Lernzyklen beträgt die Abweichung der Testleistung der Klasse 2 gegenüber der Klasse 1 rund 22%. Entsprechend ergibt sich für die Klasse 1 ein wesentlich höherer Relationswert als für die Klasse 2. Die im Hinblick auf die Klasse 1 insgesamt niedrigeren Testwerte der Klassen 1 und 2 erklären sich damit, daß die Testexemplare in ihren Merkmalen größere Überlappungen aufweisen, was die korrekte Zuordnung zu der einen oder anderen Kategorie erschwert. Hingegen

konkurrieren die Exemplare der Klasse 3 aufgrund des schwächeren Überlappungsgrades weniger stark mit den Zuordnungen zu den beiden anderen Klassen. Die zusätzlichen Unterschiede zwischen den Klassen 1 und 2 lassen sich damit erklären, daß die Klasse 1 eine für das Testen ungünstigere Random-Menge an Exemplaren erhalten hat, in dem Sinne, daß die Exemplare zu stark den Exemplaren der Klasse 2 ähneln. Für den folgenden Versuchsplan 4, in welchem die Wechselwirkung der beiden Einflüsse Kategorieerfahrung und Distinktivität auf die Kategorisierung untersucht wird, werden dieselben Testexemplare des Versuchsplans 3 für alle drei Klassen verwendet. Damit wird eine systematische Analyse der variierenden Effekte ermöglicht. Aufgrund der Abweichung im Testverhalten der Klassen 1 und 2 wird die ungünstigere Klasse 1 als Klasse mit der größten Kategorieerfahrung in Versuchsplan 4 gewählt.

#### **6.3.1.4 Einfluß der Distinktivität und der Kategorieerfahrung**

Mit den bislang vorgestellten Versuchspläne 1 bis 3 werden die in Kapitel 2 aufgestellten Modellhypothesen 1 bis 3 simulativ überprüft. Wenn im folgenden mit dem Versuchsplan 4 eine weitere simulative Überprüfung einer neu aufgestellten M-Hypothese erfolgt, so stellt diese eine weitergehende Ableitung aus den mit Hilfe der Simulationen erzielten Ergebnisse dar (Anm. 7). Zum einen wird mit den Ergebnissen der M2-Hypothese-Simulation der Zusammenhang zwischen zunehmender Kategorieerfahrung und Güte der Kategorisierung belegt und zum anderen konnte gezeigt werden, daß der Einflußfaktor der Distinktivität die Güte der Kategorisierung beeinflusst. Für die kombinierten Effekte des gemeinsamen Einflusses von großer Kategorieerfahrung und großer Distinktivität wird auf der Grundlage der simulativ erzielten Ergebnisse folgende Hypothese aufgestellt:

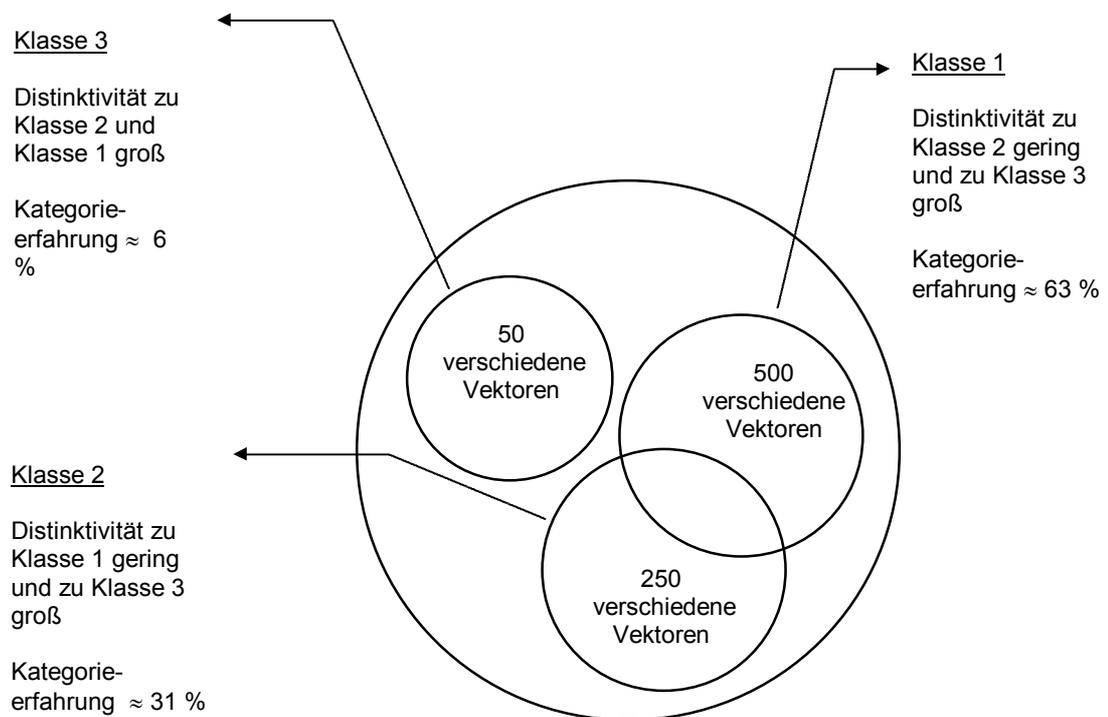
*M4-Hypothese: Der Einfluß der Distinktivität verschwindet, je größer die Kategorieerfahrung ist. Bei großer Distinktivität und geringer Kategorieerfahrung ist die distinktere Kategorie besser kategorisiert.*

### Methode:

Die verwendeten Inputvektoren für den Versuchsplan 4 sehen wie folgt aus:

Die Trainingsmenge besteht aus 800 Vektoren: 500 Random-Vektoren des Versuchsplans 4 für die Klasse 1 um das Zentrum  $0.5 \ 0.5 \ 0 \ 0$ , 250 Random-Vektoren aus dem Versuchsplan 4 für die Klasse 2 mit dem Zentrum  $0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0$  und 50 Random-Vektoren aus dem Versuchsplan 4 für die Klasse 3 mit dem Zentrum  $0 \ 0 \ 0 \ 0.5$ . Die Outputmenge der Klasse 1 enthält die 500 binären Vektoren  $1 \ 0 \ 0$ , die Klasse 2 die 250 Vektoren  $0 \ 1 \ 0$  und die Klasse 3 die 50 Vektoren  $0 \ 0 \ 1$ .

Abbildung 6.27: Operationalisierung der Distinktivität und Kategorisierung

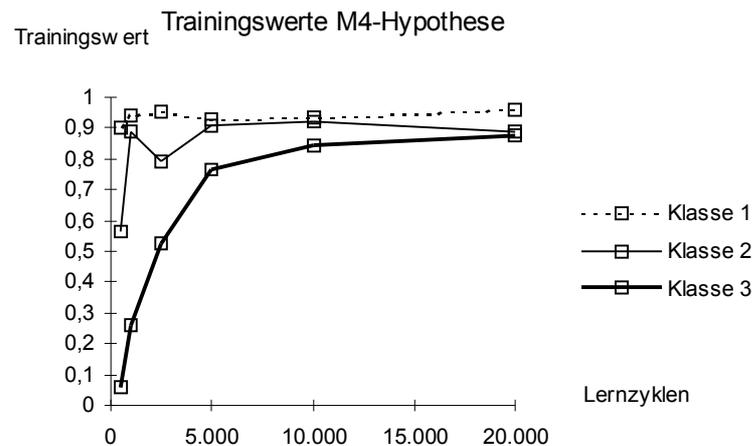


Es werden dieselben Testvektoren sowie die Targetmenge für den Testoutput wie in Versuchsplan 4 verwendet. Der Lernvorgang wird bis 20.000 Lernepochen ausgewertet, weil sich einige der bei 10.000 Lernzyklen angedeuteten Tendenzen hier noch deutlicher zeigen.

### Ergebnis:

Es wurden folgende Trainingsergebnisse erzielt:

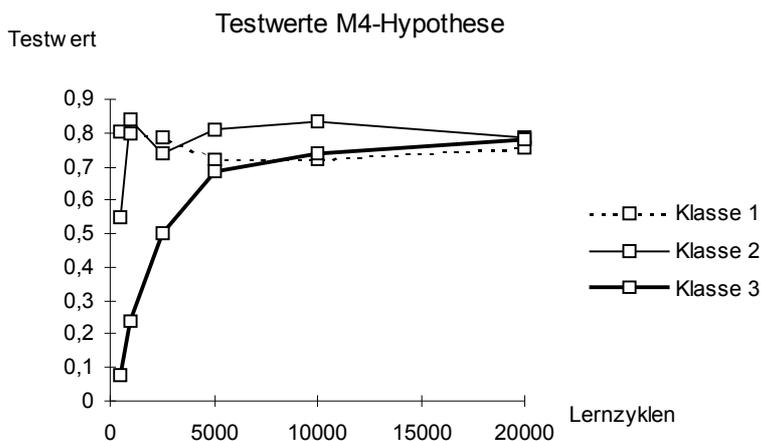
Abbildung 6.28: Trainingswerte der M4-Hypothese-Simulation



Zu einem frühen Lernstadium nach 500 Lernepochen zeigt die Klasse 3 mit großer Distinktivität und geringer Kategorieerfahrung eine extrem schlechte Trainingsleistung. Sie kann zu diesem Zeitpunkt nur rund 6% der trainierten Exemplare korrekt kategorisieren. Die Klasse 2 kann mit rund 56% über die Hälfte ihrer Exemplare kategorisieren, für die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung beträgt der Prozentsatz zu diesem frühen Zeitpunkt schon 90%. Nach 10.000 Lernzyklen beträgt der Prozentsatz der richtig kategorisierten Exemplare für die Klasse 3 rund 84%, damit hat sich die Kategorisierungsleistung um 78% verbessert. Die Klasse 2 hat ihre Kategorisierungsleistung um rund 36% auf 92% richtig kategorisierte Exemplare verbessert. Die Zunahme für die Klasse 1 in der Kategorisierungsleistung der Trainingsexemplare beträgt rund 6%. Bei 10.000 Lernzyklen können rund 96% der Exemplare korrekt kategorisiert werden. Die Klasse 3 mit großer Distinktivität und geringer Kategorieerfahrung verzeichnet den größten Zuwachs in der Trainingsleistung. Das Kategorisierungsverhalten wird zunehmend dem der beiden anderen Klassen ähnlicher. Bei 20.000 Lernzyklen beträgt der Unterschied zur Klasse 2 noch rund 1% bzw. zur Klasse 1 rund 7%.

Die Testwerte des Versuchsplans 4 sehen wie folgt aus:

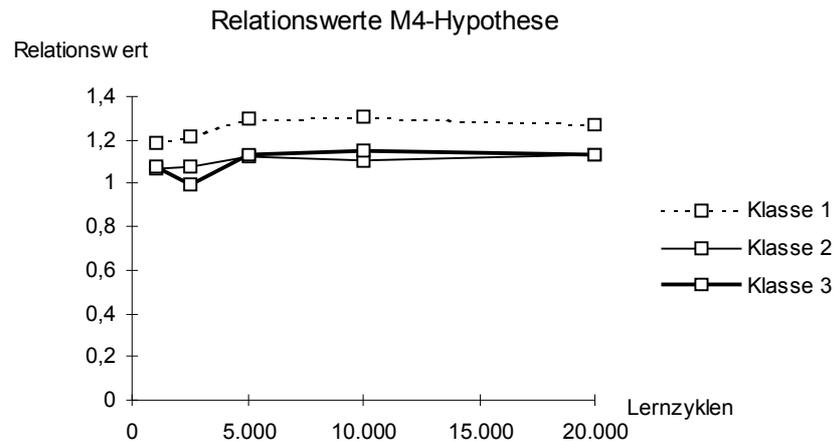
Abbildung 6.29: Testwerte der M4-Hypothese-Simulation



Die Testwerte zeigen zunächst einen starken Beginn für die Klasse 1 mit großer Kategorieerfahrung und geringer Distinktivität. Nach 500 Lernzyklen kann die Klasse 1 rund 81% der Testexemplare korrekt kategorisieren. Die Klasse 2 testet zu diesem Zeitpunkt mit rund 55% etwa die Hälfte ihrer Testexemplare richtig. Für die Klasse 3 beträgt der Prozentsatz der richtig kategorisierten Exemplare bei 500 Lernzyklen nur rund 8%. Ein verändertes Bild bietet sich bei der Betrachtung des Testverhaltens bei 1.000 Lernzyklen. Ab 1.000 Lernzyklen zeigt die Klasse 2 eine bessere Testleistung als die Klasse 1. Die Klasse 2 kategorisiert rund 84% der Testexemplare korrekt, wohingegen bei der Klasse 1 der Prozentsatz rund 80% beträgt. Bei 10.000 Lernzyklen liegen die beiden Klassen um 11% in ihrem Testverhalten auseinander. Die Klasse 3 mit der kleinsten Kategorieerfahrung und der größten Distinktivität verzeichnet mit größerer Lernerfahrung ein zunehmend verbessertes Testverhalten. Bei 20.000 Lernzyklen testet die Klasse 3 so gut wie die Klasse 2 und mit einem Unterschied von plus 4% sogar leicht besser als die Klasse 1. Insgesamt nimmt die Testleistung der Klasse 1 von 500 bis 10.000 Lernzyklen um rund 8% ab. Das Testverhalten der Klasse 2 nimmt hingegen um rund 29% zu und die Klasse 3 verzeichnet einen Anstieg um 66%.

Die Unterschiede im Trainings- und Testverhalten der drei Klassen stellen sich in Betrachtung der Relationswerte wie folgt dar:

Abbildung 6.30: Relationswerte der M4-Hypothese-Simulation



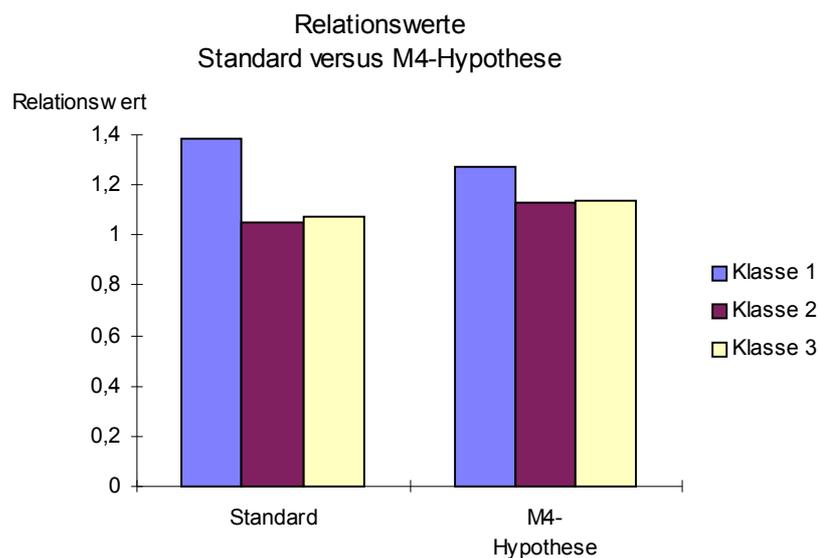
Aufgrund des schlechten Testverhaltens der Klasse 1 im Vergleich zu ihrem Trainingsverhalten weist die Klasse 1 die höchsten absoluten Relationswerte auf. Der Wert beträgt 1,11 bei 500 Lernzyklen und nimmt um 17% auf 1,3 bei 10.000 Lernzyklen zu. Die Relationswerte der Klasse 2 nehmen von 0,92 auf 1,11 um rund 21% zu. Die Klasse 3 hat ähnlich niedrige Relationswerte wie die Klasse 2 und verzeichnet mit einer Veränderung von knapp 10% von 1,05 auf 1,15 die geringste Zunahme in ihren Relationswerten.

Im Anschluß an die im Versuchsplan 4 direkt erzielten Ergebnisse sollen diese ergänzend im Vergleich zu den Standardbedingungen dargestellt werden.

In Bezug auf die Variation der unabhängigen Variablen der Kategorieerfahrung stellt die M3-Hypothese-Simulation die Standardbedingung für die M4-Hypothese-Simulation dar, weil die Distinktivitätsverhältnisse in beiden Versuchen identisch sind und nur die Kategorieerfahrung variiert wird. Der Vergleich der beiden Simulationsergebnisse gibt Aufschluß darüber, inwieweit der singuläre Effekt sich gegenüber dem kombinierten Effekt Distinktivität und Kategorieerfahrung gleich oder unterschiedlich darstellt. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse wird dadurch ermöglicht, weil in beiden Versuchen mit denselben Trainings- sowie Testvektoren gearbeitet wird.

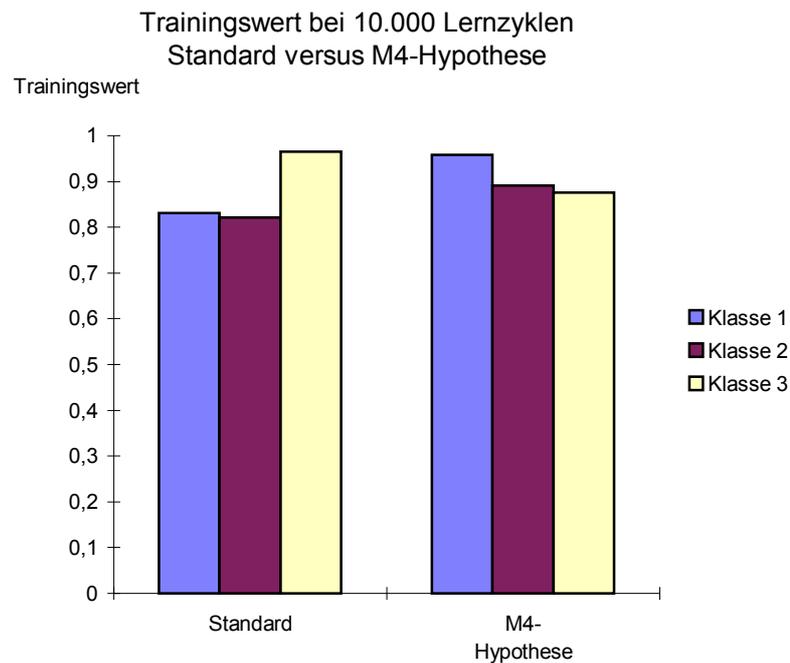
Der Vergleich der Relationswerte mit der Standardbedingung, welche dem Versuchsplan 3 entspricht, ergibt folgendes Bild:

Abbildung 6.31: Vergleich der Relationswerte der Standard- und M4-Hypothese-Simulation



Die Relationswerte in der Standardbedingung (M3) und der M4-Hypothese-Simulation unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Die Abweichungen betragen rund minus 8% für die Klasse 1, rund plus 8% für die Klasse 2 und plus 6% für die Klasse 3. Die Aufschlüsselung in die beiden Komponenten Trainingsleistung und Testleistung ergibt folgendes Ergebnis, welches in Abbildung 6.32 dargestellt ist.

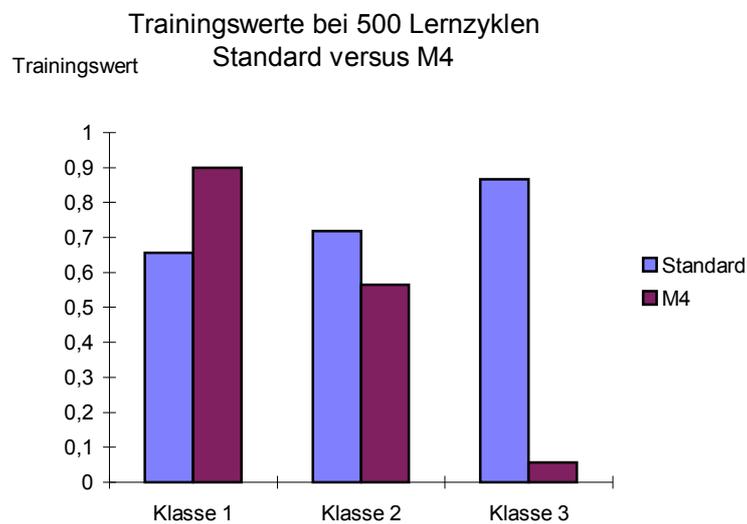
Abbildung 6.32: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M4-Hypothese-Simulation bei 10.000 Lernzyklen



Die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung und geringer Distinktivität verbessert ihr Trainingsergebnis im Vergleich zur M3-Standardsimulation am stärksten. Der Unterschied zur Trainingsleistung in der M3-Standardsimulation beträgt rund 13%. Die Klasse 2 mit der zweitgrößten Kategorieerfahrung und geringer Distinktivität kategorisiert um rund 7% besser als in der M3-Standardsimulation. Die Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung und großer Distinktivität kategorisiert um rund 9% schlechter als in der M3-Standardbedingung. Die Klasse 1, die in der M3-Standardbedingung aufgrund der geringen Distinktivität am schlechtesten war, ist jetzt die beste Klasse. Umgekehrt kategorisiert die Klasse 3, die in der M3-Standardsimulation aufgrund der großen Distinktivität am besten war, jetzt am schlechtesten.

Die Umkehrung der Kategorisierungsleistungen der Klasse 3, die in der Standardbedingung am besten kategorisiert und die bei gleichzeitig geringer Kategorieerfahrung im Vergleich zu den anderen Klassen jedoch am schlechtesten kategorisiert, zeigt sich bei 500 Lernzyklen am deutlichsten und soll hier im unmittelbaren Vergleich der jeweiligen Klasse verdeutlicht werden:

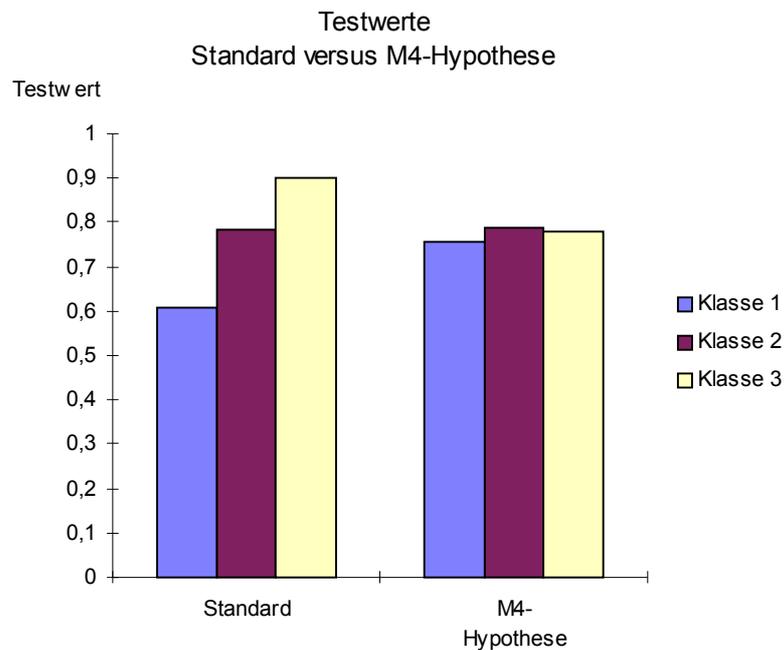
Abbildung 6.33: Vergleich der Trainingsleistung der Standard- und M4-Hypothese-Simulation bei 500 Lernzyklen



Für die Klasse 3 beträgt die Abweichung zur Standardsimulation bei 500 Lernzyklen rund minus 81%. Die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung in der M4-Hypothese-Simulation kategorisiert um rund 24% besser.

Der Vergleich der Ergebnisse der Testwerte zwischen der M3-Standard- und M4-Hypothese-Simulation sieht wie folgt aus:

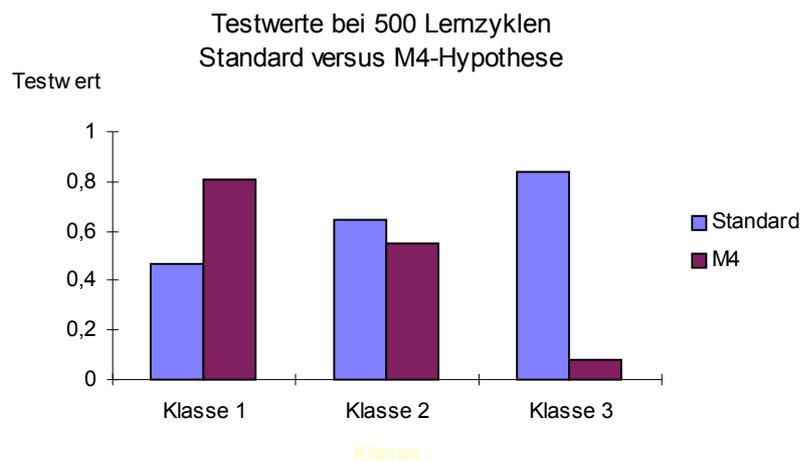
Abbildung 6.34: Vergleich der Testwerte der Standard und M4-Hypothese-Simulation bei 10.000 Lernzyklen



Die Klasse 1 zeigt unter den veränderten Bedingungen der M4-Hypothese-Simulation ein um rund 15% verbessertes Testverhalten. Die Klasse 2 zeigt keine Veränderung in ihrem Testverhalten gegenüber der Standardsimulation. Die Klasse 3, die in der Standardsimulation aufgrund der großen Distinktivität gegenüber den beiden anderen Klassen am besten getestet hat, zeigt in der M4-Hypothese-Simulation eine um rund 12% verschlechterte Testleistung.

Auch hier soll abschließend die Höhe der Unterschiede für die jeweilige Klasse zu dem frühen Zeitpunkt des Lernens von 500 Lernzyklen in Abbildung 6.35 verdeutlicht werden.

Abbildung 6.35: Vergleich der Testwerte der Standard und M4-Hypothese-Simulation bei 500 Lernzyklen



Für die Klasse 3 mit großer Distinktivität und geringer Kategorieerfahrung beträgt die Abweichung bei 500 Lernzyklen zur Standardsimulation rund minus 76%. Die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung in der M4-Hypothese-Simulation kategorisiert die Testexemplare um rund 34% besser als in der Standardbedingung.

Da im Versuchsplan 4 zwei unabhängige Variablen in ihrem wechselseitigen Einfluß untersucht werden, soll neben der M3-Standard-Simulation, bei der die Kategorieerfahrung konstant gehalten wird, als weitere Standard-Simulation die M2-Simulation, bei welcher die Distinktivität zwischen den einzelnen Klassen gleich ist, dafür aber die Kategorieerfahrung variiert wird, vergleichend zu den Ergebnissen der M4-Hypothese-Simulation herangezogen werden. Dabei können die erzielten Ergebnisse nicht direkt miteinander verglichen werden, weil in den Versuchen unterschiedliche Vektoren verwendet werden. Was hingegen zum Vergleich herangezogen werden kann, sind die Relationen zwischen der M2-Hypothese-Simulation sowie deren Standard-Simulation auf der einen Seite und der M4-Hypothese-Simulation sowie deren Standard-M3-Hypothese-Simulation auf der anderen Seite. Auf dieser Grundlage können Aussagen gemacht werden, ob Unterschiede bestehen oder nicht in Bezug auf das Kategorisierungsergebnis, wenn die Kategorieerfahrung für eine Menge gleich distinkter Klassen oder Klassen unterschiedlicher Distinktivität variiert wird.

Entsprechend sind die Veränderungen, die mit der Veränderung der unabhängigen Variablen der Kategorieerfahrung im Versuchsplan 2 im Vergleich zu der

Standardbedingung ergeben, hier nochmals aufgeführt. Die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung im Versuchsplan 2 zeigt gegenüber der Standardsimulation eine um rund 14% verbesserte Trainingsleistung. Die Klasse 2 mit der zweitgrößten Kategorieerfahrung verzeichnet eine Abweichung um rund minus 7% gegenüber der neutralen Standardbedingung. Die Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung kategorisiert um rund 34% schlechter als im Fall der neutralen Standardbedingung, in welcher sie gleichhäufig wie die anderen Klassen in der Trainingsmenge vorhanden ist. Vergleicht man die Ergebnisse der beiden Standardsimulationen, also auf der einen Seite die M2-Hypothese-Simulation und die M2-Standardsimulation sowie auf der anderen Seite die M4-Simulation und die M3-Simulation, so ergibt sich, daß die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung in beiden Fällen mit 13% bzw. 14% eine ähnliche Zunahme im Trainingsverhalten verzeichnet. Für die Klasse 2 beträgt der Unterschied bei der M2-Hypothese-Simulation/M2-Standardsimulation rund minus 7% und bei der M4-Simulation/M3-Simulation rund plus 7%. Das auffallendste Ergebnis verzeichnet die Klasse 3. Bei der M2-Hypothese-Simulation/M2-Standardsimulation beträgt die Abweichung rund minus 34%, bei der M4-Simulation/M3-Simulation hingegen nur minus 9%.

Der Vergleich der Unterschiede zwischen der jeweiligen Standard und M2- bzw. M4-Simulation ergibt folgendes Bild: Bei der M2-Hypothese/M2-Standardsimulation zeigt die Klasse 1 mit der größten Kategorieerfahrung eine um rund 16% verbesserte Testleistung, die Klasse 2 bleibt in ihrem Testverhalten unverändert. Die Klasse 3 mit der geringsten Kategorieerfahrung weist eine Abweichung von rund minus 38% auf.

Vergleicht man die erzielten Abweichungen, so entsprechen diese für die Klassen 1 und 2 den Abweichungen der M4-Simulation/M3-Simulation. Für die Klasse 3 hingegen beträgt bei der M2-Hypothese-Simulation/M2-Standardsimulation die Abweichung rund minus 38%, bei der M4-Simulation/M3-Simulation hingegen nur rund minus 12%.

#### Diskussion:

Die M4-Hypothese, die einen schwindenden Einfluß der Distinktivität bei gleichzeitig großer Kategorieerfahrung vorhersagt, bestätigt sich zum Teil. Die erzielten

Ergebnisse liefern Hinweise auf interessante Wechselwirkungen der untersuchten Einflüsse, die Differenzierungen in der Formulierung der M4-Hypothese nahelegen.

Die Ergebnisse der M4-Hypothese-Simulation belegen, daß der Einfluß der Distinktivität bei gleichzeitig großer Kategorieerfahrung der anderen beiden Klassen schwindet. Für die Frage der Kausalität der Wirkung muß die Simulation der M4-Hypothese über den Verlauf der Lernepochen betrachtet werden. Bei 500 Lernzyklen zeigt sich, daß die Klasse mit geringer Distinktivität und gleichzeitig großer Kategorieerfahrung bereits sehr hohe Werte zeigt, während umgekehrt die Klasse mit sehr geringer Kategorieerfahrung aber großer Distinktivität auf sehr niederem Niveau trainiert und getestet. Die Lernleistungen sind sogar schlechter als wenn die Distinktivität zwischen den Klassen konstant ist. In der M2-Hypothese-Simulation werden immerhin rund 22% der Trainingsexemplare der Klasse mit der geringsten Kategorieerfahrung richtig gelernt, in der M4-Hypothese-Simulation sind es nur rund 6%. Der Einfluß der Distinktivität verschlechtert somit zu Beginn sogar das Kategorisierungsergebnis. Die Klasse 3 mit großer Distinktivität aber geringer Kategorieerfahrung zeigt ein schlechtes Trainings- und Testverhalten sowohl in der M4-Simulation als auch im Vergleich zu der Standardsimulation, wo die Klasse 3 gleichstark wie die beiden anderen Klassen vertreten ist.

Allerdings trifft die Aussage der M4-Hypothese nur auf die frühen Stufen des Lernprozesses in dieser uneingeschränkten Form zu. Mit der zunehmenden Anzahl der Lernepochen macht sich der Einfluß der Distinktivität zunehmend stärker bemerkbar. Innerhalb der M4-Hypothese-Simulation führt die große Distinktivität trotz geringer Kategorieerfahrung ab 5.000 Lernzyklen zu einem zunehmend der Klasse 1 mit großer Kategorieerfahrung ähnlichem Ergebnis. Im weiteren Verlauf trainiert die Klasse 3 so gut wie die beiden anderen Klassen und getestet sogar leicht besser. Für die Formulierung der M4-Hypothese bedeutet das, daß der schwindende Einfluß der Distinktivität bei gleichzeitig großer Kategorieerfahrung sich nur auf die frühen Stufen des Lernprozesses bezieht. Neben dieser Einschränkung muß der Umkehrschluß ergänzend formuliert werden, der besagt, daß der Einfluß der Distinktivität zu einem späteren Zeitpunkt innerhalb des Lernprozesses zum Tragen kommt. Diese Umkehrergänzung läßt sich mit den Ergebnissen des Vergleichs der M2-Standard/M2-Hypothese und M3-Standard/M4-Hypothese belegen, die zeigen, daß

bei gleicher Distinktivität das Kategorisierungsergebnis für die Klasse mit geringer Kategorieerfahrung deutlich schlechter ist, als wenn diese Klasse sich gleichzeitig von den anderen Klassen unterscheidet. Auch bei großer Lernerfahrung führt eine niedrige Kategorieerfahrung zu deutlich schlechteren Trainings- und Testwerten. Die Distinktivität wirkt gegenläufig, d.h. sie verbessert die ansonsten schlechten Trainings- und Testergebnisse. Umgekehrt läßt sich nicht gleichermaßen eindeutig belegen, daß eine geringe Distinktivität mit gleichzeitig großer Kategorieerfahrung zu einer schlechten Kategorisierung führt.

Für die Wechselwirkung der Einflüsse läßt sich folgendes abschließend festhalten. Die Kategorieerfahrung ist ein sehr starker Einflußfaktor auf die Kategorisierung. Zu einem frühen Lernstadium wird unbeachtet der Relation zu den anderen Klassen in Bezug auf die Binnengestaltung der Exemplarmenge die Klasse mit der größten Kategorieerfahrung am besten kategorisiert. Umgekehrt wird eine Klasse mit geringer Kategorieerfahrung schlecht kategorisiert, auch wenn sie sich in der Binnengestaltung von den anderen Klassen stark unterscheidet. Der Einfluß der Distinktivität kann als sekundärer Einflußfaktor auf die Kategorisierung angesehen werden. Auf einer frühen Stufe des Lernprozesses hat er sogar einen negativen Einfluß, im weiteren Verlauf einen zunehmend positiven Einfluß auf die Kategorisierungsleistung. In den späten Stufen des Lernens kategorisiert eine Klasse mit großer Distinktivität aber geringer Kategorieerfahrung besser, d.h. sie trainiert gleich gut, testet besser als eine Klasse mit geringer Distinktivität und großer Kategorieerfahrung.

Für die Herausbildung von sicheren Kategorien im Sinne der frühen Möglichkeit diese Kategorien mit Hilfe der Größeninformation weiter zu differenzieren bedeuten die Ergebnisse des Versuchsplan 4, daß bei Betrachtung der Wechselwirkungen von Einflüssen zusätzlich zeitliche Abfolgen im Lernprozeß für die Festlegung des Kriteriums der sicheren Kategorie im Sinne einer Vertrautheit relevant werden. Die erzielten Ergebnisse legen nahe, bei der Herausbildung von Kategorien den Einfluß der Kategorieerfahrung als vorrangig anzusehen. Das bedeutet, daß Kategorien mit großer Kategorieerfahrung eine größere Wahrscheinlichkeit besitzen, mit Hilfe der Größeninformation eine Binnendifferenzierung zu erlangen.

### 6.3.1.5 Bedeutung der Objektkategorisierung für die Herausbildung von Bezugssystemen

Die M1-M4-Hypothesen zur Objektklassifizierung machen Aussagen zur Herausbildung von Kategorien in Abhängigkeit von bestimmten Umweltbedingungen und der Lernerfahrung des Individuums.

#### *Singuläre Effekte*

Die simulativen Überprüfungen der einzelnen Hypothesen ergeben, daß die verschiedenen Einflußfaktoren unterschiedlich stark auf den Kategorisierungsprozeß einwirken. Für die untersuchten Einflüsse ergibt sich folgende Abfolge in der Stärke der Effekte.

Die Exemplarerfahrung hat nur einen geringen Einfluß auf das Kategorisierungsergebnis. Es läßt sich ein schwacher Einfluß einer großen Exemplarerfahrung auf die Kategorisierung feststellen, der sich jedoch nur in einer verbesserten Trainingsleistung gegenüber den Klassen mit geringerer Exemplarerfahrung darstellt. Umgekehrt führt eine geringere Exemplarerfahrung nicht zu einer schlechteren Kategorisierung.

Die Einflußfaktoren der Kategorieerfahrung und Distinktivität hingegen beeinflussen das Kategorisierungsergebnis stark. Es gelten uneingeschränkt die Zusammenhänge, daß eine Klasse mit großer Kategorieerfahrung bzw. großer Distinktivität am besten kategorisiert im Sinne einer besseren Trainings- und Testleistung und eines gleichmäßig hohen und konstanten Relationswerts. Der umgekehrte Schluß, daß eine geringere Distinktivität bzw. Kategorieerfahrung zu einem schlechten Kategorisierungsergebnis führt, trifft in dieser uneingeschränkten Form nur für die Kategorieerfahrung zu. Für den singulären Effekt der Kategorieerfahrung auf die Kategorisierung heißt das, daß eine geringe Kategorieerfahrung die Kategorisierung stärker negativ beeinflusst als eine große Kategorieerfahrung den Kategorisierungsprozeß positiv fördert. Bei der Einflußgröße der Distinktivität stellt sich der Zusammenhang zwischen einer niedrigen Distinktivität und einer schlechten Kategorisierungsleistung nicht so stark dar, d.h. der singuläre Effekt auf die Kategorisierung ist in diesem Fall schwächer. Dieses Ergebnis legt nahe, daß die

ausschließliche Betrachtung von singulären Effekten nicht ausreichend ist, sondern das zusätzlich die Wechselwirkungen zwischen den Effekten analysiert werden müssen.

Übertragen auf die Bedeutung für die Konzeptualisierung des Adjektivs „groß“ bedeuten diese Ergebnisse der singulären Effekte, daß die Einflußfaktoren in unterschiedlichem Maße Einfluß auf den Kategorisierungsprozeß der Objektinformation haben. Die Stabilität in der Kategorisierungsleistung der Objektinformation wird als Voraussetzung für eine weitere verfeinerte Kategorisierung angesehen, die dann mittels der Größeninformation erfolgt. Die Abläufe der Objektkategorisierung und Größenkategorisierung nehmen aufeinander Bezug in dem Sinne, daß die Objektkategorisierung die Größenkategorisierung in ihrer Entwicklung bedingt. Mit Piaget gesprochen handelt es sich hierbei um einen Äquilibrationsprozeß, wobei frühere Stadien wie hier die Objektkategorisierung Strukturen bereitstellen, auf die die nachfolgenden wie hier die Größenkategorisierung Bezug nehmen, um einen neuen Gleichgewichtszustand herzustellen, der optimaler den Umwelтанforderungen entspricht.

