

**Ursprung der emotionalen Semantik von kongruenten Farben  
und Tönen**

**Assoziationen und Emotionen Erwachsener sowie  
Blickpräferenzen in der frühen Kindheit**

**Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der  
Naturwissenschaften an der Universität Bielefeld**

vorgelegt von

**Silke Fischer**

Bielefeld 2012



**Gutachter: Prof. Dr. H. J. Markowitsch, PD Dr. M. Piefke**



<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 THEORETISCHER HINTERGRUND</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Wahrnehmung bzw. Evaluation von Farben und Tönen (Erwachsene)</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.1 Wahrnehmung von Farben durch Erwachsene</b> .....	<b>3</b>
2.1.1.1 Lichtspektrum .....	3
2.1.1.2 Farbräume.....	4
2.1.1.3 Struktur des visuellen Systems hinsichtlich der Farbwahrnehmung .....	6
2.1.1.4 Farbwahrnehmung .....	7
2.1.1.4.1 <i>Trichromatische Theorie von Young und Helmholtz</i> .....	7
2.1.1.4.2 <i>Gegenfarbentheorie von Hering</i> .....	8
2.1.1.5 Top-down-Verarbeitung im Farbensehen.....	9
<b>2.1.2 Evaluation von Farben durch Erwachsene</b> .....	<b>10</b>
2.1.2.1 Emotionen und Assoziationen zu Farben .....	10
2.1.2.2 Effekte von Rot auf Leistung.....	11
2.1.2.2.1 <i>Leistungsmindernde Effekte von Rot</i> .....	11
2.1.2.2.2 <i>Leistungssteigernde Effekte von Rot</i> .....	13
2.1.2.2.3 <i>Potenzielle Mittlervariablen des Rot-Effekts bezüglich Leistung</i> .....	13
2.1.2.3 Behaviorale Effekte von Rot.....	16
2.1.2.4 Wirkung von Rot auf Überzeugungen .....	17
2.1.2.5 Kontextabhängigkeit des Rot-Effekts.....	17
2.1.2.5.1 <i>Mittlervariablen des Rot-Effekts bezüglich heterosexueller Kontexte</i> .....	18
2.1.2.6 Entwicklungsaspekt von Farb-Assoziationen .....	18
2.1.2.7 Zusammenfassung der Evaluation/Effekte von Farben.....	19
2.1.2.8 Gender-Effekte .....	20
2.1.2.9 Theorien zur Entstehung von Präferenzen bzw. Wirkung von Farben .....	22
2.1.2.9.1 <i>Effekte der Farb-Parameter Helligkeit, Sättigung und Farbton</i> .....	22
2.1.2.9.2 <i>Zapfen-Kontrast-Theorie</i> .....	23
2.1.2.9.3 <i>Theorie der ökologischen Valenz (EVT)</i> .....	24
2.1.2.9.4 <i>Farbsymbolismus</i> .....	26
2.1.2.9.5 <i>„Model of Color and Psychological Functioning“</i> .....	27
2.1.2.9.6 <i>Metapher-Repräsentations-Theorie</i> .....	28
2.1.2.9.7 <i>Zusammenfassung</i> .....	30
<b>2.1.3 Wahrnehmung von Tönen durch Erwachsene</b> .....	<b>30</b>
2.1.3.1 Sinus-Töne.....	31
2.1.3.2 Schalldruckpegel.....	31
2.1.3.3 Lautheit (Sone), Isophone und Phon.....	31
2.1.3.4 Wahrnehmungsqualitäten.....	32
2.1.3.5 Aufbau des Hörsystems .....	32
2.1.3.6 Zusammenfassung.....	33

<b>2.1.4 Evaluation von Tönen durch Erwachsene .....</b>	<b>34</b>
2.1.4.1 Evaluation von Tonhöhe durch Erwachsene .....	34
2.1.4.2 Zusammenfassung .....	36
2.1.4.3 Theorie der Entstehung affektiver Zuordnungen zu Tonhöhe .....	37
<b>2.2 Kreuzmodale Wahrnehmung/Evaluierung (Erwachsene) .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.1 Definition „Kreuzmodalität“ .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.2 Farbe und Tonhöhe .....</b>	<b>42</b>
2.2.2.1 Entwicklungsaspekt kreuzmodaler Assoziationen zwischen Farbe und Tonhöhe ..	46
2.2.2.2 Der kreuzmodalen Kongruenz zugrunde liegende Prozesse.....	49
<b>2.2.3 Zusammenfassung.....</b>	<b>51</b>
<b>2.3 Wahrnehmung bzw. Präferenz von Farben und Tönen (frühe Kindheit) .....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.1 Reifung des visuellen Systems .....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.2 Untersuchungsmethoden in der frühen Kindheit.....</b>	<b>54</b>
<b>2.3.3 Farbwahrnehmung und Präferenzen in der frühen Kindheit.....</b>	<b>57</b>
2.3.3.1 Entwicklung des Farbsehens in den ersten Lebensmonaten .....	57
2.3.3.2 Frühkindliche Farb-Kategorien .....	58
2.3.3.3 Frühkindliche Farbpräferenzen/Salienz von Rot.....	60
2.3.3.4 Determinanten der frühkindlichen Farbpräferenzen .....	61
2.3.3.4.1 Aktivierung der Gegenfarbenkanäle/Präferenz bzw. Salienz von Rot.....	61
2.3.3.4.2 Einfluss perzeptueller Farb-Parameter auf Farbpräferenzen .....	63
2.3.3.5 Zusammenfassung .....	67
<b>2.3.4 Wahrnehmung und Präferenz von Tönen in der frühen Kindheit .....</b>	<b>69</b>
2.3.4.1 Reifung des auditiven Systems.....	69
2.3.4.2 Präferenz von Tonhöhe in der frühen Kindheit.....	69
<b>2.4 Kreuzmodale Wahrnehmung von A-V Stimuli (frühe Kindheit) .....</b>	<b>71</b>
<b>2.4.1 Theorie der intersensorischen Redundanz.....</b>	<b>71</b>
<b>2.4.2 Kreuzmodale Wahrnehmung von Farbe und Ton .....</b>	<b>76</b>
<b>2.4.3 Zusammenfassung.....</b>	<b>80</b>
<b>2.5 Präsentation der Stimuli bzw. Art des Inputs (frühe Kindheit) .....</b>	<b>82</b>
<b>2.5.1 Einfluss der Art der Präsentation auf das Lernen von Objekt-Silben-</b>	
<b>Verbindungen .....</b>	<b>82</b>
<b>3 STUDIE ERWACHSENE.....</b>	<b>87</b>
<b>3.1 Fragestellung und Hypothesen .....</b>	<b>87</b>

<b>3.1.1 Ableitung der Fragestellung .....</b>	<b>87</b>
<b>3.1.2 Fragestellungen und Hypothesen.....</b>	<b>89</b>
<b>3.2 Methode.....</b>	<b>90</b>
<b>3.2.1 Stichprobe.....</b>	<b>90</b>
<b>3.2.2 Fragebögen.....</b>	<b>91</b>
3.2.2.1 Demographischer Fragebogen/Anamnese.....	91
3.2.2.2 Toronto-Alexithymie-Skala-26 .....	91
3.2.2.3 Beck-Depressions-Inventar .....	91
3.2.2.4 Leistungsprüfsystem .....	92
3.2.2.5 Farb- und Tonfragebögen.....	92
3.2.2.5.1 Vorstudien zur Auswahl farb- und tonbezogener Items .....	93
<b>3.2.3 Stimuli.....</b>	<b>95</b>
3.2.3.1 Farben.....	95
3.2.3.2 Töne.....	95
<b>3.2.4 Ablauf .....</b>	<b>96</b>
3.2.4.1 Versuchsraum .....	96
3.2.4.2 Pseudo-Randomisierungen .....	96
3.2.4.3 Ablauf.....	96
<b>3.3 Ergebnisse Studie Erwachsene .....</b>	<b>98</b>
<b>3.3.1 Statistische Auswertungsverfahren .....</b>	<b>98</b>
<b>3.3.2 Psychologische Fragebögen.....</b>	<b>98</b>
<b>3.3.3 Ausreißeranalysen.....</b>	<b>99</b>
<b>3.3.4 Experiment Farben und Töne.....</b>	<b>99</b>
3.3.4.1 Emotionen Farben .....	100
3.3.4.2 Assoziationen Farben .....	104
3.3.4.3 Emotionen Töne .....	107
3.3.4.4 Assoziationen Töne .....	111
3.3.4.5 Kreuzmodale Kongruenz .....	117
3.3.4.6 Gender-Unterschiede in den Farb- und Tonevaluationen .....	119
<b>3.4 Diskussion .....</b>	<b>120</b>
<b>3.4.1 Fragestellung A: Semantik von Farben und Tönen.....</b>	<b>120</b>
<b>3.4.2 Fragestellung B: Kreuzmodale Kongruenzen der emotionalen Semantik zwischen Farben und Tönen .....</b>	<b>124</b>
<b>3.4.3 Implikationen für zukünftige Forschung .....</b>	<b>128</b>

<b>4 STUDIEN SÄUGLINGE.....</b>	<b>131</b>
<b>4.1 Fragestellungen und Hypothesen.....</b>	<b>131</b>
<b>4.1.1 Ableitung der Fragestellung.....</b>	<b>131</b>
<b>4.1.2 Fragestellungen und Hypothesen.....</b>	<b>134</b>
<b>4.2 Methode.....</b>	<b>138</b>
<b>4.2.1 Design der Studienreihe.....</b>	<b>138</b>
<b>4.2.2 Stichprobe.....</b>	<b>139</b>
<b>4.2.3 Fragebögen/Instrumente.....</b>	<b>140</b>
4.2.3.1 Demographie.....	140
4.2.3.2 Infant Behavior Questionnaire (IBQ) – deutsche Version.....	140
4.2.3.3 Bayley Scales of Infant Development.....	141
<b>4.2.4 Stimuli und Filmpräsentation.....</b>	<b>142</b>
4.2.4.1 Habituations-Studie.....	142
4.2.4.1.1 Aufbau/Monitoreinstellungen.....	142
4.2.4.1.2 Prätest.....	143
4.2.4.1.3 „Attention-Getter“ zur Aufmerksamkeitslenkung.....	144
4.2.4.1.4 Habituations- und Testfilme.....	144
4.2.4.1.5 Filmpräsentation.....	147
4.2.4.1.6 Pseudo-Randomisierungen.....	148
4.2.4.2 „Preferential Looking“-Studie.....	153
4.2.4.2.1 Aufbau/Monitoreinstellungen.....	153
4.2.4.2.2 Kalibrierung.....	153
4.2.4.2.3 „Attention-Getter“ zur Aufmerksamkeitslenkung.....	154
4.2.4.2.4 Testfilme.....	154
4.2.4.2.5 Filmpräsentation.....	155
<b>4.2.5 Ablauf.....</b>	<b>158</b>
4.2.5.1 Versuchsraum.....	158
4.2.5.2 Ablauf der Studien.....	158
<b>4.3 Ergebnisse Studien Säuglinge.....</b>	<b>159</b>
<b>4.3.1 Habituations-Studien.....</b>	<b>159</b>
4.3.1.1 Statistische Auswertungsverfahren.....	159
4.3.1.2 Analysen zur Spontanerholung: Ausreißeranalysen.....	160
4.3.1.3 Äquivalenz der drei Bedingungen hinsichtlich Prätest, Entwicklungsstand und Temperament.....	161
4.3.1.4 Hypothesentests: Habituerungsphase.....	162
4.3.1.5 Hypothesentests: Testphase.....	164
4.3.1.5.1 Ergebnisse der 3 x 5-Varianzanalyse mit Messwiederholung.....	164
4.3.1.5.2 Wilcoxon-Tests: Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“.....	165
4.3.1.5.3 Wilcoxon-Tests: Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“.....	166
4.3.1.5.4 Wilcoxon-Tests: Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“.....	167
4.3.1.6 Korrelationen zu Entwicklungsstand und Temperament.....	168

<b>4.3.2 „Preferential Looking“-Studie</b> .....	<b>170</b>
4.3.2.1 Auswertungsverfahren.....	170
4.3.2.2 Vorbereitende Analysen.....	171
4.3.2.2.1 Blickdauer „Attention-Getter“.....	171
4.3.2.2.2 Müdigkeitseffekte.....	172
4.3.2.2.3 Salienz der Stimuli.....	172
4.3.2.2.4 Farbpräferenz/Tonpräferenz.....	172
4.3.2.3 Hypothesentest.....	173
4.3.2.4 Inter-Rater-Reliabilität.....	174
<b>4.4 Diskussion Studien Säuglinge</b> .....	<b>175</b>
<b>4.4.1 Überprüfung der Hypothesen und Diskussion der Ergebnisse in den Bedingungen</b> .....	<b>175</b>
4.4.1.1 Hypothese 1.....	175
4.4.1.2 Hypothese 2.....	177
4.4.1.3 Hypothese 3.....	179
4.4.1.4 Hypothese 4.....	181
<b>4.4.2 Generelle Diskussion</b> .....	<b>182</b>
4.4.2.1 Fragestellung A – Aufbau einer kreuzmodalen Relation zwischen kongruenten Farben und Tönen, Einfluss der Konnotation bzw. Salienz.....	182
4.4.2.2 Fragestellung B – Einfluss sozialer vs. nicht sozialer Präsentation.....	189
4.4.2.3 Fragestellung C – Angeborene Wahrnehmung der Kongruenz.....	196
4.4.2.4 Einfluss von Temperament sowie kognitivem Entwicklungsstand.....	199
<b>4.4.3 Schlussfolgerungen</b> .....	<b>199</b>
<b>4.4.4 Implikationen für zukünftige Forschung</b> .....	<b>202</b>
4.4.4.1 Grenzen der Studien.....	202
4.4.4.2 Implikationen für theoretische Modelle.....	204
<b>5 GESAMTDISKUSSION</b> .....	<b>207</b>
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>213</b>
<b>7 ANHANG</b> .....	<b>223</b>



## 1 EINLEITUNG

Im Alltag umgibt uns eine dynamische Welt, die viele Signale durch Farbe und Geräusche in einer Vielzahl von Situationen bietet, und deren Einflüsse allgegenwärtig sind (u. a. Verkehrszeichen, Werbung, Hintergrundmusik in Geschäften, ein vorbei fahrender Krankenwagen). Dabei verbinden Erwachsene diese kontinuierlichen Eindrücke verschiedener Sinnesmodalitäten automatisch, wodurch der Strom an Signalen reduziert wird und sie ein einheitliches Bild der Welt wahrnehmen. Salienten, d. h. auffälligen, Ereignissen oder Sinneseindrücken wird unbewusst Vorzug gegeben. Diese Fähigkeit ist keineswegs trivial: Ein Säugling steht vor einem nicht abreißenden Strom von Reizen und muss lernen oder erkennen, welche multi-modalen Informationen zusammen gehören und welche nicht. Das bedeutet, er (oder sie<sup>1</sup>) ordnet den Dingen eine Bedeutung zu.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Semantik von Farben und Tönen und insbesondere ihrer salienten semantischen Kongruenz sowie ihrem Ursprung. Der Farbe Rot fällt von Kindheit an eine besondere Bedeutung zu: Wie aus der Literatur hervorgeht, wird Rot bereits von Säuglingen als erste Farbe von anderen unterschieden und bevorzugt (z. B. Franklin, Bevis, Ling, & Hurlbert, 2010). Untersuchungen mit Erwachsenen zeigten, dass Rot einen ausgeprägten Bedeutungsträger im Sinne eines (Warn-)Signals darstellt und darüber hinaus starke unbewusste Effekte auf Kognition und Verhalten ausübt, die zudem äußerst kontextabhängig sind (z. B. Elliot & Maier, 2007). Rot ist also für Individuen äußerst salient und das fast von Geburt an. Viele Warnsignale bestehen jedoch aus auditiv-visuellen Kombinationen, um stärker Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen und so gegebenenfalls sogar Leben zu retten (z. B. Feuerwehrauto, Feueralarm, Warnsirenen). Obwohl Ihre Verwendung sehr verbreitet ist, wurde die Semantik dieser kreuzmodalen Signale bislang nicht erforscht. Da kongruente Stimuluskombinationen aufgrund ihrer höheren Salienz mehr Aufmerksamkeit erwecken (Spence, 2011), wird die Frage aufgeworfen, welche auditiven Informationen kongruent zur salienten Farbe Rot sein könnten. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich hier auf die Dimension der Tonhöhe allein und geht damit der Frage nach, ob dieser Parameter ohne weitere semantische Information möglicherweise schon eine Bedeutung beinhalten könnte.