### *Kombinierte Effekte*

Um die Wechselwirkungen verschiedener Einflüsse auf den Objektkategorisierungsprozeß genauer zu bestimmen, werden im Versuchsplan 4 exemplarisch solche kombinierten Effekte untersucht. Für den kombinierten Effekt der Distinktivität und Kategorieerfahrung ergibt sich, daß zu einer frühen Phase des Lernens die große Distinktivität einer Klasse einen negativen Einfluß auf das Kategorisierungsergebnis hat, wenn gleichzeitig die Kategorieerfahrung gering ist. Umgekehrt spielt eine geringe Distinktivität keine negative Rolle, wenn gleichzeitig die Kategorieerfahrung groß ist. Übertragen auf die Herausbildung eines Vertrautheitsmaßes von Kategorien bedeutet das, daß zu einem frühen Zeitpunkt des Lernens es für ein Individuum wichtiger ist, für die häufig in seiner Umwelt vertretenen Exemplare eine Struktur herauszubilden, d.h. sie in einer Kategorie zu assimilieren. Zu einer frühen Phase scheinen Ähnlichkeiten wichtiger für den Kategorisierungsprozeß zu sein als Unterschiede.

In einem weiter fortgeschrittenen Stadium findet eine Veränderung der Einflüsse der kombinierten Effekte der Distinktivität und Kategorieerfahrung statt. Die Distinktivität erlangt zunehmend an Bedeutung, d.h. die große Distinktivität einer Kategorie führt zu einer besseren Kategorisierung auch bei einer gleichzeitig kleinen Kategorieerfahrung. Für das Individuum bedeutet das ein zunehmendes Interesse an den Unterschieden zwischen den verschiedenen Exemplaren seiner Umwelt, für die es jetzt versucht, die bestehenden Strukturen zu modifizieren. Die Unterschiede, die zwischen den Exemplaren bestehen, zwingen das Individuum, die bestehenden herausgebildeten Strukturen zu akkomodieren.

Insgesamt wird mit der Untersuchung der Wechselwirkung der Einflußgrößen deutlich, daß sich die Zusammenhänge und Kausalitäten nur mittels simulativer Methoden systematisch erfassen lassen. Eine rein experimentelle Überprüfung der Wechselwirkungen ist hingegen nicht möglich, weil das Individuum ein komplexes dynamisches System darstellt, für welches sich einzelne Einflußgrößen nicht aus- oder einschalten lassen und auch keine künstlichen Einschnitte in den kontinuierlichen Entwicklungsprozeß möglich sind. Die simulative Methode hingegen eröffnet die Möglichkeit der gezielten Manipulation der unabhängigen Variablen.

#### *Überlegungen zur Operationalisierung der unabhängigen und abhängigen Variablen*

Die Simulationen zu den M-Hypothesen zeigen aber auch, daß die unabhängigen und abhängigen Variablen genau zu operationalisieren sind. Vor allem im Zusammenhang mit der abhängigen Variable der „Güte der Kategorisierung“ zeigt sich, daß sie spezifiziert werden muß. Eine gute Kategorisierungsleistung kann sich auf die Fähigkeit beziehen, bereits bekannte Exemplare als korrekterweise zur Kategorie zugehörig zu kategorisieren oder auf die Fähigkeit, neue noch unbekannte Exemplare in die bestehenden Strukturen zu assimilieren. Eine weitere Spezifikation betrifft die Entscheidung, ob ein absolut hoher Wert für diese beiden Fähigkeiten oder ein relativ hoher Wert im Vergleich zu den jeweils anderen Klassen als eine gute Kategorisierungsleistung gewertet werden soll. Zusätzlich kann die Güte der Kategorisierung darin bestehen, daß im Vergleich zu einer vorher simulierten Standardbedingung für eine Klasse ein verbessertes Kategorisierungsergebnis erzielt wird. Bei der simulativen Überprüfung von Hypothesen mit Hilfe neuronaler

Netzwerke ist es m.E. sinnvoll, alle möglichen Spezifikationen bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Die Überprüfung von Hypothesen mit Hilfe neuronaler Netzwerke erweist sich als produktives Instrumentarium, mit welchem gleichermaßen dynamische Veränderungen verschiedener Aspekte erfaßt werden können sowie die Hypothesen im Verlauf zunehmend falsifiziert bzw. verfeinert werden können.

Abschließend wird eine alternative Modellkonzeption von Dorffner (1991, 1993, 1996) zur Objektkategorisierung vorgestellt, mit der ebenfalls Aussagen zu Unterschieden bei der Herausbildung von Kategorien getroffen werden. Der Unterschied besteht darin, daß sich die Herausbildung der Kategorien unüberwacht lernend vollzieht.

Die Konzeptbildung der Objektkategorisierung ist gekennzeichnet durch die beiden Prozeßrichtungen Bottom-up und Top-down. Das bedeutet, daß externe sensorische Inputs auf die Kategorisierung und Konzeptualisierung gleichermaßen Einfluß nehmen wie interne Zustände. Dorffner folgert daraus, daß Kategorien und daher konzeptuelle Zustände prinzipiell individuell und subjektiv sind, weil sie von der jeweiligen Umwelt und Vorgeschichte des einzelnen Individuums abhängen. Eine Kategorie steht nach Dorffner für eine Menge von Situationen bestehend aus externen Stimuli und internen Zuständen, während Konzepte systeminterne Zustände bezeichnen, die sich aufgrund der Reaktion auf eine Kategorie ergeben. Da Konzepte auch als Teil bewußter Vorgänge herangezogen werden, müssen die entsprechenden Zustände stabil, eindeutig und identifizierbar sein. Bei der Kategorisierung werden also Ähnlichkeiten auf Gleichheiten transformiert. Im Sinne von konnektionistischer Verarbeitung heißt das, daß verteilte Darstellungen auf relativ lokale, d.h. weniger verteilte abgebildet werden. Für die diesbezügliche Modellierung schlägt Dorffner mehrere vollverbundene Layers für die Kategorisierung, ein sogenannter Pool von C-Layern vor, wobei jeder dieser Layer Inputs von beliebig vielen anderen Layern im Modell, d.h. von den sogenannten externen Units (E-Units) empfängt. Das Aktivationsmuster über alle E-Units kann jetzt also als Situation verstanden werden, auf die der C-Layer zu reagieren hat. In der Folge wird sich im C-Layer ein Richer-get-richer-Effekt einstellen. Während des Lernens muß die Konkurrenz zwischen den Units im C-Layer

verstärkt werden, so daß in der gleichen Situation der Gewinner das nächste Mal stärker über die anderen hinauswächst, d.h. es erfolgt eine Vergrößerung der negativen Gewichte von der stärkeren zur schwächeren Unit. Desweiteren muß die Wahrscheinlichkeit vergrößert werden, daß in einer ähnlichen Situation die gleiche Unit als Gewinner in die Konkurrenz einsteigt, was einer Verstärkung aller Verbindungen von aktiven E-Units zum Gewinner entspricht. Im Hinblick auf die Fragestellung nach Bottom-up- und Top-down-Prozessen im Zusammenhang mit der Konzeptbildung bleibt insgesamt festzuhalten, daß beide Prozeßrichtungen bei der Herausbildung solcher identifizierbarer Zustände (ID-States) eine Rolle spielen. Die Herausbildung dieser Zustände erfolgt bei Dorffner (1991, 1993, 1996) mit dem sogenannten Soft-competitive- Learning. In den Kategorisierungslayern wird gemäß dem Winner-takes-more-Mechanismus (WTM) kategorisiert; es werden sowohl die Gewichte zu den Inputfeatures als auch die Inhibition zwischen den konkurrierenden Units trainiert (Dorffner, 1996). Ein Goodness-of-fit-Wert drückt aus, wie nahe ein Inputmuster zum Prototypen ist und wie stark der Gewinner die anderen Units unterdrückt. Ist der Inputvektor einer Unit zu unähnlich, so kann die Konkurrenz neu gestartet und ein anderer Gewinner gefunden bzw. ein neuer rekrutiert werden. Auf diese Weise können neue Konzepte „entdeckt“ und somit eine verfeinerte Kategorisierung erzielt werden.

Übertragen auf die eigene Modellkonzeption würde eine zu einem frühen Zeitpunkt herausgebildete Kategorie geeignet sein, in der Folge zusammen mit der Größeninformation weiter verfeinert kategorisiert zu werden. Insgesamt zeigt die vergleichende Betrachtung, daß der Vorteil des unüberwachten Lernens im Sinne einer höheren Plausibilität kombiniert werden müßte mit den Vorteilen der gezielten Manipulation und Variation der Einflußgrößen im Kategorisierungsprozeß. Dieses Vorhaben kann im Rahmen dieser Arbeit nicht realisiert werden und sei daher späteren Studien vorbehalten.

### 6.3.2 Ausbildung von Bezugssystemen

Mit den M-Hypothesen 1-4 wurden die Voraussetzungen formuliert, die erfüllt sein müssen, damit eine erweiterte Kategorisierung mit Hilfe der Größeninformation erfolgen kann. Für die Betrachtung der Kategorisierungsprozesse unter Hinzunahme der Größeninformation werden zwei Versuchspläne realisiert. Im ersten Versuchsplan, der insgesamt aus 5 Versuchen besteht, wird der Einfluß der Größenwertstreuung auf die Klassifikation untersucht. Es soll die M6-Hypothese überprüft werden, die besagt, daß eine große Größenwertstreuung zu einer differenzierteren Kategorisierung führt. Es wird gezeigt, daß sich dieselben Differenzierungseffekte einstellen, wenn die Objektinformation berücksichtigt wird und diese zusammen mit der Größeninformation kohonenklassifiziert wird. Im zweiten Versuchsplan wird anhand von zwei Versuchen der Einfluß der Größenprägnanz auf die Klassifikation untersucht. Die zu überprüfende M7-Hypothese stellt die Behauptung auf, daß große Unterschiede bezüglich der Exemplare einer Klasse sich zu einem früheren Zeitpunkt im Kategorisierungsergebnis in Form einer differenzierteren Kategorisierung niederschlagen, als wenn die Unterschiede zwischen den Exemplaren weniger auffallend sind.

Die Netzwerkarchitektur besteht aus einer Eingabeschicht mit 11 Units. Die ersten vier Eingabeunits sind für die Exemplarinformation der Objekte der zu kategorisierenden Klasse reserviert. Die hinteren 7 Units stehen für die Größeninformation der einzelnen Objekte der Klasse. Die Eingabeschicht ist mit der Schicht für die Objektklasse verbunden. Die Objektklassenschicht besteht aus drei Units. Hier wird entschieden, ob ein Exemplar als der Klasse 1, 2 oder 3 zugehörig klassifiziert wird. Wie in 6.3.1 gezeigt, ist diese Entscheidung ein gradueller Prozeß, der vom jeweiligen Entwicklungs- und Kenntnisstand des Individuums abhängt. Erst wenn eine genügend große Erfahrung mit den Objektklassen besteht, kann eine erweiterte Objektklassenkategorisierung mit Hilfe der Größeninformation erfolgen. In 6.3.1 wurden Hypothesen für den Vertrautheitsgrad von Objektklassen formuliert und simulativ überprüft. Für die verfeinerte Kategorisierung mit Hilfe der Größeninformation gibt es für jede Klasse eine Kohonenkarte, auf welcher die Objektklasse mit Hilfe der Größeninformation klassifiziert wird. Die

Objektklassenschicht ist mit den Kohonenkarten verbunden und schaltet jeweils die richtige Karte für die verfeinerte Klassifikation an.

Für jede Karte werden insgesamt 150 Muster mit unterschiedlicher Größeninformation trainiert. Für den Bestandteil der Inputinformation, der für die Exemplarinformation steht, werden für die Überprüfung der M6-Hypothese in den Versuchen 4 und 5 die Daten aus dem Objektklassifikationsteil in 6.3.1 verwendet. Für die Größeninformation wird der Output des in 6.2.3 trainierten Netzes verwendet. Damit wird der Annahme entsprochen, daß die Objektinformation und Größeninformation parallel zur Verfügung gestellt werden, aber erst bei Erreichen einer bestimmten Entwicklungsstufe für weitere kognitive Prozesse gemeinsam miteinander verarbeitet werden. Die kognitive Leistung entspricht in diesem Fall der Klassifikation der Objektinformation zusammen mit der Größeninformation, was zur Ausbildung von komplexen inneren Strukturen führt. Die Größeninformation ist mit der Verarbeitung jedes Einzelexemplares einer Objektklasse miteingegangen, kann jedoch erst, wenn eine bestimmte Verarbeitungssicherheit mit der Objektklasseninformation erreicht ist, für eine erweiterte Klassifikation hinzugezogen werden. Die beiden Verarbeitungsprozesse bauen aufeinander auf. Der Ablauf entspricht den von Piaget beschriebenen ontogenetischen Entwicklungsstadien, wobei frühere Stadien die Strukturen bereitstellen, auf die die nachfolgenden Bezug nehmen, um einen neuen Gleichgewichtszustand herzustellen.

Insgesamt gibt es in der Netzwerkarchitektur 528 Gewichte. Von der Inputschicht, die aus 11 Units besteht, existieren jeweils 176 Gewichtsverbindungen zu den drei Kohonenkarten. Davon gehen jeweils 64 Verbindungen von den Objektinformationsinputunits zur Kohonenkarte und 112 Verbindungen von den Größeninformationsinputunits zur Kohonenkarte.

Die Gewichtsdatei enthält insgesamt 528 Werte. Die ersten 176 Werte stellen die Gewichtsverbindungen zur ersten Kohonenkarte dar. Die ersten 64 Werte sind die Gewichtsverbindungen von der Inputunit 0 zur Kartenunit 0, von der Inputunit 1 zur Kartenunit 0 usw..

Für die Auswertung der Kohonenklassifikation werden die Gewichtsverbindungen bei 10, 100, 1.000, 5.000, 8.000, 10.000 und 15.000 Lernschritten gespeichert. Anschließend werden die Werte in Excel-Tabellen übertragen und weiterverarbeitet. Auf die Operationalisierung der unabhängigen Variablen wird in den jeweiligen Versuchsplänen separat eingegangen. Die Operationalisierung der abhängigen Variablen „Differenzierung der Karte“ sei hier vorab erläutert.

Allgemein soll eine Karte dann als differenziert betrachtet werden, wenn sich die Gewichtsvektoren der Kartenunits stark voneinander unterscheiden. Entsprechend weist eine Karte einen geringen Differenzierungsgrad auf, wenn die Gewichtsvektoren einander ähnlich sind. Von einer Differenzierung im speziellen Fall der Größenkategorisierung soll gesprochen werden, wenn einige oder einer der Gewichtsvektoren der Kartenunits zu dem während des Lernens selbst nicht explizit präsentierten Größenprototypvektor sehr ähnlich sind und es gleichzeitig Gewichtsvektoren von Kartenunits gibt, die zu dem Größenprototypvektor sehr unähnlich sind. Hierzu werden für alle Gewichtsdateien und für jeden betrachteten Lernzyklus die euklidischen Normen zu den während des Lernens selbst nicht explizit präsentierten Prototypen berechnet. Das Ähnlichkeitsmaß der euklidischen Norm wird u.a. in Dorffner (1991) vorgestellt. In der geometrischen Darstellung im zwei- oder dreidimensionalen Raum entspricht das Ähnlichkeitsmaß der euklidischen Norm der Berechnung der Abstände der Vektoren in der Ebene bzw. im Raum. In diesem Ähnlichkeitsmaß werden, anders als bei der Winkelähnlichkeit, die unterschiedlichen Längen von Vektoren berücksichtigt. Gleichzeitig handelt es sich um ein absolutes Ähnlichkeitsmaß, weil anders als beim Ähnlichkeitsmaß des inneren euklidischen Produkts vermieden wird, daß ein längerer Vektor zu einem kürzeren Ausgangsvektor ähnlicher ist als dieser Ausgangsvektor zu sich selbst.

Zur Berechnung der euklidischen Norm wird die Summe der Beträge der Abweichungen gebildet. Je kleiner der Ergebniswert, desto ähnlicher sind sich die verglichenen Vektoren. Entsprechend wird für die Berechnung jeder Gewichtsvektor einer Kartenunit der Kohonenkarte mit den Prototypen verglichen mit der Formel

$$\sqrt{\left((g_1 - p_1)^2 + (g_2 - p_2)^2 + \dots\right)}.$$

Je kleiner der Wert, desto geringer ist der Abstand zwischen dem jeweiligen Gewichtsvektor und dem selbst nicht explizit präsentierten Prototypenvektor, d.h.

desto besser repräsentiert die Kartenunit eine Größenklasse. In einem weiteren Schritt erfolgt die Berechnung der Differenz zwischen dem größten euklidischen Abstandswert und dem kleinsten. Je größer dieser Wert, desto größer ist der Differenzierungsgrad der Karte. Diese zusätzliche Berechnung des Differenzierungsgrades ist deshalb notwendig, weil ein kleiner euklidischer Abstandswert für sich genommen noch keine zuverlässige Aussage über die Güte der Klassifikation zuläßt. So ist es möglich, daß alle Units der Kohonenkarte zu einem Prototypen eine gleichermaßen geringe euklidische Distanz aufweisen, was bedeutet daß alle Units gleich gut den Prototypen repräsentieren. Es gibt in diesem Fall allerdings keinen Gewinner unter den Units. Diese Tatsache kann mit Hilfe des berechneten Differenzwertes zwischen dem Gewichtsvektor mit dem größten und dem kleinsten euklidischen Abstand ausgedrückt werden. Im Falle eines gleich kleinen euklidischen Abstandes aller Units ist der Differenzwert der Karte klein. Der Differenzwert ist ebenfalls klein, wenn alle Units eine große euklidische Distanz zum Prototypenvektor aufweisen. Somit trifft der Differenzwert unabhängig von den absoluten euklidischen Distanzwerten eine Aussage über die Güte der Differenzierungsfähigkeit der Karte. Eine Karte weist somit einen optimalen Differenzierungsgrad auf, wenn beide Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

- a) Die euklidischen Abstände zu den selbst nicht explizit präsentierten Prototypen werden minimal.
- b) Die Differenz zwischen dem größten euklidischen Abstandswert und dem kleinsten wird maximal.

Dieser Zusammenhang wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$\text{MIN} + 1 / (1 + (\text{MAX} - \text{MIN})),$$

wobei MIN für den Gewichtsvektor mit der geringsten und MAX für den Gewichtsvektor der Kartenunit mit dem größten euklidischen Abstand zum selbst nicht explizit beim Lernen präsentierten Prototypen steht. Das Ergebnis wird in der Folge als Differenzierungswert bezeichnet.

### 6.3.2.1 Einfluß der Größenwertstreuung auf den Differenzierungsprozeß

#### Operationalisierung:

Es werden insgesamt drei Versuchspläne durchgeführt, um die unabhängige Variable „Größenwertstreuung“ in den drei Ausprägungen „gering“, „mittel“ und „groß“ zu operationalisieren. Zusätzlich werden zwei Versuchspläne 4 und 5 durchgeführt, bei welchen neben der Größeninformation zusätzlich die Objektklasseninformation bei der Kohonenklassifikation berücksichtigt wird. Die beiden Versuche dienen der Überprüfung der Behauptung, daß sich dieselben Klassifikationstendenzen ausbilden, wenn der Objektinformationsbestandteil zusätzlich bei der Klassifikation mitberücksichtigt wird.

Für die Größeninformation des Versuchs 1 mit der Ausprägung „geringe Größenwertstreuung“ werden 150 Abweichungsmuster (Radius 0,5) der Größenklasse 1 generiert. Der Größenvektor ist 7-dimensional und hat das Zentrum  $1\ 0.5\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$ .

Im Versuch 2, bei welchem die Ausprägung „mittlere Größenwertstreuung“ operationalisiert wird, werden 3 x 50 Größenvektoren der Größenklasse 1, 3 und 5 mit den Zentren  $1\ 0.5\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$  sowie  $0.5\ 1\ 0.5\ 0\ 0\ 0\ 0$  und  $0\ 0.5\ 1\ 0.5\ 0\ 0\ 0$  jeweils mit einem Radius von 0,5 erzeugt.

Die Größeninformation für den Versuch 3 mit der Ausprägung „groß“ der unabhängigen Variablen Größenwertstreuung besteht aus 5 x 30 Vektoren um die Zentren der Größenklassen 1, 3, 5, 7 und 9. Die Abweichungsmuster mit dem Radius von 0,5 werden um die Prototypen  $1\ 0.5\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$ ,  $0.5\ 1\ 0.5\ 0\ 0\ 0\ 0$ ,  $0\ 0.5\ 1\ 0.5\ 0\ 0\ 0$  sowie  $0\ 0\ 0.5\ 1\ 0.5\ 0\ 0$  und  $0\ 0\ 0\ 0.5\ 1\ 0.5\ 0$  erzeugt.

Im Versuch 4 werden für die Objektinformation 50 Random-Vektoren um das Zentrum  $0.5\ 0.5\ 0\ 0$  mit dem Radius 0,5 erzeugt und die 50 Random-Vektoren aus Versuch 1 (Zentrum  $1\ 0.5\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$ , Radius 0,5) als Größeninformationsbestandteil verwendet.

In Versuchsplan 5 werden für die Objektinformation ebenfalls 50 Random-Vektoren um das Zentrum  $0.5\ 0.5\ 0\ 0$  mit dem Radius 0,5 als Objektklassenbestandteil verwendet. Der Bestandteil der Größeninformation entspricht den für Versuch 2

erzeugten Vektoren mit den Zentren 1 0.5 0 0 0 0 0 sowie 0.5 1 0.5 0 0 0 0 und 0 0.5 1 0.5 0 0 0 und dem jeweiligen Radius von 0,5.

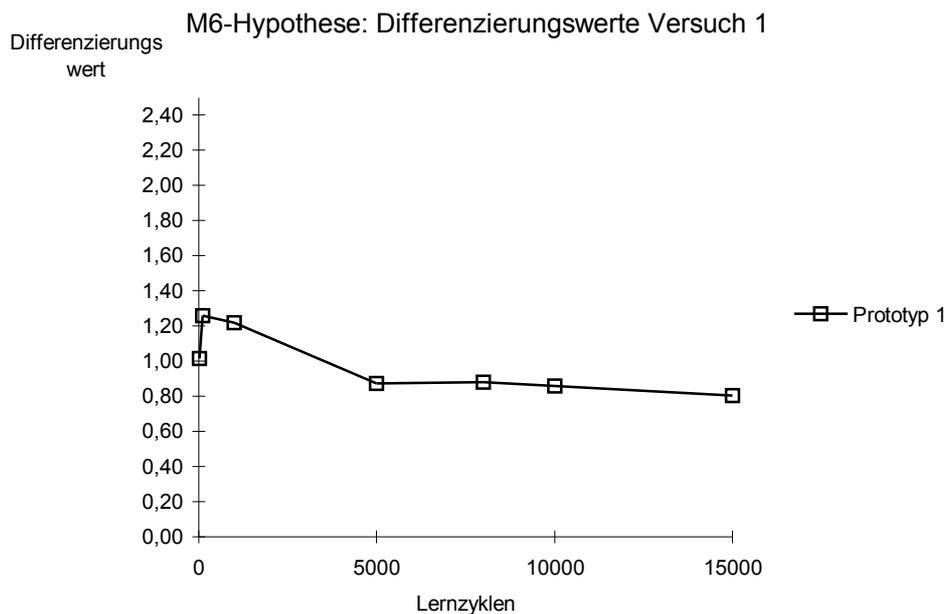
Die Versuche wurden mehrmals und auch mit den verschiedenen Prototypen aller Größen durchgeführt. Die Gewichte der Kartenunits zu der Eingabeschicht werden jeweils nach 10, 100, 1.000, 5.000, 8.000, 10.000 und 15.000 gespeichert.

### Ergebnisse:

Die erzielten Ergebnisse sehen wie folgt aus:

Abbildung 6.36: Differenzierungswerte Versuch 1 der M6-Hypothese: Geringe Größenwertstreuung

Lernzyklen	10	100	1.000	5.000	8.000	10.000	15.000
Differenzierungswert	1,01	1,26	1,22	0,87	0,88	0,86	0,80



Das Ergebnis zeigt, daß die Karte nicht differenziert. Der Differenzierungswert liegt zu einem frühen Zeitpunkt des Lernens bei einem Wert von über 1,0 und pendelt sich ab 5.000 Lernzyklen bei ca. 0,8 ein. Dieser Wert kommt so zustande, daß die Karte auf der einen Seite sehr gut den selbst nicht explizit beim Lernen präsentierten

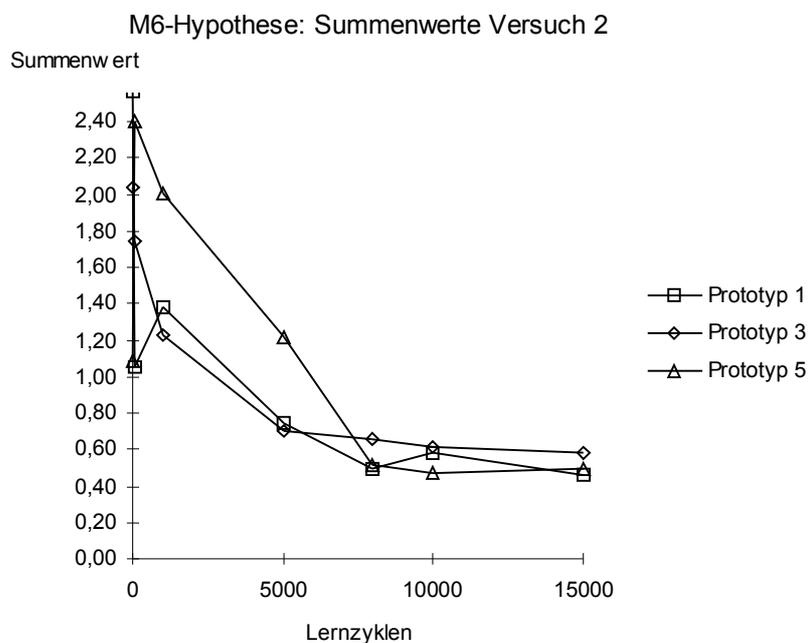
Klassenprototypen zu repräsentieren vermag. Das zeigt sich darin, daß die Abweichungen minimal werden ( $\text{MIN} \rightarrow 0$ ). Auf der anderen Seite gibt es keine Kartenunits, deren Gewichtsvektoren einen größeren Abstand zu dem Prototypen aufweisen. Für die Berechnung des Differenzierungswerts ergibt sich somit mit dem niedrigen Minimumwert ein wertemäßig kleiner Summand, während aufgrund der kleinen Differenz der zweite Summand  $1/(1+\text{Differenz})$  relativ groß wird, d.h. gegen den Wert 1 strebt. Für den Differenzierungswert insgesamt ergibt sich ein relativ hoher Wert. Wäre die Differenz hingegen maximal, so könnte der Differenzierungswert auf der Grundlage der gewählten Operationalisierung 0,4 ( $\text{Min}=0$ ;  $\text{Differenz}_{\text{Max}}=1,322$ ) betragen, was der maximalen Differenzierung der Karte entsprechen würde (Anm. 8). Einen weiteren Beleg der Nichtdifferenzierung der Karte liefert das Kriterium der Etablierung einer festen Gewinnerunit. Im Versuch 1 variiert der Ort der Gewinnerunit auf der Karte auch zu einem fortgeschrittenen Lernstadium kontinuierlich über die Lernepochen hinweg: Bei 8.000 Lernzyklen ist die Unit 10, bei 10.000 Lernzyklen die Unit 6 und bei 15.000 Lernzyklen die Unit 2 die Gewinnerunit.

Der zum Vergleich durchgeführte Versuch 4, bei dem zusätzlich der Objektinformationsbestandteil zusammen mit der Größeninformation kohonenklassifiziert wird, bestätigt das in Versuch 1 erzielte Ergebnis. Die Karte bildet keine eindeutig lokalisierbare Gewinnerunit heraus und der Differenzierungswert beträgt bei 10.000 Lernzyklen 0,82. Bei Versuch 1 beträgt er, wie aus Tabelle 6.36 ersichtlich 0,86.

Die Ergebnisse des Versuchsplans 2 bei mittlerer Größenwertstreuung sehen wie in Abbildung 6.37 dargestellt aus.

Abbildung 6.37: Differenzierungswerte Versuch 2 der M6-Hypothese: Mittlere  
Größenwertstreuung

Lernzyklen	Prototyp 1	Prototyp 3	Prototyp 5
10	2,56	2,05	1,09
100	1,05	1,74	2,40
1.000	1,38	1,23	2,00
5.000	0,75	0,70	1,22
8.000	0,50	0,66	0,51
10.000	0,58	0,61	0,47
15.000	0,46	0,58	0,49



Die Ergebnisse belegen, daß sich eine Differenzierung der Karte vollzieht. Der Differenzierungsprozeß setzt nach 5.000 Lernzyklen ein. Zu diesem Zeitpunkt liegt der Differenzierungswert der Prototypen 1 und 3 bereits bei 0,75 bzw. 0,70. Nach 8.000 Lernzyklen haben sich auf der Karte drei Größenbereiche herausgebildet. Die

Gewinnerunits etablieren sich nach 10.000 Lernzyklen. Das bedeutet, daß nach 15.000 Lernzyklen es sich immer noch um dieselben Lokalisierungen der Gewinnerunits handelt. Nach 15.000 Lernzyklen sieht die Karte wie folgt aus:

Abbildung 6.38: Gewinnerunits des Versuchs 2 nach 10.000 Lernzyklen

P1			
P3			P5

Die im Versuch 2 erzielten Ergebnisse werden auch durch den Kontrollversuch 5 bestätigt. In Versuch 5 bildet neben der Größeninformation die Objektinformation einen Teil des Inputs. Die Ergebnisse von Versuch 5 zeigen, daß für die Karte eine Differenzierung erfolgt. Der Vergleich der Differenzierungswerte von Versuch 2 ohne Objektinformation und Versuch 5 mit Objektinformation jeweils nach 10.000 Lernzyklen ergibt folgendes Bild:

Abbildung 6.39: Vergleich der Differenzierungswerte von Versuch 2 und 5 nach 10.000 Lernzyklen

	Differenzierungswert Versuch 2	Differenzierungswert Versuch 5
Prototyp 1	0,58	0,53
Prototyp 3	0,61	0,65
Prototyp 5	0,47	0,53

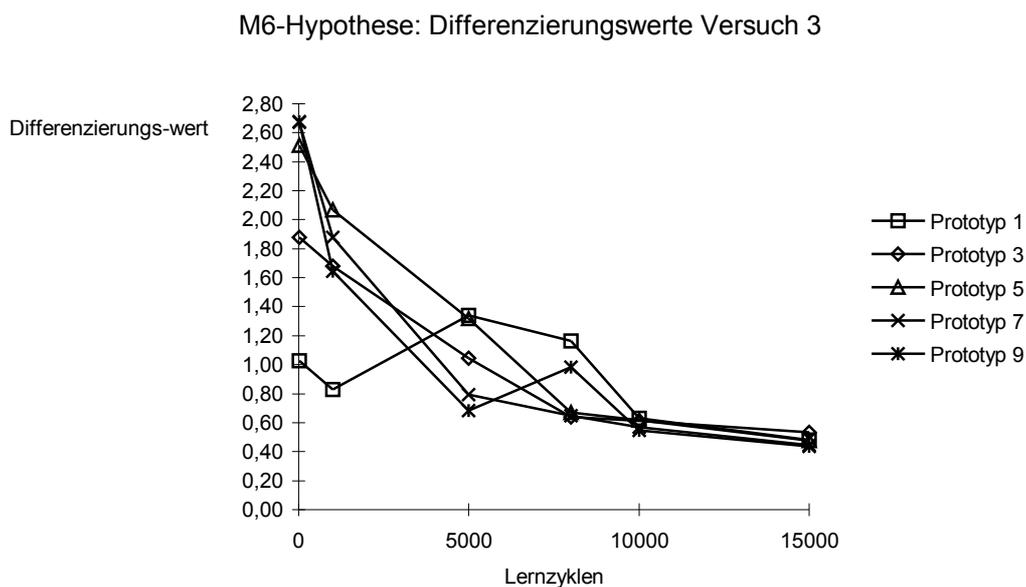
Für den Versuchsplan 3, bei welchem die Größenwertstreuung groß ist, sehen die Ergebnisse wie in Abbildung 6.40 dargestellt aus.

Abbildung 6.40: Differenzierungswerte von Versuch 3

Lernzyklen	Prototyp 1	Prototyp 3	Prototyp 5	Prototyp 7	Prototyp 9
10	1,03	1,88	2,51	2,67	2,67
100	1,81	1,32	1,86	2,50	2,72
1.000	0,83	1,68	2,07	1,88	1,65
5.000	1,34	1,04	1,32	0,79	0,69
8.000	1,17	0,64	0,67	0,65	0,98
10.000	0,63	0,61	0,62	0,57	0,54
15.000	0,48	0,54	0,48	0,44	0,44

Die graphische Darstellung, bei welcher aufgrund der Übersichtlichkeit auf die Werte nach 100 Lernzyklen verzichtet wird, ist in Abbildung 6.41 dargestellt:

Abbildung 6.41: Differenzierungswerte Versuch 3 der M6-Hypothese: Große Größenwertstreuung



Die Ergebnisse des Versuchs 3, bei welchem eine große Größenwertstreuung operationalisiert wird, zeigen, daß sich die Karte differenziert. Wie bereits bei den Versuchen 1 und 2 beginnt der Differenzierungsprozeß nach 5.000 Lernzyklen. Zu diesem Zeitpunkt betragen die Differenzierungswerte für die Prototypen 7 und 9

bereits nur noch 0,79 bzw. 0,69. Nach 8.000 Lernzyklen liegen die Differenzierungswerte für die Prototypen 5 und 3 mit Werten von 0,67 bzw. 0,64 ebenfalls unter dem Vergleichswert der undifferenzierten Bedingung von Versuch 1 mit 0,8. Der Prototyp 1, die kleinste Größeninformation erreicht erst nach 10.000 Lernzyklen einen Differenzierungswert von 0,63.

Die Etablierung der Gewinnerunits ergibt folgendes Bild. Nach 5.000 Lernzyklen haben die Prototypen 1, 3 und 5 mit der Unit 13 alle dieselbe Gewinnerunit. Zu diesem Zeitpunkt haben die Prototypen 7 und 9, wie oben beschrieben, niedrige Differenzierungswerte und etablieren gleichzeitig individuelle Gewinnerunits. Für den Prototyp 7 ist es die Kartenunit 16 und für den Prototyp 9 die Kartenunit 3. Die endgültige Differenzierung in Bezug auf das Kriterium der Etablierung einer individuellen Gewinnerunit erfolgt in Versuch 3 bereits nach 8.000 Lernzyklen. Die Prototypen 1, 3 und 5 etablieren ihre eigenen Gewinnerunits und alle Prototypen behalten ab diesem Zeitpunkt ihre Gewinnerunits konstant bei. Es ergibt sich ab 8.000 Lernzyklen folgende Differenzierung in Bezug auf die Etablierung der Gewinnerunits:

Abbildung 6.42: Matrix der Gewinnerunits des Versuchs 3

	P3		P1
P5			
P7			P9

#### Diskussion:

Die M6-Hypothese, die besagt, daß die Größenwertstreuung Einfluß auf die Differenzierung der Bezugssystemausbildung hat, bestätigt sich.

Ist eine Objektklasse mit einer Größeninformation wie in Versuch 1 versehen, so bildet sich für diese Objektklasse kein Bezugssystem in Form einer verfeinerten Klassifikation mittels der Größeninformation heraus. Das bedeutet, daß die Exemplare der Klasse im Sinne einer absoluten Komparation nicht als "groß" oder "klein" konzeptualisiert werden können. Folglich werden sich keine exzitatoren

assoziativen Verbindungen zwischen der ausgebildeten Konzeptualisierung und den Wortknoten „groß“ oder „klein“ herausbilden.

Mit zunehmend größer werdender Größenwertstreuung bildet sich eine zunehmend differenziertere Kategorisierung heraus. Stellt sich einem Individuum die Umwelt in Bezug auf eine bestimmte Objektklasse wie in Versuch 2 oder 3 dar, so können die Exemplare der Objektklasse in große, mittlere und kleine bzw. in sehr große, große, mittlere, kleine und sehr kleine kategorisiert werden.

Betrachtet man die Simulationsergebnisse in ihrem dynamischen Verlauf über die Lernepochen hinweg, so lassen sich folgende interessante zusätzliche Beobachtungen in Bezug auf die Lernprozesse mit der variierenden Einflußgröße der Größenwertstreuung feststellen.

Zum einen fällt auf, daß sich auch bei geringer Größenwertstreuung sehr schwache Differenzierungstendenzen zeigen. Von einer Differenzierung der Karte ist auf der Basis der zugrundegelegten Kriterien deshalb nicht zu sprechen, weil zum einen die Differenzierungstendenzen nur wenig ausgeprägt sind; nach 15.000 Lernzyklen beträgt die Differenz zwischen der Minimalabweichung und der Maximalabweichung gerade einmal rund 0,27 und der Differenzierungswert 0,8. Zum anderen etabliert sich bis zum Schluß keine Gewinnerunit an einer bestimmten Kartenposition. Trotzdem kommt es zu einer geringfügigen Abnahme des Differenzierungswertes von 1,26 nach 100 Lernzyklen zu 0,8 nach 15.000 Lernzyklen. Für die Abnahme des Differenzierungswertes ist neben der immer geringfügiger werdenden Minimalabweichung (nach 15.000 Lernzyklen beträgt der Wert 0,013) der größer werdende Differenzwert (0,001 nach 10 Lernzyklen und 0,27 nach 15.000 Lernzyklen) verantwortlich. Diese schwache Tendenz zur Differenzierung läßt sich eventuell so zu interpretieren, daß bei genügend großer Erfahrung mit einer Objektklasse sich verfeinerte Differenzierungen herausbilden. Es scheint so, als ob die zunächst unter dem Größenstreuungs-Differenzierungsaspekt als uninteressant eingestufte Objektklasseninformation bei extrem häufigem Auftreten noch einmal auf interessante, wenn auch minimale Unterschiede in der Information hin durchforstet wird. Nach einer derart extremen Lernerfahrung wird Information über die feinsten Unterschiede zwischen den Vertretern einer Objektklasse genutzt und bei der Konzeptualisierung verwendet. Das kann beispielsweise der Fall sein, wenn jemand

Experte für eine bestimmte Objektklasse geworden ist, also extrem häufig mit den Exemplaren einer Klasse konfrontiert wird. Dieser Experte vermag auch in einer Objektklasse, für die normalerweise keine groß/klein Unterscheidung erfolgt, dennoch eine Bezugssystemausbildung für diese Klasse zu konzeptualisieren. Die Differenzierungstendenzen müssen dabei nicht notwendigerweise von der Größeninformation getragen sein. Der Vergleich der Ergebnisse von Versuch 1 (nur Größeninformation) und Versuch 4 (Objektinformation und Größeninformation) legt die Vermutung nahe, daß dabei auch die Objektinformation eine entscheidende Rolle spielt. Gestützt wird eine solche Sichtweise durch die Unterschiede bei den maximalen Abweichungen zu den Prototypen in beiden Versuchen. Während die maximale Abweichung in Versuch 2 nach 10.000 Lernzyklen rund 0,22 beträgt, liegt dieser Wert in Versuch 5 nach derselben Lernleistung bei 0,4. Da in beiden Versuchen dieselben Random-Vektoren verwendet werden, sind die Unterschiede im Maximalabweichungswert ausschließlich auf den Objektinformationsbestandteil in Versuch 4 zurückzuführen. Übertragen auf ein informationsverarbeitendes Individuum läßt sich das Ergebnis so interpretieren, daß im Falle einer uninteressanten Größeninformation für eine Objektklasse, im zunehmenden Lernverlauf die Objektmenge auf andere Unterscheidungskriterien hin durchforstet wird. Im Falle der vorliegenden Objektmenge handelt es sich um differenzierende Merkmale, die sich auf andere Eigenschaften als den Größenaspekt der Exemplare der Objektklasse beziehen. Eine weitere interessante Beobachtung betrifft die Unterschiede zwischen der Herausbildung der Bezugssysteme bei mittlerer und großer Größenwertstreuung. Die Simulationsergebnisse können so interpretiert werden, daß die Ausbildung eines Bezugssystems für eine Objektklasse bei großer Größenwertstreuung schneller erfolgt als bei mittlerer Größenwertstreuung. Bei mittlerer Größenwertstreuung etablieren sich die Gewinnerunits erst nach 10.000 Lernzyklen, während bei großer Größenwertstreuung bereits nach 8.000 Lernzyklen die Gewinnerpositionen auf der Karte festgelegt sind. Bezogen auf ein konzeptualisierendes Individuum läßt sich das Ergebnis so interpretieren, daß eine große Größenwertstreuung für das Individuum offensichtlich interessanter ist, was im Konstruktionsprozeß mit einer verfrühten Bezugssystemausbildung zum Ausdruck kommt.

Es sei abschließend an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß in der Realität anders als im hier vorliegenden Simulationsdesign selbstverständlich nicht von vornherein feststeht, in welcher Streuung die Größeninformation für die einzelnen Objektklassen vorliegt. Vielmehr wird die Größeninformation erst durch das verarbeitende Individuum konstruiert und das Wissen um die Größenverhältnisse einzelner Objektklassen bildet sich durch den individuellen Kontakt mit der Umwelt heraus. Für das Individuum kann sich eine mittels der Größeninformation verfeinerte Kategorisierung als vorteilhaft herausstellen, weil es auf diese Weise beispielsweise treffender auf die Exemplare einer Klasse referieren kann. Dadurch, daß die Exemplare als „große x“ oder „kleine x“ kategorisiert werden können, erfolgt ein erster wichtiger Schritt in Richtung der Ausbildung einer begrifflichen Hierarchisierung, so daß beispielsweise ein „kleiner x“ in der Folge mit dem Exemplarbegriff „Rehpinscher“ assoziiert werden kann.

### **6.3.2.2 Einfluß der Größenprägnanz auf den Differenzierungsprozeß**

Es soll die M7-Hypothese überprüft werden, die besagt, daß sich im dynamischen Verlauf des Kategorisierungsprozesses größere prägnantere Größenunterschiede schneller herausbilden als kleinere (vgl. 2.1.2).

#### Operationalisierung:

Die unabhängige Variable der Größenunterschiede wird operationalisiert mit variierenden euklidischen Distanzen zwischen den Vektorzentren. Ein euklidischer Distanzwert von nahe 1 bedeutet, daß sich die Vektoren sehr ähnlich sind, wohingegen ein Wert nahe 0 eine Unähnlichkeit der Vektoren zum Ausdruck bringt.

Es werden insgesamt drei Versuchspläne vorgestellt und die Versuche wurden mehrmals mit den verschiedenen Größenvektoren aus der Simulation 1 durchgeführt. Bei den hier exemplarisch beschriebenen Versuchsplänen werden im Versuchsplan 6 die Vektoren mit den Zentren  $1 \ 0.5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$  (Größenprototypvektor 1) sowie  $0.75 \ 0.75 \ 0.25 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$  (Größenprototypvektor 2) und  $0 \ 0 \ 0.5 \ 1 \ 0.5 \ 0 \ 0$  (Größenprototypvektor 7) verwendet. Um diese Vektorzentren herum werden jeweils

50 Abweichungsmuster mit einem Radius von 0,5 erzeugt. Die Größenunterschiede sind zwischen den ersten beiden Vektoren gering. Die euklidische Distanz zwischen diesen beiden Vektoren beträgt 0,92. Hingegen unterscheiden sich die Vektoren 1 und 2 stärker vom Größenprototypen 7. Die euklidischen Distanzen betragen für die Größenprototypvektoren 1 und 7, die orthogonal zueinander stehen 0,0 bzw. 0,09 für die Vektoren 2 und 7.

Im Versuchsplan 7 werden je 50 Abweichungsmuster mit einem Radius von 0,5 um folgende Vektorzentren erzeugt: 1 0.5 0 0 0 0 0 (Größenprototypvektor 1) sowie 0 0.25 0.75 0.75 0.25 0 0 (Größenprototypvektor 6) und 0 0 0.5 1 0.5 0 0 (Größenprototypvektor 7). Im Versuch 5 sind sich die Vektoren 6 und 7 einander ähnlicher als diese beiden Vektoren zum Größenprototypen 1. Die euklidischen Distanzen von Vektor 1 betragen 0,1 zum Vektor 6 bzw. 0,0 (Orthogonalität) zum Vektor 7. Die Ähnlichkeit zwischen den Vektoren 6 und 7 hingegen beträgt 0,91.

Die in Bezug auf die Größenprägnanz neutrale Bedingung wird mit dem Versuch 8 realisiert. Es werden 3 x 50 Abweichungsmuster mit dem Radius 0,5 um die Größenprototypen mit den Zentren 1 0.5 0 0 0 0 0 (Größenprototyp 1), 0 0.5 1 0.5 0 0 0 (Größenprototyp 5) und 0 0 0 0.5 1 0.5 0 (Größenprototyp 9) erzeugt. Die Werte für die euklidischen Distanzen betragen zwischen den Prototypen 1 und 5 rund 0,18, zwischen den Prototypen 1 und 9 0,0 und zwischen den Größenprototypen 5 und 9 rund 0,17.

Um den dynamischen Kategorisierungsprozeß zu erfassen, werden die Gewichtsvektoren der Kartenunits nach 10, 100, 1.000, 5.000, 8.000, 10.000 und 15.000 Lernzyklen festgehalten und wie in 6.3.2.1 zur Auswertung jeweils die Abstände der Gewichtsvektoren der Kartenunits zu den selbst während des Lernens nicht explizit präsentierten Größenprototypen berechnet. Das Kriterium der Differenzierung wird operationalisiert anhand der Berechnung des Differenzierungswerts  $\frac{MIN+1}{1+(MAX-MIN)}$ , der wie gesehen bei erfolgter Differenzierung unter 0,8 liegen muß sowie der Etablierung der Gewinnerunits über die Lernepochen hinweg im Sinne einer nicht mehr wechselnden Positionierung auf der Karte. In der Folge bildet das Kriterium der Differenzierung insofern die Voraussetzung für das Kriterium der Dynamik der Differenzierung, als daß mit Hilfe

des Differenzierungswerts festgestellt werden kann, ob eine Karte überhaupt zu differenzieren vermag, d.h. ob sich ein Bezugssystem herausbildet.

Das Kriterium der Dynamik der Differenzierung, d.h. der Unterschiede in der Herausbildung der Gewinnerunits wird operationalisiert, indem die Lokalisation der Gewinnerunits auf der Karte über den Lernprozeß hinweg betrachtet wird. Da mit Hilfe des Kriteriums der Differenzierung bereits die Fähigkeit zur Differenzierung außer Frage steht, werden in der Folge nur die Minimalabweichungen der Kartenunitgewichte zu den selbst nicht explizit beim Lernen präsentierten Größenprototypen in den Darstellungen zur dynamischen Entwicklung betrachtet. Die abhängige Variable der Dynamik der Differenzierung erhält die Ausprägungen „früher“ und „später“. Sie beziehen sich auf die Ausbildung der Gewinnerunits und deren Etablierung auf der Karte. Der Ausprägung „früher“ entspricht beispielsweise eine sich nicht mehr verändernde Etablierung einer Gewinnerunit für einen bestimmten Prototypen auf der Karte, während zum selben Zeitpunkt die Positionierung von anderen Prototypen noch nicht gleichermaßen feststehen muß. Die Ausprägung „später“ der abhängigen Variablen Dynamik der Differenzierung kann sich zusätzlich darin zeigen, daß mehrere Prototypen sich eine Gewinnerunit teilen, d.h. daß sich für diese Prototypen zu diesem Zeitpunkt des Lernens noch keine individuellen, räumlich voneinander abgrenzbaren Gewinnerunits herausgebildet haben, während sich für einen anderen Prototypen zum selben Zeitpunkt eventuell bereits eine individuelle Gewinnerunit etabliert hat.

Um die Dynamik der Differenzierung zu erfassen, werden die Minimalabweichungen zu bestimmten Zeitpunkten des Lernens in Diagrammen festgehalten, welche die Kartentopographie wiedergeben.

Ergebnisse:

Für die Versuche 6 bis 8 wurden folgende Differenzierungswerte erzielt:

Abbildung 6.43: Differenzierungswerte der Versuche 6, 7 und 8 nach 10.000

Lernzyklen

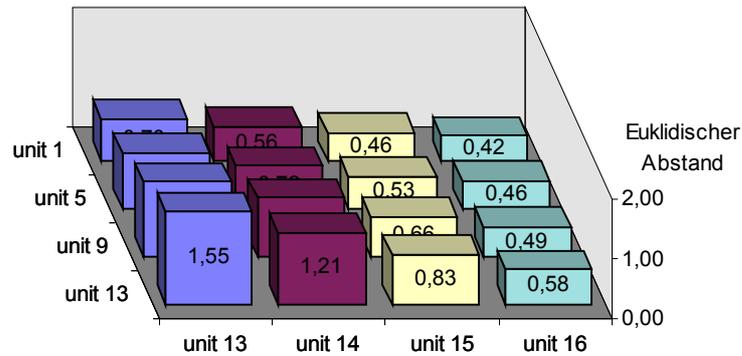
	P1	P2	P5	P6	P7	P9
Versuch 6	0,47	0,47	---	0,52	---	---
Versuch 7	0,48	---	---	0,56	0,49	---
Versuch 8	0,48	---	0,54	---	---	0,53

Die Ergebnisse zeigen, daß alle drei Karten differenzieren. Nach 10.000 Lernzyklen ergeben sich für alle Prototypen Differenzierungswerte  $<0,8$ .

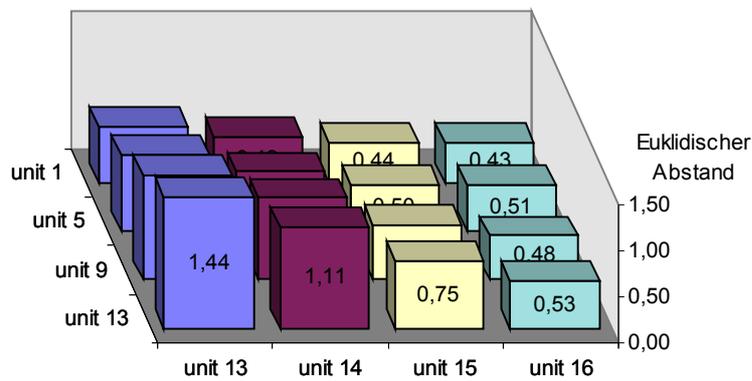
Die Dynamik der Differenzierung in Form der graduellen Herausbildung einer Gewinnerunit für die jeweiligen Prototypen wird für den Versuch 6 nach 5.000, 8.000 und 10.000 Lernzyklen in den nachfolgenden Abbildungen verdeutlicht. Nach 5.000 Lernzyklen sieht die Repräsentation auf der D-Map wie in Abbildung 6.44 auf der folgenden Seite dargestellt aus.

Abbildung 6.44: Matrix der Prototypen 1, 2 und 7 nach 5.000 Lernzyklen

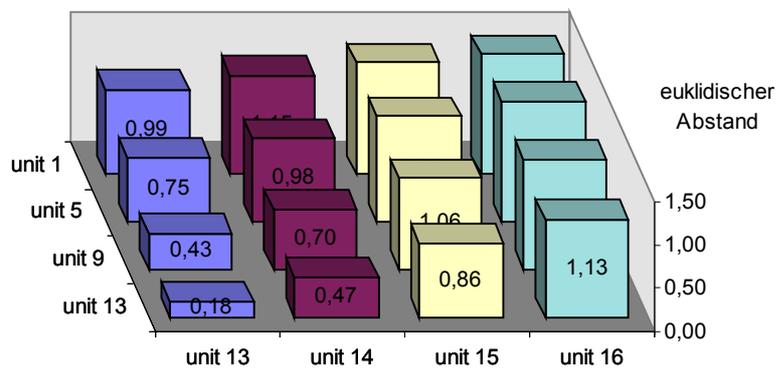
Matrix Prototyp 1 nach 5.000 Lernzyklen



Matrix Prototyp 2 nach 5.000 Lernzyklen



Matrix Prototyp 7 nach 5.000 Lernzyklen

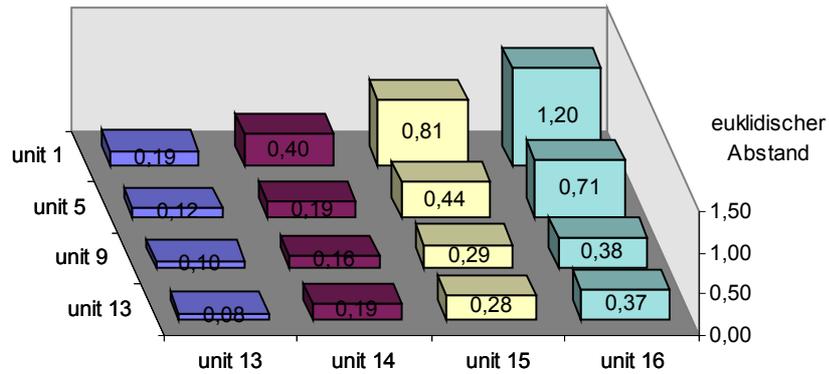


Die Ergebnisse nach 5.000 Lernzyklen zeigen, daß die Prototypen 1 und 2 als Gewinnerunit beide die Unit 4 haben. Insgesamt ähneln sich die Kartentopographien. Für die Gewinnerunit 4 beträgt der euklidische Abstand zum Prototyp 1 0,42 bzw. 0,43 zum Prototyp 2. Die Unit mit dem größten euklidischen Abstand ist in beiden Fällen die Unit 13. Der Abstand beträgt für den Prototyp 1 1,55 und für den Prototyp 2 1,44. Demgegenüber unterscheidet sich die Topographie für den Prototypen 7 von den beiden anderen Prototypen. Der Prototyp 7 weist eine eigene individuelle Gewinnerunit auf. Es ist die Unit 13. Der euklidische Abstand ist mit 0,18 wesentlich geringer als die vergleichbaren Werte (0,42 bzw. 0,43) der beiden anderen Prototypen.

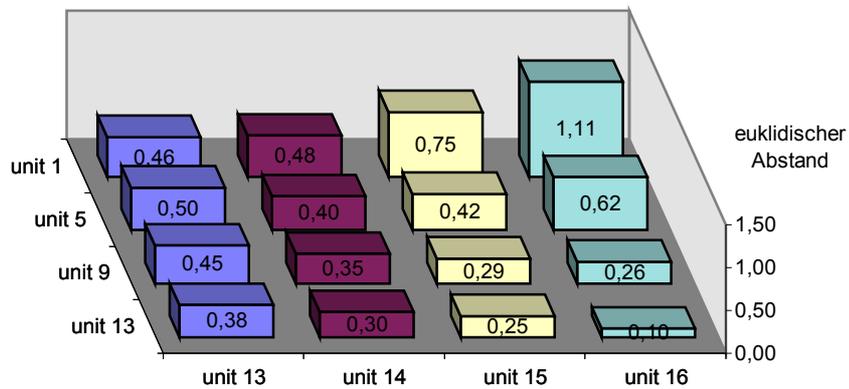
Die Ergebnisse der euklidischen Abstände der Kartenunits zu den selbst beim Lernen nicht explizit präsentierten Größenprototypen sehen für den Versuch 6 nach 8.000 Lernzyklen wie in Abbildung 6.45 auf der folgenden Seite und nach 10.000 Lernzyklen wie auf der übernächsten Seite in Abbildung 6.46 verdeutlicht aus.

Abbildung 6.45: Matrix der Prototypen 1, 2 und 7 nach 8.000 Lernzyklen

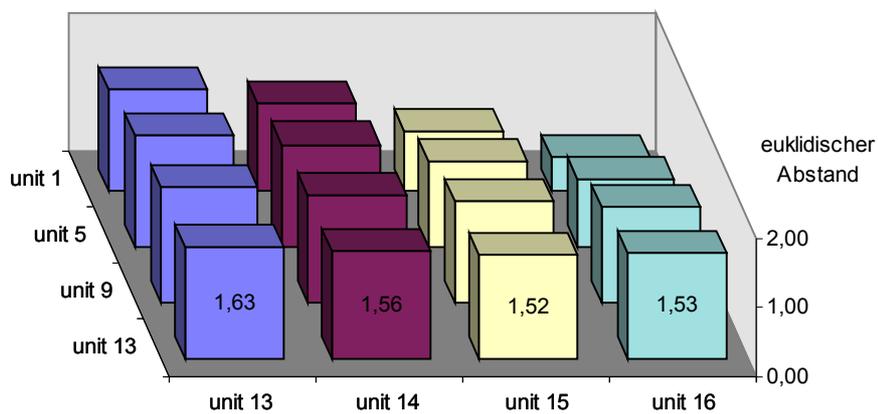
Matrix Prototyp 1 nach 8.000 Lernzyklen



Matrix Prototyp 2 nach 8.000 Lernzyklen

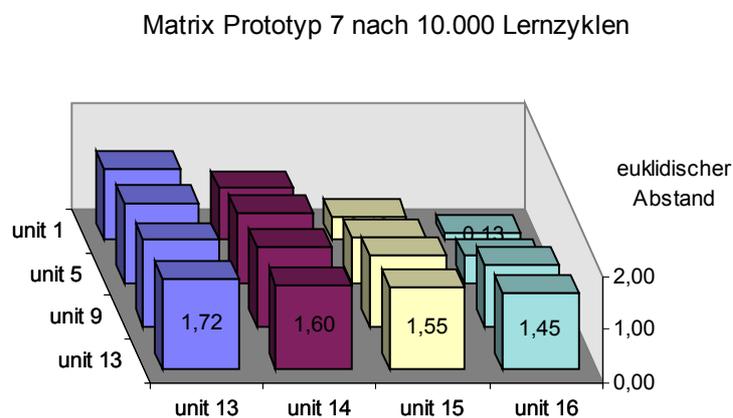
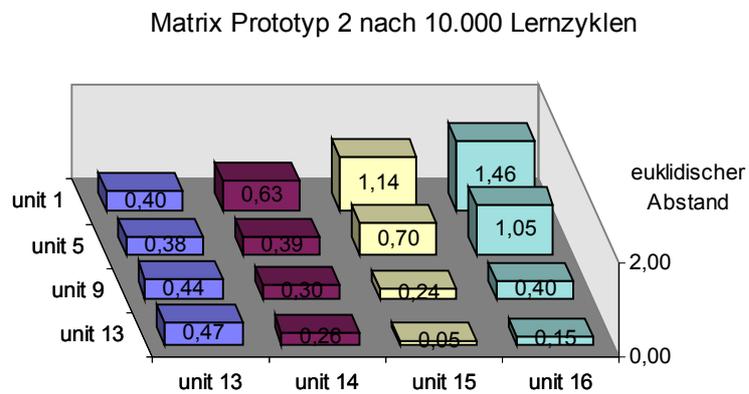
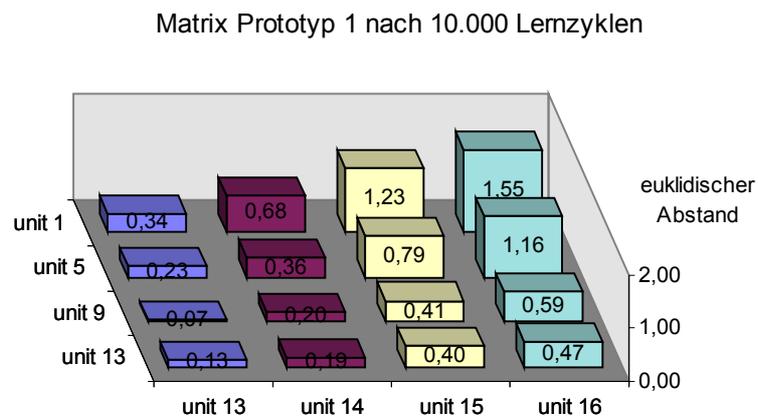


Matrix Prototyp 7 nach 8.000 Lernzyklen



Die Matrizen nach 10.000 Lernzyklen für die drei Prototypen sehen wie folgt aus:

Abbildung 6.46: Matrix der Prototypen 1, 2 und 7 nach 10.000 Lernzyklen



Die Ergebnisse nach 10.000 Lernzyklen zeigen, daß sich für alle drei Prototypen individuelle Gewinnerunits herausgebildet haben. Für den Prototyp 1 ist es die Unit 9, für den Prototyp 2 die Unit 15 und für den Größenprototyp 7 die Unit 4.

Für die Versuche 7 und 8 wird aus Gründen der umfangreichen Darstellung auf die graphische Präsentation der Ergebnisse verzichtet. Die Ergebnisse sehen, in tabellarischer Form dargestellt, wie folgt aus:

Abbildung 6.47: Dynamik der Differenzierung in Versuch 7

Lernzyklen	P1	P6	P7
5.000	Unit 9 (D= 0,60)	<i>Unit 8 (D= 0,96)</i>	<i>Unit 4 (D= 0,88)</i>
8.000	Unit 4 (D= 0,69)	Unit 5 (D= 0,64)	Unit 15 (D= 0,46)
10.000	Unit 4 (D=0,48)	Unit 1 (D= 0,56)	Unit 14 (D= 0,49)
15.000	Unit 4 (D=0,45)	Unit 1 (D= 0,49)	Unit 14 (D= 0,47)

Die kursive Schreibweise verweist auf die Fälle, in denen aufgrund des hohen Differenzierungswertes ( $> 0,8$ ) im eigentlichen Sinne nicht von einer Gewinnerunit gesprochen werden kann.

Die Dynamik der Herausbildung der Gewinnerunits und die Differenzierungswerte (D) von Versuch 8 sehen bei 5.000, 8.000, 10.000 und 15.000 Lernzyklen wie folgt aus:

Abbildung 6.48: Dynamik der Differenzierung in Versuch 8

Lernzyklen	P1	P5	P9
5.000	Unit 1 (D= 0,69)	<i>Unit 4 (D= 1,24)</i>	Unit 13 (D= 0,8)
8.000	Unit 13 (D= 0,47)	Unit 1 (D= 0,6)	Unit 4 (D= 0,50)
10.000	Unit 1(D= 0,48)	Unit 4 (D= 0,54)	Unit 16 (D= 0,53)
15.000	Unit 1(D= 0,46)	Unit 4 (D= 0,43)	Unit 16 (D= 0,45)

## Diskussion

Die simulative Überprüfung der M7-Hypothese, wonach sich die prägnantere Größeninformation schneller herausbildet und frühzeitig zu einer „groß-klein“-Unterscheidung führt, bestätigt die M7-Hypothese nur schwach. Die Ergebnisse belegen zwar die graduelle Herausbildung des inneren Bezugssystemwissens, welches sich auf der Grundlage der Größeninformationen unterschiedlicher Prägnanz vollzieht. So bilden sich in Versuch 6 die Repräsentationen der prägnanten Größeninformationen zu einem früheren Zeitpunkt, d.h. nach 5.000 Lernzyklen heraus. Zu diesem Zeitpunkt kann die konzeptuelle Repräsentation der D-Map so interpretiert werden, daß diese die beiden Extrembereiche „groß“ (Unit 13) und „klein“ (Unit 4) abbildet. In diesem Punkt bestätigt sich die Hypothese, welche die Ausbildung der Bezugssysteme als einen graduellen Prozeß beschreibt, in dessen Verlauf sich zunächst Areale für die grobe Differenzierung der zu kategorisierenden Information in die beiden Bereiche „groß“ und „klein“ ausbilden. Erst im weiteren Verlauf nach 8.000 Lernzyklen erfährt diese Kategorisierung eine zusätzliche Verfeinerung, wenn sich die Karte so differenziert, daß sich ein weiteres Kartenareal auf der Karte ausbildet. Der von Witte (1960) als Vorgang der sukzessiven Teilung beschriebene Prozeß bei der Ausbildung von Bezugssystemen läßt sich auch mit den simulativen Ergebnissen des Versuchs 7 belegen. Wie in Versuch 6 bildet sich zuerst die prägnantere Größeninformation heraus, wobei zunächst zwei Kartenbereiche auf der D-Map für die Extremwerte gebildet werden. Nach 5.000 Lernzyklen existiert im Versuch 7 ein Areal um die benachbarten Units 4 und 8, welches den „groß“-Bereich bildet und ein Areal um die Unit 9, das räumlich entfernt davon den „klein“-Bereich festlegt.

Die graduelle Ausbildung des Bezugssystemwissens läßt sich mit den in Versuch 8 erzielten simulativen Ergebnissen nicht belegen. Dort kommt es bereits zu einem frühen Zeitpunkt des Lernens zur Ausbildung des differenzierten, in diesem Falle des dreigeteilten Bezugssystems mit den Bereichen „klein“, „mittel“ und „groß“.

Für die Interpretation der Ergebnisse bedeutet das, daß der Einfluß der Größenprägnanz für die Fälle bestätigt wurde, in denen die Größenprototypen sich stark unterscheiden. Für den individuellen Konstruktionsprozeß des Bezugssystemwissens bedeutet das, daß die prägnante, perzeptuell eingehende

Information im Sinne einer optimalen Umweltbewältigung zu einem frühen Verarbeitungsstadium zu Akkommodationsprozessen herangezogen wird. Demgegenüber hat der Versuch 8 gezeigt, daß in dem Fall von drei sich annähernd gleich unterscheidenden Prototypen sich zusätzlich der Wert „mittelgroß“ gleich zu Beginn mit herausbildet. Für diesen Fall ist folglich anzunehmen, daß die Information, welche zur Ausbildung des zusätzlichen Areals beiträgt, für das System dieselbe Prägnanz wie die übrigen eingehenden Informationen hat.

#### **6.4 Simulation der Konzeptualisierung von „groß“ im Sprachproduktionsprozeß: V-Modul**

Die nachfolgend vorgestellten Simulationen dienen der Überprüfung der einzelnen V-Hypothesen, mit welchen Aussagen über den Verarbeitungsprozeß der Größeninformationen aus den verschiedenen Wissensrepräsentationssystemen im Sprachproduktionsprozeß getroffen werden. In 6.4.1 wird die V-Hypothese 2 simulativ überprüft, welche besagt, daß sich Größenunterschiede im V-Modul um so schneller herausbilden sollten, je größer die Größenunterschiede der figuralen Repräsentationen sind (vgl. 4.3.1). In 6.4.2 erfolgt die simulative Überprüfung der V-Hypothese 5, welche sich mit den von Paivio (1975) durchgeführten Experimenten experimentell stützen läßt. Mit dieser Hypothese werden die Verarbeitungsannahmen, die bezüglich der figuralen Repräsentationen mit Hilfe der V-Hypothese 2 aufgestellt werden auf den Verarbeitungsprozeß der längerfristig gespeicherten Repräsentationen mit dem Status  $end_2$  übertragen. Demnach müßten sich Größenunterschiede zwischen den  $end_2$ -Repräsentationen um so schneller herausbilden, je größer die Größenunterschiede zwischen diesen konzeptuellen Repräsentationen sind (vgl. 5.1.1.1). Die simulative Überprüfung der beiden Hypothesen bietet die Möglichkeit, mit dem unmittelbaren Vergleich der simulativen Ergebnisse, Aussagen über eventuelle Unterschiede zwischen der Informationsverarbeitung von Informationen aus den verschiedenen Repräsentationssystemen zu treffen. So dienen die Simulationen insbesondere der Überprüfung der Frage, ob Unterschiede bei der Verarbeitung von Größeninformation aus dem Repräsentationssystem für perzeptuell eingehende Information gegenüber der Verarbeitung der Größeninformation aus dem Repräsentationssystem für längerfristig gespeichertes Wissen in Bezug auf die Verarbeitung dieser Informationen im Sprachproduktionsprozeß auftreten. Während in den beiden Simulationen in 6.4.1 und 6.4.2 die Größeninformationen jeweils aus demselben Repräsentationssystem entstammen, wird in 6.4.3 der interferierende Einfluß von Größeninformationen aus unterschiedlichen Repräsentationssystemen für den Sprachproduktionsprozeß simulativ untersucht. Der Versuchsplan 6 in 6.4.3.2 dient der simulativen Überprüfung des Paradoxon, für welches in 4.3.3 die V-Hypothese 4 formuliert wurde. Sie besagt, daß im Falle von zwei inkongruenten

Relationen, die während der Konzeptualisierungsphase im V-Modul vorliegen, es in der Folge zu Verzögerungen in der Verarbeitung kommen sollte. Demgegenüber sollten keine Verzögerungen auftreten, wenn im V-Modul kongruente Relationen abgebildet werden. Die entsprechende simulative Überprüfung erfolgt in 6.4.3.1 mit dem Versuchsplan 5.

#### 6.4.1 Verlaufssimulation mit ex/ex-Statuszuweisungen

##### Operationalisierung:

Es werden exemplarisch zwei Versuchsläufe vorgestellt. Als Input für die Objekte mit der Statuszuweisung ex werden Exemplare, d.h. Abweichungsmuster um verschiedene Größenprototypen verwendet, die in den Versuchen in 6.3.2 erzeugt wurden.

Für den ersten Versuchslauf entstammen die Exemplare aus den Größenklassen 1 und 3. Die selektierten Muster sehen wie folgt aus:

Abbildung 6.49: Inputvektoren der Verlaufssimulation 1

ex-Muster 1	ex-Muster 2
1.25587	0.43346
0.46895	1.02852
0.02654	0.50146
0.00018	-0.00382
0.00117	0.00725
-0.00045	-0.00419
0.0002	0.01634

Die Ähnlichkeit (berechnet wird der Cosinuswert der auf die Einheitslänge 1 normierten Vektoren) zwischen ex-Muster 1 und ex-Muster 2 beträgt rund 0,63.

Die Inputvektoren für den zweiten Versuchslauf sind zwei Abweichungsexemplare der Größenklassen 1 und 5. Sie sehen wie folgt aus:

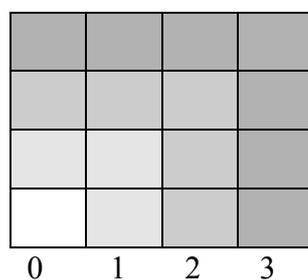
Abbildung 6.50: Inputvektoren für die Verlaufssimulation 2

ex-Muster 1	ex-Muster 3
0.43346	0.03134
1.02852	0.49408
0.50146	0.99998
-0.00382	0.50007
0.00725	-0.00028
-0.00419	-0.00004
0.01634	0.00011

Die Ähnlichkeit der Inputvektoren von ex-Muster 1 und ex-Muster 3 beträgt rund 0,18 (Cosinuswert der normierten Vektoren). Damit sind Muster 1 und 2 ähnlicher als Muster 1 und 3.

Für die beiden Versuchsläufe werden die beiden Inputs jeweils in die Situationslayern geladen und auf der V-Map kohonenklassifiziert. Da es sich bei dem Vergleichsmodul um ein rasch arbeitendes Tool handelt, daß in kürzester Zeit einen Output hervorzubringen vermag, wird die Anzahl der Lernschritte sehr klein gehalten. Die Ergebnisse werden für 1 bis 10 Lernzyklen festgehalten und für jeden Lernzeitpunkt ausgewertet. Die Operationalisierung der abhängigen Variablen der Herausbildung des Größenurteils vollzieht sich, indem die Gewinnerunits auf der V-Map und ihre Entfernung voneinander festgehalten werden. Für die Entfernungsbestimmung wird folgendes Raster über die V-Map gelegt:

Abbildung 6.51: Entfernungskennzeichnung der Gewinnerunits für die Verlaufssimulation



Liegen die Gewinnerunits der beiden Inputs an derselben Position auf der Karte, so entspricht das der Entfernthheitsposition 0. Grenzen die Gewinnerunits direkt aneinander an, so hat die Entfernthheitsposition den Rang 1 und bei einer bzw. zwei dazwischenliegenden Units erfolgt die Rangzuweisung 2 bzw. 3. Die Gewinnerunits werden ermittelt, indem die euklidischen Abstände der V-Kartenunitgewichtsvektoren zu den jeweiligen Inputmustern berechnet werden.

#### Ergebnisse:

Für die Verlaufssimulationen 1 und 2 wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Abbildung 6.52: Ergebnisse der Verlaufssimulationen 1 und 2

Lern- zyklen	Gewinnerunits Verlaufssimulation 1	Gewinnerunits Verlaufssimulation 2	Entfernung (Rang) der Gewinnerunits V1	Entfernung (Rang) der Gewinnerunits V2
1	Unit 10/Unit 14	Unit 3/ Unit 8	R1	R1
2	Unit 10/Unit 10	Unit 1/ Unit 3	R0	R2
3	Unit 10/Unit 14	Unit 3/Unit 13	R1	R3
4	Unit 10/Unit 14	Unit 3/Unit 13	R1	R3
5	Unit 10/Unit 15	Unit 3/Unit 13	R1	R3
6	Unit 12/Unit 14	Unit 4/Unit 13	R2	R3
7	Unit 12/Unit 14	Unit 4/Unit 13	R2	R3
8	Unit 12/Unit 14	Unit 4/Unit 13	R2	R3
9	Unit 8/Unit 14	Unit 4/Unit 13	R2	R3
10	Unit 4/ Unit 14	Unit 4/Unit 13	R3	R3

#### Diskussion:

Die V- Hypothese 2, welche besagt, daß sich größere Größenunterschiede zwischen figuralen Repräsentationen im V-Modul schneller herausbilden und in der Folge das kognitive System schneller reagieren kann, wird mit den simulativen Ergebnissen der

Verlaufssimulationen 1 und 2 bestätigt. Die Ergebnisse der Verlaufssimulation 1, bei welcher die Größenrepräsentationen einander ähnlicher sind als im Vergleichsversuch 2, in welchem die Größenunterschiede zwischen den figuralen Repräsentationen größer sind, zeigen, daß sich die konzeptuelle Ausbildung der Größenrelation im Falle größerer Unähnlichkeit schneller vollzieht. Diese Interpretation läßt sich stützen durch die Betrachtung des dynamischen Prozeßverlaufs. Im Falle der größeren Größenunterschiede bildet sich mit Rang 3 die größtmögliche Entfernung auf der V-Map schneller, d.h. nach durchschnittlich 3 Zyklen heraus, während im Falle von weniger auffallenden Größenunterschieden die Herausbildung von Rang 3 sich erst nach durchschnittlich 10 Lernzyklen vollzieht. Als weiterer Beleg für eine schnellere Herausbildung der Größenrelation im Falle von größeren Größenunterschieden läßt sich die Positionierung der Gewinnerunits auf der V-Map anführen. Im Falle der größeren Größenunterschiede manifestiert sich die Größenrelation im Durchschnitt nach circa 5 bis 6 Verarbeitungszyklen wie hier in Abbildung 6.52 mit einer im weiteren zeitlichen Verlauf sich nicht mehr verändernden Positionierung der Units 4 und 13. Im Versuchsplan 2 hingegen, in welchem die größere Ähnlichkeit zwischen den Größeninformationen operationalisiert ist, stellt sich keine endgültig feste Positionierung der beiden Gewinnerunits ein. Übertragen auf das sprachproduzierende Individuum, für welches angenommen wird, daß die simulativen Verläufe die inneren kognitiven Prozesse bis zu einem gewissen Grad abzubilden vermögen, bedeuten die Ergebnisse der Verlaufssimulationen 1 und 2, daß große Größenunterschiede zwischen zwei figuralen Repräsentationen für den Konzeptualisierungsprozeß einen vereinfachenden Einfluß haben, in dem Sinne, daß die entsprechende Konzeptualisierung im V-Modul sich zu einem frühen Zeitpunkt in der Verarbeitung als stabiler Zustand herausbilden kann. Die simulativen Ergebnisse stützen die theoretischen Annahmen von Olson (1970) und Herrmann & Deutsch (1976), wonach einer Benennungsreaktion ein kontextgesteuerter Selektionsprozeß von Positionen auf diskriminierenden Dimensionen vorausgeht (vgl. Anm. 1, Kapitel 5). Bei der Produktion einer Objektbenennung wird diejenige Dimension ausgewählt, auf welcher das zu benennende Objekt die größte Distanz zu den Kontextobjekten aufweist. Mit Hilfe der Simulationen konnte für die diskriminierende Eigenschaft der Größe gezeigt werden, wie die Abbildung der Distanz zwischen zwei Repräsentationen als innerer

gradueller Konstruktionsprozeß vorstellbar ist. Für den weiteren Sprachproduktionsverlauf, d.h. den Übergang zu den Prozessen der Formulierung ist damit die Wahrscheinlichkeit für die Encodierung der Merkmalseigenschaft Größe erhöht. Folgt man zusätzlich der Annahme, daß sich der Sprachproduktionsprozeß inkrementell vollzieht (vgl. 1.2.3), so stützen die Ergebnisse die Annahme, daß ein Aktivierungsmuster im V-Modul, das einer Konzeptualisierung von großen Größenunterschieden entspricht, auf der Formulierungsebene bereits encodiert wird, obwohl zu diesem Zeitpunkt der Sprachproduktion noch nicht feststeht, ob die Größeneigenschaft, die bereits encodiert wurde, beispielsweise eine diskriminierende Eigenschaft bei der Produktion einer Objektidentifikation ist (vgl. 4.3.1). Das kann zur Folge haben, daß eine Nennung der Eigenschaft „Größe“ auch dann erfolgt, wenn diese nicht notwendig wäre, um ein bestimmtes Objekt eindeutig zu identifizieren. Auf diese Weise erklärt sich die Produktion überspezifizierter Äußerungen als die Folge der Einstellung eines stabilen Zustandes zu einem frühen Zeitpunkt in der Phase der Konzeptualisierung im Sprachproduktionsprozeß.