Zwei Studien prüfen potenzielle Kongruenzen zwischen Farben und Tonhöhe und untersuchen, ob diese im Laufe des Lebens erworben werden oder angeboren bzw. bereits bei Säuglingen

---

<sup>1</sup> In der gesamten Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit lediglich die männliche Form von Nomen und Pronomina verwendet, selbst wenn beide Geschlechter oder Gender gemeint sind. Ausnahmen sind ausdrücklich gekennzeichnet.

im Alter von vier Monaten nachweisbar sind. Insgesamt ist die Literatur in diesem Bereich relativ lückenhaft. Während für die Evaluierung von Farbe in Bezug auf Erwachsene gut geprüfte Modelle vorliegen (z. B. Elliot & Maier, 2007), sind Evidenzen zur Semantik von Tönen rar. Zur kreuzmodalen Interaktion liegen ebenfalls kaum Studien vor, zudem konzentrieren sich diese Arbeiten vorrangig auf die Prüfung physikalischer oder perzeptueller Interaktionen und nicht auf Wechselwirkungen semantischer Art. In Bezug auf die frühe Kindheit bestehen in Hinblick auf diese Interaktionen ebenfalls wenige Ansätze. Zwar untersuchte eine Studie den Aufbau einer Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe im frühen Säuglingsalter, jedoch lag auch hier der Schwerpunkt auf der Analyse physikalisch-perzeptueller Relationen ohne Einbezug einer potenziellen Semantik (Bahrck, 1994). Ein Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf der Erforschung der Semantik von bislang vorrangig perzeptuell betrachteten Stimuli. Dabei richtet sie die Aufmerksamkeit ebenfalls auf die vorsprachliche Entwicklung von Bedeutung und untersucht damit eine Art Proto-Semantik in der frühen Kindheit.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird zunächst die bestehende Literatur dargestellt. Einleitend wird die Wahrnehmung und Evaluierung von Farben und Tonhöhe durch Erwachsene sowie die kreuzmodale Interaktion der Stimuli im Erwachsenenalter geschildert. Im Anschluss daran werden die Evidenzen zu denselben Aspekten in der frühen Kindheit vorgestellt. Es folgt die Ableitung der Fragestellung und die Formulierung der Hypothesen für eine explorative Fragebogen-Studie an Erwachsenen, die eine potenzielle Semantik von Farben und Tönen sowie kreuzmodale Übereinstimmungen untersucht. Dabei werden Emotionen und Assoziationen sowie deren Valenz zu Farben und Tonhöhe erstmals systematisch und umfassend erfasst. In der vorliegenden Arbeit wird die Methodik dieser Studie vorgestellt und anschließend die Ergebnisse dargelegt und diskutiert. Nachfolgend wird eine Fragestellung für eine Studienreihe mit vier Monate alten Säuglingen abgeleitet und entsprechende Hypothesen erläutert. Diese Studienreihe adressiert die Ursprünge einer potenziellen Kongruenz der Relation der Farbe Rot mit hohen Tönen sowie der Farbe Grün mit tiefen Tönen. Das bedeutet, sie bestimmt zum einen die Lernbarkeit der Verbindungen „Rot/hoher Ton“ sowie „Grün/tiefer Ton“ in früher Kindheit und zum anderen, ob Säuglinge bereits eine Kongruenz dieser Verbindungen spontan erkennen. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Methode dieser Studienreihe dargestellt, bevor die Ergebnisse geschildert und diskutiert werden. Abschließend konzentriert sich eine Gesamtdiskussion auf die Ergebnisse beider Studien und erörtert die Entwicklung der Semantik von potenziell kongruenten Farben und Tönen.

## **2 THEORETISCHER HINTERGRUND**

Im nachfolgenden Kapitel zum theoretischen Hintergrund der vorliegenden Arbeit wird zunächst die bestehende Literatur zur Wahrnehmung und Evaluation von Farben und Tönen durch Erwachsene geschildert, einschließlich ihrer kreuzmodalen Evaluation. Diese Abschnitte zielen darauf, die Semantik dieser Dimensionen im Erwachsenenalter darzustellen und Einblicke in Theorien zu deren Entstehung und Entwicklung zu geben. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden Evidenzen zur Wahrnehmung von Farbe und Tonhöhe in der frühen Kindheit beschrieben. Hierbei liegt ein besonderer Fokus auf dem Stellenwert der kreuzmodalen Verarbeitung in der frühen Kindheit, da in der vorliegenden Arbeit eine möglicherweise fördernde Wirkung einer semantischen Kongruenz auf den Verarbeitungsprozess von Farben und Töne geprüft wird. Ebenso wird ein Augenmerk auf die Art des Inputs gelegt, welcher für das frühe Wortlernen und damit für den Semantikerwerb bedeutsam ist - demzufolge auch für den Aufbau einer Semantik von Farbe und Tonhöhe.

### **2.1 Wahrnehmung bzw. Evaluation von Farben und Tönen (Erwachsene)**

Zu Beginn wird die Wahrnehmung und Evaluation von Farben adressiert und einige Ansätze zur Entstehung von Farbpräferenzen und –wirkungen beschrieben. Im Anschluss werden dieselben Punkte hinsichtlich Tonhöhe dargestellt.

#### **2.1.1 Wahrnehmung von Farben durch Erwachsene**

Einleitend wird kurz die Physik der Zusammensetzung von Licht beschrieben und daran anschließend die Physiologie der Wahrnehmung beim Menschen skizziert bevor Evidenzen zur Wahrnehmungspsychologie ausführlicher geschildert werden.

##### **2.1.1.1 Lichtspektrum**

Licht ist aus einer Kombination von elektromagnetischen Wellenlängen bzw. Teilchen (den Photonen) zusammengesetzt, demnach besteht die Farbwahrnehmung aus der Kategorisierung aufgrund der unterschiedlichen Wellenlängen.

Der sichtbare Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegt zwischen 380 nm und 780 nm und reicht vom kurzwelligigen, blau wahrgenommenen Spektrum über Grün, Gelb, Orange zum

langwelligen, rötlich empfundenen Spektrum (Abbildung: Elektromagnetisches Spektrum des Lichts, zu finden in Goldstein, 2002, Farbtafel 1.1).

### 2.1.1.2 Farbräume

Es wurden verschiedene Farbmodelle entwickelt, die Farbe quantitativ anhand verschiedener Parameter als Punkt in einem dreidimensionalen Raum beschreiben. Diese unterschiedlichen Farbmodelle sind nicht deckungsgleich, d. h. Farben, die in einem Farbraum beschrieben werden, können nur annähernd in dem anderen Farbraum abgebildet werden. Eine kleine Auswahl der Farbmodelle wird im Folgenden kurz vorgestellt.

Der CIE-LAB-Farbraum (s. Abb. 1) beschreibt Farben anhand der Parameter „a\*“ (Rot-Grün), „b\*“ (Gelb-Blau) und „L\*“ (Lightness) (vgl. Fairchild, 2005), und ist damit der menschlichen Wahrnehmung nachempfunden (s. Kap. 2.1.1.4).

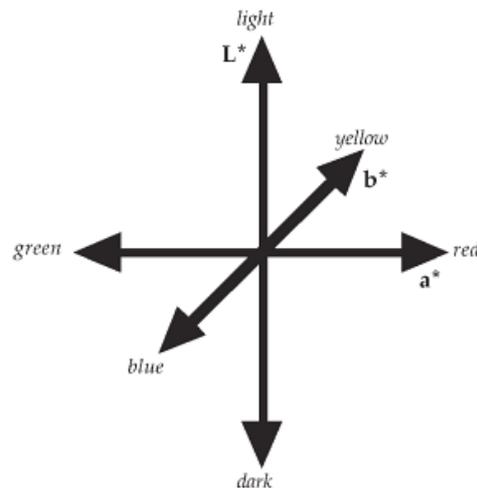


Abb. 1: CIE-L\*a\*b\*-Farbraum (vgl. Fairchild, 2005, S. 80, Abdruck mit freundlicher Genehmigung von M. Fairchild)

Das RGB-Modell bestimmt dagegen die Farbanteile der Primärfarben Rot, Grün und Blau und ist damit an den drei Zapfentypen des Menschen und der Dreifarbentheorie orientiert (s. Abb. 2 und 2.1.1.4). Schwarz würde demnach mit einem Punkt  $S = (0, 0, 0)$  beschrieben werden, d. h. keine Farbanteile besitzen, wobei Weiß mit einem Punkt  $W = (1, 1, 1)$  definiert wird, was bedeutet, dass alle Farben vollständig enthalten sind (vgl. Burger & Burge, 2006).

Der CMY(K)-Farbraum (s. Abb. 2) legt Farbanteile komplementär zum RGB-Modell fest: Cyan, Magenta, Gelb (yellow) (und Schwarz: key). Diese Farben sind ebenso im RGB-Farbraum an den Eckpunkten des Würfels enthalten (vgl. Burger & Burge, 2006).

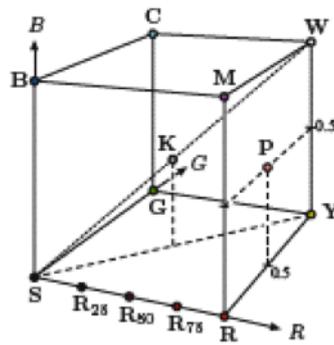


Abb. 2: Darstellung des RGB-Farbraums als dreidimensionaler Einheitswürfel. Die Primärfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) bilden die Koordinatenachsen. Die „reinen“ Farben Rot (R), Grün (G), Blau (B), Cyan (C), Magenta (M) und Gelb (Y) liegen an den Eckpunkten des Farbwürfels. Alle Grauwerte, wie der Farbpunkt K, liegen auf der Diagonalen („Unbuntgeraden“) zwischen dem Schwarzpunkt S und dem Weißpunkt W. Der Punkt  $P = (1, 0.50, 0.50)$  beschreibt einen pinkfarbenen Farbton (modifiziert nach Burger & Burge, 2006, S. 234, Abdruck mit freundlicher Genehmigung von W. Burger)

Der HSV-Farbraum definiert die perzeptuellen Farbparameter Farbton (hue), Sättigung (saturation) und Helligkeitswert (value) und ist damit dem HLS (hue, lightness, saturation) sehr ähnlich (s. Abb. 3). Zwischen diesen beiden Farbmodellen unterscheidet sich hauptsächlich der Lagepunkt des Weißpunkts (vgl. Burger & Burge, 2006).

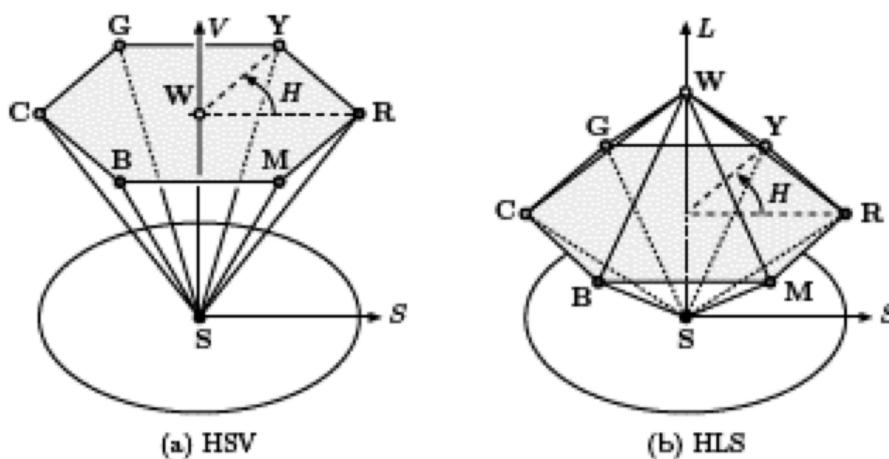


Abb. 3: a) HSV- und b) HLS-Farbraum – traditionelle Darstellung als hexagonale Pyramide bzw. Doppelpyramide. Der Helligkeitswert V bzw. L entspricht der vertikalen Richtung, die Farbsättigung S dem Radius von der Pyramidenachse und der Farbton H dem Drehwinkel. In beiden Fällen liegen die

*Grundfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) und die Mischfarben Gelb (Y), Cyan (C), Magenta (M) in einer gemeinsamen Ebene, Schwarz S liegt an der unteren Spitze (modifiziert nach Burger & Burge, 2006, S. 253, Abdruck mit freundlicher Genehmigung von W. Burger).*

Diese Farbmodelle sollen beispielhaft veranschaulichen, wie verschiedenartig Farbe beschrieben werden kann. Je nach beabsichtigter Nutzung werden Farbmodelle bevorzugt angewendet, in der Forschung wird häufig auf den HSV- oder HLS-Farbraum referiert.

Im Folgenden wird die menschliche Wahrnehmung von Farbe dargestellt.

### **2.1.1.3 Struktur des visuellen Systems hinsichtlich der Farbwahrnehmung**

Vier Komponenten bilden die Grundlage für das visuelle System des Menschen: Neben dem Auge handelt es sich um das Corpus geniculatum laterale (im Folgenden CGL), den primären (striären) visuellen Cortex und den extrastriären visuellen Cortex, in dem sich die höheren Verarbeitungsebenen des visuellen Systems befinden, bestehend aus Arealen im temporalen, parietalen und frontalen Cortex (vgl. Goldstein, 2002).

Das Licht trifft durch Hornhaut, Pupille und Linse auf die Retina (Abbildung: Das menschliche Auge und Ausschnitt der Retina, zu finden in Pritzel, Brand, & Markowitsch, 2009, S. 149).

Die Neuronen der Retina, die Stäbchen (spektrale Hellempfindlichkeit im kurzwelligen Spektrum) und Zapfen (spektrale Hellempfindlichkeit im längerwelligen Spektrum), erzeugen elektrische Signale, die durch Horizontalzellen, Bipolarzellen, Amakrinzellen und Ganglienzellen verarbeitet und durch den Sehnerv meistens ins CGL und die Cortices (primärer visueller und extrastriärer Cortex) weitergeleitet werden (vgl. Goldstein, 2002; Abbildung: Das visuelle System, zu finden in Goldstein, 2002, S. 44).

In den Stäbchen und Zapfen (Photorezeptoren) im Auge werden die Lichtmuster mittels lichtempfindlicher chemischer Substanzen (der Sehpigmente) in elektrische Signale umgewandelt. Das Sehpigmentmolekül besteht aus Opsin und Retinal, letzteres ein lichtempfindliches Molekül, das bei Auftreffen von Licht seine Form verändert (Isomerisation). Dieses löst eine Kettenreaktion aus, die schließlich ein elektrisches Signal in den Photorezeptoren verursacht (vgl. Goldstein, 2002; Abbildung: Stäbchen mit Membranscheiben, zu finden in Goldstein, 2002, S. 49).