#### **6.4.2 Verlaufssimulation mit end<sub>2</sub>/end<sub>2</sub>-Statuszuweisungen**

##### Operationalisierung:

Wie in 6.4.1 werden exemplarisch zwei Versuchpläne vorgestellt. Als Inputvektoren für die end<sub>2</sub>/end<sub>2</sub>-Statuszuweisung-Kombination werden die in den Simulationen von 6.3.2 erzielten Gewichtsvektoren der D-Modul-Kartenunits verwendet. Da davon ausgegangen werden kann, daß sich nach 10.000 Lernzyklen stabile Kategorisierungen im D-Modul ausgebildet haben, werden die Gewichtsvektoren aus den entsprechenden Gewichtsdateien als Input für die Verlaufssimulation verwendet.

Es wird damit bewußt auf systemexterne Inputs verzichtet. Dafür werden die Gewichtsvektoren als Input verwendet, die an anderer Stelle das System selbst als innere Zustände ausgebildet hat. Diese inneren Zustände hat das System selbständig und individuell in der Interaktion mit seiner Umwelt herausgebildet.

Die verwendeten Inputvektoren für die Verlaufssimulation 3 sehen wie folgt aus:

Abbildung 6.53: Inputvektoren der Verlaufssimulation 3

end <sub>2</sub> -Muster 1	end <sub>2</sub> -Muster 3
0.90633	0.447927
0.528311	0.966034
0.117049	0.498691
-0.000653	0.054444
0.003622	-0.001966
-0.005116	-0.006684
0.007911	0.003599

Die beiden Muster belegen nach 10.000 Lernzyklen die Kartenunits 0 bzw. 13 bei der Klassifikation mit Hilfe des D-Moduls. Der Intervektorcospinuswert beträgt 0,78. Insgesamt wurden 10 Simulationsläufe mit verschiedenen Vektoren von Gewinnerunits aus den Versuchen mit anderen Größenklassen bei 10.000 Lernzyklen durchgeführt.

Abbildung 6.54: Inputvektoren der Verlaufssimulation 4

end <sub>2</sub> -Muster 1	end <sub>2</sub> -Muster 5
0.90633	0.032933
0.528311	0.492546
0.117049	1.004407
-0.000653	0.484603
0.003622	0.000693
-0.005116	-0.005545
0.007911	0.005903

Die Gewinnerunits mit den Gewichtsvektoren mit dem geringsten Abstand zu den beim Lernen selbst nicht explizit präsentierten Prototypen sind die Kartenunit 0 für das Muster 1 und die Unit 16 für das Muster 5 der Klassifikation mit Hilfe des D-

Moduls. Der Intervektorcosinuswert zwischen den beiden Vektoren beträgt 0,32. Es wurden wiederum insgesamt 10 Simulationsläufe mit verschiedenen Vektoren von Gewinnerunits aus den Versuchen mit anderen Größenklassen bei 10.000 Lernzyklen durchgeführt.

#### Ergebnisse:

Für die Verlaufssimulationen 3 und 4 ergibt sich folgendes Ergebnis: In der Verlaufssimulation 3 werden ca. 2 bis 4 Zyklen benötigt, bis sich die Größenunterschiede der Vektoren auf der Karte als unterschiedlich voneinander herausbilden, d.h. bis der Übergang von Rang 0 zu Rang 1 erfolgt. Der Übergang zu Rang 2 benötigt im Durchschnitt weitere 18 bis 19 Zyklen. In der Verlaufssimulation 4 erfolgt nach dem ersten Verarbeitungsschritt eine Positionierung der Gewinnerunits auf der Karte, die dem Rang 1 entspricht. Die Entfernung mit dem Rang 2 bildet sich nach dem zweiten Verarbeitungsschritt heraus. In der Regel ist nach dem vierten Verarbeitungsschritt die größtmögliche Entfernung der beiden Gewinnerunits mit dem Rang 3 erreicht.

#### Diskussion:

Die mit Hilfe der Simulationen erzielten Ergebnisse belegen die V-Hypothese 5, welche besagt, daß sich Größenunterschiede zwischen konzeptuellen Repräsentationen im V-Modul um so schneller herausbilden, je größer diese Größenunterschiede sind. Damit wird das in der Literatur theoretisch als symbolischer Distanzeffekt bezeichnete Verarbeitungsphänomen abgebildet, nach welchem ein Vergleich zwischen zwei Objekten um so schneller gezogen werden kann, je weiter die Repräsentationen auf einer gedächtnismäßigen Skala voneinander entfernt sind (vgl. Anm. 1, Kapitel 5). Die entsprechende experimentelle Überprüfung erfolgte bei Paivio (1975), der zeigen konnte, daß die Reaktionszeiten im Vergleichsurteil von zwei konzeptuellen Repräsentationen wie die zwischen Kamel und Kuh länger sind als beispielsweise die Reaktionszeiten beim Vergleichsurteil von Schnecke und Elefant. Sowohl bei Verlaufssimulation 1 wie auch bei 3 sind die vektoriellen Repräsentationen  $ex/ex$  bzw.  $end_2/end_2$  einander jeweils ähnlich. Während bei der Verlaufssimulation 1 die Inputvektoren Abweichungsmuster zu den Größenprototypvektoren 1 und 3 sind

und für die perzeptuell eingehende Größeninformation stehen, also externe Informationen darstellen, stehen die Inputvektoren der Verlaufssimulation 3 für systeminterne Informationen und entsprechen längerfristig gespeichertem Wissensbesitz. Die Verlaufssimulation 3 zeigt im Vergleich zu der Verlaufssimulation 1 einen schlechteren Verlauf. Das kann mit der langsameren Herausbildung der Entfernungsrepräsentation auf der V-Map belegt werden. So wird beispielsweise in Versuch 1 die Rangposition 2 im Durchschnitt nach ca. 6 Zykeln erreicht, während diese Position in Versuch 1 sich erst nach durchschnittlich 18 bis 19 Zyklen manifestiert. Im Falle von kleineren Größenunterschieden zwischen Repräsentationen zeigt sich somit, daß die Repräsentationen mit dem Status ex sich schneller in der V-Map herausbilden als die entsprechenden längerfristig gespeicherten konzeptuellen Repräsentationen mit dem Status end<sub>2</sub>.

Dieses Ergebnis ist insofern interessant, weil zu erwarten gewesen wäre, daß sich die end<sub>2</sub>/end<sub>2</sub>-Repräsentationen im Vergleich zu den ex/ex-Repräsentationen schneller herausbilden. Diese Überlegung begründet sich zum einen damit, daß den längerfristigen konzeptuellen Repräsentationen Lernprozesse vorausgingen und diese folglich den entsprechenden Größenprototypen 1 bzw. 3 nach 10.000 Lernzyklen schon sehr ähnlich sein müßten. Folglich müßte sich der bestehende Unterschied zwischen den Repräsentationen relativ gut herausbilden, was mit einer schnelleren Erzielung eines höheren Ranges zum Ausdruck kommen müßte. Zum anderen können die Exemplarvektoren der Verlaufssimulation 1 als Abweichungsmuster einander relativ ähnlich sein, was zur Folge haben müßte, daß sich in diesen Fällen die Einstellung eines hohen Ranges verzögert. Jedoch werden diese Überlegungen durch die simulativen Ergebnisse nicht belegt. Stattdessen legen die Ergebnisse eine Interpretation nahe, nach welcher der perzeptuell eingehenden Information ein höherer Stellenwert gegenüber der längerfristigen konzeptuellen Information eingeräumt wird in Bezug auf die Herausbildung einer Größenrelation im V-Modul. Die auf der Grundlage von perzeptueller Information konstruierte Relation steht somit schneller als stabiler Zustand für weitere Verarbeitungsprozesse zur Verfügung. Diese Interpretation würde sich mit der Erfahrung decken, daß in einer konkret wahrgenommenen Situation schneller die Größeninformation beim Vergleich von beispielsweise einem Mittelschnauzer und einer Katze konzeptualisiert werden kann

als in dem Fall, daß aufgrund des internen Wissensbesitzes bei den entsprechend größenmäßig ähnlichen konzeptuellen Repräsentationen eine sprachliche Äußerung mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ produziert wird.

Der Vergleich der Verlaufssimulationen 2 und 4, bei denen die konzeptuellen Repräsentationen sich stärker unterscheiden, zeigen hingegen in Bezug auf die Herausbildung stabiler Zustände einen jeweils ähnlichen Prozeßverlauf. Nach durchschnittlich 2 Zyklen bildet sich die Distanz des Ranges 2 heraus und der Rang 3 manifestiert sich im Durchschnitt nach 3 bis 4 Verarbeitungszyklen. Die Ergebnisse lassen sich so interpretieren, daß die Größe der Unterschiede zwischen den Repräsentationen zu einer schnellen Herausbildung der inneren Distanzrepräsentation auf der V-Map führen und zwar unabhängig davon, ob diese aus dem perzeptuellen Wissensrepräsentationssystem oder dem Wissensrepräsentationssystem für längerfristig gespeichertes Wissen entstammen. Für den Sprachproduktionsprozeß bedeutet das, daß die konstruierten Relationen in beiden Fällen gleich schnell encodiert werden können und so zu einem frühen Zeitpunkt die Basis für weitere innere Verarbeitungsprozesse bilden können.

Das in den Verlaufssimulationen 3 und 4 verwendete Größenwissen steht für das längerfristig gespeicherte Wissen, weil es sich nach 10.000 Lernzyklen im Zuge der Kategorisierung mit Hilfe des D-Moduls herausgebildet hat. Entsprechend wurden für die Simulationen die Gewichtsvektoren der Kartenunits der D-Map nach 10.000 Lernzyklen als Input für die beiden Verlaufssimulationen verwendet. Hier kommt ein Vorteil der simulativen Methode damit zum Tragen, daß die in den vorausgegangenen Simulationen erzielten Outputs selbst wieder als Input für neue Simulationen genutzt werden können. Die als Input verwendeten Outputs stellen das individuell konstruierte Wissen eines Individuums dar in Abhängigkeit von dessen Entwicklungsstand. In diesem Sinne können die nach 10.000 Lernzyklen erzielten Repräsentationen als Zustände eines erwachsenen Sprechers beschrieben werden. Um die Abhängigkeit der Nutzung längerfristig gespeicherter Größeninformationen vom Entwicklungsstand zu verdeutlichen, erfolgt im Anschluß ergänzend eine weitere Verlaufssimulation. Statt die mit Hilfe des D-Moduls herausgebildeten Repräsentationen nach 10.000 Lernzyklen zu verwenden, werden in der anschließend vorgestellten

Verlaufssimulation 4a die Gewichtsvektoren der Gewinnerunits nach nur 100 Lernzyklen als Input verwendet und auf deren Grundlage wird die Verlaufssimulation durchgeführt. Die als Input verwendeten Vektoren sind in Abbildung 6.55 dargestellt.

Abbildung 6.55: Inputvektoren nach 100 Lernzyklen

end <sub>2</sub> -Muster 1	end <sub>2</sub> -Muster 5
0.932297	0.91311
0.529812	0.551304
0.002778	0.024924
-0.00378	-0.003611
0.007227	0.006908
-0.004183	-0.003996
0.016299	0.015575

#### Ergebnisse:

Die Verlaufssimulation 4a zeigt folgendes Ergebnis. Auf der V-Map erfolgt keine Differenzierung. Die beiden Gewichtsvektoren nach 100 Lernzyklen weisen selbst nach einer großen Anzahl von Verarbeitungsschritten - sie wurden graduell bis auf 500 erhöht - stets dieselbe Gewinnerunit auf. Die Entfernung bzw. der Rang ist somit unverändert 0.

#### Diskussion:

Zusammen mit den Ergebnissen der Verlaufssimulationen 3 und 4 verdeutlicht das Ergebnis der Verlaufssimulation 4a, daß die Prozesse der Wissensnutzung im Sprachproduktionsprozeß untrennbar mit den Prozessen des Wissensaufbaus verbunden sind. In der Verlaufssimulation 4a kann sich keine Größenrelation im V-Modul herausbilden und diese Information kann somit im weiteren Sprachproduktionsprozeß vom Individuum für die Produktion einer „groß“-Äußerung nicht verwendet werden. Denkbar ist eine solche Situation im Falle eines Kindes, welches sich noch in der präoperativen Phase oder zu Beginn der Phase der konkreten

Operationen befindet und weder über die notwendige Kategorieerfahrung noch über die Fähigkeit zum Einsatz des D-Moduls verfügt (vgl. Abbildung 5.2 in Kapitel 5.2.3). Damit wird deutlich, daß für die Betrachtung von Sprachproduktionsprozessen die Integration von Lernprozessen notwendig ist und die simulative Methode hierzu ein geeignetes Instrumentarium darstellt.

### 6.4.3 Verlaufssimulation mit ex/end<sub>2</sub>-Statuszuweisungen

Die beiden folgenden Versuche simulieren den Prozeß der Konzeptualisierung mit und ohne Kongruenzeffekt. (vgl. 4.3.3 und 5.1.1.2). Die kongruente Situation beschreibt eine gleichgerichtete Relation vom Ausgangspunkt eines Zielobjektes aus, d.h. die Relation des Zielobjektes (ex1) zum Kontextobjekt (ex2) stimmt überein mit der Relation des Zielobjektes (ex1) in Relation zu seinem längerfristig gespeicherten Wissen über die Bezugsmenge (end<sub>2</sub>). Das ist der Fall, wenn beidemal die „größer als“ oder die „kleiner als“-Verlaufsrichtung zutrifft. Der Kongruenzeffekt tritt auf, weil sich die beiden eingelesenen Relationen widersprechen. Das Zielobjekt (ex1) ist beispielsweise „groß“ im Vergleich zum Kontextobjekt (ex2), aber gleichzeitig „klein“ in Bezug auf die Bezugsmenge (end<sub>2</sub>).

Die Systemreaktion bzw. das Zwischenergebnis der Kohonenklassifikation wird als paradox bezeichnet, wenn das System auf eine inkongruente Situation so reagiert, daß keine eindeutige Zuordnung der Verlaufsrichtung „ist größer als“ bzw. „ist kleiner als“ möglich ist. Die Auflösung des Paradoxons tritt dann ein, wenn die Karte die eindeutige Zuordnung der Größenrelationen abbildet. Diese Map-Aktivierung wird dann als nicht-paradox bezeichnet.

Es werden zwei Versuchspläne V5 und V6 realisiert, um den nicht-paradoxen und den paradoxen Fall zu simulieren.

### 6.4.3.1 Nicht-paradoxer Fall

#### Operationalisierung des nicht-paradoxen Falls V5:

Für den nicht-paradoxen Fall V5 wird als  $end_2$ -Wert der Gewichtsvektor der Gewinnerunit des Prototypen 3 aus dem Versuch 2 der M6-Hypothese in 6.3.2.1 verwendet. Es handelt sich um den Gewichtsvektor der Gewinnerunit 13. Für die Inputmuster mit dem Status ex1 bzw. ex2 werden zufällige Abweichungsmuster um die Größenprototypen 5 bzw. 1 ausgewählt. Die nicht-paradoxe Situation entsteht somit, weil gilt:  $ex1 > ex2$  sowie  $ex1 > end_2$ . Die verwendeten Inputvektoren für den nicht-paradoxen Fall sehen wie folgt aus:

Abbildung 6.56: Inputvektoren für die Verlaufssimulation 5/nicht-paradoxer Fall

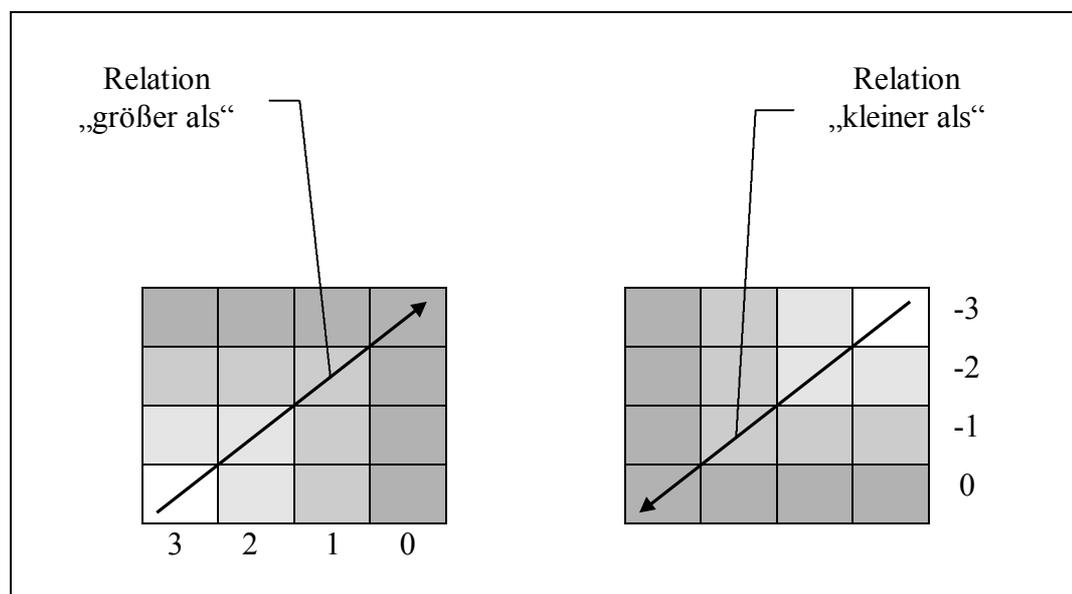
ex1-Inputmuster	ex2-Inputmuster	end <sub>2</sub> -Inputmuster
-0.06654	0.94227	0.447927
0.52852	0.55289	0.966034
1.00146	0.11846	0.498691
0.49618	-0.09186	0.054444
0.00725	-0.04251	-0.001966
-0.00419	-0.00398	-0.006684
0.01634	0.01941	0.003599

Die euklidischen Distanzen der Inputvektoren betragen rund 0,22 für den ex1-Inputvektor zum ex2-Inputvektor und rund 0,69 für den ex1-Inputvektor zum end<sub>2</sub>-Inputmuster. Es wurden insgesamt 20 Simulationsdurchläufe durchgeführt. Jeder Simulationslauf besteht aus 10 Verarbeitungsschritten. Nach jedem Verarbeitungsschritt werden die Gewichtsdateien festgehalten und ausgewertet. Im ersten Verarbeitungsschritt werden die ex1- und ex2-Werte in die Situationslayer 1 und 2 eingelesen. Anschließend wird im zweiten Schritt der end<sub>2</sub>-Wert in den Situationslayer 3 eingelesen und zusammen mit den beiden anderen Werten

kohonenklassifiziert. In den folgenden Zyklen wird mit den drei Inputvektoren weitergelernt.

Zur Auswertung der Verlaufssimulation wird davon ausgegangen, daß sich nach einem ersten Verarbeitungsschritt mit den eingelesenen ex1- und ex2-Werten eine Skalenausrichtung ergibt, die als Diagonale auf der zweidimensionalen V-Map mit der Richtung „ist größer als“ sowie der inversen Ausrichtung „ist kleiner als“ zu lesen ist. Bei der Betrachtung auf konzeptueller Ebene sind beide Relationen gleichberechtigt repräsentiert, d.h. es besteht kein Markiertheitseffekt (vgl. 5.1.2.3). Die Skala hat eine positive und negative Ausrichtung. Die beiden Pole bilden die gegenüberliegenden Karteneckpunkte. Die Belegung der Karteneckpunkte durch die beiden ex-Werte stellt sich, wie in 6.4.1 gezeigt, nach wenigen Verarbeitungsschritten ein. Es reicht jedoch bereits ein Verarbeitungsschritt, um die Diagonale mit den beiden Polen zu bestimmen. Dazu müssen nicht die Gewinnerunits bereits die Karteneckpunkte besetzen, sondern es genügt, daß diese die Skalenrichtung in ihrem Trend bestimmen. Eine notwendige Bedingung ist die Bipolarität der Skala, d.h. ohne einen Gegenpol gibt es keine Größer/kleiner-Skala. Dabei können alle Gewinnerunits durch ihre Nähe zu den Eckpunkten die Pole der Diagonalen bestimmen.

Abbildung 6.57: Die Relationen „größer als“ und „kleiner als“ im V-Modul

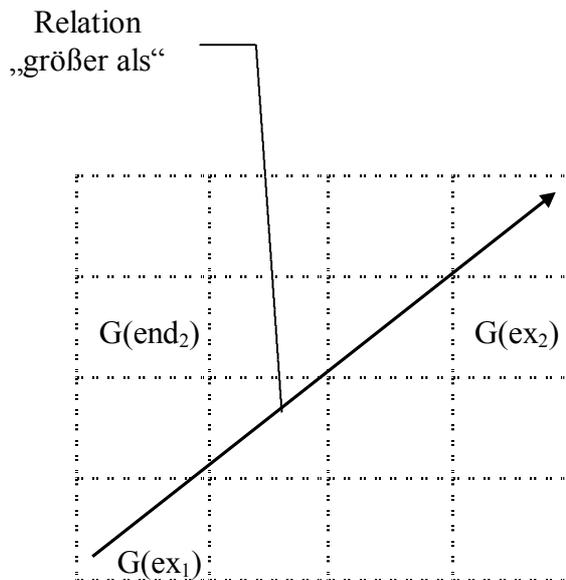


In Abbildung 6.57 sind die Verlaufsrichtungen der beiden Relationen verdeutlicht zusammen mit den jeweiligen Rängen. Es wird eine Rangverteilung von -3 bis +3 vorgenommen, mit der die Nähe zu den Polen ausgedrückt wird. Der positive Pol erhält den Rang +3 und der negative „kleiner“-Pol den Rang -3. Je größer beim positiven bzw. je kleiner beim negativen Pol die Rangzahl ist, desto näher liegt eine Unit bei einem der beiden Pole. Bei den positiven Rangzahlen ist zu beachten, daß eine größere Rangzahl einer stärkeren Ähnlichkeit zum positiven Pol und somit nicht wie in 6.4.1 bzw. 6.4.2 einer größeren Entfernung entspricht.

Anhand der Größer/kleiner-Ausrichtung, die sich im ersten Verarbeitungsschritt durch die Positionierung der Gewinnerunits von  $ex_1$  und  $ex_2$  (in der Folge mit  $G(ex_1)$  bzw.  $G(ex_2)$  bezeichnet) auf der V-Map herausbildet, wird die Diagonale festgelegt. In den hier vorgestellten Simulationen steht der  $ex_1$ -Wert für das Zielobjekt. Deshalb wird die Verlaufsrichtung von der Positionierung der Gewinnerunit von  $ex_1$  bestimmt. Für die Auswertung wird deshalb die Nähe von  $G(ex_1)$  zu einer der Kartenecken herangezogen, um den Ausgangspunkt für die Verlaufsrichtung der Diagonalen zu bestimmen.

Im nachfolgenden Beispiel in Abbildung 6.58 wird exemplarisch verdeutlicht, wie die Positionierungen der Gewinnerunits nach dem Einlesen des  $end_2$ -Wertes zu interpretieren sind.

Abbildung 6.58: Positionierung der Gewinnerunits auf der V-Map



In der Abbildung 6.58 ergibt sich für die Gewinnerunit von  $end_2$  eine Positionierung zwischen den Gewinnerunits von  $ex_1$  und  $ex_2$ . Das entspricht den abgebildeten Relationen  $ex_1 > end_2$  und  $ex_1 > ex_2$  sowie  $end_2 > ex_2$ . Der  $ex_2$ -Wert steht im Rang -3 und bildet den Ausgangspunkt der „kleiner“-Relation. Die Gewinnerunit  $end_2$  wird in Bezug auf beide Pole gelesen. Bezogen auf den positiven Pol  $G(ex_1)$  liegt  $G(end_2)$  im Rang 1 und bezogen auf den negativen Pol  $G(ex_2)$  in der Rangposition 0. Insgesamt ergibt sich ein Gesamtrang von 1.

Abbildung 6.59: Ermittlung des Gesamtrangs für den Beispielsfall

0	0	0	0
<b>1</b>	1	1	<b>0</b>
2	2	1	0
<b>3</b>	2	1	0

+

0	-1	-2	-2
<b>0</b>	-1	-2	<b>-3</b>
0	-1	-2	-2
<b>0</b>	-1	-1	-1

=

0	-1	-2	-2
<b>1</b>	0	-1	<b>-3</b>
2	1	-1	-2
<b>3</b>	1	0	-1

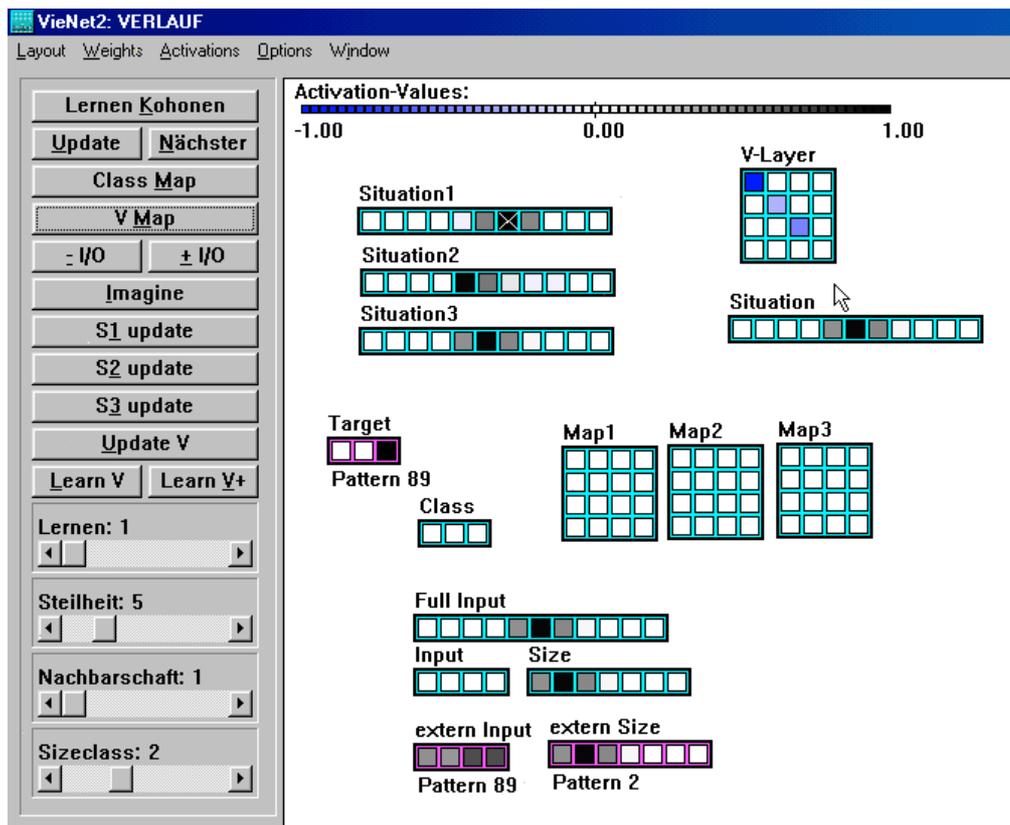
Der Vergleich der beiden Werte zeigt, daß  $end_2$  auf der Diagonalen zwischen der Gewinnerunit von  $ex_1$  und  $ex_2$  positioniert ist. Grafisch läßt sich die Positionierung

der  $\text{end}_2$ -Gewinnerunit so verdeutlichen, indem man ein Lot auf die Diagonale fällt, welche die „größer als“-Relation darstellt. Damit liegt der Wert zwischen den Gewinnerunits  $\text{ex}_1$  und  $\text{ex}_2$ . Zur Kontrolle wurden für jeden Simulationslauf und für jeden Verarbeitungsschritt die euklidischen Abstände zwischen den Gewinnerunits berechnet sowie die Abstände zwischen den Inputvektoren und den Gewichtsvektoren der entsprechenden Gewinnerunits.

#### Ergebnisse:

Alle 20 Simulationsläufe zeigten übereinstimmende Verläufe. Nach dem Einlesen der  $\text{ex}_1$ - $\text{ex}_2$ -Relation positionierte sich der im zweiten Schritt eingelesene  $\text{end}_2$ -Wert in allen Simulationsläufen zwischen den beiden Polen. Die im Verarbeitungsschritt 1 eingelesene Relation bleibt unverändert in ihrer Positionierung ebenso wie der hinzukommende  $\text{end}_2$ -Wert nach dem zweiten Verarbeitungsschritt. Die Positionen der Gewinnerunits bleiben in allen weiteren Zyklen unverändert. Abbildung 6.60 ist ein Screen-Shut eines typischen Simulationslaufes des nicht-paradoxen Falls nach 2 Verarbeitungsschritten.

Abbildung 6.60: Exemplarischer Screen-Shut von V5/nicht-paradoxe Fall



Die Interpretation der Positionierung von  $end_2$  wird durch die Berechnung der euklidischen Abstände zwischen den Gewichtsvektoren der Gewinnerunits bestätigt. Die Berechnung der euklidischen Abstände zwischen den Inputvektoren und den Kartenunitgewichtsvektoren zeigt in allen Simulationen mit zunehmender Anzahl von Verarbeitungsschritten abnehmende Werte für  $ex_1$  zu  $G(ex_1)$  sowie  $ex_2$  zu  $G(ex_2)$ . Die Abweichung von  $end_2$  zu  $G(end_2)$  im zweiten Verarbeitungsschritt ist durchgehend wesentlich kleiner als die entsprechenden Abweichungen der  $ex_1/G(ex_1)$  und  $ex_2/G(ex_2)$ -Vektoren. Nach dem zweiten Verarbeitungsschritt liegen die Abweichungen für die  $ex_1/G(ex_1)$  und  $ex_2/G(ex_2)$ -Vektoren im Durchschnitt bei rund 0,2, wohingegen die durchschnittliche Abweichung für  $end_2$  zu  $G(end_2)$  bei 0,03 liegt.

### 6.4.3.2 Paradoxe Fall

#### Operationalisierung des paradoxen Falls V6:

Für den paradoxen Fall wird als  $end_2$ -Wert der Gewichtsvektor der Gewinnerunit des Prototypen 5 aus dem Versuch 3 der M6-Hypothese in 6.3.2.1 verwendet. Für die Inputvektoren mit dem Status  $ex_1$  bzw.  $ex_2$  werden zufällige Abweichungsmuster um die Größenprototypen 3 bzw. 1 ausgewählt.

Es gilt:  $ex_1 > ex_2$  und gleichzeitig  $ex_1 < end_2$ , was im folgenden als paradoxer Fall bezeichnet wird. Die verwendeten Inputvektoren für den paradoxen Fall sehen wie folgt aus:

Abbildung 6.61: Inputvektoren für die Verlaufssimulation 6 /paradoxe Fall

$ex_1$ -Inputmuster	$ex_2$ -Inputmuster	$end_2$ -Inputmuster
0.44227	1.16448	0.089225
1.05289	0.30417	0.513704
0.61846	0.20100	0.877846
-0.09186	-0.04028	0.421883
-0.04251	-0.00853	0.043268
-0.00398	-0.00354	0.016369
0.01941	0.00591	0.006617

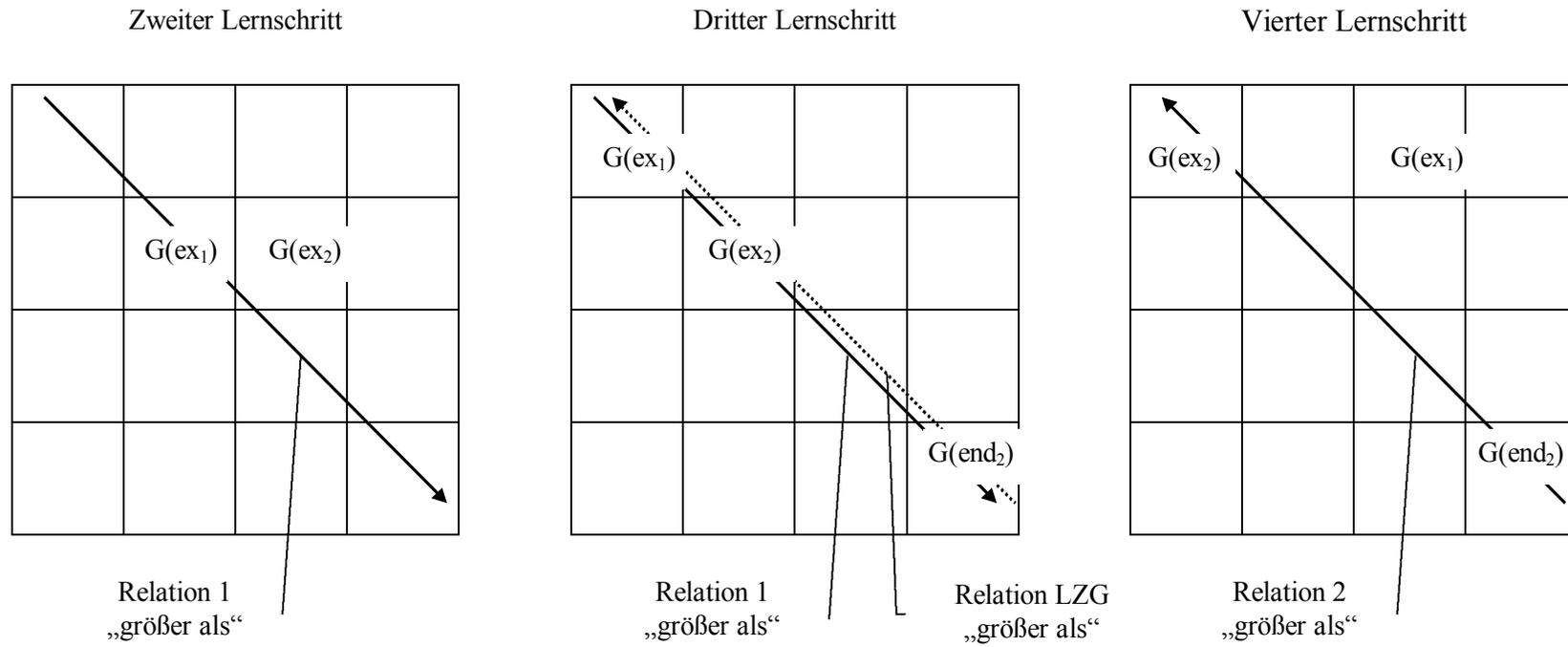
Die euklidischen Distanzen betragen rund 0,61 für die Inputmuster  $ex_1$  und  $ex_2$ , sowie rund 0,75 für die Inputmuster  $ex_1$  und  $end_2$ . Wie in Versuch 5 wurden insgesamt 20 Simulationsläufe mit jeweils 10 Lernzyklen durchgeführt.

Aufgrund der im Vergleich zu Versuch 5 geringeren euklidischen Distanzen der Inputvektoren  $ex_1$  und  $ex_2$ , erfolgt das Einlesen des  $end_2$ -Wertes erst im dritten Verarbeitungsschritt. Die Kriterien für die Auswertung der Ergebnisse werden aus Versuch 5 herangezogen.

### Ergebnisse:

Die Analyse der Ergebnisse der 20 Simulationsläufe ergibt für 75% der Fälle die Abbildung einer paradoxen Situation nach dem Einlesen des  $end_2$ -Werts. Die paradoxe Situation zeigt sich nach dem dritten Verarbeitungsschritt. Die Karte bildet zum einen die Relation „ist größer als“ (Relation 1 in Abbildung 6.62) durch die Diagonale  $G(ex1)/G(ex2)$  ab und gleichzeitig die Relation „ist größer als“ aus dem LZG von  $G(end_2)$  zu  $G(ex1)$ . Für  $G(ex1)$  trifft somit gleichermaßen zu:  $G(ex1) > G(ex2)$  und  $G(ex1) < G(end_2)$ . Zu den paradoxen Situationen werden die Fälle mitgerechnet, bei denen nach dem dritten Verarbeitungsschritt eine Ausrichtung der Karte nicht feststellbar ist. Die paradoxe Situation löst sich im vierten Verarbeitungsschritt grundsätzlich auf. Der  $G(ex1)$ -Wert wird auf der Grundlage der Relation „größer als“ (Relation 2) richtig abgebildet und verliert seine Eckposition. Der Wechsel der Position von  $G(ex1)$  auf eine andere Kartenunit findet in allen Simulationsläufen statt und es wird die Reihenfolge  $G(end_2) > G(ex1) > G(ex2)$  von der Karte in allen weiteren Verarbeitungsschritten abgebildet, auch wenn die Gewinnerunits ihre Positionen von Verarbeitungsschritt zu Verarbeitungsschritt wechseln. Die Diagonale  $G(end_2)/G(ex2)$  bestimmt die „größer als“ und „kleiner als“-Ausrichtung der Karte. Für die restlichen 25% der Fälle ergibt sich keine paradoxe Situation, d.h. die Karte stellt bereits nach dem dritten Verarbeitungsschritt die Abfolge  $G(end_2) > G(ex1) > G(ex2)$  dar.