Aufgrund dreier unterschiedlicher Zapfenpigmente ergeben sich drei unterschiedliche Pigmentspektren: Ein kurzwelliges Zapfenpigment absorbiert am besten Licht von 419 nm (im Folgenden K-Rezeptor), ein mittelwelliges Pigment Licht von 531 nm (im Folgenden M-Rezeptor) und ein langwelliges Zapfenpigment von 558 nm (im Folgenden L-Rezeptor)

Wellenlänge (vgl. Goldstein, 2002; Abbildung: Absorptionsspektren der drei menschlichen Zapfenpigmente, zu finden in Goldstein, 2002, S. 156).

Das CGL ist in sechs Schichten aufgebaut, wobei die ersten beiden Schichten ihre Information aus M-Ganglienzellen erhalten und magnozellular Schichten genannt werden. Schichten 3-6 beziehen ihre Information von P-Ganglienzellen und werden parvozelluläre Schichten genannt. Die Magno-Schicht ist für die Erkennung von Bewegung zuständig, während die Funktion der Parvo-Schicht daraus besteht, Farbe, Textur, Muster und räumliche Tiefe zu erkennen (vgl. Goldstein, 2002).

Innerhalb des primären visuellen Cortex (im Okzipitallappen gelegen) werden Orientierung/Richtung, Ortsfrequenz und Länge visueller Stimuli verarbeitet sowie teils durch den Kontext moduliert.

Die Information der magnozellularen Schichten des CGL wird in der dorsalen Bahn (Parietallappen) des extrastriären Cortex weiterverarbeitet, während die Information der parvozellulären Schichten in der ventralen Bahn (Temporallappen) verarbeitet werden (vgl. Goldstein, 2002; Abbildung: Der Cortex eines Affen, zu finden in Goldstein, 2002, S. 115).

#### **2.1.1.4 Farbwahrnehmung**

Die bedeutendsten Theorien der Farbwahrnehmung wurden bereits im letzten bzw. vorletzten Jahrhundert aufgestellt und durch jüngere Befunde unterstützt. Es handelt sich um die trichromatische Theorie von Young und Helmholtz (vgl. Goldstein, 2002) sowie die Gegenfarbentheorie von Hering (vgl. Goldstein, 2002). Sie werden im Folgenden dargestellt.

##### **2.1.1.4.1 Trichromatische Theorie von Young und Helmholtz**

Die unterschiedliche Aktivierung der drei Rezeptorsysteme (s. Kapitel 2.1.1.3) innerhalb der Retina (drei verschiedene Sensitivitäten der Zapfenpigmente: K-, M- und L-Rezeptoren) durch Licht verschiedener Wellenlängen und das daraus resultierende neuronale Muster bilden nach der Theorie von Young und Helmholtz die Grundlage der Farbwahrnehmung. Neuronale Evidenz zeigt, dass Blau beispielsweise bei einer starken Reaktion des K-Rezeptors, einer mittleren Aktivierung des M-Rezeptors und einer sehr geringen des L-Rezeptors empfunden wird. Die Dreifarben Theorie erfasst damit die Verarbeitung von Farbe auf einer frühen Stufe im visuellen System (vgl. Goldstein, 2002).

#### **2.1.1.4.2 Gegenfarbentheorie von Hering**

Die Gegenfarbentheorie beschreibt dagegen physiologische Vorgänge im CGL oder Cortex und damit zu einem etwas späteren Zeitpunkt der Farbverarbeitung. Rot und Grün sowie Blau und Gelb sind nach der Theorie von Hering als antagonistische Farben zu sehen (vgl. Goldstein, 2002). So erklärte Hering beispielsweise Phänomene der Nachbilder: Bei längerer Stimulierung durch ein Objekt roter Farbe erscheint bei anschließendem Betrachten eines weißen Hintergrunds ein grünes Nachbild und umgekehrt, ebenso erscheint Blau nach längerer Exposition von Gelb und umgekehrt.

Dieser phänomenologisch geprägte Ansatz der Farbwahrnehmung wird heute neurophysiologisch gestützt von Gegenfarbentzellen, die sowohl im CGL als auch im Cortex von Affen nachgewiesen wurden (vgl. Goldstein, 2002). Es existieren jeweils zwei Gegenfarbentzellpaare pro antagonistischem Farbenpaar im CGL, d. h. Rot(+)-Grün(-) und Grün(+)-Rot(-) sowie Blau(+)-Gelb(-) und Gelb(+)-Blau(-)-Zellen. Die Blau(+)-Gelb(-)-Gegenfarbentzellen reagieren mit einer erhöhten Aktivität auf Wellenlängen im Blauspektrum (450 nm), und einer Hemmung der Reaktion auf Wellenlängen im Gelbspektrum (580 nm), die noch unterhalb ihrer Spontanaktivität liegt. Umgekehrt reagieren Gelb(+)-Blau(-)-Zellen mit einer erhöhten Aktivität auf Wellenlängen im Gelbspektrum und einer Hemmung im kurzwelligen Blauspektrum. Ebenso reagieren Grün(+)-Rot(-)-Zellen mit einer Steigerung der Aktivierung im grünen Farbspektrum (510 nm), sowie mit einer Hemmung der Aktivität im langwelligen Rotspektrum (660 nm), umgekehrt verhält es sich bei den Rot(+)-Grün(-)-Zellen (vgl. Goldstein, 2002).

Dagegen existieren verschiedene Arten von Gegenfarbentzellen im Cortex des Affen: Zum einen die Typ-1-Gegenfarbentzelle, eine ON- bzw. OFF-Zentrum-Zelle, die entweder mit Aktivität oder Hemmung auf bestimmte Wellenlängen im Zentrum und mit umgekehrter Reaktion auf dieselben Wellenlängen im Umfeld des Zentrums anspricht. Zum anderen gibt es vier verschiedene Arten der sogenannten doppelten Gegenfarbentzellen im Cortex, auf deren Zentrum die Information der Zapfentypen je nach Zelle exzitatorisch oder inhibitorisch und auf das Umfeld der Zelle umgekehrt wirken. Bei der Rot(+)-Grün(-)-doppelten Gegenfarbentzelle besteht das Umfeld aus Grün(+)-Rot(-)-Zellen, d. h. im Zentrum wirkt die Information der L-Zapfen exzitatorisch und die der M-Zapfen inhibitorisch, im Umfeld wirkt jedoch die Information der L-Zapfen inhibitorisch und die der M-Zapfen exzitatorisch (Abbildung: Das rezeptive Feld einer doppelten Gegenfarbentzelle im Cortex eines Affen, zu finden in Goldstein, 2002, S. 161).

Die anderen Gegenfarbentellen sind eine weitere Rot-Grün-Zelle umgekehrten Aufbaus (d. h. Grün(+)-Rot(-)-Zelle im Zentrum und Rot(+)-Grün(-)-Zelle im Umfeld) und zwei entsprechende invers aufgebaute Blau-Gelb-Zellen. Die Blau(+)-Gelb(-)-Zelle reagiert auf einen komplexeren Input: Exzitatorisch wirkt die Information der K-Zapfen und inhibitorisch dagegen die Information einer zwischengeschalteten Zelle, die Informationen aus den M- und L-Zapfen integriert (Zelle „A“; Abbildung: Schema eines neuronalen Schaltkreises, zu finden in Goldstein, 2002, S. 162). So wird Gelb wahrgenommen, wenn sowohl M- und L-Zapfen Signale weiterleiten (vgl. Goldstein, 2002). Die doppelten Gegenfarbentellen sind in sogenannten Blobs in Schicht IVc des Cortex organisiert.

Inwieweit die neuronalen Aktivitäten mit subjektiver Farbwahrnehmung übereinstimmen, ist dagegen abschließend noch nicht bekannt. Die nahe liegende Vermutung, dass die Aktivierung von Grün(+)-Rot(-)-Zellen zur Wahrnehmung von Grün führt, konnte bislang nicht bestätigt werden. Es besteht eine widersprüchliche Evidenz, eine solche direkte Ableitung ist demnach nicht zulässig (vgl. Goldstein, 2002).

Bevor anschließend die Wirkung von Farbe auf Emotionen und Verhalten von Individuen geschildert wird, soll im nächsten Abschnitt kurz beschrieben werden, dass nicht nur die Effekte von Farben (s. Kap. 2.1.2.5), sondern bereits Urteile über Farbe durch kognitive Faktoren beeinflussbar sind.

### **2.1.1.5 Top-down-Verarbeitung im Farbsehen**

Top-down-Prozesse bezeichnen die Beeinflussung perzeptueller Wahrnehmung durch höhere Verarbeitungsebenen, z. B. Wissen oder Kognition im Allgemeinen. Im Bereich des Farbsehens werden sie beispielsweise hinsichtlich der Gedächtnisfarben erkennbar. So konnte gezeigt werden, dass Probanden durch das Wissen um die eigentliche Farbe in ihrem Farburteil beeinflusst werden: Probanden sollten Objekten, die aus derselben orangeroten Pappe hergestellt waren, Vergleichsfelder zuordnen, deren Rotgehalt an den der Pappe angeglichen werden konnte. Der Effekt zeigte sich darin, dass die Probanden einem Herz oder einem Apfel ein rötlicheres Vergleichsfeld zuwiesen als normalerweise nicht roten Objekten wie einer Glocke. Das Weltwissen der Probanden hat demnach ihr Farburteil beeinflusst (Delk & Fillenbaum, 1965; vgl. Goldstein, 2002). Farbwahrnehmungen werden nicht nur durch perzeptuelle Daten bestimmt, sondern auch automatisch durch höhere Verarbeitungsebenen wie dem visuellen Gedächtnis beeinflusst (s. auch Hansen, Olkkonen, Walter, & Gegenfurtner, 2006; Olkkonen, Hansen, & Gegenfurtner, 2008; Reilhac & Jiménez, 2006).

Weitere Top-Down-Prozesse wie der Einfluss von Kontext auf die Wirkung von Farben werden später zur Sprache kommen (s. Kap. 2.1.2.5)

Im Folgenden werden zunächst die Effekte von Farbe auf Emotionen, Assoziationen und Verhalten des Menschen dargestellt, bevor auf die Kontextwirkung eingegangen wird.

## **2.1.2 Evaluation von Farben durch Erwachsene**

### **2.1.2.1 Emotionen und Assoziationen zu Farben**

Die psychologische Wirkung von Farben auf Emotionen und Verhalten von Menschen wird seit Jahrzehnten untersucht (z.B. Hemphill, 1996; Jacobs & Suess, 1975; Valdez & Mehrabian, 1994; Zentner, 2001). Generell scheinen Hauptbunttöne (Rot, Gelb, Grün, Blau, Lila) positivere Effekte nach sich zu ziehen als Zwischenbunttöne (Gelb-Rot, Gelb-Grün, Blau-Grün, Purpur-Blau, Rot-Purpur) und achromatische Farben (Kaya & Epps, 2004a). Helle Farben sind mit positiven Emotionen verbunden, dunkle Farben jedoch mit negativen Emotionen verbunden (Hemphill, 1996), und so urteilen bereits Kinder von fünf bis sechs Jahren (Boyatzis & Varghese, 1994). Weiß wurde von Erwachsenen als positivste der achromatischen Farben wahrgenommen (Kaya & Epps, 2004b), Helligkeit kann demzufolge als bedeutsamer Parameter in der Evaluation von Farben angesehen werden. Darüber hinaus werden jedoch auch farbspezifische Effekte angenommen, z. B. eine häufige Verbindung der Farbe Rot mit Aufregung (Hemphill, 1996), der Farbe Gelb mit Fröhlichkeit, und von Blau mit Behaglichkeit, Ruhe und Frieden (Kaya & Epps, 2004a). Zudem lösen Rot und Gelb einen höheren Grad an Ängstlichkeit aus als Grün und Blau (Jacobs & Suess, 1975). Grün ruft dagegen hauptsächlich positive Emotionen hervor, wie Entspannung, Freude und Behaglichkeit (Kaya & Epps, 2004a). Als Grund dafür wird die enge Verbindung dieser Farbe zur Natur angenommen (z. B. „Gras“, „Bäume“; Hemphill, 1996; Kaya & Epps, 2004b). Häufige Assoziationen zur Farbe Gelb waren „Sonne“ und „Sommerzeit“, zu Blau „Ozean“ und „Himmel“ und zu Rot „Liebe“ und „Romantik“, aber auch „Kampf“ und „Blut“ (Kaya & Epps, 2004b). Hauptsächlich wird Blau als beliebteste Farbe genannt, gefolgt von Grün und Rot (vgl. Crozier, 1999).

Erst kürzlich wiesen Moller, Elliot und Maier (2009) in einem modifizierten Stroop-Test anhand einer US-amerikanischen Stichprobe die automatische und implizite Assoziation von Grün mit Erfolgswörtern (Adjektive wie „richtig“, „exzellent“; Subjektive wie „Gewinner“, „Erfolg“, „Kompetenz“ etc.) nach. Eine solche automatische Verbindung konnte zu Wörtern mit generell positiver Valenz nicht nachgewiesen werden (z. B. „Engel“, „Wahrheit“, „Geburtstag“). Die

Autoren verweisen darauf, dass eine interkulturelle Universalität noch zu prüfen ist, da die Assoziation in der kulturell begründeten engen Verbindung der US-amerikanischen Währung mit finanziellem Erfolg begründet sein könnte.

Im Gegensatz dazu scheint Rot – als Komplementärfarbe von Grün in verschiedenen Farbmodellen – vorwiegend mit negativen Emotionen und Effekten verknüpft zu sein. In der eben genannten Studie von Moller u. a. (2009) war Rot mit Misserfolgswörtern (z. B. Adjektive wie „falsch“, „fehlerhaft“, oder Substantive wie „Fehler“, „Verlierer“) und sogar generell negativen Wörtern (z. B. „Langeweile“, „Vorurteil“, „Müll“) assoziiert. Darüber hinaus handelte es sich um einen reziproken bidirektionalen Effekt: So war Rot negativ mit Erfolgswörtern und generell positiven Wörtern verbunden, während Grün ausschließlich positiv mit Erfolgswörtern assoziiert war, als ob eine anfängliche generelle negative Reaktion gegenüber Rot angenommen werden könnte (Moller u. a., 2009). In dieser Studie war der Leistungskontext nicht ausschlaggebend, d. h. die Beurteilung unterschied sich nicht in Leistungssituationen von Nicht-Leistungssituationen. Die Assoziation von Grün und Rot mit Erfolg bzw. Misserfolg zeigte, dass der Farbton an sich ebenfalls entscheidend für die Evaluation von Farben war, da die Autoren Helligkeit und Sättigung kontrollierten. Das bedeutet, dass die Assoziation auf dem Farbton - unabhängig von den anderen zwei Farbparametern Helligkeit oder Sättigung – basierte.

Weitere spezielle Effekte von Farben, insbesondere von Rot auf Leistung, Kognition und Verhalten konnten ebenfalls gezeigt werden. Um die Farbbedeutung zu beleuchten, sollen diese im Folgenden ausführlicher beschrieben werden.

### **2.1.2.2 Effekte von Rot auf Leistung**

In Bezug auf die Farbe Rot konnten gegensätzliche Auswirkungen in Leistungskontexten nachgewiesen werden, die nach Art der Aufgabe variieren (z. B. allgemeine kognitive Leistung vs. detailorientierte Aufgaben). Im Folgenden werden zunächst die leistungsmindernden Effekte beschrieben, bevor die leistungssteigernden Effekte erläutert werden.