Abbildung 6.62: Auflösung der paradoxen Situation



### Diskussion:

Die vergleichende Darstellung der Versuche 5 und 6 führt zu folgender Interpretation der Ergebnisse. Sollen im V-Modul zwei Relationen gleichzeitig verarbeitet werden, so macht es einen Unterschied, ob im Hinblick auf die beiden Relationen von einer kongruenten oder inkongruenten Situation gesprochen werden kann. Im Falle einer kongruenten Situation reagiert ein kognitives System mit einer nicht-paradoxen Repräsentation, d.h. die beiden Relationen können problemlos abgebildet werden, was einem nicht-paradoxen Systemverhalten entspricht. Die Ergebnisse der Verlaufssimulation 5 stützen diese Interpretation, da in 100% der Fälle sich ein nicht-paradoxes Systemverhalten nachweisen läßt. Im Falle einer inkongruenten Ausgangsbedingung reagiert das System hingegen mit einem paradoxen Verhalten. Wie in der Verlaufssimulation 6 gezeigt wurde, tritt das Paradoxon in 75% der Fälle auf. Das Paradoxon äußert sich darin, daß das System in einen inneren Konflikt gerät, wenn es gleichzeitig zwei Relationen mit entgegengesetzter Verlaufsrichtung abbilden soll und auf dieser Grundlage ein widerspruchsfreies Systemverhalten hervorbringen soll. Die eine Relation entstammt dem perzeptuellen Gedächtnissystem, während die andere Relation aus dem Gedächtnissystem für längerfristiges Wissen herrührt. Der innere Konflikt ergibt sich daraus, weil das System zwei innere Konstruktionen von Größenrelationen aus diesen Gedächtnissystemen nicht in Übereinstimmung bringen kann. Unter dem Einfluß der perzeptuell eingehenden Größeninformation wird die längerfristig gespeicherte Größenrelation im Grunde genommen umpolarisiert. Für den Konzeptualisierungsprozeß in der Aktualgenese bedeutet dieser Konflikt eine Verzögerung in der Verarbeitung. Diese Verzögerung wird mit den Ergebnissen in der Verlaufssimulation 6 mit dem zusätzlichen Verarbeitungsschritt gestützt. Beim nicht-paradoxen Systemverhalten in Versuch 5 reagiert demzufolge das System schneller.

Nach der Auflösung des Paradoxon wie in der Verlaufssimulation 6 ist mit der richtigen Einordnung des Zielobjekts ein widerspruchsfreies Systemverhalten möglich. Die Auflösung hin zu einem stabilen Zustand entspricht dem Piagetschen Verständnis zufolge einem Äquilibrationsprozeß, wonach ein System immer wieder seinen Gleichgewichtszustand zu erlangen versucht.

## 6.5 Bedeutung der Simulationsergebnisse für den Sprachproduktionsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“

Insgesamt lassen sich für die Bewertung computergestützter Modelle (vgl. 1.2.4) schwache und starke Evaluationsverfahren anführen (Dijkstra & de Smedt, 1996). Bei einer schwachen Bewertung wird die mit der Simulation erzielte Systemperformanz verglichen mit den entsprechenden empirischen Daten. Über diesen Abgleich läßt sich feststellen:

„...such a comparison can only be considered as a rather weak test of a model if the empirical results were previously known and the model was constructed to account for those data in the first place.“ (Dijkstra & de Smedt, 1996, S. 11f.)

Ein strengeres Evaluationsverfahren hingegen berücksichtigt zusätzlich das hervorgebrachte Verhalten des Modells im Hinblick auf die Voraussagbarkeit neuer, noch nicht getesteter Bedingungen. Speziell für Simulationen sprachlichen Verhaltens läßt sich als ein weiteres Kriterium anführen, daß der simulierte sprachliche Lernprozeß dem des menschlichen Lernens ähnelt (Dijkstra & de Smedt, 1996).

Im Zusammenhang mit der Frage nach der Bewertung von computergestützten Modellen stellen Jacobs und Grainger (1994) zur Systematisierung der Evaluation verschiedene Kriterien für die Bewertung vor. Zu diesen Kriterien zählen die Beschreibungs- und die Erklärungsangemessenheit eines Modells, die Allgemeingültigkeit und die Einfachheit sowie die Falsifizierbarkeit.

Die *Beschreibungsangemessenheit* ist ein Kriterium, mit welchem die Implementierung beurteilt wird (Dijkstra & de Smedt, 1996). Von einem Modell kann gesagt werden, daß es beschreibungsadäquat ist, wenn es trotz vorgenommener Vereinfachungen die wesentlichen Eigenschaften der kognitiven Repräsentation und Verarbeitung widerspiegelt. In der Simulation zur Konstruktion der Größeninformation wird beispielsweise die Güte des Lernens mit Hilfe des mittleren Standardfehlers angegeben. Dieser Wert gibt Aufschluß darüber, wie gut das Modell in der Lage ist, die zu lernende Aufgabe, in diesem Fall die Fähigkeit unterschiedliche Größen in unterschiedlichen Entfernungen konstant wahrzunehmen, korrekt abzubilden. In diesem Sinne ist das vorgestellte Modell beschreibungsadäquat.

Im Zusammenhang mit der Simulation der kognitiven Fähigkeit, verschiedene Exemplare jeweils der richtigen Objektklasse zuzuordnen, zeigte sich, daß die Güte

der Kategorisierung zusätzlich die Fähigkeit umfassen muß, unbekannte, d.h. noch nicht gelernte Exemplare ebenfalls korrekt zu kategorisieren. Es stellte sich heraus, daß die ausschließliche Betrachtung der Trainingsleistung als Kriterium für die Güte der Kategorisierung nicht ausreichend ist, weil die Testleistung mit in die Analyse einbezogen werden muß. Entsprechend wurde in der Folge die Güte der Kategorisierung anhand des Verhältnisses von Trainingsleistung zu Testleistung mit Hilfe des Relationswertes ausgedrückt. Mit den Kriterien zur Evaluation computergestützter Modelle gesprochen, bedeutet das, daß das vorgestellte Modell das Kriterium der *Allgemeinheit* im Sinne der Fähigkeit zur Verallgemeinerung aufweist, weil mit der zusätzlichen Berücksichtigung der Testleistung die Fähigkeit des Modells auf neue, noch unbekannte Informationen zu reagieren, in die Berechnung der Güte der Kategorisierung eingeht.

Einführend in diesem Kapitel wurde darauf hingewiesen, daß die vorgestellten Simulationen einfache Modelle abbilden (vgl. 6.1.3). Die *Einfachheit* als weiteres Kriterium der Evaluation bezieht sich bei computergestützten Modellen auf die Realisierung verschiedener Prinzipien innerhalb des Systems wie u.a. auf die Anzahl der Units und Layern in einer neuronalen Architektur (vgl. Jacobs & Grainger, 1994, S. 1318). Diese einfachen Modelle bilden die Voraussetzung und die Vorstufe für die Entwicklung weiterer, komplexerer Netzwerkarchitekturen. Für die vorgestellten Simulationen bedeutet das, daß die einzelnen Verarbeitungsprozesse mit der zunehmenden neurophysiologischen Fundierung sukzessive durch erweiterte Verarbeitungsmodule auswechselbar sind. Ein Beispiel hierzu wäre die Ersetzung des Moduls der Objektkategorisierung durch eine selbstorganisierende neuronale Netzwerkarchitektur, um dem konstruktivistisch-konnektionistischen Paradigma umfassender zu entsprechen. Eine andere mögliche Erweiterung wäre die Verwendung von „realen“ Inputs beispielsweise in Form von Sensordaten, die von einem künstlichen System ermittelt werden.

Eine solche Überführung einfacher Modelle in komplexere Modelle zeichnet sich durch eine zunehmend verbesserte *Erklärungsangemessenheit* der Modelle aus. Zum einen resultiert die Angemessenheit aus der quantitativen Einbeziehung weiterer empirisch gewonnener Annahmen beispielsweise aus anderen Wissenschaftsdisziplinen und zum anderen kann in die Simulation eine qualitativ verbesserte Modellvariable

eingehen beispielsweise aufgrund neuerer Erkenntnisse der neurophysiologischen Forschung. Für die vorgestellten Simulationen bedeutet das vor allem eine zunehmende Integration interdisziplinärer Befunde (vgl. Kapitel 5).

Die vorgestellten Simulationen belegen m.E. die prinzipielle Geeignetheit von neuronalen Lernverfahren zur Modellierung von Sprachproduktionsprozessen, was bisher den Spreading-activation-Modellen vorbehalten war. Die erzielten Ergebnisse belegen, daß sowohl die Prozesse mit dem D-Modul als auch mit dem V-Modul subsymbolisch und mit neuronalen Netzwerken zu realisieren sind, wobei die Unterschiede in den Prozessen dennoch im Systemverhalten selbst erkennbar sind. So ist beispielsweise die Anzahl der Lernzyklen sehr groß bei den Prozessen, die mit Hilfe des D-Moduls simuliert werden, hingegen werden für die Prozesse mittels des V-Moduls stets nur sehr wenige Verarbeitungsschritte benötigt. Dadurch lassen sich langsame Lernverfahren, die für den Aufbau von längerfristig gespeichertem Wissen notwendig sind unterscheiden von Prozessen der Aktualproduktion, die der 100 Schritte-Regel unterliegen. Als Folge der Berücksichtigung beider Prozesse ermöglichen die in den Simulationen erzielten Ergebnisse Aussagen über die Interaktion der beiden Prozesse. Ein Beispiel hierfür sind die Simulationen interferierender Einflüsse bei der Codierung der relativen Größeninformation. Zum einen ließen sich die empirischen Daten der psycholinguistischen Forschung, d.h. der Kongruenzeffekt (vgl. 5.1.1.2) simulativ nachweisen. Zum anderen können die erzielten Daten den Ausgangspunkt für eine weitere differenziertere experimentelle Überprüfung bilden. Hierzu zählt die sich aus der Simulation des Paradoxon ergebende Hypothese, daß sich der Kongruenzeffekt bei Kindern im Vorschulalter nicht nachweisen lassen sollte, weil das entsprechende längerfristig gespeicherte Wissen über die durchschnittliche Größe einer Objektklasse noch nicht ausgebildet sein dürfte. Hierzu können die in den Simulationen zur Ausbildung der Bezugssysteme gewonnenen Daten als Input für die entsprechenden Verlaufssimulationen verwendet werden. In diesem Punkt erfüllt das Gesamtmodell die von Spada und Wichmann (1996) aufgeführten Vorteile einer „lauffähig gemachten Theorie“, bei welcher mit dem Lernmodell durch die Variation von systeminternen und systemexternen Faktoren experimentiert wird und die resultierenden Auswirkungen auf den Lernprozeß systematisch erfaßt werden können (vgl. 1.2.4). Werden auf diese Weise anhand des

Modells selbst wieder Daten erzeugt, entspricht diese Vorgehensweise den Annahmen zur Verflechtung von Wissensaufbau und Wissensnutzung. Die Produktion von Daten ermöglicht die *Falsifikation* der Modellannahmen, wenn die simulativ gewonnenen Daten von den theoretisch vorhergesagten Daten abweichen. Ein Beispiel hierfür, daß mit den Simulationen Daten erzeugt wurden, die nicht mit den in den Hypothesen aufgestellten Annahmen übereinstimmen, ist die Überprüfung der Modellhypothese 2, die besagt, daß bei zunehmender Exemplarerfahrung die Kategorisierungsleistung besser wird. Diese Hypothese ließ sich mit den in den Simulationen erzielten Ergebnissen nur schwach bestätigen. Als Folge dieser Falsifikation wurde die M1-Hypothese modifiziert (vgl. 6.3.1.1).

Als Ausblick zu den vorgestellten Simulationen über den Konzeptualisierungsprozeß des Dimensionsadjektivs „groß“ stehen abschließend weiterführende Überlegungen für die Modellierung der Prozesse des Übergangs hin zu der Stufe der Formulierung. Im Zuge des Prozesses der Konzeptualisierung werden im V-Modul verschiedene Relationen abgebildet. Diesen Ausgabemustern kann insofern der Status von sogenannten identifizierbaren Zuständen (ID-states) zugeschrieben werden (vgl. 5.3.2.3), als daß diese Relationen in einer späteren Stufe des Sprachproduktionsverlaufs mit Symbolstrukturen, d.h. den sprachlichen Ausdrücken einer Sprachgemeinschaft assoziiert werden können. Die ID-Zustände stellen verteilte Muster über die Ausgabeschicht eines neuronalen Netzes dar. Die zugeordneten Symbole bezeichnen diese Muster, indem sie zwei Elemente in Bezug auf die Größeninformation zueinander in Beziehung setzen. Für die Ausgabe des V-Moduls stellen beispielsweise  $A > B$ ,  $C < D$ ,  $A = D$  solche symbolischen Strukturen dar. In einem weiteren Schritt, der zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht Bestandteil der Modellierung ist, werden diesen Strukturen Bezeichnungen zugeordnet wie z.B. „A ist größer als B“ oder „C ist kleiner als D“ oder „A und B sind gleich groß“. Ein und derselbe ID-Zustand, d.h. ein konzeptuelles Ausgabemuster des V-Moduls kann dabei verschiedenen Bezeichnungen zugeordnet werden. So kann beispielsweise der ID-Zustand  $A > B / B < A / A \neq B$  sowohl der Bezeichnung „A ist größer als B“ als auch „B ist kleiner als A“ oder „B ist nicht so groß wie A“ u.s.w. zugeordnet werden. Das entspricht der Modellannahme, daß die Ausgabemuster des V-Moduls

bezeichnungsneutral, d.h. neutral codiert sind (vgl. 5.1.2.3). Damit wird dem in psycholinguistischen Experimenten nachgewiesenen Markiertheitseffekt, der nach Schriefers (1985) erst auf der Ebene der Lexikalisierung auftritt, entsprochen. Im Hinblick auf die Zuordnung einer Bezeichnung muß jedoch entschieden werden, ob beispielsweise einem ID-State wie  $A>B/B<A$  die Bezeichnung „A ist größer als B“ oder „B ist kleiner als A“ zugeordnet werden soll. Damit alle möglichen Entfaltungsmöglichkeiten einer Ausgaberepräsentation abdeckt sind und somit alle passenden Bezeichnungen prinzipiell realisierbar werden, müssen beispielsweise für den ID-Zustand  $A>B/B<A/A\neq B$  die verschiedenen Realisierungen unterscheidbar gemacht werden und diese in unterschiedlicher Form repräsentiert werden. Es stellt sich die Frage, wie die notwendigen zwischengeschalteten Repräsentationen erzielt werden können.

Als Lösung dieses Problems bietet sich m.E. das von Rotter und Dorffner (1990) vorgeschlagene Modell der Bindingvektor-Repräsentation (BV) an. Ausgehend von der Kritik, daß verteilte konnektionistische Modelle nicht in der Lage sind, komplexe Beziehungen zwischen Konzepten in Form von Strukturen eindeutig darzustellen (Fodor & Pylyshyn, 1988) stellen die Autoren einen Lösungsvorschlag mit der Methode der Bindingvektor-Repräsentation (BVR) vor. Ein Beispiel für eine solche Beziehung zwischen Konzepten ist die Bindung der thematischen Rollen der Konstituenten eines Satzes an deren mögliche Füller. Die Simulationen von McClelland und Kawamoto (1986) stellen ein Modell für den Interpretationsvorgang beim Satzverstehen vor, wie die Zuordnung der Satzkonstituenten zu den thematischen Rollen mit Hilfe der Methode des Conjunctive-Coding subsymbolisch erfolgen kann (vgl. 6.1.2.2).

Im Gegensatz zu der von McClelland und Kawamoto (1986) vorgestellten speziellen Modellierung, bei welcher anhand der Microfeatures von Konzepten, deren Rolle im Satz bestimmt werden kann, wird mit dem Ansatz von Dorffner und Rotter (1990) eine allgemeine Methode vorgestellt, wie distinkte Zustände für zwei Konzepte, die zueinander in einer beliebigen Relation stehen können, erzeugt werden können. Entsprechend stellen die Autoren fest:

„Das Binding ist somit ein ‘Grundtyp’ der Beziehung zwischen Features, aus denen sich Relationen aller Art generieren lassen.“ (Rotter & Dorffner, 1990, S.91)

In der von Dorffner und Rotter vorgeschlagenen Modellierung wird ein vollverbundener zweischichtiger Musterassoziator benötigt, bei welcher in der Inputschicht die Rollen- und Füller-Information repräsentiert ist und in der Ausgabeschicht für jede Kombination ein distinktes, verteiltes Aktivierungsmuster erzielt wird. Die Methode der Bindingvektor-Repräsentation ermöglicht es somit, für jede mögliche Kombination zweier Inputunits einen charakteristischen Outputvektor zu erzeugen, welcher die einzelnen Kombinationen unterschiedlich darstellt und auf welchen das Netzwerk dann gesondert reagieren kann (Rotter & Dorffner, 1990, S. 90). Durch das Prinzip der nicht-kommutativen Überlagerung von mehreren Bindingmustern können mit Hilfe eines mehrschichtigen Musterassoziators auch komplexere Strukturen abgebildet werden.

„Die Nicht-Kommutativität läßt sich dadurch erreichen, daß die Bindingmuster vor der Überlagerung einem (beliebigen) Threshold unterzogen werden.“ (Rotter & Dorffner, 1990, S.89, Klammersetzung der Autoren)

Auf diese Weise lassen sich mehrere Bindings in einer einzigen Ausgabestruktur repräsentieren und diese komplexe Repräsentation läßt sich auch wieder decodieren. Das Verfahren der BVR läßt sich m.E. anwenden auf die mittels des V-Moduls erzielte Ausgabestruktur, um für diese neutrale Codierung die prinzipielle Möglichkeit der Encodierung aller dort enthaltenen Relationen zu ermöglichen. Die hierfür notwendige Überführung in distinkte Muster in Form von zwischengeschalteten Repräsentationen ließe sich mit Hilfe der BVR realisieren. Mit Hilfe eines weiteren neuronalen Netzes könnten die gebildeten Repräsentationen durch Lernvorgänge mit den sprachlichen Ausdrücken assoziiert werden. Dabei ließe sich durch die unterschiedlich starke Setzung der Gewichtsverbindungen bzw. der Schwellenwerte der Markiertheitseffekt auf der Ebene der Lexikalisierung modellieren.

Die vorgeschlagene Modellierung stellt eine Erweiterung des eigenen Modells dar und ist nicht Bestandteil der derzeitigen Modellkonzeption. Sie stellt einen Ausblick dar auf die geplante Erweiterung des Modells um die sprachliche Komponente und die Modellierung der Prozesse der Assoziation von konzeptuellen Mustern mit sprachlichen Strukturen. Dabei wird es das Hauptinteresse sein, auch diese Prozesse rein subsymbolisch zu modellieren und auf diese Weise weitere Alternativen zur symbolischen Strukturbildung in kognitiven Systemen aufzuzeigen.

## 7 **Schlußbemerkungen**

Mit der vorgestellten Arbeit wurde insgesamt die Absicht verfolgt, die Bedeutung von konzeptuellen Prozessen bei der Analyse des Sprachproduktionsprozesses aufzuzeigen. Zu Beginn des Entstehungsprozesses dieser Arbeit stand zunächst die Intention, den Sprachproduktionsprozeß für die Äußerungen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ möglichst umfassend abzubilden. Hierzu wurde von mir im Vorfeld dieser Arbeit zunächst eine modulare Architektur, bestehend aus drei Teilnetzen für die konzeptuellen, semantischen und syntaktischen Prozesse entwickelt. Es zeigte sich jedoch bald, daß diese Vorgehensweise keine homogene Analyse des Sprachproduktionsprozesses ermöglicht, sondern m. E. unweigerlich zu einem Paradigmenwechsel führen muß. Während die Konzeptualisierung einen individuellen Prozeß darstellt, der im Zusammenhang mit Umweltbezug und Lernprozessen des sprachproduzierenden Individuums zu sehen ist, sind die semantischen und syntaktischen Strukturen insofern als überindividuelle Informationen zu verstehen, die somit idealisierte Produkte einer Sprachgemeinschaft darstellen und individuelle Lernprozesse ausklammern. Für eine homogene Analyse müssen entweder die Prozesse der Konzeptualisierung mit den semantischen und syntaktischen Strukturen in Form einer 1:1-Abbildung dargestellt werden, oder aber es muß der Ausgangspunkt in den individuellen konzeptuellen Prozessen gewählt werden. Die letztere Vorgehensweise lag dieser Arbeit zugrunde, als der Frage nachgegangen wurde, wie ein kognitives System eine sprachliche Äußerung konstruiert. Damit stellte sich die Frage nach den individuellen kognitiven Entsprechungen zu den überindividuellen syntaktischen und semantischen Strukturen. Die Wahl des Untersuchungsgegenstandes des Dimensionsadjektivs „groß“ und seiner Abstufungen war hierfür deshalb besonders geeignet, weil Adjektive insofern komplexere Gebilde bilden, als daß sie im attributiven Gebrauch eine Verbindung mit einem Nomen eingehen und in der komparativen Verwendung mindestens zwei Nomen zueinander in Relation setzen. Die Produktion eines Nomens als individuelle Konstruktion ist subsymbolisch abbildbar als kontextuell variierender Zusammenschluß verschiedener Microfeatures. Es wurde gezeigt, daß die Konstruktion einer adjektivischen Wissensstruktur als komplexeres Gebilde sich mit Hilfe von

Verarbeitungsinstrumentarien, im Falle des Dimensionsadjektiv „groß“ mit dem V-Modul und D-Modul vollzieht. Mit der Annahme solcher Verarbeitungsinstrumentarien bietet sich ein neues methodisches Vorgehen, wie es in dieser Arbeit vorgestellt wurde, für die subsymbolische Modellierung syntaktischer Strukturen an.

Eine Grundkritik der Vertreter des symbolischen Paradigmas besteht darin, daß den subsymbolischen konnektionistischen Modellen die Fähigkeit abgesprochen wird, symbolische Strukturen darzustellen. Die symbolische Vorgehensweise zur Erzeugung komplexer Strukturen wird mit dem klassischen Artikel von Fodor und Pylyshyn (1988) vertreten. Eine der Grundannahmen besagt, daß mentale Repräsentationen eine kombinatorische Syntax und Semantik aufweisen müssen. Ohne diese Annahme ist es dem symbolischen Verständnis nach nicht möglich, die Eigenschaften der Produktivität, Systematizität, Kompositionalität der Repräsentationen sowie die Homogenität der Schlußfolgerungen zu erklären. Die Kritik an den verteilten, konnektionistischen Modellen gründet sich auf die Annahme, daß die konnektionistischen Repräsentationen atomar sind, d.h. daß sie keine Konstituentenstruktur aufweisen. Die Vertreter des symbolischen Paradigmas schließen daraus, daß die konnektionistischen Modelle folglich die obigen Eigenschaften nicht aufweisen können. Die mit der eigenen Arbeit vorgestellte Annahme, daß „tools“ auf der Grundlage atomarer subsymbolischer Strukturen neue Strukturen konstruieren können, die eine Konstituentenstruktur aufweisen, stellt ein Argument dar, die generelle Kritik am subsymbolischen Paradigma zu überdenken.

Auf dem Hintergrund des in dieser Arbeit vorgestellten Ansatzes bietet sich als Gegenstand zukünftiger Forschungen an, die subsymbolischen Konstruktionsprozesse für weitere sprachliche Äußerungen, insbesondere für Strukturen mit Verben zu untersuchen. Für die Bildung syntaktischer Strukturen werden mit der Universalgrammatik von Chomsky (1996a, 1996b) universale Prinzipien wie das move- $\alpha$  Prinzip postuliert, welches für die Überführung der D-Strukturen in die S-Strukturen verantwortlich ist. Der Ansatz von Chomsky geht davon aus, daß das Sprachvermögen ein eigenständiges Modul darstellt, das jedoch mit den anderen kognitiven Systemen interagiert. Das Sprachvermögen nimmt eine Sonderstellung gegenüber den anderen kognitiven Fähigkeiten ein und wird dem modularen

Verständnis zufolge auch von eigenen Prinzipien geleitet. Chomsky (1980) geht der Frage nach, ob die Prinzipien der anderen kognitiven Systeme, die zur Kategorisierung beitragen, die Prinzipien des Sprachvermögens beeinflussen. Wenn dem so wäre, dann müßte man seiner Ansicht nach eine Sichtweise wie die von Piaget entwickelte, vertreten. Ein solches Ergebnis fände Chomsky dementsprechend überraschend:

„It would be surprising indeed if we were to find that the principles [of language] governing these phenomena are operative in other cognitive systems, although there may be certain loose analogies, perhaps in terms of figure and ground, or properties of memory, as we can see when the relevant principles are made explicit.“ (Chomsky, 1980, S.44)

Folglich werden bei Chomsky die Prinzipien des Sprachvermögens unterschieden von den Konstruktionsprinzipien des konzeptuellen Systems. Die in der eigenen Arbeit vorgestellten „tools“ hingegen stützen die gegensätzliche Annahme, nach welcher die operativen Prinzipien des menschlichen Geistes insofern ökonomischen Prinzipien folgen, als daß die Funktionsweisen des D- und V-Moduls gleichermaßen Anwendung in den Prozessen der Kategorisierung als auch in den Prozessen der Sprachproduktion finden. Die mit den „tools“ realisierten ökonomischen Prinzipien finden sich in den Prozessen der Wahrnehmung sowie in den konzeptuellen Prozessen und ihr Einfluß wirkt in den sprachlichen Bereich hinein. Bei diesen „tools“ handelt es sich somit um tieferliegende allgemeinere Prinzipien, die aus dem Zusammenspiel von Organismus und Umwelt resultieren und gemäß der auf Piaget zurückgehenden Annahme des entwicklungspsychologischen Konstruktivismus mit Hilfe selbstorganisierender Mechanismen erklärt werden können. Mit dem „tool“-Konzept wird von einer gewissen Strukturdeterminiertheit ausgegangen, in dem Sinne als daß diese Funktionsprinzipien Teil der menschlichen Grundausstattung sind, die als Option genetisch bereitgestellt werden und deren Fähigkeit zur Verwendung im Verlauf der Entwicklung ausgebildet und eingeübt wird.

Die Annahme solcher Prinzipien belegt aber auch die prinzipielle Verträglichkeit mit einer Position wie die der GB-Theorie im Hinblick auf den Beschreibungsaspekt der hervorgebrachten Sprachprodukte. So können beispielsweise die Konstruktionen mit Hilfe des D-Moduls als Entsprechungen der zwischengeschalteten Projektionen  $N'$  der  $X'$ -Theorie aufgefaßt werden. Die Annahme der Existenz sogenannter „tools“ stützt somit die Modifikation der ursprünglichen Phrasen-Struktur-Grammatik speziell

in dem Punkt hin zu einer kognitiv adäquateren Theorie insofern, als daß in der Vorgängertheorie keine übergeordnete Einheit für das Adjektiv zusammen mit dem Nomen vorgesehen war.

Die Fähigkeit zur Verwendung von Sprache ist somit von dem Einsatz der „tools“ geprägt, die gleichermaßen für die Konstruktion von inneren Zuständen verantwortlich sind. Folgt man diesen Annahmen, so könnte ein weiterer Schritt darin bestehen, das vorgestellte Modell für ein künstliches kognitives System zu verwenden, welches in seinem Verhalten diese Prozesse des menschlichen Wissensaufbaus und der Wissensnutzung abbilden soll. Ein solches künstliches System kann, mit den „tools“ als Funktionsprinzipien ausgestattet, sich in einer bestimmten Umwelt bewegen und als Folge der System-Umwelt-Wechselwirkungen seine individuellen inneren Zustände aufbauen sowie mit anderen Systemen in Interaktion treten. Im Idealfall würde es dabei dieselben Entwicklungsschritte vollziehen, wie sie durch die ontogenetische Forschung für natürliche kognitive Systeme belegt sind. Im Falle der Verwendung des Dimensionsadjektivs „groß“ beinhaltet das beispielsweise die entwicklungszeitlich versetzte Fähigkeit zur Verwendung des D-Moduls. In dem resultierenden Sprachverhalten zu den unterschiedlichen Phasen der ontogenetischen Entwicklung treten demnach zu einem frühen Zeitpunkt keine Interferenzen auf, weil noch kein längerfristig gespeichertes Wissen bezüglich der durchschnittlichen Größe bestimmter Objektklassen gebildet wurde, während zu einem späteren Zeitpunkt dieses Wissen verfügbar ist und so einen interferierenden Einfluß auf den Konzeptualisierungsprozeß nehmen kann. Für die Konstruktion eines künstlichen kognitiven Systems bedeutet das, daß es unter Beachtung dieser Prämissen zunehmend dem natürlichen kognitiven System ähnlich wird, was auch die Einbeziehung abnehmender Systemperformanz beispielsweise durch einen verzögerten Verarbeitungsprozeß aufgrund einer erforderlichen Desambiguierung im Falle von Interferenzen beinhalten kann. Ein künstliches kognitives System mit verschiedenen solcher „tools“ auszustatten, die es ihm ermöglichen, Wissen bezüglich seiner Umwelt selbst zu erwerben und graduell individuelle innere Zustände zu konstruieren, bedeutet m.E. einen wichtigen Schritt hin zur Entwicklung eines künstlichen intelligenten Systems. Ein solches System ist m.E. insbesondere befähigt, in Verarbeitungsprozessen aufgabenorientierter Kommunikation sowohl die notwendigen visuellen und konzeptuellen Teilprozesse zu

vollziehen als auch als sprachproduzierendes System zu agieren, indem es beispielsweise Instruktionen mit dem Dimensionsadjektiv „groß“ in einem Szenario für den Zusammenbau eines Baufixflugzeugs hervorbringt.

Mit der Annahme, daß sich die Ausbildung innerer Strukturen eines kognitiven Systems mit Hilfe der „tools“ vollzieht, wird der Ansicht von Vertretern des klassischen Symbolmanipulationsansatzes widersprochen, welche besagt, daß sich solche Strukturen nur mit Hilfe der sequentiellen regelgeleiteten Manipulation von Symbolen erklären lassen. Der in dieser Arbeit vorgestellte „tool“-Ansatz hingegen stellt eine Alternative zu diesem Prozeßverlauf dar, nach welchem sich mit Hilfe der „tools“ auf der Grundlage von distribuierten subsymbolischen Repräsentationen solche Strukturen ausbilden können, die aus einem inneren Konstruktionsprozeß des kognitiven Systems hervorgehen.

Die Verlagerung der Prozesse auf die Innensicht eines selbstorganisierenden Systems, welches sprachliche Äußerungen produziert, hat für die Beurteilung linguistischer Theorien zur Folge, daß diejenige von zwei Theorien m.E. die plausiblere Theorie darstellt, welche sich auf kognitiv begründete Konstruktionsprinzipien und Minimaleinheiten zurückführen läßt. Der Unterschied in der Theoriebildung läßt sich m.E. mit der klassischen phänotypologischen Biologie auf der einen Seite und der neueren genotypologischen Mikrobiologie auf der anderen Seite vergleichen. Die in dieser Arbeit verfolgte Vorgehensweise entspricht insofern einem genotypischen Verständnis, als daß die phänotypischen Oberflächenerscheinungen des hervorgebrachten Sprachprodukts in neuen Kategorien erfaßt werden können. Ein und dasselbe Sprachprodukt in der Sichtweise als Oberflächenerscheinung kann genotypisch von zwei vollkommen verschiedenen kognitiven Fähigkeiten emergiert worden sein und umgekehrt ist es denkbar, daß sich zwei als Oberflächenerscheinung vollkommen verschiedene sprachliche Äußerungen auf ein gemeinsames kognitives Prinzip zurückführen lassen. Der hier vorgestellte Ansatz unterscheidet sich von anderen Theorien, die von der Annahme einfacher Grundeinheiten der Sprache ausgehen, weil sie bei der Beantwortung der Frage nach diesen Minimaleinheiten den Sprachprodukten verhaftet bleiben. Die Annahme einer Universalgrammatik als „minimalist program“ (Chomsky, 1996b) oder auch einer minimalistischen „lingua mentalis“ (Wierzbicka, 1980) sind m.E. Beispiele phänotypischer Theoriebildung, da

der Ausgangspunkt in den von außen beschreibbaren Sprachprodukten, den Oberflächenerscheinungen liegt. Diese Theorien eignen sich daher nicht, die Prozesse der Sprachproduktion als individuellen Konstruktionsprozeß zu beschreiben. So ist m.E. eine logische Folge der phänotypischen Auffassung, wenn Wierzbicka bezüglich ihrer eigenen Theorie feststellt:

„...nothing is said or implied about the precise processes of sentence production and sentence understanding.“ (Wierzbicka, 1980, S. 25)

Die Analyse kognitiver Prozesse für die Sprachproduktion ermöglicht es, die Konstruktion von sprachlichen Äußerungen in Abhängigkeit von situativen Bedingungen, Faktoren des Diskursverlaufs und individuellem Wissensbesitz zu beschreiben. Mißverständnisse im Diskursverlauf wie im Eingangsbeispiel des Dialogs über das Flugzeug am Himmel lassen sich m.E. nur im Rahmen einer solchen kognitiv begründeten Theorie erklären. Hierzu zählen insbesondere die Integration von individuellen Lern- und Reifungsprozessen. Mit dem Eingangsbeispiel wird aber auch deutlich, daß eine weitere Form der individuellen Wissenskonstruktion in der Unterweisung durch einen erfahrenen Sprecher bestehen kann. Hierzu ist es aus der Sicht des Erwachsenen notwendig, daß dieser auf ein Metawissen zurückgreifen kann, welches ihm ermöglicht, über die eigenen und fremden Sprachprodukte zu reflektieren und gegebenenfalls korrigierend wie im Falle der Unterweisung einzugreifen. Mit dem Regreß auf Metawissen sowie dem aktiven Prozeß der Korrektur stellt sich die Frage nach der Bedeutung von Bewußtseinsprozessen für die Analyse der Sprachproduktion. Das Problem des Bewußtseins für die Beschreibung der Prozesse der Sprachproduktion blieb in dieser hier vorgestellten Arbeit weitgehend ausgeklammert. Ein Grund hierfür ist das zentrale Anliegen dieser Arbeit, am Beispiel der Konstruktion von adjektivischen Strukturen aufzuzeigen, daß komplexe Strukturbildungen allgemein als Prozesse der Selbstorganisation eines kognitiven Systems zu beschreiben sind. Eine weitere Annahme besagt, daß die bewußten Prozesse eingebettet sind in diese unbewußten Prozesse der Selbstorganisation. Es bleibt eine im Rahmen dieser Arbeit offene Frage, wie die Prozesse auf der bewußten Ebene der Sprachverwendung ausschließlich mit Hilfe von selbstorganisierenden Prinzipien modelliert werden könnten. Ein wichtiger Schritt zur Beantwortung dieser Frage ist m.E. mit der Betrachtung der Funktion der Sprachproduktion als

Steuerungsprozeß gegeben, mit welchem das kognitive System als einem von verschiedenen möglichen Mitteln seine inneren Ist-Soll-Differenzen auszugleichen sucht. Dieser Regulationsprozeß kann dem sprachproduzierenden Individuum bewußt sein, indem es beispielsweise um die Instrumentalität bestimmter Äußerungen weiß oder sich bewußt ist, daß es bestimmte innere Überzeugungen hat. So kann es sich beispielsweise der inneren Überzeugung bewußt sein, daß Elefanten große Tiere sind und auf der Grundlage dieser Prämisse bestimmte logische Schlußfolgerungen vollziehen. Die Konstruktion dieser Überzeugung als innerer unbewußter Wissensbesitz läßt sich, wie in dieser Arbeit gezeigt, als das Resultat eines selbstorganisierenden unbewußten Prozesses modellieren. Die Nutzung dieses Wissens für bewußte Denk- und Sprachproduktionsprozesse läßt sich im Rahmen der Selbstregulation als Aktivierungen im Arbeitsgedächtnis auffassen. Analog kann auch ein Modell des Individuums von sich selbst beim Verarbeiten der Inhalte selbst wieder Inhalt des Arbeitsgedächtnisses sein, womit sich meta-kognitive Fähigkeiten erklären lassen (Johnson-Laird, 1996). Die konsequente Weiterführung der selbstorganisierenden unbewußten Prozesse des Wissensaufbaus hat somit ihre Entsprechung in den Prozessen der Selbstregulation der Wissensnutzung. Bewußtsein, Selbstreflexion und Intentionalität können einem System von einem externen Betrachter in einer Außensicht zugeschrieben werden, wohingegen die inneren Entsprechungen im kognitiven System selbstregulierende Prozesse sind. In der letzten Konsequenz läßt sich sämtliches Systemverhalten als Selbstorganisationsprozeß beschreiben, eine Ansicht, die u.a. von Dörner (1999) geteilt wird, wenn dieser sogar Emotionen auf diese grundlegenden Komponenten zurückführt.

Erfolgt eine Betrachtung der Prozesse der Selbstorganisation, dann sollte eine Analyse auf der Grundlage subsymbolischer Modellierung erfolgen und in einem nächsten Schritt Prozesse der Selbstregulation integrieren, was beispielsweise durch neuronale Netzwerkarchitekturen mit rekurrenten Schichten bewerkstelligt werden könnte, um damit weitgehend den kognitiven Prozessen zu entsprechen. Es bleibt zu wünschen, daß in diesem Sinne subsymbolisch fundierte Modelle einmal in der Lage sein werden, auch komplexere syntaktische Oberflächenerscheinungen mit einem hohen Grad an Erklärungsangemessenheit zu erklären.

## ANMERKUNGEN

### **Kapitel 1**

1. Die Bezeichnung „Makrostufen“ bezieht sich auf die Hauptverarbeitungsbereiche des Sprachproduktionsprozesses. Makrostufen werden als Strukturierungsstufen zur Beschreibung dieses Prozesses herangezogen, wobei die Bezeichnung gleichermaßen für autonome und interaktive Sprachproduktionskonzeptionen verwendet wird.

2. Bei Strohner (1994) bilden die externe Information (Umwelt innerhalb des kognitiven Ökosystems) und die Situation (Umwelt außerhalb des kognitiven Ökosystems) zusammen die Umwelt. Scherer (1984) unterscheidet zwischen der sozialen, physikalischen und informatorischen Dimension der Situation. Hermann & Grabowski (1994) trifft eine Unterscheidung zwischen situationsübergreifender und situationspezifischer Fokuginformation, wobei weder Sprecher noch Partner einen Teil der Situation bilden.

3. Im weiteren Verlauf der Arbeit erfolgen an verschiedenen Stellen Querverweise auf die Arbeiten des SFB 360, um den Bezug zu den dort aufgestellten Fragestellungen und den Ergebnissen herzustellen. Im Zusammenhang mit dieser Arbeit sind vor allem folgende Teilprojekte von Interesse: B1: Interaktion von sprachlicher und visueller Informationsverarbeitung; B2: Computersimulation von Prozessen der Objektbenennung; B4: Vertikale Organisation von kognitiven, perceptiven und sensomotorischen Fähigkeiten künstlicher Kommunikatoren und C1: Konzeptdynamik: Integration struktureller und imaginaler Repräsentationen bei der Konzeptualisierung von Objekten und Aggregaten.

4. Die Integration von Handlungen, die intentional begründet sind, in ein Modell führt zur Verwendung der Akteur-Begrifflichkeit (Herrmann, 1995); zur Unterscheidung der beiden Begrifflichkeiten „System“ und „Akteur“ vgl. Kapitel 2.5.

5. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Zeigegesten im Zusammenhang mit der sprachlichen Objektreferenz. Die von Pechmann & Deutsch (1982) hierzu durchgeführten Experimente belegen, daß in Fällen, in denen die Zeigegeste eine Objektidentifikation ermöglicht, sie sowohl von Kindern als auch von Erwachsenen eingesetzt wird. In Konstellationen, in denen mit der Zeigegeste keine eindeutige Identifikation erreicht werden kann, kommt es vom Kind hin zum Erwachsenen zu einer Abnahme der Verwendung der Zeigegeste und gleichzeitig zu einer Zunahme der Häufigkeit adäquater sprachlicher Referenz. Wenn Kinder selbst, in für die Zeigegeste inadäquaten Situationen, solche dennoch einsetzen, ist das damit zu erklären, daß die entsprechenden sprachlichen Referenzmöglichkeiten ihnen noch nicht zugänglich sind. Mit den Experimenten wird deutlich, daß der wechselseitige bzw. gemeinsame Einsatz sprachlicher und non-verbaler Mittel mit dem jeweiligen Entwicklungsstand des Sprechers variiert.

Das Zusammenwirken von sprachlichen und non-verbale Mittel wird insbesondere im Zusammenhang mit multimedialen Anwendungen zunehmend Gegenstand wissenschaftlicher Analysen. Hier sei auf die Dissertation von Martin Fröhlich (1999) „Ein wissenschaftsbasiertes Rahmensystem zur merkmalsbasierten Gestenerkennung für multimediale Anwendungen“ verwiesen, die im Rahmen des Graduiertenkollegs „Aufgabenorientierte Kommunikation“ entstanden ist.

6. Die mentale Operationen des Vergleichens, die Bierwisch im Zusammenhang mit der Konzeptualisierung der Dimensionsadjektive beschreibt sowie die Unterscheide im Skalenbezug von Konzeptualisierung von Bewertungs- und Dimensionsadjektiven sind Kriterien, die keine einfache 1:1-Entsprechung zu sprachlichen Strukturen aufweisen (vgl. Kap.3)

7. Die Arbeiten von Lang entstanden zusammen mit denen von Bierwisch in einem gemeinsam durchgeführten Projekt zur Beschreibung der konzeptuellen und semantischen Aspekte von Dimensionsadjektiven. Bierwisch kann als Initiator dieser Forschungsrichtung angesehen werden (vgl. Bierwisch, 1967).

8. In diesem Aspekt kann der Ansatz von Lang als ein Beitrag zur situierten Kognition verstanden werden. Das informationsverarbeitende System steht in Kontakt zu seiner Umwelt und bildet eine sensomotorische Informationsrelation i.w.S. wie bei Rickheit & Strohner (1993) heraus.
9. Auf diesem Hintergrund ist die Frage anzuedeln, ob von einer betrachterunabhangigen, objektorientierten Repräsentation der Objekte oder von einer betrachterabhangigen Repräsentation ausgegangen werden soll. Diese Frage stellt sich sowohl für die Repräsentationsformate des längerfristig gespeicherten Wissens sowie für die Repräsentationen der Aktualgenese (vgl. SFB 360, Teilprojekt C1 zur Konzeptdynamik).
10. Eine entsprechende Implementierung in PROLOG wurde an der Universität Hamburg durchgeführt.
11. Der Sprecher spricht zwar nicht nach dem Duden, kann sich aber dennoch verständigen.
12. Diese Annahme von Engelkamp steht im Widerspruch zu den später getroffenen Aussagen der eigenen Arbeit, wonach abstrakt-strukturelle Information auch unbewußt im Konzeptualisierungsprozeß verarbeitet wird. Dieser unbewußte Verarbeitungsprozeß ist beispielsweise mit auftretenden Interferenzen nachweisbar (vgl. hierzu insbesondere Kapitel 4.3.3 und 5.1.1.2 sowie 6.4.3.2).
13. Herrmann spricht in seiner jüngsten Arbeit von Figuren (Herrmann, u.a., 1996).
14. Auf diese Weise erklärt sich die Sprachproduktion von berspezifizierten Objektbenennungen (z.B. Pechmann, 1994).
15. Diese Arbeit beschränkt sich auf die Konzeptualisierung solcher propositionsnahen Äußerungen, ohne Aussagen über die Phase der Verbalisierung zu

treffen. Für die Phase der Formulierung ist m.E. vorstellbar, daß die Verwendung solcher konzeptuell gebildeter Propositionen assoziativ erfolgt.

16. Im Zusammenhang mit der konnektionistischen Modellierung findet eine Übertragung der Repräsentations- und Markenbegrifflichkeit in die sogenannte Netzbegrifflichkeit statt (Graf u.a., 1996, S. 158).

17. Diese Form der Wortfindung wird von Herrmann und Grabowski (1995) als „untere Passung“ im Unterschied zur „oberen Passung“, bezeichnet (vgl. Herrmann & Grabowski, 1995, S.314 ff).

18. Auf die weiteren Faktoren, die für die dynamische Gestaltung der Übergänge zwischen den Netzwerken Einfluß nehmen, wird in Kapitel 4 im Zusammenhang mit der eigenen Modellkonzeption eingegangen.

19. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Begriff Repräsentation stets im Sinne von individueller Konstruktion verwendet.

## **Kapitel 2**

1. Schönflug & Schönflug (1995) verweisen im Zusammenhang mit der Bezugssystemausbildung für subjektive Urteile auf Witte (1960), der Bezugssysteme als „mnestisch“ bezeichnet, d.h. diese Bezugssysteme überdauern einzelne Reize. Für die Ausbildung von Bezugssystemen nimmt Witte an, daß es sich um einen Vorgang der sukzessiven Teilung handelt, d.h. daß zunächst eine Unterteilung in „groß“ und „klein“ stattfindet.

2. Aus linguistischer Sicht entspricht diese Vorgehensweise m.E. der Kompetenzlinguistik. Ein externer Betrachter abstrahiert von individuell hervorgebrachtem sprachlichen Verhalten und definiert den kompetenten Sprecher. Umgekehrt kann auch das einzelne Individuum betrachtet werden, das sprachliches

Wissen aufbaut und verwendet im Kontext des sozialen Systems. Das Analog zu dieser Vorgehensweise kann demnach in der Untersuchung der Performanz gesehen werden. Das Verständnis der Systemposition 3 beinhaltet somit, daß sich beide Forschungsrichtungen Performanz und Kompetenz aus der Sichtweise des sozialen Systems ergeben und von einem externen Beobachter ausgehen, der das Verhalten aus dieser Sichtweise heraus beschreibt (zur Unterscheidung von Sprachkompetenz und Sprachperformanz vgl. Chomsky, 1995).

3. In diesem Sinne ist die Modellierung von partnerseitigen Erwartungen im H/S-System von Herrmann (1995) zu verstehen.

4. Dabei wird die Existenz von Umwelt dennoch nicht geleugnet, wie im Solipsismus. Auf den Unterschied verweist u.a. von Glasersfeld (1996).

5. Unter der Prämisse, daß die GB-Theorie mentale Prozesse erklärt, können die von den „tools“ hervorgebrachten Strukturierungen als subsymbolisches Äquivalent zu den „small clauses“ in der GB gesehen werden (Haegeman, 1991).

### **Kapitel 3**

1. Vgl. hierzu auch die von Lehmann vorgestellte Einteilung der Hauptwortarten, bei welcher die Adjektive innerhalb der Kontinua von Zeitstabilität, Relationalität und der propositionalen Funktionen beschrieben werden. Nach dieser Einteilung steht das Adjektiv bei der Zeitstabilität zwischen den Extrema „maximal“ und „minimal“ (vgl. Lehmann, 1992, S. 158).

2. Zu weiteren Ansätzen, die ebenfalls die semantische Struktur des Dimensionsadjektivs „groß“ auf der Sememebene analysieren, zählen die Ausführungen von Wiese (1973) und Lafrenz (1983).

3. Unter perfekten Gradantonymen versteht Rachidi Paare von Gegensatzsememen, die alle Neutralisationstests bestehen (vgl. Rachidi 1989, S. 247f.) Die Neutralisationstests beziehen sich u.a. auf die Verwendung von Adjektiven in Verbindung mit Maßangaben und in Äquativ- und Komparativkonstruktionen. Eine starke Form von Neutralisierbarkeit liegt beispielsweise vor, wenn ein Vergleich zwischen zwei Objekten durch „groß“ ausgedrückt werden kann, obwohl beide Objekte dem negativen Skalenabschnitt zugeordnet sind: „X ist größer als Y“ und gleichzeitig gilt X und Y sind klein (vgl. Rachidi, 1989, S. 181f.).

4. Auf den Aspekt des Erwerbs von antonymen und komplementären Gegensatzrelationen in der Ontogenese wird in 5.2.2.2 eingegangen.

5. Die linguistische Analyse von Oberflächenstrukturen beschränkt sich auf die Beschreibung der semantischen Form der Pole. Das ist m.E. ein Hinweis auf die Notwendigkeit, zwischen der Oberflächenstruktur und den inneren kognitiven Strukturen in der linguistischen Analyse zu unterscheiden.

6. Bierwisch spricht zwar auch von einer Nicht-Transparenz von Dimensionsadjektiven, bezieht sich dabei jedoch auf die unterschiedlichen Sememe, wie sie Rachidi (1989) unterscheidet.

7. Die nicht semantisch leere Auffassung der Kopula „sein“ wird gestützt durch die logische Sichtweise der Prädikatenlogik, welche für „sein“ verschiedene logische Funktionen unterscheidet wie die Existenzrelation, die Identitätsrelation, die indirekte Eigenschaftsprädikation wie die Klassenzugehörigkeit, die direkte Eigenschaftsprädikation und die Klasseninklusion (von Kutschera & Breitkopf, 1979; Bickes, 1984; Tugendhat & Wolf, 1993; Beckermann, 1997). Eine umfassende Darstellung der Unterschiede zwischen den formal-logischen und den grammatischen Aspekten der semantischen und funktionalen Bestimmung der Kopula „sein“ findet sich bei Homberger (1993).

8. Klein (1991) unterscheidet vier Komparationsformen: Positiv, Äquativ (auch: Gleichheitsgrad), Komparativ (auch: Ungleichheitsgrad) und Superlativ
9. Die Entsprechung zu den performativen Äußerungen kann in der Verletzung der Bedingungen der sogenannten  $\Gamma$ - Abteilung (vgl. Austin, 1979, S. 58) gesehen werden.
10. Der Begriff der Intentionalität ist der umfassendere Begriff und schließt den Begriff der Intention ein. „Intentionalität ist Gerichtetheit; die Absicht, etwas zu tun, ist nur eine Art der Intentionalität unter vielen anderen.“ (Searle, 1987, S.18). Zur Intentionalität zählen neben der Absicht auch beispielsweise Überzeugung, Hoffnung, Befürchtung und Wunsch.
11. Die Bezeichnung „Vergleichsklasse“ wird in den linguistischen Ansätzen verwendet, während in dem eigenen Ansatz der Begriff „Bezugsmenge“ verwendet wird. Diesem Begriff wird der Vorzug geben, weil der Begriff „Klasse“ eher statischen Charakter hat, während der Begriff „Menge“ im hier verwendeten Sinne dynamischen Charakter hat, also von situativen Veränderungen geprägt ist.

#### **Kapitel 4**

1. Im Falle des Dimensionsadjektivs „groß“ kann in der Oberflächenstruktur der w/n-Bereich als „mittelgroß“ in Erscheinung treten.
2. Der absolute Positiv kann auch mit einer quantifizierenden Bestimmung auftreten. Dieser Fall wird hier außer Acht gelassen.
3. Vgl. hierzu die Modellhypothesen in Kapitel 2.
4. Vgl. hierzu die dem Modulbegriff eher kritisch gegenüberstehende Diskussion von Velichkovsky, der Module als „automatische, reflexartige Vorrichtungen zur

Informationsverarbeitung“, die bereichsspezifisch und autonom arbeiten, bezeichnet (Velichkovsky 1994, S. 114). In dieser Arbeit wird der Begriff „Modul“ weitgehend synonym mit dem Begriff „Tool“ verwendet und umfaßt eine über die Definition von Velichkovsky hinausgehende Interaktivität der Module bzw. „tools“, die nur als abstrakte gedankliche Modellvorstellungen dienen, d.h. nicht als bereichsspezifische Gehirnareale, und deren Funktion in bezug auf die kognitiven Verarbeitungsprozesse dort angesiedelt ist, wo Prozesse ablaufen, die weitgehend unterhalb der Ebene von reflektierenden Bewußtseinsprozessen anzusiedeln sind.

5. Während der Begriff „Bezugsmengenwissen“ die individuelle Wissensbasis für Klassifikationsprozesse umfaßt, bezieht sich der Begriff „Bezugssystemwissen“ auf das mit Hilfe des D-Moduls strukturierte Bezugsmengenwissen.

6. Ein bekanntes Beispiel für die Verwirklichung des ökonomischen Prinzips stellt die sogenannte „100-Schritt-Regel“ für die rationelle, parallele Informationsverarbeitung des menschlichen Gehirns dar (vgl. Zell 1994, S. 26). Der Hinweis auf das Vorliegen spezieller ökonomischer Funktionsprinzipien, wie sie beispielsweise in Form des D-Moduls realisiert sind, findet sich bei Klix: „Die Speicherprinzipien des Nervensystems lassen Strukturierungsvorgänge erkennen, die ordnungsbildend wirken. Genau wie in der Wahrnehmung senkt diese Ordnungsbildung den Speicheraufwand. Das erhöht auch die Chance der geordneten Wiedergewinnung gespeicherter Information.“ (Klix, 1992, S. 224).

7. Bei diesem Einzelwert handelt es sich um einen komprimierten Wert, der als sogenannter „chunk“ eingelesen wird. Ein chunk umfaßt ein Informationscluster, das als Ganzes in das Arbeitsgedächtnis eingeht. Ein chunk kann somit auch eine Größenrelation umfassen. Das Arbeitsgedächtnis kann bis zu ca. 7 solcher chunks gleichzeitig verarbeiten (Vgl. hierzu Kapitel 5.3.5).

8. Mit den Simulationen in Kapitel 6 wird gezeigt, daß sich auch für die anderen Skalenbereiche prototypische Repräsentationen herausbilden. Diese gemittelten Repräsentationen gehen als „chunk“ in das V-Modul ein.

9. Die Konzeptualisierung (103) des V-Moduls kann im weiteren Sprachproduktionsverlauf beispielsweise als „Dieser Hund ist klein“ formuliert werden. Bei der zugrundegelegten Konzeptualisierung (103) handelt es sich um einen Äquativ und somit nicht notwendigerweise um eine Komparativkonstruktion mit dem w/n-Bereich als Vergleichskonstrukt. Demgegenüber schlägt die traditionelle kontextsemantische Sprachproduktanalyse vor, für die Oberflächenstruktur „dieser Hund ist klein“ durchgängig „dieser Hund ist kleiner als ein durchschnittlicher Hund“ als Paraphrasierung zu wählen. Mit diesem Beispiel soll verdeutlicht werden, daß eine Sprachproduktionsanalyse, die als Ausgangspunkt die Konzeptualisierungsprozesse wählt, das Spektrum der zugrundeliegenden konzeptuellen Strukturierungen erweitert und diese abhängig sind vom individuell ausgebildeten Wissen.

10. Der Begriff „Instanziierung“ umfaßt in dieser Arbeit auch die weiteren Fälle, bei denen eine Instanziierung von abstrakten Skalenbereichen der höheren Abstraktionsebene auf die abstrakten Prototypen der mittleren Abstraktionsebene stattfindet, d.h. daß jeweils eine Anfüllung mit zusätzlichen Eigenschaften für den Schritt auf eine niedrigere Instanz erfolgt.

11. Die Einleseabfolge „groß“ vor „klein“ darf nicht verwechselt werden mit der neutralen Codierung der „größer/kleiner“-Relation im V-Modul. Für die Einleseabfolge sprechen m.E. zum einen die Ergebnisse der durchgeführten Vorexperimente, wo beispielsweise für „Säugetiere“ bei der Mehrzahl der Probanden zuerst „große Säugetiere“ wie Giraffen, Elefanten u.s.w. assoziiert wurden. Die Vorrangstellung der Konzeptualisierung von großen Instanzen läßt sich zum anderen wahrscheinlich darauf zurückführen, daß in einem natürlichen Lebensraum Größe häufig mit Gefahr verbunden ist und die Instanziierung großer Vertreter als Top-down-Erwartung eine lebens- und arterhaltende Funktion erfüllt.

12. Hier wird das Prinzip des „chunkings“, d.h. der komprimierten Informationsrückgabe aus dem D-Modul an das V-Modul, welches im Zusammenhang mit dem Aufbau von längerfristigem Wissensbesitz eine wesentliche Rolle spielt, auf kurzfristige Konzeptualisierungsprozesse übertragen. Die Idee

dahinter ist, daß bei einer zu großen Datenmenge die Vergleichsoperationen im V-Modul unmöglich werden und die Daten deshalb im D-Modul „gechunkt“ bzw. komprimiert und an das V-Modul zurückgegeben werden. Zur Verdeutlichung dieses Prinzips sei an die imponierende Fähigkeit erinnert, beinahe unendlich lange Zahlenfolgen wiedergeben zu können, obwohl die Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses hier etwa der Länge einer Telefonnummer entspricht. Das Analog kann hierbei darin gesehen werden, daß mehrere „chunking“-Prozesse ablaufen wie Dreier-Blöcke bilden, Symbole für Dreier-Blöcke bilden, Geschichten aus Dreier-Blöcken bilden und so mit der „gechunkten“ Information die Kapazitätsbeschränkung umgangen werden kann.

13. Die Kennzeichnung der Stati mit den Silben *ex* und *end* weist darauf hin, ob sie endogenen Ursprungs sind oder ob das informationsverarbeitende System sie exogen aus der Umwelt perzeptuell wahrgenommen hat. Eine Unterscheidung von endophorischen und exophorischen Faktoren findet sich bei Levelt (1989) und Pechmann (1984) im Zusammenhang mit der Auswahl von Informationen für die Produktion einer Objektreferenz. Zur endophorischen Referenz zählt Levelt auch *previously mentioned objects* (vgl. Levelt, 1989, S. 132). Ginsburg und Opper greifen ebenfalls die Unterscheidung von Informationen exogenen und endogenen Ursprungs auf (vgl. Ginsburg & Opper, 1998, S. 279). Sie verweisen dabei auf die von Piaget getroffene Unterscheidung einer dinglich-konkreten und einer logisch-mathematischen Erkenntnis. Demnach stellt die dinglich-konkrete Erkenntnis die physikalische Erkenntnis dar, bei welcher die Quelle der Erkenntnis exogen ist, d.h. außerhalb des Individuums liegt wie beispielsweise die Größeninformation von Objekten. Bei der logisch-mathematischen Erkenntnis hingegen ist die Quelle der Erkenntnis endogen, weil sie mit Hilfe zusätzlicher innerer Operationen gewonnen wird wie beispielsweise das durch Abstraktionsleistungen gewonnene Wissen über typische Größenverhältnisse von Objekten (vgl. 5.2.3).

14. Ein Überblick über verschiedene Netzwerkarchitekturen einschließlich der Spreading-Activation-Architektur erfolgt in Kapitel 6.1.2.2 mit einer Diskussion der Eignung der unterschiedlichen Netzwerke für linguistische Analysen.

15. Die Darstellung dieser Position orientiert sich im wesentlichen an den Ausführungen von Klix (1976, 1992, 1994, 1998a, 1998b) und Klix und Spada (1998). Diese theoretischen Ausführungen wurden deswegen ausgewählt, weil es Klix primär um Steuerungsabläufe in natürlichen Systemen geht wie bereits aus dem Untertitel „Kybernetische Aspekte der organismischen Informationsverarbeitung“ seines frühen Werkes „Information und Verhalten“ deutlich wird (Klix, 1976). Klix's Hauptinteresse gilt der Anbindung eines kognitiven Systems an seine Umwelt auf dem Hintergrund der individuellen ontogenetischen und überindividuellen phylogenetischen Prozesse, was insbesondere durch die Integration von Lernprozessen und evolutionären Aspekte deutlich wird. Bei diesen Prozessen spielt die Fähigkeit zur Invariantenbildung auf der Grundlage von Sinnesdaten eine wesentliche Rolle. Sie stellt für das natürliche System eine art- und lebenserhaltende Funktion dar, weil mit ihr beispielsweise Wiedererkennungsvorgänge erst möglich werden. Ein Hauptinteresse von Klix besteht daher darin, herauszufinden „...wie elementare Erkennungsvorgänge gleich funktionellen Bausteinen im hochorganisierten Getriebe menschlicher Erkennungsprozesse zusammenwirken.“ (Klix, 1992, S.13). Das Forschungsprogramm wird entsprechend als „psychologische Theorie der menschlichen Erkenntnis; eine Art Evolutionstheorie der geistigen Leistungsfähigkeit“ beschrieben (ebenda) und damit der Bogen hin zur Erforschung höherer kognitiver Leistungen auf der Basis elementarer Erkennungsvorgänge geschlagen.

Wenn die theoretischen Ausführungen von Klix hier in der eigenen Arbeit unter der Überschrift „Begriffsbildung - die statische Repräsentationsannahme“ vorgestellt werden, so wird das einerseits der Klix'schen Position insofern nicht ganz gerecht, als mit den ontogenetischen und phylogenetischen Prozessen sehr wohl dynamische Aspekte erfaßt werden. Allerdings beschreibt Klix diese Prozesse beispielsweise auch im Hinblick auf den Spracherwerb und die Sprachverwendung anhand invarianter Strukturen für eine gesamte Klasse von Individuen und nicht in ihrer individuellen Dynamik aus dem Blickwinkel eines einzelnen Individuums. Dieser kollektive, individuenabstrakte Beschreibungsaspekt wird in der eigenen Arbeit mit Begriffsbildung und der statischen Repräsentationsauffassung bezeichnet.

16. Die Beschreibung der Basisebene mit Hilfe des Konzeptes der Cue-Validität ist nicht unumstritten. Herrmann (1994) verweist auf „Probleme, die sich bei der wissenschaftlich einwandfreien Bestimmung der Basisebene ergeben“ (Herrmann, 1994, S. 91). Ein auf starre Hierarchien gegründetes Verständnis, das auf Inklusionsbeziehungen Regreß nimmt, liegt der Argumentation von Eckes (1991) zugrunde, wenn er zu dem Schluß kommt, daß der übergeordneten Ebene eine höhere Cue-Validität zukommt als der mittleren oder unteren Abstraktionsebene. Eckes geht im Zusammenhang mit der hierarchischen Strukturierung der Begriffe davon aus, daß die höheren Abstraktionsebenen die niedrigeren einschließen und somit die Merkmale vererbt werden. Daraus ergibt sich, daß die Cue-Validität stets auf der abstraktesten Ebene am höchsten ist. Nach Eckes ist somit das Kriterium der Cue-Validität, wie es von Rosch vorgestellt wird, für die Bestimmung der Basiskategorien ungeeignet. Um zu einer Abgrenzung von der Basisebene zu den anderen Ebenen zu gelangen, muß seiner Ansicht nach als weiteres Kriterium das Kriterium der Kategorie-Validität berücksichtigt werden.

17. Kiefer weist auf eine von ihm durchgeführte Studie hin, die zum Ergebnis hatte, daß nur die Forminformation und interessanterweise nicht die Farbe die Selektion der Spezifitätsebene beeinflusst. Dieser Hinweis ist m.E. deshalb bedeutsam, weil damit belegt wird, daß die perzeptuellen Merkmale nicht gleichermaßen an den Kategorisierungsprozessen beteiligt sind, die für die Selektion der Spezifitätsebene verantwortlich sind. In diesem Zusammenhang kommt m.E. der Eigenschaft „Größe“ innerhalb der perzeptuellen Merkmale eine Vorrangstellung zu.

18. Die V-Hypothese 1 erfährt theoretische Stützung durch die Experimente von Paivio (vgl. 5.1.1.1) und ein eigenes Experimentaldesign (vgl. Anm. 2, Kapitel 5). Auf eine simulative Überprüfung wird deshalb verzichtet.

19. Die experimentelle Stützung der V-Hypothese 2 wird in Kapitel 5.1.1.1 theoretisch diskutiert und in Kapitel 6.4.1 erfolgt die simulative Überprüfung der Hypothese anhand der Versuchspläne V1 und V2.

20. Dasselbe Benennungsmuster kann auch aus einem anderen Konzeptualisierungsprozeß mit Hilfe des D-Moduls hervorgegangen sein, wenn beispielsweise längerfristiges Wissen in Form von Abschnitten in das D-Modul eingelesen wurde. Die zugrundeliegende konzeptuelle Struktur entspricht in diesem Fall einem Muster der absoluten Komparation.

21. Dies ist m.E. ein Beleg dafür, wie mit Hilfe der Analyse der Konzeptualisierungsprozesse linguistische Paraphrasierungen erklärt werden können (vgl. 3.3.4). Es wären weitere Forschungsstudien für andere syntaktisch/semantische Muster interessant, die sich dem Zusammenhang zwischen Konzeptualisierungsprozessen und linguistischen Paraphrasierungen widmen.

22. Diese Annahme beruht auf experimentellen Beobachtungen, die sich aus einem Vorexperiment ergaben, welches zur Hypothesenbildung durchgeführt wurde. Die Versuchspersonen führten verschiedene Benennungsexperimente durch. Dabei sollten sie Sätze vervollständigen mit einer Abstufung des Dimensionsadjektivs "groß". Eine Aufgabe bestand darin, den Satz " Hunde sind \_\_\_\_\_ Säugetiere" zu vervollständigen. Die Kommentierung der Produktionen, die ebenfalls festgehalten wurden, legt nahe, daß die Probanden die Bezugsmenge "Säugetier" in Bezug auf die Größeninformation graduell aufbauen. Die Vorgehensweise der Probanden legt nahe, daß für die einzelnen prototypischen Skalenabschnitte die abstrakten Prototypen, wie beispielsweise der Prototyp „Giraffe“ für „großes“ Säugetier und „Maus“ für „kleines“ Säugetier zur Ausbildung der Repräsentation des Bezugssystems „Säugetiere“ beitrugen.

## **Kapitel 5**

1. Die Tatsache, daß ein Vergleich zwischen zwei Objekten um so schneller gezogen werden kann, je weiter diese auf einer Skala voneinander entfernt sind, wird auch als „symbolischer Distanzeffekt“ bezeichnet (vgl. Hasebrook, 1995, S. 247). In den von Herrmann & Deutsch (1976) durchgeführten Experimenten zur

Objektbenennung erlangt der Distanzunterschiedsbetrag auf der Größendimension im Zusammenhang mit dem Vorliegen zweier oder mehrerer diskriminierender Dimensionen und der entsprechenden Dimensionsauswahl bei der Objektbenennung Bedeutung. Insgesamt gehen die Autoren davon aus, daß einer Benennungsreaktion ein kontextgesteuerter Selektionsprozeß von Positionen auf diskriminierenden Dimensionen vorausgeht (Olson, 1970). Die Autoren stellen in diesem Zusammenhang das Postulat 3 auf, welches besagt, daß bei der Objektbenennung diejenige Dimension ausgewählt wird, auf welcher das zu benennende Objekt die größere Distanz zu den Kontextobjekten aufweist (vgl. Herrmann & Deutsch, 1976, S. 43).

2. Die vorrangige Verarbeitung der figuralen Größenrelation könnte experimentell mit Hilfe der Fälle gezeigt werden, in denen unter Zeitdruck oder aufgrund einer entsprechenden Instruktion ein Vergleich stattfinden soll. In den von Paivio durchgeführten Experimenten erhalten die Versuchspersonen die Instruktion, sich die abgebildeten Gegenstände und deren Größenverhältnisse so vorzustellen, wie sie in Wirklichkeit sind. Zur Überprüfung der hier aufgestellten Annahme, daß sich der Vergleich der Größenrelation auch nur auf die figuralen Repräsentationen der Objektabbildungen beziehen kann und sich hieraus eine schnellere Reaktion für den Größenvergleich ergibt, könnte eine Instruktion vor der Präsentation der Objektabbildungen erfolgen, die auffordert, den Größenvergleich möglichst schnell und in Bezug auf die tatsächlich abgebildete Objektgrößenrelation zu treffen. Hierfür wäre die Einführung einer unabhängigen Variablen UVA „Prä-Instruktion“ mit zwei Ausprägungen erforderlich. Die Ausprägung  $a_1$  könnte lauten "in Echt/in Wirklichkeit" und wird in Anlehnung an die eigene Modellkonzeption als  $end_2$ -Instruktion bezeichnet. Sie entspricht der Instruktion, welche die Versuchspersonen bei den Experimenten von Paivio erhielten. Mit der Einführung dieser unabhängigen Variablen wird bewirkt, daß die Versuchspersonen auf längerfristig gespeichertes Wissen Bezug nehmen. Im eigenen Modell wird auf diese Weise  $end_2$ -Wissen aktiviert. Die zweite Ausprägung  $a_2$  würde lauten "hier auf dem Bildschirm" und entspricht der ex-Instruktion. Mit dieser Instruktion soll die Aktivierung des längerfristig gespeicherten Wissens blockiert werden. Die Größenvergleiche sollten

somit ausschließlich anhand der figuralen Repräsentationen erfolgen. Hieraus würde sich die folgende Hypothese überprüfen lassen, die besagt, daß die Größenvergleiche unter der ex- Instruktion schneller erfolgen als unter der end<sub>2</sub>-Instruktion.

3. Die von Paivio verwendete Terminologie der kongruenten bzw. inkongruenten Bedingung ist nicht synonym zu der im Zusammenhang mit dem Paradoxon (vgl. 4.3.3) getroffenen Unterscheidung von kongruenten und inkongruenten Relationen, die im V-Modul vorliegen können. Die inkongruenten Relationen im V-Modul stellen vielmehr Entsprechungen zu dem von Schriefers (1985) beschriebenen Kongruenzeffekt auf konzeptueller Ebene dar (vgl. 5.1.2.2).

4. Paivio nimmt an, daß die Größenrelationen zwischen den Objekten fest und als längerfristiger Wissensbesitz gespeichert sind. Demgegenüber wird in der eigenen Modellierung davon ausgegangen, daß auch die längerfristigen Größenrelationen sich dynamisch und nur nach Bedarf ausbilden.

5. Dreiecke sind figurale Repräsentationen, die erst mit einer konzeptuellen Repräsentation assoziiert werden müssen. Da Konzepte längerfristig gespeichert sind und die Voraussetzung für durchschnittliches Größenwissen bilden, existiert folglich kein durchschnittliches Größenwissen für Dreiecke zu Beginn des Experiments.

6. Pechmann mißt die mittleren Artikulationszeiten bei der Benennung von Farbe, Größe und Objektklasse in Abhängigkeit von der Größe des Referenzbereiches und schließt aufgrund dieser auf Unterschiede in den Konzeptualisierungsprozessen (vgl. Pechmann 1994, S. 144 ff.).

7. Die hier verwendete Terminologie bezieht sich auf das Teilprojekt C1 Konzeptdynamik des SFB 360.

8. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Merkmalsdynamik in Adjektiv-Nomen-Kompositionen sowohl bei den Prozessen der Sprachproduktion als auch der Sprachrezeption eine Rolle spielen. Die von Strohner u.a. (1994) vorgestellten

Experimente sind Sprachrezeptionsexperimente, die m.E. der allgemeinen Hypothesenbildung zur Merkmalsdynamik dienen können. Beschränkt man sich auf die Betrachtung der Merkmalsdynamik, so ist eine Übertragung auf den Sprachproduktionsprozeß in diesem Punkt überlegenswert.

9. Bei den transitiven Schlußfolgerungen kann davon ausgegangen werden, daß diese sich im Sinne eines kognitiven Verarbeitungsprozesses nicht streng deterministisch vollziehen. Entsprechend hält Blutner (1987) eine rein deterministische Verarbeitungsannahme bei der Auflösung von Termproblemen der Form „Paul ist größer als Hans und Hans ist größer als Kurt. Wer ist der größte?“ für unzutreffend. Blutner führt eine probabilistische Komponente ein, mit deren Hilfe er die auftretenden Unterschiede bei der Auflösung verschiedener Termprobleme erklärt, die sich in seinen Experimenten anhand der unterschiedlichen Reaktionszeiten zeigen. Die Annahme einer nicht-deterministischen Verarbeitung läßt sich m.E. auf die Auflösung der konzeptuellen Ausgabestruktur des V-Moduls übertragen und steht zusätzlich in Einklang mit der gewählten Methode der simulativen Überprüfung mit Hilfe neuronaler Netze. Wenn also höhere kognitive Prozesse wie das Schlußfolgern von Blutner als teilweise probabilistisch bezeichnet werden können, dann kann dies als Argument für den Einsatz neuronaler Netze zur Abbildung solcher Prozesse verstanden werden, weil damit entgegen der Kritik gegenüber dem Einsatz neuronaler Netze für höhere kognitive Prozesse, diese als nicht-deterministische Prozesse abbildbar sind.

10. Aus der angenommenen Interaktion der beiden Verarbeitungsmodule, die in der ontogenetischen Entwicklung für die Phase der konkreten Operationen angenommen wird, leitet sich die Hypothese ab, daß das Paradoxon erst zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung nachweisbar ist. Diese Hypothese müßte sich experimentell überprüfen lassen. Demnach dürften bei Kindern in der präoperativen Phase keine Zeitunterschiede zwischen der kongruenten und inkongruenten Bedingung auftreten (vgl. 4.3.3).

11. So könnte beispielsweise die Funktion der Sternzellen als funktionale Komponente in ein neuronales Netzwerk integriert werden. Geht man von der neurophysiologischen Funktion dieser Zellen aus, die als Interneurone vermutlich an Steuerungsprozessen beteiligt sind, würde das bedeuten, für solche Steuerungsprozesse Feed-back-Schleifen zu programmieren.

12. Damasio und Damasio (1994) gehen davon aus, daß die Mediationssysteme entlang einer Achse des linken Schläfenlappens hierarchisch geordnet sind, wobei die allgemeinen Begriffe in den hinteren Regionen und die konkreten Begriffe im vorderen Teil des Schläfenlappens lokalisiert sind.

13. Es wird angenommen, daß diese Prozesse im Schlaf, also Off-Line ablaufen (Wilson & McNaughton, 1994; wiedergegeben in: Spitzer, 1996).

14. Im theoretischen Verständnis von Marr (1982) entspricht diesem Zustand die 2 ½ -D-Skizze.

15. Die objektzentrierte Sichtweise wird beispielsweise vertreten von Hummel und Biedermann (1992), während z.B. Kosslyn (1980) ein betrachterzentriertes Modell vorstellt.

16. Eimer (1994) verweist im Zusammenhang mit der terminologischen Verwendung der beiden Begriffe auf den Unterschied, nach welchem der Begriff „Disparation“ im Sinne von „Querdisparation“ sich auf die relative Verschiebung der beiden Netzhautbilder bezieht und mit dem Begriff „Disparität“ der lokale Wert der Verschiebung eines einzelnen Bildpunktes gemeint ist. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die beiden Begriffe wie bei Eimer (1994) synonym verwendet.

17. Der Region des Sulcus principalis ist vorrangig für die verzögerte Ausführung räumlicher Handlungen zuständig. Die oberen und unteren Areale betreffen die Ausführung aller Arten von verzögerter Handlung.

18. Die Kapazitätsbeschränkung wird in der Literatur häufig sowohl mit dem Kurzzeitgedächtnis als auch mit dem Arbeitsgedächtnis in Zusammenhang gebracht. Weinert und Schneider (1996) sowie Schneider und Büttner (1998) verweisen darauf, daß der Begriff der Gedächtniskapazität nicht einheitlich verwendet wird. Im Zusammenhang mit dem Kurzzeitgedächtnis erhält der Begriff eine deskriptive Bedeutung und bezieht sich auf das Verhalten, eine Gedächtnisspanne einer bestimmten Größenordnung zu erfassen. Die Bedeutung des Begriffs „Kapazität“ im Zusammenhang mit dem Arbeitsgedächtnis bezeichnen die Autoren als „hypothetisches Konstrukt im Sinne eines zentralen Arbeitsspeichers“ (vgl. Schneider & Büttner, 1998, S. 669). In der eigenen Arbeit bezieht sich der Begriff der „Kapazitätsbeschränkung“ auf das Arbeitsgedächtnis nicht im Sinne einer Speicherbegrenzung mit einer bestimmten Gedächtnisspanne, sondern die Kapazitätsbeschränkung resultiert aus der Beschränkung der Gesamtheit der Ressourcen, die zur Aufrechterhaltung der momentan aktiven Prozesse notwendig sind (vgl. Kintsch & Ericsson, 1996, S.543).

19. Herrmann und Grabowski (1994) stellen für das Arbeitsgedächtnis ausgehend von der Modellierung subsymbolischer Verarbeitungsprozesse fest: „Nach dieser Vorstellung besteht kein abgegrenzter Arbeitsspeicher, der als irgendwo lokalisiert gedacht werden könnte. Vielmehr sind zu jedem Zeitpunkt irgendwo bestimmte Teile der gesamten Netzwerkstruktur aktiv und erzeugen in der oben dargestellten Weise konzeptuelle und andere Information. Die *Menge dieser Netzwerkaktivitäten* - wo auch immer sie stattfinden - könnte man unter dem Ausdruck 'Arbeitsspeicher' zusammenfassen.“ (Herrmann & Grabowski, 1994, S. 341 f., Hervorhebung der Autoren).

Dieses Verständnis von Arbeitsgedächtnis scheint auch den Ausführungen von Kintsch und Ericsson (1996) zugrundezuliegen, wenn sie das Arbeitsgedächtnis als „eine Metapher für den gesamten kognitiven Arbeitsraum“ bezeichnen (vgl. Kintsch & Ericsson, 1996, S. 547).

20. Im Zusammenhang mit experimentellen Befunden zur Sprachrezeption verweisen Rickheit und Strohner (1993) darauf, daß die Informationen, die einer

höheren Verarbeitungsebene zuzurechnen sind, zeitlich länger im Arbeitsgedächtnis verbleiben, als Informationen der unteren Verarbeitungsebenen.