#### **2.1.2.2.1 Leistungsmindernde Effekte von Rot**

In Hinsicht auf Leistungskontexte konnte gezeigt werden, dass Rot intellektuelle Leistung mindert (Elliot, Maier, Moller, Friedman, & Meinhardt, 2007; Elliot u. a., 2007; Lichtenfeld, Maier, Elliot, & Pekrun, 2009; Maier, Elliot, & Lichtenfeld, 2008). Studenten erzielten in kognitiven Leistungstests schlechtere Werte, wenn auf Ihren Testunterlagen die Farbe Rot appliziert wurde. Dieser Effekt verlief unbewusst, denn die Probanden waren sich dabei zwar der abgedruckten Farbe bewusst, jedoch nicht ihrer Wirkung der Leistungsverschlechterung. Auch

war die wahrgenommene, selbstberichtete Stimmung oder Erregung nicht durch die Farbe beeinflusst.

Zudem scheint es sich um einen relativ stabilen Effekt zu handeln, denn die Farbwirkung konnte über mehrere Faktoren hinweg nachgewiesen werden: Länder (USA und Deutschland), Altersgruppen (Studenten und Schüler der Sekundarstufe II), Settings (Labor und Klassenzimmer), verschiedene Arten der Farbpräsentation (entweder als Versuchspersonen-Nummer oder als Hintergrundfarbe auf dem Deckblatt: ein Rechteck von 5 x 7 ¼ Zoll), vier verschiedene Farbvarianten von Rot und verschiedene Kontrollfarben (Grün, Grau, Weiß und Schwarz), sowie verschiedene Aufgaben (Anagramme und sprachbasierte und zahlenbasierte IQ-Subtests) wurden variiert (Elliot u. a., 2007). Unklar ist bislang, ob der Effekt auch in nicht-westlichen bzw. nicht leistungsgeprägten Kulturen oder in Kulturen, in denen nicht alle uns in dieser Kultur bekannten Farben benannt werden, besteht (vgl. Berlin & Kay, 1991). Diese Evaluation steht aus, um auf universelle, biologisch prädisponierte Faktoren schließen zu können.

An dieser Stelle soll in einem kurzen Exkurs auf die Studie von Berlin und Kay (1991) zu Grundfarbwörtern eingegangen werden. Berlin und Kay (1991) fanden im Kulturvergleich keine semantischen Universalien in der Benennung von Farben, sondern einen Bezug zur Entwicklung aller Sprachen, den sie evolutionär nannten. Sie postulierten elf Grundfarbwörter (Weiß, Schwarz, Rot, Grün, Gelb, Blau, Braun, Purpur, Rosa, Orange und Grau), die in eben dieser Reihenfolge in Sprachen zu finden sind. Das bedeutet, wenn eine Kultur lediglich drei Farbwörter hat, im Gegensatz zu unserer westlichen Kultur, die sehr viele Farbwörter kennt, dann sind es Weiß, Schwarz und Rot, keine anderen. Enthält die Sprache ein weiteres Farbwort, dann handelt es sich um Grün usw. In Bezug auf eine Farbsemantik und damit auf den Fokus der vorliegenden Arbeit wird die Frage aufgeworfen, ob eine Bedeutung für eine Farbe universell sein kann bzw. sich in allen Sprachen ähnelt, selbst wenn den Sprachen durch eine unterschiedliche Anzahl von Farbwörtern verschiedene Differenzierungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Es wäre beispielsweise interessant, zu prüfen, ob sich die Bedeutung einer Farbe in allen Kulturen vergleichbar entwickelt oder eventuell semantische Aspekte von Farben aus Kulturen mit vielen Farbwörtern den wenigen Farben der Kulturen mit wenigen Farbwörtern zugeschrieben werden. Im Folgenden sollen weitere leistungsmindernde Effekte von Rot beschrieben werden, die nicht durch die Farbe, sondern dem Farbwort ausgelöst werden.

Unerheblich scheint sogar die Präsenz der Farbe Rot für ihre die kognitive Leistung mindernde Wirkung zu sein, denn diese Folgen konnten ebenso hinsichtlich eines semantischen Effekts bestätigt werden, wenn allein das Wort „Rot“ vor der Leistung verarbeitet wurde: Schüler, die informiert wurden, in die „Gruppe Rot“ (vs. „Gruppe Ort“) eingeteilt zu sein, erzielten in einem anschließenden IQ-Subtest schlechtere Ergebnisse (Lichtenfeld u. a., 2009). Es handelt sich demnach um einen rein semantischen Effekt der Farbe Rot. Wiederum verlief dieser unbewusst, d. h. kein Proband wusste um die Intention der Studie. Mögliche Mittlervariablen der berichteten leistungsmindernden Effekte werden noch zur Sprache kommen (s. Kap. 2.1.2.2.3).

#### **2.1.2.2 Leistungssteigernde Effekte von Rot**

Hingegen scheint eine gewisse Aufgabenabhängigkeit dieses Rot-Effekts gegeben zu sein, Rot wirkt nicht nur hemmend auf Leistung und Verhalten: Mit Bezug auf detailorientierte Aufgaben konnte eine die Aufmerksamkeit fördernde Wirkung von Rot (vs. Blau) gezeigt werden (Mehta & Zhu, 2009). Studenten mit rotem Hintergrund auf dem Monitor erinnerten in einer Gedächtnisaufgabe mehr richtige Wörter als Studenten mit blauem Hintergrund, die dagegen mehr falsche Erinnerungen aufwiesen. Die Anzahl der Erinnerungen unterschied sich dagegen nicht. Eine höhere Akkuratheit zeigte sich ebenso bei einer Korrekturlese-Aufgabe. Umgekehrt förderte Blau die Qualität und Anzahl kreativer Lösungen in einer Kreativitätsaufgabe („wie ein Ziegelstein genutzt werden könnte“). Ebenso entwarfen Probanden, konfrontiert mit Rot, angemessenere und praktischere Spielzeuge, die aber weniger originell und neu waren, als Probanden, die vorher mit Blau konfrontiert wurden (Mehta & Zhu, 2009). Blau scheint demnach Kreativität und Innovation zu fördern, während Rot die Aufmerksamkeit auf Details unterstützt.

Ein weiterer Befund zu leistungsbezogenen Effekten von Rot steht im Zusammenhang mit Ergebnissen der Forschung zu Trikotfarbe im Fußball und Gewinnstatistiken: Für englische Football-Teams konnte nachgewiesen werden, dass rote Trikots tragende Vereine häufiger Champion wurden und über 55 Jahre hinweg Teams in Rot signifikant bessere Leistung zeigten als Teams in anderen Farben (Attrill, Gresty, Hill, & Barton, 2008). Auf potenzielle Mittlervariablen dieser leistungssteigernden Effekte (aus Sicht der Mannschaft mit roten Trikots) wird im nächsten Kapitel eingegangen (Kap. 2.1.2.2.3).

#### **2.1.2.2.3 Potenzielle Mittlervariablen des Rot-Effekts bezüglich Leistung**

Als Mediator der Wirkung von Rot auf intellektuelle Leistung wird eine durch die Farbe ausgelöste Vermeidungsmotivation angesehen (Elliot & Maier, 2007; Maier u. a., 2008; Mehta & Zhu, 2009), die mit einer Einengung des Aufmerksamkeitsfokus einhergeht. Das bedeutet, dass

die Aufmerksamkeit auf konkrete sowie detailorientierte Umgebungsreize gelenkt wird und weniger flexible Kognition nach sich zieht (vgl. Lichtenfeld u. a., 2009). Folgender Mechanismus sei dabei formuliert (Elliot u. a., 2007): Rot sei in Leistungskontexten mit der psychologischen Gefahr des Versagens verbunden, die eventuell durch das Verwenden roter Farbe in der Schulzeit für das Anzeigen von Fehlern in vielen Gesellschaften gebildet werde und sich in der generellen Verwendung von Rot als Signalfarbe widerspiegele. Möglicherweise sei diese Deutung durch biologische Prädispositionen unterlegt. Vermeidungsprozesse werden bei der Konfrontation mit negativen Objekten oder Ereignissen ausgelöst (Bargh & Chartrand, 1999; Cacioppo, Gardner, & Berntson, 1997; zit. nach Maier u. a., 2008). Diese Vermeidung wiederum unterminiere Leistung.

Ein enger und automatischer Zusammenhang zwischen Rot und Vermeidungsmotivation (sowie Blau und Annäherungsmotivation) konnte in Reaktionszeitexperimenten nachgewiesen werden (Mehta & Zhu, 2009). So lösten Probanden in Anagrammaufgaben nach Konfrontation mit Rot Begriffe, die mit Vermeidungsmotivation verbunden waren, schneller als neutrale Wörter oder mit Annäherungsmotivation verbundene Items. Letztere wurden nach Konfrontation mit Blau schneller gelöst (Mehta & Zhu, 2009). Es könnte gefolgert werden, dass eine enge Verbindung zwischen Farbe und Motivation besteht, auch wenn dieser Befund nicht beweist, dass Rot tatsächlich Vermeidungsmotivation auslöst. Wiederum erwies sich der Effekt als nicht bewusst, in Selbstberichtsverfahren (Elliot u. a., 2007) geben Probanden keine erhöhte Vermeidungsmotivation an (z. B. „I just want to avoid doing poorly at this task“, Achievement Goals Questionnaire; Elliot & McGregor, 2001).

Im Einklang mit diesen Befunden zeigten sich sogar sowohl hinsichtlich eines behavioralen als auch eines psychophysiologischen Indikators der Vermeidungsmotivation (Aufgabenwahl sowie Elektroenzephalogramm) Effekte, die mit Vermeidungsmotivation in Zusammenhang stehen: die Wahl einfacherer Aufgaben erfolgte signifikant häufiger nach Konfrontation mit Rot als mit Kontrollfarben (Grün oder Grau). Ebenso zeigten Probanden einer roten Bedingung eine asymmetrische frontale Aktivierung (verstärkt rechtsfrontal) verglichen mit Probanden einer grünen oder grauen Bedingung, wenn sie annahmen, an einem IQ-Test teilzunehmen. Höhere rechtsfrontale Aktivierung steht mit Vermeidungsmotivation in Zusammenhang (Davidson, Schwartz, Saron, Bennett, & Goleman, 1979; zit. nach Elliot u. a., 2007). Die Aktivierung anderer Hirnregionen unterschied sich nicht zwischen den Probanden der verschiedenen Farb-Bedingungen (Elliot u. a., 2007).

Ein weiterer Aspekt des angenommenen Mechanismus konnte ebenfalls nachgewiesen werden: Rot verändert den Aufmerksamkeitsfokus auf perzeptueller sowie konzeptueller Ebene (vgl.

Friedman & Förster, 2010). Auf perzeptueller Ebene wird die Aufmerksamkeit derart verändert, dass die Verarbeitung von Details gefördert wird (Friedman & Förster, 2010; Maier u. a., 2008). Probanden, die vor einem angeblichen IQ-Test mit der Farbe Rot konfrontiert waren, wählten signifikant mehr lokale Faktoren als globale aus: In einer perzeptuellen visuellen Matching-Aufgabe, in der Ähnlichkeitsurteile zu zusammen gesetzten Objekten gefällt werden sollten (wie z. B. zu einem aus Quadraten zusammen gesetzten Dreieck), wählten Probanden der roten Bedingung Matches zu Quadraten, die auf Basis von lokaler Verarbeitung getroffen werden. Die Probanden in den Kontrollbedingungen dagegen wählten Dreiecke aus, basierend auf einer globalen Verarbeitung des Objekts anstelle seiner lokalen Komponenten.

Ebenso konnte die Verbindung zwischen lokaler Verarbeitung und Verschlechterung der kognitiven Leistung demonstriert werden (Maier u. a., 2008), womit die Kausalkette der Mediation geschlossen wurde. Probanden, die vor einem IQ-Subtest instruiert wurden, in derselben visuellen Matching-Aufgabe lokale Objekte zu wählen, wiesen im anschließenden Test schlechtere Leistungen auf als Probanden mit der Instruktion zur Auswahl global ähnlicher Objekte.

Diese Befunde, d. h. der veränderte Aufmerksamkeitsfokus, könnte ebenso als Erklärung für die Ergebnisse von Mehta und Zhu (2009) in Frage kommen, die eine Leistungsver schlechterung durch Rot in Kreativaufgaben feststellten. Detailtreue und Akkuratheit könnten mit einer lokalen Verarbeitung in Zusammenhang stehen, die durch Rot gefördert werden, dagegen Innovation mit globaler Verarbeitung und einem erweiterten Aufmerksamkeitsfokus, der durch Blau unterstützt wird. Darüber hinaus konnte in Studien zu Auswirkungen von hoch positiven bzw. negativen emotionalen Zuständen auf die Verarbeitung gezeigt werden, dass hoch positive Emotionen den Aufmerksamkeitsfokus sowohl auf perzeptueller als auch konzeptueller Ebene erweitern, während hoch negative Emotionen diesen Fokus einschränken (Friedman & Förster, 2010). Dieser erweiterte Aufmerksamkeitsfokus, der mit hoch positiven Emotionen einhergeht, fördert nicht nur die Verarbeitung einer größeren Bandbreite sensorischer Stimuli, sondern auch die Aktivierung einer größeren Bandbreite von Gedächtniskonstrukten – und mündet so in untypische Denk- und Handlungsweisen (vgl. Friedman & Förster, 2010 für ein Review). Zudem konnte u. a. durch Anagramm- oder Kreativaufgaben nachgewiesen werden, dass Rot ebenso auf konzeptueller Ebene die Aufmerksamkeit leitet (vgl. Friedman & Förster, 2010).

Diese nicht wissentliche Veränderung interner Zustände geht im Allgemeinen mit „impliziten affektiven Hinweisreizen“ einher (vgl. Friedman & Förster, 2010). Implizit bedeutet hier die Lenkung von Aufmerksamkeit unabhängig von bewusster Evaluierung (positiv oder negativ – oder neutral). Vermutlich werden diese Hinweisreize durch häufige Assoziation mit Zuständen

wahrgenommener Bedrohung oder Sicherheit bzw. Konditionierung selbst zu einem starken Hinweisreiz, stellen in der Folge an sich ein Gefahrensignal oder Sicherheitssignal dar und lenken demnach ohne eine bewusste Bewertung der Situation die Aufmerksamkeit. Rot stellt damit einen bedeutsamen impliziten affektiven Hinweisreiz dar, charakterisiert durch die nicht wissentliche Veränderung internaler Zustände einerseits und durch Aufmerksamkeitslenkung andererseits (vgl. Friedman & Förster, 2010). Insbesondere scheint Rot als ein bedeutendes Signal für Gefahr zu fungieren (Elliot u. a., 2007), Blau dagegen als Signal für Sicherheit (vgl. Friedman & Förster, 2010).

Darüber hinaus konnte bezüglich des semantischen Effekts von Rot gezeigt werden, dass „Sorge“ („worry“) den Effekt mediiert, jedoch nicht die Stimmung oder Erregung generell (Lichtenfeld u. a., 2009). Auch andere Autoren berichten, dass wahrgenommene Stimmung, Erregung oder Ängstlichkeit von der Farbe nicht beeinflusst sind (Lichtenfeld u. a., 2009; Maier u. a., 2008).

Was den Aspekt der biologischen Prädisposition in dem von Elliot u. a. (2007) angenommenen Wirkmechanismus hinsichtlich der von Rot ausgelösten Vermeidungsmotivation betrifft, konnten Untersuchungen mit Affen zeigen, dass im Tierreich Rot Dominanz signalisiert und zu vermeidendem Verhalten in Wettbewerbskontexten führt (Khan, Levine, Dobson, & Kralik, 2011). Männliche Rhesusaffen mieden rot gekleidete Experimentatoren und stahlen signifikant häufiger Essbares von grün gekleideten Menschen unabhängig von deren Geschlecht. Die Autoren legen eine evolutionäre Begründung des Vermeidungsverhaltens gegenüber Rot nahe.

Dieser Effekt von Rot als Dominanzsignal wird ebenso für die gesteigerten Gewinnchancen im Fußball verantwortlich gezeichnet (Attrill u. a., 2008). Alternativ erklären die Autoren den Effekt mit der gesteigerten Sichtbarkeit von Mitspielern durch rote Trikots. Elliot u. a. (2010) vermuten sogar, dass rote Kleidung nicht nur Spielgegnern das Gefühl des höheren Status der Mannschaft in Rot vermitteln könnte, sondern auch die Selbstwahrnehmung verändern, derart, dass ein Träger roter Kleidung sich als mächtiger oder von höherem Status fühlen könne (Elliot u. a., 2010).

### **2.1.2.3 Behaviorale Effekte von Rot**

Unbewusste Auswirkungen der Farbe Rot auf das menschliche Verhalten, insbesondere in Leistungskontexten, konnten ebenso belegt werden (Elliot, Maier, Binser, Friedman, & Pekrun, 2009): Probanden, die Rot auf dem Deckblatt ihres Analogietests sahen, klopfen in Leistungskontexten weniger häufig an die Tür eines benachbarten Zimmers als in Nicht-Leistungskontexten (operationalisiert durch die Beurteilung der Beliebtheit des Tests). Die –

unbewusste – Evaluierung der Farbe hatte also – hemmende – Folgen für das Verhalten. Effekte zwischen Evaluierung und Verhalten sind seit langem bekannt, wurden hierdurch aber auch für die Farbe Rot gezeigt. Dabei stellt die Farbe einen sehr subtilen Hinweisreiz dar, da sie nicht im Zentrum der Aufgabe stand und nur einmalig sowie sehr kurz präsentiert wurde (Elliot u. a., 2009).

#### **2.1.2.4 Wirkung von Rot auf Überzeugungen**

Auswirkungen von Rot als subtilen Hinweisreiz auf Überzeugungen konnten ebenfalls nachgewiesen werden: In einer Studie zum „message framing“ zeigten Gerend und Sias (2009), dass mit Rot geprimte Probanden eine signifikant höhere Intention aufwiesen, sich impfen zu lassen, insbesondere wenn die Risiken im Falle einer unterlassenen Impfung betont wurden („loss-framed“). Mit Grau geprimte Probanden zeigten dieses Verhalten nicht. Die Inkontextsetzung der Botschaft, d. h. die Betonung der Risiken, wirkte zusammen mit der potenziellen Verbindung von Rot als Bedrohungsreiz (Assoziation mit Blut und Gefahr) auf die Überzeugung der Studienteilnehmer. Wenn dagegen die Vorteile einer Impfung betont wurden („gain-framed“), zeigten die mit Rot oder Grau konfrontierten Probanden keine unterschiedlichen Impfab­sichten.

#### **2.1.2.5 Kontextabhängigkeit des Rot-Effekts**

Der situationale Kontext hat sich jedoch als fundamental bedeutend in der Farbevaluation und Beeinflussung der Aufmerksamkeit erwiesen. Während Rot in Leistungskontexten Leistung unterminiert, erhöht es in anderen Kontexten die wahrgenommene Attraktivität zwischen den Geschlechtern (Elliot u. a., 2010; Elliot & Niesta, 2008). Männer beurteilten Frauen auf Fotos mit rotem Hintergrund attraktiver sowie sexuell anziehender als auf weißem Hintergrund (Elliot & Niesta, 2008), ebenso urteilten Frauen in Bezug auf Männerfotos mit rotem Hintergrund (Elliot u. a., 2010). Die gleichgeschlechtliche Wahrnehmung, d. h. von Frauen durch Frauen oder Männer durch Männer, wurde dagegen nicht von der Hintergrundfarbe der Fotos beeinflusst. Die Urteile über die allgemeine Beliebtheit/Sympathie, die Einschätzung nach angenehmer Wesensart oder die vermutete Extrovertiertheit differierten ebenfalls nicht. Es handelt sich demnach um einen relativ spezifischen Effekt, der jedoch wiederum recht stabil ist: Er besteht in verschiedenen Erdteilen (in China und westlichen Ländern), über variierte Farbmanipulation (Hintergrundfarbe oder Kleidungsfarbe) und über vier verschiedene Kontrollfarben (chromatisch: Grün, Blau; achromatisch: Weiß, Grau). Es wurde festgestellt, dass dieser Effekt ebenfalls nicht bewusst stattfindet.

### **2.1.2.5.1 Mittlervariablen des Rot-Effekts bezüglich heterosexueller Kontexte**

Der wahrgenommene soziale Status der Männer mediiert den Zusammenhang zwischen den Urteilen durch Frauen über Männer (Status und potenzieller Status). Frauen der roten Bedingung beurteilten Männer als statusbezogen höher stehend. Ebenso wurden Männer, die mit hohem Status beschrieben wurden, von Frauen als attraktiver gewertet (Elliot u. a., 2010). Bisher wurde nicht getestet, welcher Faktor den umgekehrten Zusammenhang, d. h. die Beurteilung weiblicher Fotos durch Männer, beeinflussen könnte. Die Autoren reflektieren eine ebenso denkbare Mediation durch Status, wobei der Status von Frauen eventuell anders ausgedrückt werden könnte als bei Männern. Möglicherweise besteht bei Frauen auch eine erhöhte Anziehungskraft aufgrund von biologischen Faktoren (im Tierreich signalisiert Rot Fruchtbarkeit, vgl. Elliot & Niesta Kayser, 2002).

Somit stellt Rot kontextabhängig ein bedeutendes sexuelles Signal dar, ebenso wie in anderen Kontexten ein potentes Gefahrensignal. Demzufolge ist es möglich, dass Farben nicht nur eine Bedeutung repräsentieren, sondern unterschiedliche Bedeutungen in verschiedenen Kontexten gleich stark und gleich eindeutig widerspiegeln. Zumindest scheint dieses für Rot zuzutreffen, für andere Farben liegt bislang nicht ausreichend Evidenz vor.

### **2.1.2.6 Entwicklungsaspekt von Farb-Assoziationen**

Die Wirkung von Farbe wurde bisher am Beispiel von Rot, Grün und Blau geschildert. An dieser Stelle soll ein Entwicklungsaspekt erwähnt werden, der für Farb-Assoziationen und deren Kontexte ebenfalls zum Tragen kommen kann. Bereits Hemphill (1996) vermutete, dass die Assoziationen von Farben mit Emotionen mit zunehmendem Alter komplexer werden. Zwar replizierte er im Grunde an Kindern die Ergebnisse von Boyatzis und Varghese (1994), jedoch bewiesen Kinder eine generell positivere Einstellung gegenüber allen Farben als Erwachsene. Diese Beobachtung wird ebenfalls in Daten von Zentner (2001) beschrieben: Rot wurde von drei- bis vierjährigen Kindern hauptsächlich mit Fröhlichkeit in Verbindung gebracht (Zentner, 2001), während Erwachsene Rot mit Ärger assoziierten, hier besteht offensichtlich eine Bedeutungsänderung. Am ehesten war für die Kinder Gelb mit Ärger verbunden.

Auch die Beliebtheit von Farbe ändert sich scheinbar mit zunehmendem Alter. Nachdem sie zunächst die Beliebtheit der Farben gerankt hatten, ordneten sowohl Erwachsene als auch Kinder neun verschiedene Farbkarten aus dem Munsell-Farbsystem zu Gesichtern mit den emotionalen Ausdrücken Fröhlichkeit, Ärger oder Traurigkeit zu (bei dem Munsell-Farbsystem handelt es sich um ein verbreitetes Farbsystem, das auf den Werten Farbton, Sättigung und Helligkeit basiert. Es klassifiziert fünf Hauptbunttöne sowie fünf Nebenbunttöne, denen

Buchstaben zugeordnet sind. Weitere Farbtöne können durch zusätzliche Zahlen beschrieben werden. Dadurch sind bestimmte Farbtöne spezifiziert, die ebenso als Farbmuster erhältlich sind; Wyszecki & Stiles, 1982) Rot war bei den Kindern die beliebteste Farbe, während Erwachsene Blau angaben (Zentner, 2001). Die im Kindesalter bestehende Präferenz scheint sich im Laufe der Lebensspanne zu ändern. Allerdings weisen Farben bereits für Kinder eine emotionale Bedeutung auf, wobei helle Farben einer positiven Emotion (fröhlich) zugeordnet wurden und dunkle Farben mit einem traurigen Gesichtsausdruck assoziiert wurden (v. a. Blau; Zentner, 2001). Es scheint demnach bereits im Kindesalter eine Verbindung zwischen Helligkeit und Emotionen zu bestehen. Während der Lebensspanne deutet sich auch innerhalb der dunklen Farben ein Bedeutungswechsel an: Während Blau für Kinder die Farbe war, die Traurigkeit präsentierte, war es für Erwachsene eindeutig Schwarz.

Die Rolle des Kontexts in der Beeinflussung von frühen Farb-Präferenzen ist noch unklar: Die unterschiedliche Präferenz von Rot in Abhängigkeit eines positiven oder negativen Kontexts wurde im Rahmen einer Studie an Kindern eindrucksvoll demonstriert: Rot wurde in freundlichen Kontexten favorisiert, jedoch nicht in unangenehmen Kontexten, in dem Fall wurde Grün bevorzugt (Maier, Barchfeld, Elliot, & Pekrun, 2009). So wählten 12 bis 17 Monate alte Kleinkinder nach Präsentation eines glücklichen Gesichts spontan ein rotes gegenüber einem grünen Objekt aus, jedoch nicht nach Präsentation eines ärgerlichen Gesichts. Im Kontext eines ärgerlichen Gesichts bevorzugten die Kleinkinder Grün gegenüber Rot. Dieses ist besonders bemerkenswert, da Kinder ohne Manipulation des Kontexts generell Rot favorisierten.

Allerdings konnten Franklin, Gibbons, Chittenden, Alvarez und Taylor (2011) die spezifische Aversivität von Rot in unfreundlichen Kontexten nicht bestätigen. Sie fanden aber eine generell abgeschwächte Reaktion von zwölfmonatigen Säuglingen gegenüber den drei Farben Rot, Blau und Grün nach der Präsentation eines Gesichts. Die Autoren folgerten, dass in einem ärgerlichen Kontext lediglich die sonst bestehenden Farbpräferenzen aufgehoben werden, eventuell durch eine geringere generelle Enkodierung der Farben. Die Kontextabhängigkeit im Säuglingsalter bleibt damit vorerst ungeklärt.

#### **2.1.2.7 Zusammenfassung der Evaluation/Effekte von Farben**

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass Farben von Erwachsenen helligkeitsabhängig evaluiert werden, wobei mit steigender Helligkeit positiver geurteilt wird. Farbtönspezifische Effekte konnten aber auch eindeutig nachgewiesen werden. Hauptbunttöne werden positiver beurteilt als Zwischenbunttöne, weiterhin existieren ebenso Unterschiede zwischen den einzelnen Farbtönen. Insbesondere die Auswirkungen von Rot auf menschliches

Erleben und Verhalten standen in den letzten Jahren im Zentrum der Forschung, Blau und Grün wurden jedoch ebenfalls genauer untersucht. Rot nimmt eine besondere und klare Stellung als Signal ein, die je nach Kontext variieren kann – Rot fungiert als Signal für Gefahr einerseits, Dominanz und Status andererseits und zusätzlich für Attraktivität. Der Kontext nimmt scheinbar eine vorbereitende Wirkung ein, welcher Aspekt der der Farbe inhärenten Konzepte zum Tragen kommt. In Bezug auf Leistungskontexte unterminiert Rot intellektuelle Leistung, verbessert dagegen Akkuratheit und Detailgenauigkeit, hingegen fördert Blau Kreativität. Rot verändert den Aufmerksamkeitsfokus auf perzeptueller wie konzeptueller Ebene. Zum einen wurde die Lenkung des Verarbeitungsfokus auf globale vs. lokale Faktoren als Mediator identifiziert, zum anderen aber auch eine speziell von Rot ausgelöste Vermeidungsmotivation, oder die Emotion „Sorge“. Verhaltenswirksame und psychophysiologische Effekte konnten der Farbe Rot nachgewiesen werden, ebenso Auswirkungen auf Überzeugungen. Farben können demzufolge als implizite Hinweisreize fungieren, wobei die Farbwirkung über Kontexte variiert. Die Farbe Grün hat sich zum Teil als Antagonist von Rot erwiesen.

Schließlich existiert offensichtlich eine Veränderung in den Assoziationen hinsichtlich der Farb-Präferenzen und einzelner Farbsymboliken (Rot, Blau) über die Lebensspanne hinweg – Kinder assoziieren Rot ausschließlich positiv und favorisieren diese Farbe eindeutig, während Erwachsene besonders Blau vor Grün und Rot bevorzugen. Ein Hinweis auf Erfahrungsabhängigkeit oder Lernfaktoren in der Generierung dieser Symboliken - mit den genannten Auswirkungen - ist damit gegeben. Die Frage nach der Kontextabhängigkeit im Kindesalter ist noch nicht abschließend geklärt.

#### **2.1.2.8 Gender-Effekte**

Effekte von Gender oder Geschlecht auf die Evaluation bzw. Wirkung von Farben in den berichteten Studien sind uneindeutig: Während geringe Unterschiede in der Helligkeitspräferenz gefunden wurden (Männer beurteilten dunkle Farben tendenziell positiver als Frauen; Hemphill, 1996), zeigten sich in neueren Untersuchungen zur spezifischen Wirkung von Rot oder Grün bzw. hinsichtlich der Mediationseffekte in den häufigsten Fällen keine Unterschiede (Elliot & Maier, 2007; Elliot u. a., 2009, 2007; Maier u. a., 2009, 2008; Moller u. a., 2009). Lichtenfeld u. a. (2009) berichten zwar von einem Gender-Effekt in den Studien zum semantischen Rot-Effekt, jedoch bleibt unklar, inwieweit dieser die Interaktion mit der Farbe beschreibt oder eine von vornherein geneigte Stichprobe. Männer erzielten bessere Leistungen im IQ-Test nach Präsentation des Wortes „Rot“ als Frauen. Leider trafen die Autoren keine Aussage über einen eventuellen Interaktionseffekt. Das bedeutet, sie analysierten nicht, ob Frauen potenziell stärker

„Sorge“ angaben, die den Effekt nachweislich mediiert, was bedeuten würde, dass Frauen stärker vom semantischen Rot-Effekt betroffen wären, oder ob im Voraus eine unterschiedliche kognitive Leistungsfähigkeit in der männlichen bzw. weiblichen Stichprobe bestand.

Lediglich in der Studie von Valdez und Mehrabian (1994) zeigten sich eindeutige Unterschiede in der Art, dass Frauen sensibler auf Helligkeits- und Sättigungsparameter von Farben reagierten. Die Art der emotionalen Reaktionen unterscheidet sich dagegen nicht. Hinsichtlich der Auswirkungen des Farbtons konnten ebenfalls keine Unterschiede festgestellt werden.

Für drei- bis vierjährige Kinder konnte festgestellt werden, dass helle Farben bevorzugt wurden, und das tendenziell stärker von Mädchen als Jungen (Zentner, 2001). Weiterhin brachten Jungen doppelt so häufig Rot mit einem fröhlichen Gesicht als mit einem traurigen Gesicht in Verbindung, wohingegen Mädchen dieses nicht taten. Ebenso verbanden Jungen vier Mal so häufig die Farbe Braun mit einem traurigen Gesicht als mit einem fröhlichen Gesicht.