21. Dorffner (1991) beschreibt keine Modellierungen für die Prozesse des Arbeitsgedächtnisses. Die von ihm thematisierte Unterscheidung von Lernen im Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis läßt sich m.E. jedoch auf die Modellierung der Prozesse des Arbeitsgedächtnisses insofern übertragen, weil gemäß der eigenen Modellannahmen davon ausgegangen werden kann, daß die Informationen, die für die Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis benötigt werden, anschließend Modifikationen des längerfristig gespeicherten Wissens bewirken können. Bei diesen Modifikationsprozessen handelt es sich um langsame Lernprozesse, bei welchen die Informationen dem Langzeitgedächtnis wiederholt dargeboten werden. Hierfür ist es notwendig, daß die Informationen, ebenso wie die Informationen, die für eine bestimmte Aufgabe On-Line gehalten werden, sich in ihrer Aktivierung selbst aufrecht erhalten können. In diesem Punkt der Aufrechterhaltung der Aktivierung ist die Übertragung der Überlegungen zur Modellierung des Kurzzeitgedächtnisses auf die des Arbeitsgedächtnisses m.E. zulässig.

## **Kapitel 6**

1. In seiner Publikation (1989) gibt Diederich die Unterscheidung in drei Räume auf zugunsten einer zusammengefaßten Betrachtung von Attributraum und Werteraum.

2. Zu den Grenzwerten XMIN und XMAX werden zusätzlich Über- bzw. Unterschreitungstoleranzen angegeben, welche für XMIN\_TOL 0.0 und für XMAX\_TOL 0.2 betragen (vgl. Linhart & Dorffner, 1994, S. 27).

3. In den nachfolgenden Simulationen mit dem Simulationstool VieNet 2.0 sieht die sogenannte Default-sigmoide-Aktivierungsfunktion für das Standardupdate folgendermaßen aus:  $f(x) = 1 / (1 + e^{-\text{GAIN} \cdot (x + \text{OFFSET})})$ . Der Parameter GAIN hat den

Defaultwert GAIN\_DEF = 2.0 und OFFSET\_DEF = 0.0. Das Simulationstool bietet die Möglichkeit auch auf der Benutzeroberfläche mit Hilfe der Einstellungen eines SLIDERS den GAIN-Wert zu variieren. Für die durchgeführten Backpropagation-Simulationen erhält GAIN den konstanten Wert von 6.0. Je größer der GAIN-Wert, desto steiler wird die Ausgabefunktion. Das bedeutet, daß die Tendenzen zur Ausgabe der Aktivierungswerte hin zu 0 und 1 verstärkt werden.

4. Denkbar wäre auch, das Erlernen der Objektklassen mit aktiven Lernverfahren zu simulieren. Solche aktiven Lernverfahren wie beispielsweise das Query-Lernen erhöhen zum einen die Lerneffizienz und zum anderen weist m.E. die kindliche Sprachentwicklung interessante Parallelen zu solchen Lernverfahren auf. Zum aktiven Lernen ist im SFB 360 die Dissertation von Martina Hasenjäger entstanden (Hasenjäger, 2000).

5. Der Lernfortschritt ( $\chi$ ) berechnet sich nach folgender Formel:

$$\chi = 1.0 / (1.0 + \exp(-\text{gain} * (1.0 - \text{cycle}/\text{steps}) + \text{gain}/2.0))$$

Mit cycle ist die Anzahl der bereits gelernten Lernzyklen bezeichnet und steps bezeichnet die zu durchlaufenden Lernzyklen insgesamt. Der Parameter gain beeinflusst wie schnell bzw. steil die Lernkurve abfällt. Ein gain-Wert  $> 12.0$  bewirkt einen steileren sigmoiden Verlauf und ein gain-Wert  $< 12.0$  einen flacheren Verlauf der Lernkurve.

6. Im Versuchsplan 1 werden die erzielten Ergebnisse sowohl tabellarisch als auch grafisch präsentiert. Auf die tabellarische Darstellung wird in den folgenden Versuchsplänen verzichtet.

7. Zusätzlich existiert ein weiteres Simulationsdesign, mit welchem der Zusammenhang der Einflußfaktoren Exemplarerfahrung und Kategorieerfahrung auf die Kategorisierung simulativ überprüft wurde. Die diesbezüglich aufgestellte M5-Hypothese lautet:

*Bei sowohl großer Exemplarerfahrung als auch Kategorieerfahrung, erfolgt die Kategorisierung besser als wenn nur Exemplarerfahrung oder Kategorieerfahrung groß sind.*

Die Ergebnisse dieser Simulation sind nicht Gegenstand dieser Arbeit. Die Erwähnung erfolgt deswegen, weil sich damit die Lücke in der Abfolge der M-Hypothesen 1 bis 7 erklärt.

8. In diesem Beispiel berechnet sich die Differenz<sub>Max</sub> im zweiten Summand des Differenzierungswerts aus der euklidischen Distanz zwischen dem Prototypvektor  $1 \ 0.5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$  und dessen maximaler Abweichung aufgrund des Radius von 0,5, so daß ein Vektor mit der möglichen maximalen Abweichung  $1.5 \ 1.0 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.5$  beträgt.

## LITERATURVERZEICHNIS

Alkon, D. L. (1990). Gedächtnisspuren in Nervensystemen und künstliche neuronale Netze. In W. Singer, *Gehirn und Kognition*. (S. 84-93). Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.

Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Anderson, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie*. (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Anton, H. (1994). *Lineare Algebra*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Aristoteles. *Die Kategorien*. Übersetzung von I. W. Rath (Hrsg.) (1998). Stuttgart: Reclam.

Austin, J. L. (1979). *Zur Theorie der Sprechakte*. (2.Aufl.). Stuttgart: Reclam. (Original erschienen 1962: *How to do Things with Words*. Oxford: Clarendon Press.)

Babinsky, R. & Markowitch, H. J. (1996). Lernen in Neuronalen Strukturen. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 7) (S. 1- 84). Göttingen: Hogrefe.

Baddeley, A. (1994). The Magical Number Seven: Still Magic After All These Years?. *Psychological Review*, 101, 353-356.

Ballard, D. H.(1996). *An Introduction to Natural Computation*. Unveröffentlichtes Manuskript. New York: University of Rochester.

Ballstaedt, S.-P., Molitor, S. & Mandl, H. (1987). *Wissen aus Text und Bild*. (Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Forschungsbericht 40). Tübingen: Universität.

Bartsch, R. & Vennemann, T. (1982). *Grundzüge der Sprachtheorie*. Tübingen: Niemeyer.

Barwise J. & Perry, J.(1987). *Situationen und Einstellungen: Grundlagen der Situationssemantik*. Berlin: de Gruyter. (Original erschienen 1983: *Situations and Attitudes*. Cambridge, MA: MIT-Press.)

Beckermann, A. (1997). *Einführung in die Logik*. Berlin: de Gruyter.

Beckmann, F. (1992). Rezension des Buches *Kognitionswissenschaft - Kognitionstechnik* von Francisco Varela. *Kognitionswissenschaft*, 3, 45 - 51.

Bennett, M. (1976). A Variation and Extension of a Montague Fragment of English. In B. H. Partee (Hrsg.), *Montague Grammar* (S. 119-163). London: Academic Press.

Bhatt, C. (1990). *Die syntaktische Struktur der Nominalphrase im Deutschen*. Tübingen: Narr.

Bickes, G. (1984). *Das Adjektiv im Deutschen*. Frankfurt a.M.: Lang.

Bierwisch, M. (1967). Some Universals of German Adjektivals. *Foundations of Language*, 3, 1 - 36.

Bierwisch, M. (1987). Semantik der Graduierung. In M. Bierwisch & E. Lang (Hrsg.), *Grammatische und konzeptuelle Aspekte von Dimensionsadjektiven* (S. 91-286). Berlin: Akademie-Verlag.

Bierwisch, M. (1995). Where ist „What“ and What is „Where“? In M. Bierwisch & P. Bosch (Hrsg.), *Semantic and Conceptual Knowledge* (Arbeitspapiere des Sonderforschungsbereichs 340: Sprachtheoretische Grundlagen für die Computerlinguistik, Bericht Nr. 71) (S. 1 - 31). Stuttgart: Universität.

Bierwisch, M. (1996). How much Space Gets into Language?. In P. Bloom, M. A. Peterson, L. Nadel & F. G. Merrill (Hrsg.), *Language and Space*. (S. 31 - 76). Cambridge, MA: MIT Press.

Bierwisch, M. & Lang, E. (Hrsg.) (1987a): *Grammatische und konzeptuelle Aspekte von Dimensionsadjektiven* (Studia Grammatica, 26/27). Berlin: Akademie-Verlag.

Bierwisch, M. & Lang, E. (1987b). Etwas länger - viel tiefer - immer weiter: Epilog zum Dimensionsadjektivprojekt. In M. Bierwisch & E. Lang (Hrsg.), *Grammatische und konzeptuelle Aspekte von Dimensionsadjektiven* (S. 649 - 699). Berlin: Akademie-Verlag.

Black, I. B. (1993). *Symbole, Synapsen und Systeme. Die molekulare Biologie des Geistes*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Bloom, P., Peterson, M. A., Nadel, G. & Merrill, F. G. (Hrsg.) (1996). *Language and Space*. Cambridge, MA: MIT Press.

Blutner, R. (1987). Verstehen von Sätzen des Vergleichs: Der Prozeß der begrifflichen Interpretation. In M. Bierwisch & E. Lang (Hrsg.), *Grammatische und konzeptuelle Aspekte von Dimensionsadjektiven* (S. 601-647). Berlin: Akademie-Verlag.

Bock, J. K. (1982). Toward a Cognitive Psychology of Syntax: Information Processing Contributions to Sentence Formulation. *Psychological Review*, 89, 1-47.

Bock, J. K. & Levelt, W. J. M. (1994). Language Production. Grammatical Encoding. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (Chapter 29) (S. 945-984.) San Diego, CA: Academic Press.

Bock, J. K., Loebell, H. & Morey, R. (1992). From Conceptual Roles to Structural Relations: Bridging the Syntactic Cleft. *Psychological Review*, 99, 150-171.

Bock, J. K. & Miller, C. A. (1991). Broken Agreement. *Cognitive Psychology*, 23, 45 - 93.

Bolinger, D. (1967). Adjectives in English: Attribution and Predication. *Lingua*, 18, 1 - 34.

Braitenberg, V. & Schütz, A. (1990). Cortex: hohe Ordnung oder größtmögliches Durcheinander?. In W. Singer (Hrsg.), *Gehirn und Kognition* (S. 182-194). Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.

Braun, G., Eikmeyer, H.-J., Polzin, T., Rieser, H., Ruhrberg, P. & Schade, U. (1987). *Situations in Prolog*. (DFG-Research Group „Kohärenz“, Kolibri-Arbeitsbericht 14). Universität Bielefeld: Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaften.

Braun, H., Feulner, J. & Malaka, R. (1996). *Praktikum Neuronale Netze*. Berlin: Springer.

Bresnan, J. (Hrsg.) (1982). *The mental representation of grammatical relations*. Cambridge, Mass: MIT Press.

Bronfenbrenner, U. (1981). *Die Ökologie der menschlichen Entwicklung*. Stuttgart: Klett-Cotta. (Original erschienen 1979: *The Ecology of Human Development. Experiments by Nature and Design*. Cambridge: Harvard University Press.)

Bruner, J. S. & Goodman, C. C. (1947). Value and need as organization factors in perception. *Journal of Abnormal and social Psychology*, 42, 33 - 44.

Carroll, M. (1995). Conceptualisation in language production: How conceptualisation processes which are specific to language determine lexical access. In R. Meyer-Klabunde & C. von Stutterheim, *Conceptual and Semantic Knowledge in Language Production* (Proceedings of a Workshop of Special Collaborative Research Program 245: Language and Situation, Bericht Nr. 92, Band 1) (S.1 - 17). Universität Mannheim: Lehrstuhl Psychologie III.

Changeux, J.-P. & Dehaene, S. (1993). Neuronal Models of Cognitive Functions. In M. H. Johnson, *Brain Development and Cognition*. (S. 363 - 402). Oxford: Blackwell.

Charniak, E. (1983). Passing markers: A Theory of contextuel influence in language comprehension. *Cognitive Science*, 7, 171-190.

Chomsky, N. (1980). *Rules and Representations*. Oxford: Basil Blackwell Publisher Ltd.

Chomsky, N. (1986a). *Barriers*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Chomsky, N. (1986b). *Lectures on Government and Binding*. (4. Aufl.). Dordrecht: Foris Publications.

Chomsky, N. (1995). *Thesen zur Theorie der generativen Grammatik*. (2. Aufl.). Weinheim: Beltz Athenäum. (Original erschienen 1966: *Topics in the Theory of Generative Grammar*. The Hague: Mouton).

Chomsky, N. (1996a). *Probleme sprachlichen Wissens*. Weinheim: Beltz Athenäum. (Original erschienen 1988: *Language and problems of knowledge*. Cambridge, Mass: MIT Press).

Chomsky, N. (1996b). *The minimalist program*. (2. Aufl.). Cambridge, Mass.: MIT Press.

Churchland, P. M. (1989). *A neurocomputational perspective: the nature of mind and the structure of science*. Cambridge, Mass: MIT-Press.

Churchland, P. M. (1997). *Die Seelenmaschine. Eine philosophische Reise ins Gehirn*. Heidelberg: Spektrum.

Churchland, P. S. & Sejnowski, T. J. (1997). *Grundlagen zur Neuroinformatik und Neurobiologie*. Braunschweig: Vieweg. (Original erschienen 1992: *The Computational Brain*. Cambridge, Mass.: MIT Press).

Churchland, P. M. & Smith Churchland, P. (1994). Ist eine denkende Maschine möglich? In W. Singer, *Gehirn und Bewußtsein*. (S.155-161). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Cole, D. J. (1990). Cognitive Inquiry and the Philosophy of Mind. In D. J. Cole, J. H. Fetzer & T. L. Rankin (Hrsg.), *Philosophy, Mind, and Cognitive Inquiry* (S. 1-46). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Cottrell, G. W. (1989). *A Connectionist Approach to Word Sense Disambiguation*. London: Morgan Kaufmann Publishers.

Cresswell, M. J. (1973). *Logics and Languages*. London: Methuen.

Cresswell, M. J. (1976). The Semantics of Degree. In B. H. Partee (Hrsg.), *Montague Grammar*. (S.261-292). London: Academic Press.

Cresswell, M. J. (1985). *Adverbial Modification: Interval Semantics and Its Rivals*. Dordrecht: Reidel.

Crick, F. & Koch, C. (1994). Das Problem des Bewußtseins. In W. Singer, *Gehirn und Bewußtsein* (S. 162-179). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Crystal, D. (1993). *Die Cambridge Enzyklopädie der deutschen Sprache*. Cambridge: Cambridge University Press.

Damasio, A. R. & Damasio, H. (1994). Sprache und Gehirn. In W. Singer, *Gehirn und Bewußtsein* (S.58-67). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Damasio, H., Grabowski, T. J., Tranel, D., Hichwa, R. D. & Damasio, A. R. (1996). A neural basis for lexical retrieval. *Nature*, 380, 499-505.

Dell, G. S. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*, 93, 283 - 321.

Dell, G. S., Burger, L. K. & Svec, W. R. (1997). Language Production and Serial Order: A Functional Analysis and a Model. *Psychological Review*, 104, 1997, 123-147.

Diederich, J. (1986). *Kognitive Parallelverarbeitung* (GMD-Bericht Nr. 159). München: Oldenbourg.

Diederich, J. (1988a). *Aspekte des Konnektionismus* (Arbeitspapiere der GMD 319). Sankt Augustin: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung.

Diederich, J. (1988b). *Knowledge-Intensive Recruitment Learning* (ICSI-TR-88-010). Berkeley, CA: International Computer Science Institute.

Diederich, J. (1989). Instruction and High-level Learning in Connectionist Networks. *Connection Science*, 1, 1989, 161-180.

Diederich, J. (1990a). *Explanation and Neural Computation* (Arbeitspapiere der GMD 458). Sankt Augustin: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung.

Diederich, J. (1990b). *Neue Trends im Konnektionismus* (Arbeitspapiere der GMD 486). Sankt Augustin: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung.

Diederich, J. (1990c). *Recruitment vs. Backpropagation Learning: Re-learning in Connectionist Networks* (Arbeitspapiere der GMD 457). Sankt Augustin: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung.

Diederich, J. (1990d). Spreading activation and connectionist models for natural language processing. *Theoretical linguistics*, 16, 1990, 25-64.

Diederich, J. & Long, D. L. (1991). *Efficient Question Answering in a Hybrid System* (Proceedings of the IJCNN-91, Singapore 18-21. Nov 1991).

Dijkstra, T. & de Smedt, K. (Hrsg.) (1996). *Computational Psycholinguistics. AI and Connectionist Models of Human Processing*. London: Taylor & Francis.

Dik, S. C. (1980). *Studies in Functional Grammar*. London: Academic Press.

Dobbins, A. C., Jeo, R., Fiser, J. & Allman, J. (1996). *Distance modulates response magnitude in V4: A possible mechanism for size constancy*. (26<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Washington, D.C., Nov. 16-21, 1996).

Dobbins, A. C., Jeo, R., Fiser, J. & Allman, J. (1997). Distance modulates neural activity In V1, V2, And V4: 'Where' On The 'What' Pathway. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 38, S459.

Dörner, D. (1996). Lernmotivation. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 7) (S. 179-202). Göttingen: Hogrefe.

Dörner, D. (1998). Emotionen, kognitive Prozesse und der Gebrauch von Wissen. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6) (S. 301-333). Göttingen: Hogrefe.

Dörner, D. (1999). *Bauplan für eine Seele*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt.

Dörner, D. & van der Meer, E. (Hrsg.) (1995). *Das Gedächtnis*. Berlin: Hogrefe.

Dörschner, N. (1996). *Lexikalische Strukturen: Wortfeldkonzeptionen und Theorie der Prototypen im Vergleich*. Münster: Nodus Publikations.

Dorffner, G. (1990). A Radical View on Connectionist Language Modeling. In G. Dorffner, Georg (Hrsg.), *Konnektionismus in Artificial Intelligence und Kognitionsforschung* (S.217-220). Berlin: Springer.

Dorffner, G. (1991). *Konnektionismus: Von neuronalen Netzen zu einer „natürlichen KI“*. Stuttgart: Teubner.

Dorffner, G. (1996). *Categorization in Early Language Acquisition - Accounts from a Connectionist Model*. Wien: Österreichisches Forschungsinstitut für Artificial Intelligence.

Dorffner, G., Hentze, M. & Thurner, G. (1996a). *A Connectionist Model of Categorization and Grounded Word Learning*. Wien: Österreichisches Forschungsinstitut für Artificial Intelligence.

Dorffner, G. & Linhart, G. (1994). *VieNet2-Vienna Neural Network Toolkit 2. Ein Simulationstool für Neuronale Netzwerke in C. Version 2.0. Anwender-Handbuch*. Wien: Österreichisches Forschungsinstitut für Artificial Intelligence.

Dorffner, G., Möller, K., Paaß, G., Rojas, R. & Vogel, S. (Hrsg.) (1996b). *Konnektionismus und Neuronale Netze. Beiträge zur Herbstschule HeKoNN96, Münster/Westf. 2. -6. Oktober 1996*. Sankt Augustin: GMD - Forschungszentrum Informationstechnik.

Dorffner, G. & Prem, E. (1993). *Connectionism, Symbol Grounding, and Autonomous Agents*. Wien: Österreichisches Forschungsinstitut für Artificial Intelligence.

Dorffner, G., Prem, E. & Trost, H. (1993). *Words, Symbols, and Symbol Grounding*. Wien: Österreichisches Forschungsinstitut für Artificial Intelligence.

Eckes, T. (1991). *Psychologie der Begriffe*. Göttingen: Hogrefe.

Eckes, T. (1996). Begriffsbildung. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 7) (S. 273-320). Göttingen: Hogrefe.

Eikmeyer, H.-J. (1987). CheOPS: An Object-oriented Programming Environment in C-Prolog (DFG-Research Group „Kohärenz“, Kolibri-Arbeitsbericht 4). Universität Bielefeld: Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaften.

Eikmeyer, H.-J. (1988). Simulation. In N. Oellers (Hrsg.), *Neue Technologien und Medien in Germanistik und Deutschunterricht* (S. 51-56). Tübingen: Niemeyer.

Eikmeyer, H.-J., Schade, U. & Kupietz, M. (1993). The Role of Computer Simulation in Neurolinguistics. *Nordic Journal of Linguistics*, 16, 153-169.

Eikmeyer, H.-J., Schade, U. & Kupietz, M. (1995a). Ein konnektionistisches Modell für die Produktion von Objektbennennungen. *Kognitionswissenschaft*, 4, 108 - 117.

Eikmeyer, H.-J., Schade, U., Kupietz, M. & Laubenstein U. (1995b). Connectionist Syntax and Planning in the Production of Object Specifications. In R. Meyer-Klabunde & C. von Stutterheim, *Conceptual and Semantic Knowledge in Language Production. Proceedings of a Workshop of Special Collaborative Research Program 245. Language and Situation* (Bericht Nr. 92, Band 1) (S. 18 - 30). Universität Mannheim: Lehrstuhl Psychologie III.

Eimer, M. (1994). Stereoskopische Tiefenwahrnehmung. In W. Prinz & B. Bridgeman (Hrsg.), *Wahrnehmung* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band1) (S. 93-135). Göttingen: Hogrefe.

Eisenberg, P. (1999). *Grundriß der deutschen Grammatik. Band 2: Der Satz.* (8. Aufl.). Stuttgart: Metzler.

Engel, A. K., König, P. & Singer, W. (1994). Bildung repräsentationaler Zustände im Gehirn. In W. Singer, *Gehirn und Bewußtsein* (S. 42-47). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Engel, U. (1988). *Deutsche Grammatik.* (2. Aufl.). Heidelberg: Julius Groos.

Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis: Das Erinnern von Sprache, Bildern und Handlungen.* Göttingen: Hogrefe.

Engelkamp, J. (1994). Mentale Repräsentation im Kontext verschiedener Aufgaben. In H.-J. Kornadt, J. Grabowski & R. Mangold-Allwinn (Hrsg.), *Sprache und Kognition* (S. 37 - 54). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Epstein, W. & Rogers, S. (Hrsg.) (1995). *Perception of Space and Motion.* London: Academic Press.

Eschenbach, C. (1988). *Über Ansätze zur Darstellung von Konzepten und Protoypen* (LILOG-Report 34). Universität Hamburg: IBM Deutschland GmbH.

Evans, M. J. (1979). *A Psycholinguistic Study of Some Aspects of Gradability with special reference to child language*. Diss., University of Edinburgh.

Feldman, J. A. & Ballard, D. H. (1982). Connectionist Models and Their Properties. *Cognitive Science*, 6, 205-254.

Fellbaum, C. (1996). WordNet: Ein semantisches Netz als Bedeutungstheorie. In J. Grabowski, G. Harras & T. Herrmann (Hrsg.), *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte*. (S. 211-230). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Fetzer, J. H. (1992). Connectionism and Cognition: Why Fodor and Pylyshyn Are Wrong. In A. Clark & R. Lutz (Hrsg.), *Connectionism in Context*. (S. 37 - 56). London: Springer.

Fischer, H. R. (Hrsg.) (1995). *Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Zur Auseinandersetzung um ein neues Paradigma*. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme Verlag.

Fischer, H. (1995). *Entwicklung der visuellen Wahrnehmung*. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.

Fodor, J. A. (1975). *The Language of Thought*. New York: Crowell.

Fodor, J. A. (1983). *The Modularity of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

Fodor, J. A. & Pylyshyn, Z. W. (1988). Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition*, 28, 3 - 71.

Friederici, A. D. (1998). Wissensrepräsentationen und Sprachverstehen. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6) (S. 249-273). Göttingen: Hogrefe.

Fröhlich, M. (1999). *Ein wissenschaftsbasiertes Rahmensystem zur merkmalsbasierten Gestenerkennung für multimediale Anwendungen*. Dissertation. Bielefeld: Universität.

Fromkin V. A. (1988). Grammatical aspects of speech errors. In F. J. Newmeyer (Hrsg.), *Linguistics: The Cambridge survey, Vol.II. Linguistic theory: Extensions and implications* (S. 117-138). Cambridge: Cambridge University Press.

Fujisaki, H. (1997). Sentence Production and Information. In S. Kiritani, H. Hirose & H. Fukjisaki (Hrsg.), *Speech Production and Language* (S 279-296). Berlin: de Gruyter.

Gadenne, V. (1996). *Bewußtsein, Kognition und Gehirn*. Bern: Verlag Hans Huber.

Garrett, M. F. (1988). Processes in language production. In F. J. Newmeyer (Hrsg.), *Linguistics: The Cambridge survey, Vol.III. Language: Psychological and biological aspects* (S. 69-96). Cambridge: Cambridge University Press.

Gathercole, V. C. (1982). Decrements in Children`s Responses to Big and Tall: A Reconsideration of the Potential Cognitive and Semantic Causes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 34, 156 - 173.

Geschwind, N. (1980). Die Großhirnrinde. In *Gehirn und Nervensystem* (S. 113-120). Weinheim: Spektrum der Wissenschaft.

Gibson, J. J. (1973). *Die Wahrnehmung der visuellen Welt*. Weinheim: Beltz. (Original erschienen 1950: *The Perception of the Visual World*. Boston: Houghton Mifflin Company).

Ginsburg, H. & Opper, S. (1998). *Piagets Theorie der geistigen Entwicklung*. (8. Aufl.) Stuttgart: Klett-Cotta.

- Glaser, W.R. (1992). Picture Naming. *Cognition*, 42, 61 - 105.
- Goede, K. (1987). Spracherwerb und Quantitätsurteile - Eine Analyse der "Grösser" - und "Mehr" - Antworten von Kindern. In M. Bierwisch & E. Lang (Hrsg.), *Grammatische und konzeptuelle Aspekte von Dimensionsadjektiven* (S. 575-599). Berlin: Akademie-Verlag.
- Goldman-Rakic, P. S. (1994). Das Arbeitsgedächtnis. In W. Singer, *Gehirn und Bewußtsein* (S. 68-76). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Goldstein, B. (1997). *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg: Spektrum Verlag.
- Grabowski, J., Harras, G. & Herrmann, T. (Hrsg.) (1996). *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Graf, R., Herrmann, T., Grabowski, J. & Schweizer, K. (1996). Grundriß eines Modells der Aktivierung von Konzepten, Wörtern und Figuren. In J. Grabowski, G. Harras & T. Herrmann (Hrsg.), *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte* (S. 154-210). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Grice, H. P. (1979). Logik und Konversation. In G. Meggle (Hrsg.), *Handlung, Kommunikation, Bedeutung* (S.243-265). Frankfurt a.M.: Suhrkamp. (Original erschienen 1975: Logic and Conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Hrsg.), *Syntax and Semantics (Vol.3): Speech Acts* (S.41-58). New York: Academic Press.)
- Grimshaw, J. (1991). *Argument Structure*. (2. Aufl.) Cambridge, Mass: MIT Press.
- Guski, R. (1996). *Wahrnehmen -Ein Lehrbuch*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Habel, C. (1988). *Cognitive Linguistics: The Processing of Spatial Concepts* (LILOG-Report 45). Universität Hamburg: IBM Deutschland GmbH.

Habel, C. (1995). Räumliche Repräsentationsformate für die Sprachproduktion - eine Fallstudie. In R. Meyer-Klabunde & C. von Stutterheim, *Conceptual and Semantic Knowledge in Language Production. Proceedings of a Workshop of Special Collaborative Research Program 245. Language and Situation* (Bericht Nr. 92, Band 1) (S. 57 - 86). Universität Mannheim: Lehrstuhl Psychologie III.

Habel, C. & Pribbenow, S. (1989). *Zum Verstehen räumlicher Ausdrücke des Deutschen - Transitivität räumlicher Relationen-* (IWBS Report 79). Universität Hamburg: IBM Deutschland GmbH 1989.

Habermas, J. (1976). Was heißt Universalpragmatik? In K.-O. Apel (Hrsg.), *Sprachpragmatik und Philosophie* (S.174-272). Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Haegeman, L. (1991). *Introduction to Government & Binding Theory*. Cambridge: Blackwell.

Hahn, U. (1987). *Lexikalisch verteiltes Text-Parsing. Eine objektorientierte Spezifikation eines Wortexpertensystems auf der Grundlage des Aktorenmodells*. Dissertation. Konstanz: Universität.

Haider, H. (1984). Was zu haben ist und was zu sein hat. Bemerkungen zum Infinitiv. *Papiere zur Linguistik*, 30, 22 - 36.

Haider, H. (1988). Die Struktur der deutschen Nominalphrase. *Zeitschrift für Sprachwissenschaft*, 7, 32 - 59.

Haider, H. (1992). Die Struktur der Nominalphrase - Lexikalische und funktionale Strukturen. In L. Hoffmann (Hrsg.), *Deutsche Syntax. Ansichten und Aussichten* (S. 304 - 333). Berlin: de Gruyter.

Hamann, C. (1991). Adjectives. In A. von Stechow & D. Wunderlich (Hrsg.), *Semantik. Ein internationales Handbuch der zeitgenössischen Forschung* (S.657-673). Berlin: de Gruyter.

Harnad, S. (1987a). Category induction and representation. In S. Harnad (Hrsg.), *Categorical Perception. The groundwork of cognition* (S.535 - 565). Cambridge University Press.

Harnad, S. (1987b). Introduction. Psychophysical and cognitive aspects of categorical perception: A critical overview. In S. Harnad (Hrsg.), *Categorical Perception. The groundwork of cognition* (S.1 - 25). Cambridge University Press.

Harnad, S. (1992). Connecting Object to Symbol in Modelling Cognition. In A. Clark & R. Lutz (Hrsg.), *Connectionism in Context*. (S. 75 - 90). London: Springer.

Harras, G. (1983): *Handlungssprache und Sprechhandlung. Eine Einführung in die handlungstheoretischen Grundlagen*. Berlin: de Gruyter.

Harras, G., Herrmann, T. & Grabowski, J. (1996). Aliquid stat pro aliquo - aber wie? In J. Grabowski, G. Harras & T. Herrmann (Hrsg.), *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte* (S. 9 - 19). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Hasebrook, J. (1995). *Multimedia-Psychologie: eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Hasenjäger, M. (2000). *Active Data Selection in Supervised and Unsupervised Learning*. Dissertation. Bielefeld: Universität.

Hebb, D.O. (1949). *The organization of behavior*. New York: Wiley.

Helbig, G. & Buscha, J. (1984). *Deutsche Grammatik*. Leipzig: Enzyklopädie Verlag.

Helm, G. (1991). *Symbolische und konnektionistische Modelle der menschlichen Informationsverarbeitung*. Heidelberg: Springer.

Hendler, J. A. (1989). Marker-Passing over Microfeatures: Towards a Hybrid Symbolic/Connectionist Model. *Cognitive Science*, 13, 79-106.

Hentschel, E. & Weydt, H. (1990). *Handbuch der deutschen Grammatik*. Berlin: de Gruyter.

Herrmann, T. (1982). *Sprechen und Situation. Eine psychologische Konzeption zur situationsspezifischen Sprachproduktion*. Heidelberg: Springer.

Herrmann, T. (1994). *Allgemeine Sprachpsychologie. Grundlagen und Probleme*. (2. Aufl.). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Herrmann, T. (1992). *Sprachproduktion und erschwerte Wortfindung*. (Arbeiten aus dem Sonderforschungsbereich 245 „Sprache und Situation“, Bericht Nr. 44). Universität Mannheim: Lehrstuhl Psychologie III.

Herrmann, T. (1998). Wissensrepräsentation und Sprachproduktion. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie 2: Kognition, Band 6) (S.275-299). Göttingen: Hogrefe.

Herrmann, T. & Deutsch, W. (1976). *Psychologie der Objektbenennung*. Bern: Huber.

Herrmann, T. & Grabowski, J. (1993). *Das Merkmalsproblem und das Identitätsproblem in der Theorie dualer, multimodaler und flexibler Repräsentationen von Konzepten und Wörtern (DMF- Theorie)* (Arbeiten aus dem Sonderforschungsbereich 245 „Sprache und Situation“, Bericht Nr. 61). Universität Mannheim: Lehrstuhl Psychologie III.

Herrmann, T. & Grabowski, J. (1994). *Sprechen. Psychologie der Sprachproduktion*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Herrmann, T., Grabowski, J., Schweizer, K. & Graf, R. (1996). Die mentale Repräsentation von Konzepten, Wörtern und Figuren. In J. Grabowski, G. Harras, & T. Herrmann (Hrsg.), *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte*. (S.120-152). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Herrmann, T. & Graf, R. (1995). Conceptual and semantic knowledge: a psychological perspective. In R. Meyer-Klabunde & C. von Stutterheim, *Conceptual and Semantic Knowledge in Language Production. Proceedings of a Workshop of Special Collaborative Research Program 245. Language and Situation* (Bericht Nr. 92, Band 1) (S. 87 - 114). Universität Mannheim: Lehrstuhl Psychologie III.

Hildebrandt, B., Moratz, R., Rickheit, G. & Sagerer, G. (1995). Integration von Bild- und Sprachverstehen in einer kognitiven Architektur. *Kognitionswissenschaft*, 4, 118-128.

Hildebrandt, B., Rickheit, G. & Strohner, H. (1993). WORT: Eine Computersimulation kognitiver Verstehensprozesse. *Kognitionswissenschaft*, 3, 95 - 106.

Hillert, D. (1990). *Sprachprozesse und Wissensstrukturen. Neuropsychologische Grundlagen der Kognition*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Hinton, G. E. (1994). Wie neuronale Netze aus Erfahrung lernen. In W. Singer, *Gehirn und Bewußtsein* (S. 136-145). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Hinton, G. E., McClelland, J. L. & Rumelhart, D. E. (1986). Distributed Representations. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S. 77-109). Cambridge, MA: MIT Press.

Hoffmann, J. (1994). Die visuelle Identifikation von Objekten. In W. Prinz & B. Bridgeman (Hrsg.), *Wahrnehmung* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band1) (S. 391-456). Göttingen: Hogrefe.

Hoffmann, J. (1996a). Die Genese von Begriffen, Bedeutungen und Wörtern. In J. Grabowski, G. Harras & T. Herrmann (Hrsg.), *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte* (S.88-119). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Hoffmann, J. (1996b). Sequentielle Strukturbildung. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 7) (S. 235-272). Göttingen: Hogrefe.

Hoffmann, N. (1993). *Kleines Handbuch Neuronaler Netze*. Braunschweig: Friedrich Vieweg.

Homberger, D. (1993). *Das Prädikat im Deutschen. Linguistische Terminologie in Sprachwissenschaft und Sprachdidaktik*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Hubel, D. H. (1989). *Auge und Gehirn. Neurobiologie des Sehens*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. (Original erschienen 1988: *Eye, Brain and Vision*. New York: Scientific American Library).

Hubel, D. H. & Wiesel, T. N. (1980). Die Verarbeitung visueller Informationen. In, *Gehirn und Nervensystem* (S. 122-133). Weinheim: Spektrum der Wissenschaft.

Hummel, J. E. & Biederman, I. (1992). Dynamik Binding in a Neural Network for Shape Recognition. *Psychological Review*, 99, 480-517.

Jackendoff, R. (1991). *Semantic Structures* (2. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.

Jackendoff, R. (1996). The Architecture of the Linguistic-Spatial Interface. In P. Bloom, M. A. Peterson, L. Nadel & F. G. Merrill (Hrsg.), *Language and Space* (S.1-30). Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Jacobs, A. M. & Grainger, J. (1994). Models of Visual Word recognition - Sampling the State of the Art. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 1311-1334.

Johnson-Laird, P. N. (1989). Mental Models. In Posner, M. I. (Hrsg.), *Foundations of Cognitive Science* (S. 469 - 499). Cambridge: MIT Press.

Johnson-Laird, P. (1996). *Der Computer im Kopf. Formen und Verfahren der Erkenntnis*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Jordan, M. I. (1986). An Introduction to Linear Algebra in Parallel Distributed Processing. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S.365-422). Cambridge, MA: MIT Press.

Jung, B. & Wachsmuth, I. (1994). *Dynamische Konzeptualisierung* (SFB 360: Report 94/9). Bielefeld: Universität.

Kandel, E. R. (1980). Kleine Verbände von Nervenzellen. In, *Gehirn und Nervensystem* (S. 76-85). Weinheim: Spektrum der Wissenschaft.

Kandel, E. R., Schwatz, J. H. & Jessell, T. M. (Hrsg.) (1996). *Neurowissenschaften. Eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Kanigel, R. (1981). Storing yesterday. *John Hopkins Magazine*, 32, 27 - 34.

Karger, R., Lerner, J.-Y. & Pinkal, M. (1994). Zur syntaktisch-semantischenanalyse attributiver Komparative. In S.W. Felix, C. Habel & G. Rickheit (Hrsg.), *Kognitive Linguistik. Repräsentationen und Prozesse* (S. 107-128). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Katz, J.J. (1967). Recent Issues in Semantic Theory. *Foundations of Language*, 3, 124-194.

Katz, J.J. (1972). *Semantic theory*. New York: Harper and Row.

Keller, R. (1996). Begriff und Bedeutung. In J. Grabowski, G. Harras & T. Herrmann (Hrsg.), *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte* (S.47-66). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Kellman, P. J.: Ontogenesis of Space and Motion Perception. In W. Epstein & S. Rogers (Hrsg.): *Perception of Space and Motion* (S. 327-364). London: Academic Press 1995.

Kempen, G. & Hoenkamp, E. (1987). An incremental procedural grammar for sentence formulation. *Cognitive Science*, 11, 201 - 258.

Kiefer, M. (1995). Poddle, dog or animal? Specificity of object names as a result of flexible concept-word activation. In R. Meyer-Klabunde & C. von Stutterheim, *Conceptual and Semantic Knowledge in Language Production. Proceedings of a Workshop of Special Collaborative Research Program 245. Language and Situation* (Bericht Nr. 92, Band 2) (S.186-204). Universität Mannheim: Lehrstuhl Psychologie III.

Kintsch, W. & Ericsson, A. (1996). In D. Albert & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Gedächtnis* (Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 4) (S. 541-601). Göttingen: Hogrefe.

Kiritani, S., Hirose, H. & Fukjisaki, H. (Hrsg.) (1997). *Speech Production and Language*. Berlin: de Gruyter.

Kleiber, G. (1998). *Prototypensemantik*. (2. Aufl.).Tübingen: Narr.

Klein, E. (1991). Comparatives. In A. von Stechow & D. Wunderlich (Hrsg.), *Semantik. Ein internationales Handbuch der zeitgenössischen Forschung* (S.673-691). Berlin: de Gruyter.

Klix, F. (1976). *Information und Verhalten: Kybernetische Aspekte der organismischen Informationsverarbeitung. Einführung in naturwissenschaftliche Grundlagen der Allgemeinen Psychologie*. (3. Aufl.). Bern: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin.