Diese Befunde deuten zusammengefasst darauf hin, dass Gender-Unterschiede in den bereits im Kindesalter bestehenden Helligkeits-Präferenzen auch im Erwachsenenalter zu finden sind, jedoch nicht in den Farbeffekten, die sich im Erwachsenenalter hinsichtlich der spezifischeren Farbevaluationen manifestieren. Eine gewisse stärkere weibliche Sensibilität oder Reaktivität auf Helligkeits- bzw. Sättigungswerte von Farben scheint zu bestehen, die sich eventuell bereits im Kindesalter in divergierenden Helligkeitspräferenzen manifestiert. Bisher ist unklar, ob eine höhere weibliche Sensitivität gegenüber Sättigung ebenso bereits im Kindesalter besteht. Vereinzelt zeigte sich eine genderspezifische emotionale Assoziation bzgl. des Farbtons im Kindesalter.

Dagegen berichten Hurlbert und Ling (2007) von stabilen interkulturellen Gender-Unterschieden hinsichtlich Farbpräferenzen, d. h. Effekten des Farbtons auf die Beliebtheit von Farben. Diese werden biologisch gedeutet und über die Kontraste der drei antagonistischen Zapfen erklärt (s. Kap. 2.1.2.9.2). In einer Farbwahlaufgabe wählten Probanden eine von zwei präsentierten Farben nach ihrer Präferenz aus. Frauen hatten demnach eine Präferenz für das rötlich-violette Farbspektrum, während Männer blau-grüne Farben bevorzugten, und diese Präferenz war weniger ausgeprägt als bei Frauen. Die weibliche Farbpräferenz war sogar signifikant beständiger, wie ein Retest zwei Wochen später an einer Subgruppe der Stichprobe zeigte ( $N = 90$ ). Drei Faktoren bestimmten 79% der Varianz, deren erste beiden Faktoren stark den Anteilen der Stimuli ähnelten, die durch den Kontrast der antagonistischen Zapfen definiert waren. Demzufolge wiesen die Rot-Grün-Gewichte konsistente Gender-Unterschiede auf, auch in einer Substichprobe (UK vs. China). Männer gewichteten die L-M-Achse (s. Kap. 2.1.1.4.2 und

2.1.2.9.2) stark negativ (was eine Präferenz grünlicher Farben bedeutet), während Frauen sie leicht positiv gewichteten (Präferenz des rötlichen Spektrums). Dahingegen gewichteten beide Geschlechter die K-(L+M)-Achse positiv (d. h. Präferenz für bläuliche Kontraste im Vergleich mit gelblichen).

Offensichtlich bestehen kulturell beeinflusste Farbpräferenzen zwischen den Geschlechtern, die nur auf Unterschiede im Farbton zurück zu führen sind. Dennoch scheinen sich die Auswirkungen des Farbtons im Sinne der berichteten Farbeffekte (s. Kap. 2.1.2.2 bis 2.1.2.4) nicht genderspezifisch zu manifestieren.

### **2.1.2.9 Theorien zur Entstehung von Präferenzen bzw. Wirkung von Farben**

Im Folgenden werden kurz einige Ansätze zur Entstehung von Präferenzen bzw. der Wirkung von Farben vorgestellt, welche die gegenwärtigen empirisch prüfbar bzw. geprüften Ansätze repräsentieren. Zunächst wird ein Modell beschrieben, das den Einfluss von Farbparametern wie Helligkeit, Sättigung und Farbton auf Emotionen etablierte (Valdez & Mehrabian, 1994). In diesem Zusammenhang wird die Bedeutung von Helligkeit auf Farbevaluationen generell herausgestellt. Anschließend wird eine Theorie dargestellt, die Farbpräferenzen phylogenetisch verankerte und mit physiologischen Merkmalen des visuellen Systems in Zusammenhang sah (Ling & Hurlbert, 2006). Daraufhin wird eine Theorie zur ontogenetischen Bildung von Farbpräferenzen aufgrund von Assoziationen mit Objekten geschildert (Palmer & Schloss, 2010). Anschließend wird ein Gedanke zu Farbsymbolik (Kaya & Epps, 2004b) dargestellt, bevor das umfassende „Modell von Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise“ beschrieben (Elliot & Maier, 2007) und zuletzt die Repräsentation von Metaphern und deren Verbindung zu achromatischen Farben als weiterer Ansatz hinsichtlich der Verankerung von Farbeffekten vorgestellt wird.

#### **2.1.2.9.1 Effekte der Farb-Parameter Helligkeit, Sättigung und Farbton**

Eine bedeutende und umfassende Studie zum Einfluss der einzelnen perzeptuellen Farb-Parameter (Farbton, Sättigung und Helligkeit) auf die Variablen „Freude/Gefallen“, „Erregung“ und „Dominanz“ führten Valdez und Mehrabian (1994) durch. Das „PAD-Modell“ (der Variablen „Pleasure“; „Arousal“, „Dominance“; Mehrabian, 1996) wurde in früheren Studien der Autoren als ausreichende Beschreibung für Emotionen generell befunden. In linearen Regressionsanalysen wiesen die Autoren anhand dreier Skalen („Pleasure - Displeasure“, „Arousal - Nonarousal“, „Dominance - Submissiveness“) und mittels zehn Farben des Munsell-Farbsystems (vgl. Kap. 2.1.2.6) einen positiven Zusammenhang für „Freude/Gefallen“ mit

Helligkeit sowie Sättigung nach. Weiterhin war „Erregung“ negativ mit Helligkeit, jedoch stark positiv mit Sättigung verbunden, und letztlich stand „Dominanz“ stark negativ mit Helligkeit und positiv mit Sättigung in Beziehung (folgende Regressionsgleichungen: „Freude/Gefallen“ =  $.69$  Helligkeit +  $.22$  Sättigung; „Erregung“ =  $-.31$  Helligkeit +  $.60$  Sättigung; „Dominanz“ =  $-.76$  Helligkeit +  $.32$  Sättigung). Die Effekte bezüglich des Farbtons bzw. der Wellenlänge waren jedoch weitaus schwächer als angenommen, da sie nicht komplett durch die Wellenlänge vorhersagbar waren: Alle drei abhängigen Variablen wurden signifikant vom Farbton beeinflusst, die eindeutigste Beziehung zur Wellenlänge wurde jedoch nur für „Freude/Gefallen“ gefunden. Diese Variable stand in U-förmiger Funktion mit Wellenlänge, d. h. kurzweilige Farben („Blau“, „Blau-Grün“, „Grün“) wurden als stark angenehm evaluiert, Farben mittlerer Wellenlänge („Grün-Gelb“, „Gelb“, „Rot-Gelb“) als am wenigsten angenehm. Farben langer Wellenlänge („Rot-Violett“, „Violett“) zeigten wiederum einen positiven Zusammenhang zu „Freude/Gefallen“. Für „Erregung“ konnte keine lineare oder parabolische Beziehung zu Wellenlänge etabliert werden, jedoch war für „Grün-Gelb“ das Erregungsniveau signifikant höher als für „Violett-Blau“, „Gelb-Rot“ und „Rot-Violett“. Ebenso lag das Erregungsniveau höher für „Blau-Grün“ als für „Violett-Blau“. Für „Dominanz“ konnten keine Wellenlängeneffekte gefunden werden. Einzig „Grün-Gelb“ und „Gelb“ wurden signifikant dominanter beurteilt als „Rot-Violett“.

Anhand des „PAD-Modells“ konnten demnach eindeutige Effekte von Sättigung und Helligkeit auf die Emotionen zu Grunde liegenden Variablen „Freude/Gefallen“, „Erregung“ und „Dominanz“ nachgewiesen werden, jedoch erwies sich die Beziehung dieser Variablen zu Wellenlänge (Farbton) als weniger eindeutig. Damit lieferten Valdez und Mehrabian einen bedeutenden Beitrag zur Etablierung des Einflusses von Parametern des Farbraumes, speziell Sättigung und Helligkeit, auf die emotionale Wirkung von Farben. Es wurde jedoch weder der Ursprung dieser Wirkungsweise betrachtet, noch die weitere Wirkung von Farben.

#### **2.1.2.9.2 Zapfen-Kontrast-Theorie**

Die Zapfen-Kontrast-Theorie (Ling & Hurlbert, 2006; zit. nach Palmer & Schloss, 2010) sah Farbpräferenzen mit Merkmalen des visuellen Systems verbunden, d. h. grundlegend sei eine unterschiedliche Aktivierung der verschiedenen Zapfentypen. Ihr Modell erklärte 70 % der Varianz in den Daten zur Farbpräferenz anhand der Zapfen-Kontraste der L-M-Achse (ergibt Farben von Rot bis Blau-Grün) und der K-Achse (K-[L+M], ergibt Farben von Violett bis Gelb-Grün). Die Versuchsteilnehmer gewichteten die K-Achse positiv, d. h. sie präferierten Violett vor Gelb-Grün. Für die L-M-Achse ergaben sich genderspezifische Unterschiede: Frauen bevorzugten rötliche Farben, während Männer bläuliche Nuancen favorisierten.

Diese Farbpräferenzen seien nach Auffassung der Autoren evolutionär aus gewichteten Reaktionen der Gegenfarben-Zellen aufgrund natürlicher Selektion hervorgegangen. Menschliche trichromatische Wahrnehmung und die Gegenfarben der L-M-Achse (Rot-Grün) wurden als evolutionäre Adaptationen zur besseren Erkennung von Früchten auf grünem Grund bzw. Blattwerk identifiziert (Regan u. a., 2001; zit. nach Hurlbert & Ling, 2007). Eine weibliche Spezialisierung auf das Sammeln habe dazu geführt, dass Frauen trichromatisch adaptierter wären bzw. diesen Kanal verfeinert haben. Dieser Sachverhalt könne die Präferenz für das rötliche Farbspektrum untermauern. Alternativ verankern die Autoren die weibliche Präferenz für rötliche Farben ebenso evolutionär durch die weibliche Rolle als pflegende und einführende Person: Stress und andere soziale Signale wie emotionale Zustände oder sexuelle Signale sind durch Veränderungen des Sauerstoffgehaltes im Blut charakterisiert, wahrnehmbar an der Hautoberfläche (Changizi, Zhang, & Shimojo, 2006; zit. nach Hurlbert & Ling, 2007). Die maximalen Sensitivitäten der M- und L-Zapfen sind optimiert für die Erkennung von Veränderungen der Sauerstoffsättigung (Changizi u. a., 2006; zit. nach Hurlbert & Ling, 2007). Die phylogenetische Anpassung habe demzufolge nach Auffassung der Autoren zu einer Präferenz der Farben geführt.

Diese interkulturell stabilen Gender-Unterschiede bzgl. der Farb-Präferenzen (Hurlbert & Ling, 2007) seien zwar biologisch basiert, aber auch beeinflussbar durch Kultur oder individuelle Erfahrung: Eine chinesische Subpopulation der Stichprobe gewichtete die rötlichen Farben etwas stärker als die britische Population, und bevorzugte damit etwas stärker rötliche Farben als die britische Population. Als Erklärung wurde der Einfluss der chinesischen Kultur angenommen, in der Rot als Farbe des Glücks gilt.

Auch wenn die Zapfen-Kontrast-Theorie nicht alle Farbpräferenzen erklärte (Bevorzugung von Violett gegenüber Gelb-Grün), lieferte sie einen wichtigen Anhaltspunkt für potenziell sensorisch bedingte Unterschiede in Farbpräferenzen. Diese schienen jedoch in den Untersuchungen zu Auswirkungen von Farbton auf Leistung, Verhalten, Überzeugungen eine geringere Rolle zu spielen, da sie sich dort selten manifestierten.

### **2.1.2.9.3 Theorie der ökologischen Valenz (EVT)**

Palmer und Schloss formulierten eine Theorie der ökologischen Valenz (Übers. d. Verf.; „Ecological Valence Theory“, EVT; Palmer & Schloss, 2010), in der angenommen wird, dass Farbpräferenzen aufgrund der durchschnittlichen affektiven Reaktionen von Menschen auf farbige Objekte entstehen. Die EVT ist in der Annahme verankert, dass Farbpräferenzen völlig adaptiv sind: Für Überleben und Reproduktion des Menschen sei es demnach förderlich, sich

von „gut“ aussehenden Objekten angezogen und von „schlecht“ aussehenden Objekten abgestoßen zu fühlen. Während Hurlbert und Ling (2006; 2007) von evolutionär verankerten, harten neuronalen Mechanismen ausgehen, nimmt die EVT dagegen an, dass diese Präferenzen sich ontogenetisch während der Lebenspanne eines Menschen ausbilden und auch verändern – d. h. sich durch neue physische oder soziale Gegebenheiten selbst erweitern.

Die Autoren stützen ihre Theorie auf Daten ihrer Studie, in der 32 chromatische Farben bewertet wurden: Zuerst gaben Probanden ihre Farbpräferenzen für jede Farbe an (d. h. sie gaben auf einer Skala von -100 bis 100 an, wie sehr sie diese Farbe mochten), und in einem zweiten Schritt wurde ein „gewichteter Schätzer der affektiven Valenzen“ („weighted affective valence estimates“, WAVE) für jede Farbe bestimmt und mit den durchschnittlichen Farbpräferenzen korreliert. Die WAVE-Funktion wurde zuvor in drei Schritten anhand jeweils verschiedener Stichproben bestimmt: Erstens einer Objekt-Assoziations-Aufgabe, in der Objekte zu den einzelnen Farben auf grauem Hintergrund assoziiert werden sollten, zweitens einem Rating der Valenz dieser assoziierten Objekte und zuletzt einem Assoziationen-Objekt-Matching, in dem der Ähnlichkeitsgrad zwischen Objekt und Farbe beurteilt wurde. Diese WAVE-Funktion für jede Farbe korrelierte stark positiv mit den Farbpräferenzen ( $r = 0.89$ ) und erklärte 80% der Varianz.

Die Autoren nehmen an, dass sich mit dem EVT-Modell wenigstens einige universelle Farbpräferenzen vermuten lassen, z. B. könnte Blau aufgrund seiner universell positiven Verbindung zu Ozean oder Himmel favorisiert werden. Dabei sehen die Autoren die Kausalität klar in die Richtung, dass Assoziationen Farbpräferenzen beeinflussen und nicht umgekehrt, da sonst angenehme und unangenehme Dinge wie z. B. Schokolade und Fäkalien aufgrund ähnlicher Farbe ähnlich positiv bewertet werden müssten. Allerdings wird diese Möglichkeit nicht ausgeschlossen, z. B. für den Fall, dass nur Farbe ansonsten gleiche Objekte unterscheidet (Pullover), hier könnte die Farbpräferenz die Beliebtheit des Objekts steigern. Die Farbpräferenz würde hier durch positives Feedback verstärkt werden, dadurch, dass Individuen beispielsweise neue Dinge in der beliebten Farbe herstellen, kaufen etc. Eine Mediator-Variable, die den Zusammenhang zwischen Farbpräferenz und Objekten beeinflusst, wird ebenso in Betracht gezogen, aber nicht definiert.

Insbesondere ließ sich bereits nachweisen, dass Versuchspersonen, denen Objekte verschiedener Valenz im Zusammenhang mit einer Farbe genannt wurden, diese Farbe anschließend - der Valenz der Objekte entsprechend - positiver oder negativer bewerteten (Palmer & Schloss, 2010). Das bedeutet, dass die Valenz einer Farbe selbst in der kurzen Zeit einer Untersuchung verändert werden konnte.