Klix, F. (1992). *Die Natur des Verstandes*. Göttingen: Hogrefe.

Klix, F. (1994). Wissenselemente. Bausteine für Gedächtnis und Sprache. In H.-J. Kornadt, J. Grabowski & R. Mangold-Allwinn (Hrsg.), *Sprache und Kognition* (S.133 -160). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Klix, F. (1996). Lernen und Denken. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 7) (S. 529-582). Göttingen: Hogrefe.

Klix, F. (1998a). Begriffliches Wissen - Episodisches Wissen. In F. Klix & H. Spada, *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6). (S.167-211). Göttingen: Hogrefe.

Klix, F. (1998b). Evolutionsbiologische Spuren in kognitiven Strukturbildungen und Leistungen des Menschen. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6) (S. 43-76). Göttingen: Hogrefe.

- Klix, F. & Spada, H. (Hrsg.) (1998). *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung: Ser.2, Kognition, Band 6). Göttingen: Hogrefe 1998.
- Knobloch, C. (1992). Funktional-grammtischer Aufbau der Nominalphrase im Deutschen. In L. Hoffmann (Hrsg.), *Deutsche Syntax. Ansichten und Aussichten* (S. 334 - 362). Berlin: de Gruyter.
- Knobloch, C. (1994). *Sprache und Sprechfähigkeit. Sprachpsychologische Konzepte*. Tübingen: Niemeyer.
- Knobloch, C. (1999). Kategorisierung, grammatisch und mental. In A. Redder & J. Rehbein (Hrsg.), *Grammatik und mentale Prozesse* (S.31-48). Tübingen: Stauffenburg Verlag.
- Köhle, M. (1990). *Neuronale Netze*. Wien: Springer.
- Kohonen, T. (1987). *Content-Addressable Memories*. (2. Aufl.). Berlin: Springer.
- Kohonen, T. (1988). *Self-Organization and Associative Memory*. (2. Aufl.). Berlin: Springer.
- Kohonen, T. (1995). *Self-Organizing Maps*. Berlin: Springer.
- Kolb, B. & Wishaw, I. Q. (1996). *Neuropsychologie* (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kornadt, H.-J., Grabowski, J. & Mangold-Allwinn, R. (Hrsg.) (1994). *Sprache und Kognition*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Kruse, H., Mangold, R., Mechler, B. & Penger, O. (1991). *Programmierung Neuronaler Netze. Eine Turbo Pascal Toolbox*. Bonn: Addison-Wesley.

Kurthen, M. & Linke, D. B. (1995) Kognitivität - konstruktivistisch und anders. In H. R. Fischer (Hrsg.), *Die Wirklichkeit des Konstruktivismus. Zur Auseinandersetzung um ein neues Paradigma*. ( S. 291 - 307). Heidelberg: Carl-Auer-Systeme Verlag.

Lafrenz, P. G. (1983). *Zu den semantischen Strukturen der Dimensionsadjektive in der deutschen Gegenwartssprache*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Lang, E. (1987). Semantik der Dimensionsauszeichnung räumlicher Objekte. In M. Bierwisch & E. Lang (Hrsg.), *Grammatische und konzeptuelle Aspekte von Dimensionsadjektiven* (S. 287-458). Berlin: Akademie-Verlag.

Lang, E. (1989). Primärer Orientierungsraum und inhärentes Proportionschema: Interagierende Kategorisierungsraster bei der Konzeptualisierung räumlicher Objekte. In C. Habel, M. Herweg & K. Rehkämper (Hrsg.), *Raumkonzepte in Verstehensprozessen. Interdisziplinäre Beiträge zu Sprache und Raum* (S.150-173). Tübingen: Max Niemeyer.

Lang, E. (1994). Semantische vs. konzeptuelle Struktur: Unterscheidung und Überschneidung. In M. Schwarz (Hrsg.), *Kognitive Semantik/Cognitive Semantics* (S. 25 - 40). Tübingen: Narr.

Lee, S.-M. (1994). *Untersuchungen zur Valenz des Adjektivs in der deutschen Gegenwartssprache*. Frankfurt a.M: Lang.

Lehmann, C. (1992). Deutsche Prädikatsklassen in topologischer Sicht. In L. Hoffmann (Hrsg.), *Deutsche Syntax. Ansichten und Aussichten* (S. 155 - 185). Berlin: de Gruyter.

Leisi, E. (1975). Der Wortinhalt. Seine Struktur im Deutschen und Englischen (5. Aufl.). Heidelberg: Quelle & Meyer.

Levelt, W. J. M. (1989). *Speaking. From Intention to Articulation*. Cambridge: MIT Press.

Levelt, W. J. M. (1991). Die konnektionistische Mode. *Sprache und Kognition*, 10, 61-72.

Levelt, W. J.M. (1996). Perspective Talking and Ellipsis in Spatial Descriptions. In P. Bloom, M. A. Peterson, L. Nadel & F. G. Merrill (Hrsg.), *Language and Space*. (S. 77-107). Cambridge, MA: MIT Press.

Leuninger, H. (Hrsg.) (1988). *Einführung in die Government-Binding-Theorie*. (2. Aufl.) (Frankfurter Linguistische Forschungen, Sonderheft 1). Frankfurt: Institut für Deutsche Sprache und Literatur II.

Lewis, D. (1975). Konventionen. *Eine sprachpsychologische Abhandlung*. Berlin: de Gruyter. (Original erschienen 1969: *Convention. A philosophical study*. Cambridge: Harvard University Press.)

Lindenmair, W. (1995). *Neuronale Netze. Arbeitshefte Informatik*. Stuttgart: Klett.

Linke, A., Nussbaumer, M. & Portmann, P. R. (1994). *Studienbuch Linguistik*. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.

Livingstone, M. S. (1990). Kunst, Schein und Wahrnehmung. In W. Singer (Hrsg.), *Gehirn und Kognition* (S. 156-163). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Luhmann, N. (1984). *Soziale Systeme: Grundriss einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

Lukas, J. (1996). *Psychophysik der Raumwahrnehmung*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Lutzeier, P. (1973). *Modelltheorie für Linguisten*. Tübingen: Max Niemeyer.

Lyons, J. (1980). *Semantik* (Bd.1). München: Beck. (Original erschienen 1977: *Semantics* (Vol.1). Cambridge: Cambridge University Press.)

Lyons, J. (1983). *Semantik* (Bd.2). München: Beck. (Original erschienen 1977: *Semantics* (Vol.2). Cambridge: Cambridge University Press.)

Macmillan, N. A. (1987). Beyond the categorial/continous distinction: A psychophysical approach to processing modes. In S.Harnad (Hrsg.), *Categorical Perception. The groundwork of cognition* (S. 53-85). Cambridge University Press.

Mandl, H.; Gruber, H. & Renkl, A. (1995). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia* (S. 167 - 178). Weinheim: Psychologie-Verl.-Union.

Mangold-Allwinn, R. (1993). *Flexible Konzepte. Experimente, Modelle, Simulationen*. Frankfurt am Main: Lang.

Mangold-Allwinn, R. (1994). Das Forschungsprogramm "Objektbenennung": Neuere Entwicklungen. In H.-J. Kornadt, J. Grabowski & Mangold-Allwinn, R. (Hrsg.), *Sprache und Kognition* (S. 209 - 232). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Mangold, R. (1996). Die Simulation von Lernprozessen in konnektionistischen Netzwerken. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 7) (S. 389-444). Göttingen: Hogrefe.

Mangold, R. & Barattelli, S. (1995). Flexible conceptual and lexical representations as prerequisites for the production of contextually adequate referential descriptions. In R. Meyer-Klabunde & C. von Stutterheim, *Conceptual and Semantic Knowledge in Language Production. Proceedings of a Workshop of Special Collaborative Research Program 245. Language and Situation* (Bericht Nr. 92, Band 2) (S.223-234). Universität Mannheim: Lehrstuhl für Psychologie III.

Mangold-Allwinn, R., Barattelli, S., Kiefer, M. & Koebling, H. G. (1995). *Wörter für Dinge. Von flexiblen Konzepten zu variablen Benennungen*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Mangold-Allwinn, R., von Stutterheim, C., Barattelli, S., Kohlmann, U. & Koebling, H. G. (1992). Objektbenennung in Diskurs: Eine interdisziplinäre Untersuchung. *Kognitionswissenschaft*, 3, S. 1-11.

Marr, D. (1982). *Vision*. San Francisco: Freeman.

Matthies, H. (1998). Neuronale Grundlagen der Gedächtnisbildung. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6) (S. 15-42). Göttingen: Hogrefe.

Maturana, H. R. & Varela, F. J. (1987). *Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens*. Bern: Scherz Verlag.

McClelland, J. L. & Kawamoto, A. H. (1986). Mechanisms of Sentence Processing: Assigning Roles to Constituents. In: J. L. McClelland & D. E. Rumelhart (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models* (S. 272-325). Cambridge, MA: MIT Press.

McClelland, J. L., McNaughton, B. L. & O'Reilly, R. C. (1995). Why There Are Complementary Learning Systems in the Hippocampus and Neocortex: Insights From the Successes and Failures of Connectionist Models of Learning and Memory. *Psychological Review*, 102, 419-457.

McClelland, J. L.; Rumelhart, D. E. (1986a). A Distributed Model of Human Learning and Memory. In: J. L. McClelland & D. E. Rumelhart (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models* (S.170-215). Cambridge, MA: MIT Press.

McClelland, J. L. & Rumelhart, D. E. (Hrsg.) (1986b). *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models*. Cambridge, MA: MIT Press.

McClelland, J. L., Rumelhart, D. E. & Hinton, G. E. (1986). The Appeal of Parallel Distributed Processing. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S. 3 - 44). Cambridge, MA: MIT Press.

Medin, D. L. & Barsalou, L. W. (1987). Categorization processes and categorical perception. In S. Harnad (Hrsg.), *Categorical Perception. The groundwork of cognition* (S. 455 - 490). Cambridge University Press.

Meggel, G. (Hrsg.) (1979). *Handlung, Kommunikation, Bedeutung*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Meyer-Klabunde, R. & von Stutterheim, C. (1995). *Conceptual and Semantic Knowledge in Language Production. Proceedings of a Workshop of Special Collaborative Research Program 245. Language and Situation* (Bericht Nr. 92, Band 1). Universität Mannheim. Lehrstuhl Psychologie III.

Miller, G. A. (1993). *Wörter - Striefzüge durch die Psycholinguistik*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. (Original erschienen 1991: *The Science of Words*. New York: Scientific American Library).

Miller, G. A. (1994). The Magical Number Seven, Plus or Mius Two: Some limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 101,343-352. (Original erschienen 1956: *Psychological Review*, 63, 81-97.)

Montada, L. (1998). Die geistige Entwicklung aus der Sicht Jean Piagets. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch* (S. 518-560). Weinheim: Beltz Psychologie Unions Verlag.

Montague, R. & Schnelle, H. (1972). *Universale Grammatik*. Braunschweig: Vieweg.

Motsch, W. (1967). Können attributive Adjektive durch Transformationen erklärt werden?. *Folia Linguistica*, 1, 23 - 48.

Müller, A., Müller, K. H. & Stadler, F. (Hrsg.) (1997). *Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft*. Wien: Springer.

Murphy, G. L. (1988). Comprehending Complex Concepts. *Cognitive Science*, 12, 529-562.

Newell, A. Rosenbloom, P. S. & Laird, J. E. (1989). Symbolic Architectures for Cognition In Posner, M. I. (Hrsg.), *Foundations of Cognitive Science* (S. 93-131). Cambridge: MIT Press.

Nuyts, J. (1990). Linguistic Representation and Conceptual Knowledge Representation. In J. Nuyts, M. A. Bolkestein & C. Vet (Hsrg.), *Layers and Levels of Representation in Language Theorie* (S. 263-293). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.

Nuyts, J. (1992). *Aspects of a Cognitive-Pragmatic Theory of Language. On Cognition, Functionalism and Grammar*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.

Nuyts, J. (1997). Linguistic Representation and Conceptual Knowledge Representation. In J. Nuyts & E. Pederson (Hrsg.), *Language and Conceptualization* (S.262-293). Cambridge: Cambridge University Press 1997.

Nuyts, J. & Pederson, E. (Hrsg.) (1997). *Language and Conceptualization*. Cambridge: Cambridge University Press.

Oerter, R. & Montada, L. (Hrsg.) (1998). *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.

Olson, D. R. (1970). Language and Thought: Aspects of a cognitive theory of semantics. *Psychological Review*, 77, 257- 273.

Opwis, K. & Lüer, G. (1996). Modelle der Repräsentation von Wissen. In D. Albert & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Gedächtnis* (Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 4) (S. 337-431). Göttingen: Hogrefe.

Osgood, Ch. E. (1971). Where do Sentences Come From?. In D. D. Steinberg & L. A. Jakobovits (Hrsg.), *An Interdisciplinary Reader in Philosophy* (S. 497 - 529). Cambridge: Cambridge University Press.

Ostermeier, U. (1998). *Bildliches und logisches Denken. Eine Kritik der Computertheorie des Denkens*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag GmbH.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Paivio, A. (1975). Perceptual comparisons through the mind's eye. *Memory & Cognition*, 3, 635 - 647.

Paivio, A. (1977). Images, Propositions, and Knowledge. In J. M. Nicholas (Hrsg.), *Images, Perception and Knowledge* (S. 47-71). Dordrecht: Reidel.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.

Palm, G. (1990). Assoziatives Gedächtnis und Gehirntheorie. In W. Singer (Hrsg.), *Gehirn und Kognition* (S. 164-174). Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.

Pastore, R. E. (1987). Categorical perception: Some psychophysical models. In S. Harnad (Hrsg.), *Categorical Perception. The groundwork of cognition* (S.29-52). Cambridge University Press.

Pechmann, T. (1994). *Sprachproduktion. Zur Generierung komplexer Nominalphrasen*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Pechmann, T. & Deutsch, W. (1982). The Development of Verbal and Nonverbal Devices for Reference. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2, 330 - 342.

Pechmann, T. (1984). Überspezifizierung und Betonung in referentieller Kommunikation. Unveröffentlichte Dissertation. Universität: Nijmegen.

Pechmann, T. & Zerbst, D. (1990). Zum Einfluß kognitiver Prozesse auf die Produktion komplexer Nominalphrasen. In S. W. Felix, S. Kanngießer & G. Rickheit (Hrsg.), *Sprache und Wissen: Studien zur Kognitiven Linguistik* (S. 207-221). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Perrig, W. J. (1996). Implizite Lernen. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 7) (S. 203-234). Göttingen: Hogrefe.

Peschl, M. F. (1994). *Repräsentation und Konstruktion. Kognitions- und neuroinformatische Konzepte als Grundlage einer naturalisierten Epistemologie und Wissenschaftstheorie*. Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn.

Piaget, J. (1975a). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1959: *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.)

Piaget, J. (1975b). *Nachahmung, Spiel und Traum. Die Entwicklung der Symbolfunktion beim Kinde*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1959: *La formation du symbole chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.)

Piaget, J. (1976). *Die Äquilibration der kognitiven Strukturen*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1975: *L'équilibration des structures cognitives. Problème central du développement*. Paris: Presses Universitaires de France.)

Piaget, J. (1979). *Sprechen und Denken des Kindes*. (4. Aufl.). Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann. (Original erschienen 1968: *Le Langage et la pensée chez l'enfant*. (7. Aufl.). Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.)

Piaget, J. (1984). *Psychologie der Intelligenz*. (8. Aufl.). Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1947: *La Psychologie de l'Intelligence*. Paris: Librairie Armand Colin.)

Piaget, J. & Inhelder, B. (1973). *Entwicklung der elementaren logischen Strukturen. Bd. 1 und 2*. Düsseldorf: Schwann 1973. (Original erschienen: *La genèse des structures logiques élémentaires*. (2. Aufl.). Neuchâtel: Delachaux et Niestlé 1967).

Piaget, J. & Inhelder, B. (1974). *Gedächtnis und Intelligenz*. Olten: Walter. (Original erschienen 1968: *Mémoire et Intelligence*. Paris: Presses Universitaires de France.)

Piaget, J. & Inhelder, B. (1975a). *Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1968: *Le développement des quantités physiques chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.)

Piaget, J. & Inhelder, B. (1975b) (Hrsg.). *Die Entwicklung des räumlichen Denkens beim Kinde*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1972: *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.)

Piaget, J. & Szeminska, A. (1975). *Die Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1967: *La genèse du nombre chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.)

Pinkal, M. (1980). Zur semantischen Analyse von Adjektiven. In J. Ballweg & H. Glinz (Hrsg.), *Grammatik und Logik. Jahrbuch 1979 des Instituts für deutsche Sprache* (S. 231 - 259). Düsseldorf: Schwann.

Pinkal, M. (1985). Kontextabhängigkeit, Vagheit, Mehrdeutigkeit. In C. Schwarze & D. Wunderlich (Hrsg.), *Handbuch der Lexikologie* (S. 27 - 63). Königstein/Ts.: Athenäum.

Pinkal, M. (1989). Die Semantik von Satzkomparativen. *Zeitschrift für Sprachwissenschaft*, 8, 206 - 256.

Pinkal, M. (1993). *Semantikformalismen für die Sprachverarbeitung* (Computerlinguistik an der Universität Saarland, Report Nr. 26). Universität des Saarlandes: Lehrstuhl für Computerlinguistik.

Pinker, S. (1999). Out of the Mind of Babes. *Science*, 283, 40f.

- Pishwa, H. (1998). *Kognitive Ökonomie im Zweitspracherwerb*. Tübingen: Narr.
- Plunkett, K., Sinha, C., Møller, M. F. & Strandsby, O. (1992). Symbol Grounding or the Emergence of Symbols? Vocabulary Growth in Children and a Connectionist Net. *Connection Science*, 4, 392 - 312.
- Polzin, T. & Eikmeyer H.-J. (1990). *BiKonnex: A Network Representation Language* (DFG-Research Group „Kohärenz“, Kolibri-Arbeitsbericht 28). Universität Bielefeld: Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaften.
- Polzin, T. & Rieser, H. (1991). *Parsing with Situation Semantics*. (DFG-Research Group „Kohärenz“, Kolibri-Arbeitsbericht 34). Universität Bielefeld: Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaften.
- Posner, M. I. & Raichle, M. E. (1996). *Bilder des Geistes. Hirnforscher auf den Spuren des Denkens*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Pouget, A. & Sejnowski, T. J. (1994). A neural model for the cortical representation of the egocentric distance. *Cerebral Cortex*, 4, 314 - 329.
- Preston, J. (Hrsg.) (1997). *Thought and Language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pulvermüller, F. (1992). Bausteine einer neurologisch-linguistischen Theorie. In G. Rickheit; R. Mellies & A. Winnecken (Hrsg.), *Linguistische Aspekte der Sprachtherapie: Forschung und Intervention bei Sprachstörungen* (S. 21 - 48). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Pulvermüller, F. (1996). *Neurobiologie der Sprache. Gehirnthoretische Überlegungen und empirische Befunde zur Sprachverarbeitung*. Lengerich: Pabst Science Publishers.

Pulvermüller, F. (1998). *Sprache im Gehirn: Neurobiologische Überlegungen, psychophysiologische Befunde und psycholinguistische Implikationen*. (Colloquia Academica, Akademievorträge junger Wissenschaftler N 1997). (S. 7 - 44). Stuttgart: Steiner.

Pylyshyn, Z. W. (1989). Computing in Cognitive Science. In M. I. Posner (Hrsg.), *Foundations of Cognitive Science* (S. 49 - 92). Cambridge: MIT Press.

Rachidi, R. (1989). *Gegensatzrelationen im Bereich deutscher Adjektive*. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.

Ramachandram, V. S. (1990). Formwahrnehmung aus Schattierung. In W. Singer (Hrsg.), *Gehirn und Kognition* (S.146-154). Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.

Ramsey, W.; Stich, S. & Garon, J. (1990). Connectionism, Eliminativism, and the future of Folk Psychology. In D. J. Cole, J. H. Fetzer & T. L. Rankin (Hrsg.), *Philosophy, Mind, and Cognitive Inquiry* (S. 117-144). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Redder, A. & Rehbein, J. (1999). Zusammenhänge von Grammatik und mentalen Prozessen. In A. Redder & J. Rehbein (Hrsg.), *Grammatik und mentale Prozesse* (S. 1 - 12). Tübingen: Stauffenburg Verlag.

Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6) (S. 457 - 500). Göttingen: Hogrefe.

Reusser, K. (1998). Denkstrukturen und Wissenserwerb in der Ontogenese. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6) (S. 115 - 166). Göttingen: Hogrefe.

Rickheit, M. (1990). *Wortbedeutungen und lexikalische Repräsentationen* (IWBS Report 127). Heidelberg: IWBS.

Rickheit, G. (Hrsg.) (1995). *Situierte Künstliche Kommunikatoren. Antrag an die Deutsche Forschungsgemeinschaft auf Fortsetzung des Sonderforschungsbereichs 360*. Universität: Bielefeld.

Rickheit, G. & Strohner, H. (1993). *Grundlagen der kognitiven Sprachverarbeitung*. Tübingen: Francke Verlag.

Rickheit, G. & Strohner, H. (1994). *Kognitive Grundlagen situierter künstlicher Kommunikatoren* (Sonderforschungsbereichs 360 an der Universität Bielfeld: Report 1). Bielefeld: Universität.

Riegler, A. (1997). Ein Kybernetisch-Konstruktivistisches Modell der Kognition. In A. Müller, K. H. Müller & F. Stadler (Hrsg.), *Konstruktivismus und Kognitionswissenschaft* (S.75-88). Wien: Springer.

Ritter, H. & Kohonen, T. (1989). Self-Organizing Semantic Maps. *Biological Cybernetics*, 61, 241 - 254.

Ritter, H., Martinetz, T. & Schulten, K. (1991). *Neuronale Netze*. Reading: Addison Wesley.

Ritter, H. & Schulten K. (1988). Convergence Properties of Kohonen's Topology Conserving Maps: Fluctuation, Stability, and Dimension Selection. *Biological Cybernetics*, 60, 59 - 71.

Roberts, I. (1997). *Comparative Syntax*. London: Arnold.

Rösner, D. (1988). *Anwendungen konnektionistischer Methoden im Bereich der Sprachverarbeitung* (Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung). Ulm: Universität.

Rogers, S. (1995). Perceiving Pictorial Space. In W. Epstein & S. Rogers (Hrsg.) *Perception of Space and Motion* (S.119-163). London: Academic Press.

Rojas, R. (1996). *Neural Networks. A Systematic Introduction*. Berlin: Springer.

Rosch, E. (1975a). Cognitive Reference Points. *Cognitive Psychology*, 7, 532 - 547.

Rosch, E. (1975b). The nature of mental codes for color categories. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1, 303 - 322.

Rosch, E. (1977). Human Categorization. In N. Warren (Hrsg.), *Studies in Cross-cultural Psychology. Volume 1* (S.1 - 49). London: Academic Press.

Rosch, E. (1978). Principles of Categorization. In E. Rosch & B.B. Llyoyd (Hrsg.), *Cognition and Categorization*. (S. 27 - 48). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Rosch, E. (1994). Categorization. In V. S. Ramachandran (Hrsg.), *Encyclopedia of human behavior. Volume 1* (S. 513 - 523). San Diego, CA: Academic Press.

Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, D. M. & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382 - 439.

Rotter, & Dorffner, G. (1990). Struktur und Konzeptrelation in verteilten Netzwerken. In G. Dorffner, Georg (Hrsg.), *Konnektionismus in Artificial Intelligence und Kognitionsforschung* (S. 85 - 94). Berlin: Springer.

Rumelhart, D. E. (1989). The Architecture of Mind: A Connectionist Approach. In Posner, M. I. (Hrsg.), *Foundations of Cognitive Science* (S. 133-159). Cambridge: MIT Press.

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. & McClelland, J. L. (1986a). A General Framework for Parallel Distributed Processing. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S. 45-76). Cambridge, MA: MIT Press.

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. & Williams R. J. (1986b). Learning Internal Representations by Error Propagation. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S.318-362). Cambridge, MA: MIT Press.

Rumelhart, D. E. & McClelland, J. L. (1986a). On Learning the Past Tenses of English Verbs. In J. L. McClelland & D. E. Rumelhart (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models* (S. 216-271). Cambridge, MA: MIT Press.

Rumelhart, D. E. & McClelland, J. L. (Hrsg.) (1986b). *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations*. Cambridge, MA: MIT Press.

Rumelhart, D. E. & McClelland, J. L. (1986c). PDP Models and General Issues in Cognitive Science. In D. E. Rumelhart, D. E. & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S. 110-146). Cambridge, MA: MIT Press.

Rumelhart, D. E., Smolensky, P., McClelland, J. L. & Hinton, G. E. (1986c). Schemata and Sequential Thought Processes in PDP Models. In J. L. McClelland & D.E. Rumelhart (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models* (S. 7-75). Cambridge, MA: MIT Press.

Rumelhart, D. E. & Zipser, D. (1986). Feature Discovery by Competitive Learning. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S.151-193). Cambridge, MA: MIT Press.

Schade, U. (1990). Kohärenz und Monitor in konnektionistischen Sprachproduktionsmodellen. In G. Dorffner (Hrsg.), *Konnektionismus in Artificial Intelligence und Kognitionsforschung* (S.18-27). Berlin: Springer 1990.

Schade, U. (1992). *Konnektionismus. Zur Modellierung der Sprachproduktion*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Schade, U. (Hrsg.) (1995). *Situiertheit, Integriertheit, Robustheit: Entwicklungslinien für einen künstlichen Kommunikator* (SFB 360 Report 95/17). Bielefeld: Universität.

Scherer, H. S. (1984). *Sprechen im situativen Kontext*. Tübingen: Stauffenberg Verlag.

Schneider, W. X. (1994). Neuronale Netze und visuelle Informationsverarbeitung. In W. Prinz & B. Bridgeman (Hrsg.), *Wahrnehmung* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band1) (S. 136 - 187). Göttingen: Hogrefe.

Schneider, W. & Büttner, G. (1998). Entwicklung des Gedächtnisses. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch* (S. 654 - 704). Weinheim: Beltz Psychologie Unions Verlag.

Schönplflug, W. & Schönplflug, U. (1995). *Psychologie*. (3., vollständig überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.

Schriefers, H. (1985). *On semantic markedness in language production and verification*. Unveröffentlichte Dissertation. Universität: Nijmegen.

Schriefers, H. (1990). Lexical and Conceptual Factors in the Naming of Relations. *Cognitive Psychology*, 22, 111 - 142.

Schröder, E. (1989). *Vom konkreten zum formalen Denken. Individuelle Entwicklungsverläufe von der Kindheit bis zum Jugendalter*. Bern: Huber.

Schulmeister, R. (1996). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme: Theorie - Didaktik - Design*. Bonn: Addison-Wesley.

Schwanitz, D. (1990). *Systemtheorie und Literatur*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Schwarz, M. (1992a). *Einführung in die Kognitive Linguistik*. Tübingen: Francke Verlag.

Schwarz, M. (1992b). *Kognitive Semantiktheorie und neuropsychologische Realität. Repräsentationale und prozedurale Aspekte der semantischen Kompetenz*. Tübingen: Niemeyer.

Schwarz, M. (1994). Kognitive Semantik - State of the Art und Quo vadis? In M. Schwarz (Hrsg.), *Kognitive Semantik/Cognitive Semantics* (S. 9 - 21). Tübingen: Narr.

Schyns, P. G. (1991). A Modular Neural Network Model of Concept Acquisition. *Cognitive Science*, 15, 461 - 508.

Searle, J. R. (1971). *Sprechakte. Ein sprachphilosophischer Essay*. Frankfurt am Main: Suhrkamp. (Original erschienen 1969: *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge: Cambridge University Press.)

Searle, J. R. (1980). Eine Klassifikation der Illokutionsakte. In P. Kußmaul (Hrsg.), *Sprechakttheorie: Ein Reader* (S. 82-108). Wiesbaden: Athenaion. (Original erschienen 1976: *A Classification of Illocutionary Acts*. *Language in Society*, 5, 1-23.)

Searle, J. R. (1982). *Ausdruck und Bedeutung*. Frankfurt: Suhrkamp. (Original erschienen 1979: *Expression and Meaning*. Cambridge: Cambridge University Press.)

Searle, J. R. (1987). *Intentionalität. Eine Abhandlung zur Philosophie des Geistes*. Frankfurt am Main: Suhrkamp. (Original erschienen 1983: *Intentionality. An essay in the philosophy of mind*. Cambridge: Cambridge University Press.)

Searle, J. R. (1994). Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm? In W. Singer (Hrsg.), *Gehirn und Bewußtsein* (S. 148-154). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Sejnowski, T. J. (1986). Open questions About Computation in Cerebral Cotex. In J. L. McClelland & D.E. Rumelhart (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models* (S. 372 - 389). Cambridge, MA: MIT Press.

Sejnowski, T. J. & Smith Churchland, P. (1989). Brain and Cognition. In Posner, M. I. (Hrsg.), *Foundations of Cognitive Science* (S. 301-356). Cambridge: MIT Press.

Seuren, P. A. M. (1978). The Structure and Selection of Positive and Negative Gradable Adjektives. In D. Farkas (Hrsg.), *Papers from The Parasession of the Lexicon*, April 14-15, 1978. Chicago Linguistic Society 1978. S. 336 - 346.

- Seuren, P. A. M. (1984). Operator lowering. *Linguistics*, 22, 573 - 627.
- Sharkey, N. E. (1988). Neural Network Learning Techniques. In M. F. McTear (Hrsg.), *Understanding Cognitive Science* (S. 157 - 180). Chichester: Horwood.
- Shebilske, W. L. & Peters, A. L. (1994). Wahrnehmungskonstanzen: Analyse und Synthese. In W. Prinz & B. Bridgeman (Hrsg.), *Wahrnehmung* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band1) (S. 305-338). Göttingen: Hogrefe.
- Shiffrin, R. M. & Nosofsky, R. M. (1994). Seven Plus or Minus Two: A Commentary On Capacity Limitations. *Psychological Review*, 101, 357-361.
- Sichelschmidt, L. (1989). *Adjektivfolgen: Eine Untersuchung zum Verstehen komplexer Nominalphrasen*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Siegel, M. (1976). Capturing the Russian Adjektive. In: B. H. Partee (Hrsg.), *Montague Grammar* (S.293-309). London: Academic Press.
- Simon, H. A.; Craig, A. & Kaplan, C. A. (1989). Foundations in Cognitive Science. In Posner, M. I. (Hrsg.), *Foundations of Cognitive Science* (S. 1 - 47). Cambridge: MIT Press.
- Sinclair, H. (1967). *Acquisition du langage et développement de la pensée*. Paris: Dunod.
- Smith, E. E., Osherson, D. N., Rips, L. J. & Keane, M. (1988). Combining Prototypes: A Selective Modification Model. *Cognitive Science*, 12, 485-527.

Smolensky, P. (1986a). Information Processing in Dynamical Systems: Foundations on Harmony Theory. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 1: Foundations* (S.194-281). Cambridge, MA: MIT Press.

Smolensky, P. (1986b). Neural and Conceptual Interpretation of PDP Models. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Hrsg.), *Parallel Distributed Processing. Explorations in the Microstructure of Cognition. Volume 2: Psychological and Biological Models* (S. 390-431). Cambridge, MA: MIT Press.

Smolensky, P. (1988). On the proper treatment of connectionism. *Behavioral and Brain Sciences, 11*, 1 - 74.

Spada, H. & Wichmann, S. (1996). Kognitive Determinanten der Lernleistung. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Band 2: Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 119-152). Göttingen: Hogrefe.

Spitzer, M. (1996). *Geist im Netz*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Sridhar, S. N. (1988). *Cognition and Sentence Production*. Heidelberg: Springer Verlag.

Stillings, N. A., Feinstein, M. H., Garfield, J. L.; Rissland, E. L., Rosenbaum, D. A., Weisler, S. E. & Baker-Ward, L. (1989). *Cognitive Science. An Introduction* (3. Aufl.). Cambridge, Mass.: MIT Press.

Stoffer, T. H. (1990). Das neuronale Netzwerk als Metapher im Rahmen der kognitionspsychologischen Modellbildung. In C. Meinecke & Kehrer, L. (Hrsg.), *Bielefelder Beiträge zur Kognitionspsychologie* (S.275 - 304). Göttingen: Hogrefe.

Storrer, A. (1996). Verbbedeutung und Situationsperspektivierung. In J. Grabowski, G. Harras & T. Herrmann (Hrsg.), *Bedeutung. Konzepte. Bedeutungskonzepte.* (S. 231 - 255). Opladen: Westdeutscher Verlag.

Strohner, H. (1995). *Kognitive Systeme.* Opladen: Westdeutscher Verlag.

Strohner, H. & Brose, R. (1994). *Adjektiv und Nomen im Lexikon: Eine kognitive Analyse. DFG- Schwerpunkt Kognitive Linguistik. Komposition* (Arbeitsbericht Nr. 4). Bielefeld: Universität.

Strohner, H., Stoet, G., Önder, H., Sprado, H. & Wiechmann, D. (1994). *Merkmalsdynamik in Adjektiv-Nomen-Kompositionen. DFG- Schwerpunkt Kognitive Linguistik. Komposition* (Arbeitsbericht Nr. 5). Bielefeld: Universität.

Strube, G. & Schlieder, C. (1998). Wissensrepräsentation im Symbolverarbeitungsansatz. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 6) (S. 501 - 530). Göttingen: Hogrefe.

Sucharowski, W. (1996). *Sprache und Kognition.* Opladen: Westdeutscher Verlag.

Tanaka, K. (1993). Neuronal Mechanisms of Object Recognition. *Science*, 262, 685 - 688.

Tohkura, Y., Vatikiotis-Bateson, E. & Sagisaka, Y. (Hrsg.) (1992). *Speech Perception, Production and Linguistic Structure.* Amsterdam: IOS Press.

Treisman, A. (1990). Merkmale und Gegenstände in der visuellen Verarbeitung. In W. Singer (Hrsg.), *Gehirn und Kognition* (S.134 - 144). Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.

Tugendhat, E. & Wolf, U. (1993). *Logisch-semantische Propädeutik*. (durchges. Aufl.). Stuttgart.

van Gelder, T. (1990). Comositionality: A Connectionist Variation on a Classical Theme. *Cognitive Science*, 14, 355 - 384.

Varela, F. J. (1990). *Kognitionswissenschaft - Kognitionstechnik*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Varnhorn, B. (1993). *Adjektive und Komparation*. Tübingen: Narr.

Velichkovsky, B. M. (1994). Sprache, Evolution und die funktionale Organisation der menschlichen Erkenntnis. In H.-J. Kornadt, J. Grabowski & R. Mangold-Allwinn (Hrsg.), *Sprache und Kognition* (S.113-131). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Vijayan, M. G. F., Bandi, R. S. & Vishton, P.M. (1999). Rule Learning by Seven-Month-Old-Infants. *Science*, 283, 77-80.

von Campenhausen, C. (1993). *Die Sinne des Menschen*. (2. Aufl.). Stuttgart: Thieme.

von Eye, A. & Marx, W. (Hrsg.) (1984). *Semantische Dimensionen. Verhaltenstheoretische Konzepte einer psychologischen Semantik*. Göttingen: Verlag für Psychologie.

von Glasersfeld, E. (1987). *Wissen, Sprache und Wirklichkeit. Arbeiten zum radikalen Konstruktivismus*. Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn.

von Glasersfeld, E. (1996). *Radikaler Konstruktivismus*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

von Kutschera, F. & Breitkopf, A. (1979). *Einführung in die moderne Logik*. (4. Aufl.) Freiburg: Alber.

von Stechow, A. (1991). Theorie der Satzsemantik. In A. von Stechow & D. Wunderlich (Hrsg.), *Semantik. Ein internationales Handbuch der zeitgenössischen Forschung* (S.90 - 148). Berlin: de Gruyter.

von Stechow, A. (1984). Comparing Semantic Theories of Comparison. *Journal of Semantics*, 3, 1 - 77.

Wallace, J. (1972). Positive, Comparative, Superlative. *The Journal of Philosophy*, 69, 773 - 782.

Waloszek, G. (1996). Parallele Gedächtnismodelle. In D. Albert & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Gedächtnis* (Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 4) (S. 261-335). Göttingen: Hogrefe.

Waltz, D. L. & Pollack, J. B. (1985). Massively Parallel Parsing: A Strongly Interactive Model of Natural Language Interpretation. *Cognitive Science*, 9, 51-74.

Way, E. C. (1997). Connectionism and Conceptual structure. *American Behavioral Scientist*, 40, 729 - 753.

Weinert, F. E. & Schneider W. (1996). Entwicklung des Gedächtnisses. In D. Albert & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Gedächtnis* (Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie II: Kognition, Band 4) (S. 433-487). Göttingen: Hogrefe.

Wierzbicka, A. (1980). *Lingua Mentalis. The Semantics of Natural Language*. London: Academic Press.

Wiese, I. (1973). Untersuchungen zur Semantik nominaler Wortgruppen in der deutschen Gegenwartssprache. Halle: Niemeyer.

Wilkening, F. & Krist, H. (1998). Entwicklung der Wahrnehmung und Psychomotorik. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch* (S.487 - 517). Weinheim: Beltz Psychologie Unions Verlag.

Wittgenstein, L. (1977). *Philosophische Untersuchungen*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Taschenbücher Wissenschaft.

Wittgenstein, L. (1988). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp. (Original erschienen 1922: *Tractatus Logico-Philosophicus*. London: Routledge & Kegan Paul).

Witte, W. (1969). Experimentelle Untersuchungen von Bezugssystemen. I. Struktur, Dynamik und Genese von Bezugssystemen. *Psychologische Beiträge*, 4, 218 - 252.

Zeki, S. M. (1994). Das geistige Abbild der Welt. In W. Singer, *Gehirn und Bewußtsein* (S. 32 - 41). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Zell, A. (1994). *Simulation Neuronaler Netze*. Bonn: Addison-Wesley.

Zifonum, G., Hoffmann, L. & Strecker, B. (1997). *Grammatik der deutschen Sprache*. Berlin: de Gruyter.

Zimbardo, P. G. (1995). *Psychologie*. (6. Aufl.). Heidelberg: Springer.

Zimbardo, P. G. & Gerrig, R. J. (1999). *Psychologie*. (7. Aufl.). Heidelberg: Springer.

Zur Oveste, H. (1987). *Kognitive Entwicklung im Vor- und Grundschulalter*. Göttingen.

Diese Arbeit ist gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706.