Darüber hinaus liefern die Autoren erste vorläufige Befunde, dass die Korrelation zwischen Farbpräferenzen und der WAVE-Funktion aus derselben Kultur höher war als zwischen Farbpräferenzen und WAVE-Schätzer aus verschiedenen Kulturen, deren Individuen andere Erfahrungen mit Farben kumuliert haben. Ebenso soll die Korrelation zwischen Farbpräferenzen und WAVE-Prädiktoren innerhalb von Institutionen stärker übereinstimmen als die zwischen Institutionen erhaltenen Präferenzen und WAVEs (d. h. Universitäten; Schloss, Poggesi, & Palmer, 2011), genauso wie intraindividuell eine höhere Übereinstimmung gefunden werden sollte als interindividuell.

Die EVT stellt eine plausible Erklärung für während der Lebensspanne erworbene Farbpräferenzen dar. Auch wenn sie die Wirkung von Farbe auf den Menschen (im Gegensatz zu z. B. Elliot und Maier, 2007; Kap. 2.1.2.9.5) nicht näher betrachtet, liefert sie Evidenz, worin diese automatischen Verbindungen zwischen Farbe und ihrer Präferenz verankert sind, und zwar in sich dynamisch verändernden durchschnittlichen assoziierten Erfahrungen. Damit erklärt sie zumindest teilweise den Aspekt der ontogenetischen, erlernten Farbwirkung, den Elliot und Maier (2007) postulierten (s. Kap. 2.1.2.9.5), aber nicht empirisch prüften. Ebenso kann die EVT einen Hinweis für die Farbeffekte verschiedenster Art liefern, die kontextbezogen wirken – durch gewichtete Aktivierung verschiedener Assoziationen mit der Farbe. Dieses ist jedoch zu prüfen.

#### **2.1.2.9.4 Farbsymbolismus**

Einen der EVT ähnlichen Gedanken des „Farbsymbolismus“ verfolgten Kaya und Epps (2004b). Sie führten eine Studie durch, in der 98 Studenten zu zehn Farben aus dem Munsell Farbsystem (vgl. Kap. 2.1.2.6) jeweils ihre Assoziationen und Emotionen angaben, ebenso wie die Gründe für diese Emotionen. Auch hier wurde deutlich, wenn auch an kleinerer Farbstichprobe und ohne eine Prädiktor-Funktion (wie in der EVT), dass die Anzahl an positiven oder negativen Emotionen mit den jeweiligen Erfahrungen mit der Farbe verbunden war. Beispielsweise evozierte Grün hauptsächlich positive emotionale Reaktionen, die die Studienteilnehmer in ihren positiven Assoziationen zur Natur begründet sahen. Die Autoren schlossen daraus, Farben wären reich an Symbolgehalt, der darin offenkundig würde, wie Individuen Farben mit Dingen, Objekten oder dem physischen Raum assoziieren. Ebenso reflektierten die Autoren kulturelle Unterschiede.

Der Gedanke des Farbsymbolismus nimmt keinesfalls den Status einer Theorie in Anspruch, und präsentiert auch kein statistisches Modell. Die Studie verdeutlicht jedoch nochmals den Zusammenhang von Farbe und der ihr zugesprochenen individuellen Assoziationen und deren Valenzen (ähnlich der EVT) und benennt zudem den Symbolgehalt von Farben (ebenso wie Elliot

und Maier, 2007). Dadurch bezieht sich der Begriff nicht ausschließlich auf die statistische Erklärung von Farbpräferenzen, sondern beschreibt die Bedeutung der Farbe an sich, gebildet durch kumulierte Assoziationen. Damit stellt sie ein Bindeglied zwischen der EVT und dem Modell von Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise dar. Die Studie demonstriert ebenso wie die EVT Evidenz für den im „Modell von Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise“ (Elliot & Maier, 2007) genannten, aber nicht geprüften Aspekt der Bedeutungsgenerierung durch gelernte Verbindungen.

#### **2.1.2.9.5 „Model of Color and Psychological Functioning“**

Elliot, Maier, Moller, Friedman und Meinhardt (2007; s. auch Elliot & Maier, 2007) postulierten ein „Modell zu Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise“ (Übers. d. Verf.) mit folgenden Annahmen:

1. Farbe trage demnach eine spezielle Bedeutung (und Information).
2. Diese Bedeutungen hätten zwei Ursachen: Entweder seien sie erlernt – durch wiederholte Wahrnehmung mit speziellen Botschaften, Konzepten oder Erfahrungen – oder sie beruhten auf biologisch begründeten Neigungen, in einer bestimmten Weise auf bestimmte Farben in bestimmten Kontexten zu reagieren. Manche der Farbassoziationen seien rein erlernt, aber viele bildeten sich aus evolutionär verwurzelten Reaktionen auf Farbstimuli.
3. Weiterhin rufe die Wahrnehmung von Farbe evaluative Prozesse hervor (ob ein Stimulus feindselig oder angenehm sei).
4. Die evaluativen Prozesse lösten ihrerseits wiederum motiviertes Verhalten aus – positive Stimuli eine Annäherungsreaktion, negative dagegen Vermeidungstendenzen.
5. Dabei handele es sich um einen automatischen Prozess, der Einfluss von Farbe erfolge unbewusst.
6. Farbbedeutungen und –effekte seien stark kontextabhängig.

Speziell nehmen die Autoren eine Verbindung zwischen Rot und Gefahr bzw. Versagen in Leistungskontexten an, die sich eventuell zum einen durch die Verwendung von Rot als Korrekturfarbe in westlichen Schulen bilde und zum anderen gesellschaftlich generalisiert sei durch den Gebrauch in Warnzeichen, bei drohender Gefahr. Diese Assoziationen könnten durch eine evolutionär verankerte Prädisposition unterstützt werden oder sogar aus ihr erwachsen,

Rot als Dominanzsignal in Wettbewerbssituationen wahrzunehmen, die sogar über verschiedene Arten hinweg existiere, z. B. bei Primaten.

Dieses umfassende Modell berücksichtigt viele Aspekte von Farbwirkung, und stellt damit eine breite Grundlage für empirische Prüfungen dar. Ein Großteil der Forschung ging aus diesem Modell hervor, sowohl zu Leistungsminderung durch die Farbe Rot als auch zu ihren hemmenden Auswirkungen auf das menschliche Verhalten in Leistungskontexten (s. Kap. 2.1.2.2 und 2.1.2.3). Auch zur Kontextabhängigkeit dieser Effekte bzw. einer anderen Wirkung von Rot in Situationen heterosexueller Anziehung (s. Kap. 2.1.2.5) wurde mit diesem Modell gearbeitet und nicht zuletzt zum Automatismus dieser Effekte (s. Kap. 2.1.2.2). Sowohl biologische als auch erlernte Ursprünge werden als Erklärung herangezogen, und damit als sich gegenseitig ergänzend verstanden. Dadurch bietet dieses Modell einen Raum, die bisherigen Ansätze und Befunde zur Erklärung von Farbpräferenzen und -symbolen zu integrieren (das Zapfen-Kontrast-Modell auf der biologischen Seite, aber auch die Theorie der ökologischen Valenz und des Farbsymbolismus auf der erfahrungsbasierten assoziativen Seite).

Weiterhin beziehen die Autoren an anderer Stelle (Elliot u. a., 2009) die Möglichkeit mit ein, ihre Ergebnisse mit Theorien der ‚embodied cognition‘ in Zusammenhang zu bringen, nach denen Stimuli nicht nur kognitive Zustände, sondern auch körperliche hervorrufen. So sei die behaviorale Hemmung bzw. der motorische Vermeidungsmechanismus durch Rot in Lernprozessen begründet, für die nach Auffassung der Autoren trotz einer evolutionär begründeten Verwurzelung des Rot-Effekts ein Embodiment-Ansatz angemessen scheine.

#### **2.1.2.9.6 Metapher-Repräsentations-Theorie**

Die Repräsentations-Theorie von Metaphern soll hier in aller Kürze erwähnt werden, da Metaphern eng mit Farben verbunden sind. Es konnten automatische Verbindungen zwischen achromatischen Farben (Schwarz, Weiß) und Valenzen und insbesondere Rückwirkungen von Valenzen auf das perzeptuelle System nachgewiesen werden, die von einigen Autoren im Zusammenhang mit Metaphern erklärt werden (Meier, Robinson, Crawford, & Ahlvers, 2007; s. Kap. 2.1.4.3). Kürzlich konnten darüber hinaus mit Metaphern verbundene, sich beeinflussende Assoziationspakete wie „Moral-Sauberkeit-Weiß“ und „Unmoral-Unreinheit-Schwarz“ aufgezeigt werden (Sherman & Clore, 2009).

Lakoff und Johnson (1999) argumentieren, dass affektive Metaphern sensorimotorisch begründet sind und unvermeidlich durch wiederholte Erfahrung des subjektiven Eindrucks (positiv vs. negativ) mit Sinneseindrücken (z. B. Wärme) geformt werden. Sie vertreten weiterhin die radikale Sicht, dass konzeptuelles Denken auf perzeptuellen Metaphern beruht.

Im Einklang mit diesem Gedanken konnte eine automatische Verbindung zwischen Helligkeit und Affekt („weiß-positiv“, „schwarz-negativ“) nachgewiesen werden (Meier, Robinson, & Clore, 2004), der häufig metaphorisch benutzt wird, z. B. filmisch durch die Darstellung guter Charaktere in weißer Kleidung, und schlechter Charaktere in schwarzer Kleidung (Meier u. a., 2004). Im Versuch kategorisierten Probanden Begriffe nach ihrer Valenz („positiv“ vs. „negativ“). Die Trefferrate der Kategorisierungen war besser, wenn positive Wörter in weißer Schrift und negative Wörter in schwarzer Schrift präsentiert wurden, woraus die Autoren eine Verbindung zwischen Helligkeit und Valenz schlussfolgerten, die insbesondere automatisch war.

Diese Verbindung zwischen Helligkeit und Valenz war nicht nur automatisch, sondern auch beeinflussend: Emotionale Valenz beeinflusste rein perzeptuelle Urteile (Meier u. a., 2007). Nachdem Probanden positive Begriffe evaluiert hatten, beurteilten sie ein genau mittelgraues Rechteck (50% Schwarzanteil) heller als nach der Evaluierung negativer Begriffe. Weiterhin wurden sie gebeten, Begriffe nach ihrer Valenz zu evaluieren, und anschließend die Schriftfarbe zu beurteilen, in der das Wort präsentiert wurde. Diese war stets im gleichen mittelhellen Ton gehalten und sollte einem von fünf unterschiedlich hellen Quadraten unterhalb des Wortes zugeordnet werden. Nach der Evaluierung positiver Begriffe ordneten die Probanden jeweils hellere Farben zu als nach der Evaluierung negativer Begriffe.

Darüber hinaus wurde eine ähnliche Repräsentation komplexerer Konzepte nachgewiesen. So konnte in einem moralischen Stroop-Test für die Farben Weiß und Schwarz eine Verbindung zu physikalischer und moralischer Reinheit bzw. Unreinheit gezeigt werden (Sherman & Clore, 2009). Probanden benannten die Farbe von unmoralischen Wörtern, welche in Schwarz präsentiert waren schneller, ebenso von moralischen Begriffen, welche in Weiß präsentiert wurden. Im Falle eines Primings durch „Unmoral“, d. h. durch unmoralische Begriffe, wurde der moralische Stroop-Effekt sogar bei Teilnehmern verstärkt, die zunächst keine Beeinflussung gezeigt hatten. Zudem war der Effekt bei Probanden am größten, die angaben, rein physikalischen Säuberungsprodukten großen Wert beizumessen.

Die Metapher-Theorie kann den Gedanken der Bildung von Assoziationen mit Farben erweitern und vertiefen, und damit einen Aspekt, der im umfassenden Modell von Elliot u. a. (2007) ebenfalls genannt wird (s. Kap. 2.1.2.9.5). Insbesondere, da angenommen wird, dass universelle konzeptuelle Metaphern nicht angeboren seien, sondern erlernt (Lakoff & Johnson, 1999, S. 57) und Elliot und Maier den Embodiment-Ansatz, der für Metaphern angenommen wird, selbst integrieren. Weitere Untersuchungen zu Metaphern chromatischer, nicht nur achromatischer, Farben könnten Aufschluss über die Bedeutung dieses Ansatzes geben. Automatische Zusammenhänge von Wörtern mit chromatischen Farben konnten bereits

nachgewiesen werden (Rot mit Misserfolg und negativen Begriffen; Grün mit Erfolg; Moller u. a., 2009), aber bislang wurden keine speziellen Metaphern mit Farben geprüft. Die Rolle der Metapher an sich wurde bisher ebenfalls nicht untersucht, d. h. es ist unklar, inwieweit die Phänomene ausschließlich mit einer speziellen Metapher-Theorie abzubilden sind – so ist der Zusammenhang zwischen Helligkeit und Valenz ebenfalls von anderen Autoren nachgewiesen worden (Valdez & Mehrabian, 1994, s. Kap. 2.1.2.9.1). Die Metapher verkörpert dennoch einen weiteren Aspekt innerhalb der Theorie der Farbbedeutungen.

#### **2.1.2.9.7 Zusammenfassung**

Die Rolle von Farbe als Signal oder Symbol wurde von verschiedenen Autoren diskutiert. Farbparameter wie Helligkeit und Sättigung sind im Zusammenhang mit Emotionen wie „Freude/Gefallen“, „Erregung“ und „Dominanz“ zu sehen, wohingegen der Parameter Farbton weniger stark mit diesen Variablen in Zusammenhang steht. Farbpräferenzen werden einerseits durch ein psychophysiologisches Modell der Zapfen-Kontraste erklärt, andererseits durch die Summe der gewichteten Assoziationen, die Individuen mit Farben gemacht haben (Theorie der ökologischen Valenz). Das letztere Modell erklärt etwas mehr Varianz. Der Gedanke der Farbsymbolik unterstützt ebenfalls die Theorie der ökologischen Valenz. Ein umfassendes „Modell von Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise“ kann als Rahmen angesehen werden, der Farbeffekte ebenso einbezieht wie die Ursprünge von Farbbedeutungen. Es postuliert automatische Mechanismen zwischen diesen Bedeutungen und Evaluationen sowie Verhalten (positiv: Annäherung, negativ: Vermeidung), und betont die Kontextabhängigkeit von Farbbedeutungen. Metaphern können als weiterer Aspekt der Farbbedeutung in Betracht gezogen werden. Biologische und ontogenetisch erworbene Faktoren ergänzen sich in der Farbevaluation.

#### **2.1.3 Wahrnehmung von Tönen durch Erwachsene**

Zunächst soll auf die rein psychophysiologische Wahrnehmung von Schall eingegangen werden, bevor Ergebnisse zur Evaluierung von Tönen detaillierter dargestellt werden.

Mechanische Schwingungen, die von einer Schallquelle ausgehen, erzeugen Luftdruckschwankungen (im Medium Luft, andere Medien sind möglich), die im hörbaren Bereich als Schallwellen bezeichnet werden. Es werden reine Töne (Sinus-Töne), Tongemische, Klänge, Geräusche und Rauschen unterschieden, wobei Tongemische aus mehreren Tönen verschiedener Frequenzen zusammengesetzt sind, Klänge aus einem Grundton und Obertönen

bestehen, die Vielfache der Grundfrequenz sind, Geräusche enthalten die anderen Formen des Schalldrucks (Tongemische, Klänge und Rauschen), und Rauschen ist regelloser Schalldruck (vgl. Goldstein, 2002). Da in den vorliegenden Studien Sinus-Töne verwendet wurden, soll auf diese genauer eingegangen werden.

### **2.1.3.1 Sinus-Töne**

Einzelne Sinus-Töne sind reine Töne oder sogenannte harmonische Schwingungen, deren Luftdruckschwankungen durch eine mathematische Sinusfunktion mit den Parametern Amplitude und Frequenz beschrieben werden können (Abbildung: Sinusförmige Schwankung des Luftdrucks, zu finden in Goldstein, 2002, S. 376). Die Amplitude bezeichnet hierbei die Größe der Druckschwankung, wobei die Frequenz die Zahl der Schwingungen pro Sekunde in Hertz (Hz) angibt. Das hörbare Spektrum des Menschen bewegt sich maximal zwischen 20 und 20.000 Hz. Niedrige Frequenzen werden als tiefe Töne wahrgenommen, hohe Frequenzen als hohe Töne (vgl. Goldstein, 2002).

### **2.1.3.2 Schalldruckpegel**

Der Schalldruckpegel (SPL, „sound pressure level“) ist das logarithmische Maß der Proportion zwischen messbarem Schalldruck und einem Bezugsschalldruck, wobei der Bezugsschalldruck der Hörschwelle eines 1.000-Hz-Tons entspricht. Der Schalldruckpegel wird in Dezibel (dB) angegeben und bezeichnet die Lautstärke. Der für Menschen große hörbare Bereich der Amplitudenschwankungen wird so vereinfacht: Eine Verzehnfachung des relativen Schalldrucks bewirkt nur noch einen Anstieg von 20 dB. Bei 140 dB liegt die menschliche Schmerzschwelle (vgl. Goldstein, 2002).

### **2.1.3.3 Lautheit (Sone), Isophone und Phon**

Die subjektive Empfindung der Lautstärke wird als Lautheit bezeichnet, deren Definition und Messung in dem Sinne kaum vorgenommen werden kann.

Isophone bezeichnen Kurven gleicher Lautstärke, da bei gleichem Schalldruckpegel Töne unterschiedlicher Frequenzen als unterschiedlich laut wahrgenommen werden (Abbildung: Kurven gleicher Lautstärke reiner Töne in Abhängigkeit von SPL und Frequenz, zu finden in Goldstein, 2002, S. 383): Niedrige Frequenzen werden leiser empfunden, ebenso Töne hoher Frequenz (vgl. Goldstein, 2002).

Phon- und Sone-Skalen versuchen die subjektiv wahrgenommene Lautstärke festzulegen über einen komplexen Einbezug der Frequenzen, jedoch kann dieses nur als Annäherung an die psychoakustische Wahrnehmung verstanden werden (vgl. Goldstein, 2002).

#### **2.1.3.4 Wahrnehmungsqualitäten**

Neben Lautheit und Tonhöhe gilt die Klangfarbe (d. h. der Unterschied im Klang, der von z. B. verschiedenen Instrumenten ausgeht, beispielsweise Blockflöte und Fagott) als wichtiges Wahrnehmungsmerkmal, aber auch andere Dimensionen wie z. B. Helligkeit („hell“ vs. „dunkel“), Tonvolumen („dünn“ vs. „voll“), Tondichte („dicht“ vs. „zerstreut“) und Vokalität („vokalähnlich“ vs. „vokalunähnlich“; vgl. Boring, 1942; zit. nach Goldstein, 2002). Weitere Qualitäten werden erforscht.

Die beiden Abschnitte zu Lautheit und Wahrnehmungsqualitäten verdeutlichen, dass die Tonwahrnehmung von vielen subjektiven Parametern bestimmt wird und nicht allein durch physikalische Aspekte zu beschreiben ist.

Im Folgenden wird der Aufbau des Hörsystems skizziert.

#### **2.1.3.5 Aufbau des Hörsystems**

Das Ohr besteht aus drei Teilen: Dem äußeren, Mittel- sowie Innenohr. Das äußere Ohr besteht aus der Ohrmuschel und dem etwa 3 cm langen äußeren Gehörgang, der an das Trommelfell grenzt.

Die Schallwellen versetzen das Trommelfell in Schwingung, welche auf die Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss, Steigbügel) im mit Lymphe gefüllten Mittelohr übertragen wird (Abbildung: Das Ohr, zu finden in Goldstein, 2002, S. 389). Schließlich wird sie an das ovale Fenster weitergegeben, das an das Innenohr grenzt (vgl. Goldstein, 2002).

Im Innenohr befindet sich die Cochlea, in deren cochlearer Trennwand sich das Cortische Organ einschließlich Haarzellen befindet (Abbildung: Cochlea und Abbildung: Querschnitt durch die Cochlea, zu finden in Goldstein, 2002, S. 391f). An den Haarzellen werden die Schallwellen über chemische Transmitter in elektrophysiologische Potenziale umgewandelt (vgl. Goldstein, 2002; Abbildung: Querschnitt durch das Cortische Organ, zu finden in Goldstein, 2002, S. 392).

Weiterhin besagt die Ortsheorie der Tonhöhe, dass tiefe Frequenzen den hinten gelegenen Teil (Apex, Abbildung: Tonotope Karte der Cochlea, zu finden in Goldstein, 2002, S. 398) der Cochlea optimal stimulieren, hohe Frequenzen dagegen weiter vorne gelegene Teile. Tiefe Frequenzen lassen den Apex verstärkt schwingen, und zudem sind die Haarzellen dort auf tiefe

Frequenzen abgestimmt. Die günstigste Verarbeitung verschiedener Frequenzen wird auf tonotopen Karten zusammengefasst (vgl. Goldstein, 2002).

Die neuronalen Signale werden über verschiedene Strukturen wie den Nucleus cochlearis, der oberen Olive, den Colliculus inferior und das CGL in die Cortices (primärer auditorischer Cortex – im Temporallappen, sekundärer und assoziativer auditorischer Cortex) weitergeleitet (vgl. Goldstein, 2002; Abbildung: Stark vereinfachte schematische Darstellung der Bahnen des auditiven Systems im Gehirn, zu finden in Goldstein, 2002, S. 395).

Die tonotope Kartierung existiert nicht nur in der Cochlea, sondern auch im Cortex. Auch hier werden Frequenzen in bestimmten Arealen optimal verarbeitet (vgl. Goldstein, 2002).

### **2.1.3.6 Zusammenfassung**

Nach diesem kurzen Einblick in die Physiologie des auditiven Systems wird bereits die Bedeutung der subjektiven Tonwahrnehmung während der Verarbeitung von physikalischem Schall deutlich, z. B. im Bereich der kaum messbaren subjektiven Lautheit. Insbesondere das Gebiet der Wahrnehmungsqualitäten verdeutlicht, dass Attributionen qualitativer Art in Bezug auf Klänge vorgenommen werden. Im Folgenden soll die Evaluation, d. h. die subjektive Wahrnehmung oder Zuschreibung emotionaler bzw. assoziativer Qualitäten zu reinen Tönen betrachtet werden.

## 2.1.4 Evaluation von Tönen durch Erwachsene

Im Gegensatz zur wachsenden Literatur über Farben und deren Wirkung sind Forschungen in Bezug auf Emotionen und Assoziationen zu reinen Tönen bislang rar. Untersuchungen fanden vorrangig im Bereich von musikalischen Auszügen oder ansteigenden bzw. abfallenden Tonfolgen statt, oder es wurde die Tonhöhe vor dem Hintergrund der linguistischen Relevanz im Tonsprachbereich analysiert (z. B. Mandarin, im Vergleich zu z. B. Englisch).

Im nächsten Abschnitt werden zunächst die wenigen Studien zur emotionalen bzw. assoziativen Bewertung von Tonhöhe durch Erwachsene dargestellt, bevor auf eine Theorie zur Entstehung dieser Bewertungen eingegangen wird.

### 2.1.4.1 Evaluation von Tonhöhe durch Erwachsene

Eine der wenigen evaluativen Studien, die sich explizit mit der Bewertung von Tonhöhen auseinandersetzt, stammt von Collier und Hubbard (2001). Die Probanden bewerteten Sinus-Töne dreier über Kopfhörer präsentierter Frequenzen (261.6 Hz, 523.2 Hz und 1046.4 Hz) danach, wie „fröhlich“ (vs. „traurig“), „hell“ (vs. „dunkel“), „schnell“ (vs. „langsam“) oder „beschleunigend“ (vs. „verlangsamend“) sie diesen Ton empfanden (jeweils auf einer siebenstufigen Likert-Skala). Die Töne wurden in drei verschiedenen Tempi (60, 90 oder 120 bpm) präsentiert. Da die Dauer der Trials konstant 6 s betrug, wurden in der Zeit je nach Tempo 6-12 Töne gespielt. Im Ergebnis zeigte sich, dass höhere Töne als „fröhlicher“ (und „heller“) beurteilt wurden als dunklere Töne. Weiterhin wurden Töne in schnellerer Folge als „fröhlicher“ beurteilt. Außerdem interagierten Frequenz und Tempo in Schnelligkeitsratings: Hochfrequente Töne schienen die Schnelligkeitswahrnehmung zu fördern, d. h. hohe Töne wurden als „schneller“ gewertet. Zudem wirkten hohe Töne als „beschleunigend“ im Gegensatz zu tiefen Tönen. Der situationale Affekt (hohe vs. geringe „Erregung“ sowie große vs. geringe „Freude“), anfänglich über ein Affekt-Gitter erfasst, oder die selbst beurteilte musikalische Expertise („hoch“ vs. „gering“) hatte keinen Einfluss auf die Bewertung.

Die Studie liefert zwar einen Hinweis darauf, dass reine Tonhöhe einen Einfluss auf die affektive Bewertung ausübt, jedoch kann durch die Präsentation in verschiedenen Tempi eine musikalische Empfindung nicht ausgeschlossen werden. Das bedeutet, dass auch hier allein durch Tonhöhe ausgelöste Effekte ungeprüft blieben, da die Tonhöhe sich in einem weiteren musikalischen Kontext befand und möglicherweise nicht kontextfrei bewertet wurde. Weiterhin ist fraglich, ob die Töne nicht eine breitere Palette an Emotionen und Assoziationen auslösen

könnten als hier gezeigt werden konnte, da im Grunde nur eine einzige Emotion abgefragt wurde – „Fröhlichkeit“. Die anderen Aspekte stellen keine Emotionen dar („Helligkeit“, „Schnelligkeit“, „Beschleunigung“). Darüber hinaus ist es möglich, dass die Erfassung über die Likert-Skala Antworttendenzen provozierte, da jeweils eine hohe Zahl am selben Ende der Skala („7“) die positive Ausprägung der Skala, d. h. „fröhlich“, „hell“, „schnell“ und „beschleunigend“, repräsentierte.

Eine der wenigen Studien hinsichtlich begrifflicher Zuordnungen zu Tonhöhe im Gegensatz zur emotionalen Bedeutung führte Marks (1982) durch. Er konnte zeigen, dass die Wörter „Donner“, „Trommel“ und „Husten“ tiefen Tönen zugeordnet wurden, während „Niesen“, „Violine“ und „Quietschen“ als „höher“ bezüglich Tonhöhe eingestuft wurden. Jedoch handelte es sich hier um einen sehr einfachen Nachweis, in dem zudem nur wenige Begriffe verwendet wurden. Die Probanden markierten auf einer grafischen Ratingskala den Punkt, der der durch den Begriff konnotierten Tonhöhe entsprach. Ausschließlich die Endpunkte der zu bewertenden Dimension „Tonhöhe“ waren auf der grafischen Ratingskala verankert („sehr sehr tief“ vs. „sehr sehr hoch“). Jedoch basiert der Befund auf einer relativ kleinen Stichprobe (16 Vps) und es wurden keine auditiven Stimuli dargeboten. Selbst wenn somit zum ersten Mal ein Zusammenhang zwischen Wörtern und Tönen gezeigt werden konnte, blieb weiterhin die direkte Erfassung von Assoziationen zu Tonhöhe aus, da den Begriffen auf konzeptuelle Art Tonhöhen zugeordnet wurden, nicht umgekehrt Assoziationen zu bestimmten, tatsächlich wahrgenommenen, Tönen erfasst wurden.

Konzeptuelle Assoziationen zu Tönen wurden in einer weiteren Studie geprüft. Eitan und Timmers (2010) untersuchten das metaphorische Mapping mehrerer Antonym-Paare zu den Polen „hoher Ton“ vs. „tiefer Ton“. Diese Antonym-Paare stammten nicht nur aus der westlichen metaphorischen Begriffswelt, sondern auch aus nichtwestlichen bzw. historischen Ursprüngen, oder wurden aus kulturvergleichenden Studien, kognitiven oder perzeptuellen Experimenten generiert. Die Probanden gaben an, welcher Begriff des Antonym-Paares eine „bessere Beschreibung oder Metapher“ für „hohe“ (vs. „tiefe“) Töne wäre, und welches Paar generell eine gute Metapher für Tonhöhe darstellte (auf einer Skala von 1-5). Dabei konnte gezeigt werden, dass es generell eine hohe Übereinstimmung darüber gab, welcher Pol des Antonym-Paares (z. B. „klein“ vs. „groß“) zu welcher Tonhöhe passte. Hohe Töne waren unter anderem „klein“, „dünn“, „scharf“, „fein“, „hell“, „schnell“, „wachsam“, „gespannt“, „jung“ und „weiblich“, wohingegen tiefe Töne durch „groß“, „dick“, „schwer“, „stumpf“, „rau“, „langsam“, „schläfrig“, „alt“ und „männlich“ charakterisiert waren. Zudem konnte in dieser Antonym-Aufgabe gezeigt werden, dass hohe und tiefe Töne häufig entgegengesetzte Paare darstellen:

Nur zwei Antonyme waren asymmetrisch, d. h. ein Wort war nur mit einer Tonhöhe verbunden, während das antagonistische Wort nicht mit der anderen Tonhöhe verknüpft war. Hohe Töne waren „laut“ und „hübsch“, tiefe Töne aber nicht „leise“ und „hässlich“; tiefe Töne waren „voll“, dagegen hohe Töne nicht „leer“ (Übers. d. Verf.).

Die Autoren erfassten in einem weiteren Experiment außerdem die Valenz der Antonym-Paare („Welche der beiden Qualitäten (a) oder (b), drückt eine positivere Evaluierung aus?“) und wiederum die Angemessenheit, d. h. wie stark jedes Begriffspaar mit Evaluierung verbunden wäre. Dabei korrelierten Valenz und Tonhöhe positiv miteinander ( $r = .44$ ,  $p < .001$ ). Dieses deutet darauf hin, dass hohe Töne mit positiven Attributen korrelierten. Jedoch bestand diese Korrelation nicht mehr, wenn andere Dimensionen herauspartialisiert wurden (wie „Intensität“, „Größe“, „Höhe“ und „Quantität“, die ebenfalls gegenüber den Begriffspaaren erfasst wurden). Dieser Befund deutet darauf hin, dass der Zusammenhang zwischen Valenz und dem Konzept Tonhöhe über eine oder mehrere andere Variablen vermittelt wurde (Eitan & Timmers, 2010).

Die Studie liefert zusammengefasst wichtige Hinweise auf konnotierte Konzeptualisierung von Tonhöhe, und dass hohe bzw. tiefe Töne Gegensatzpaare bezüglich Assoziationen darstellen können. Jedoch stellt sich weiterhin die Frage nach der assoziativen Bewertung von tatsächlich präsentierten Tönen verschiedener Höhe. Die Autoren vermuten, dass Perzepte ähnlich wie die erfassten Konzepte evaluiert würden, allerdings existiert hierfür bislang kein Nachweis.

#### **2.1.4.2 Zusammenfassung**

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass zur Semantik von Tonhöhe nur wenig bekannt ist, da eine umfangreiche Erfassung von Assoziationen und Emotionen zu kontextfreier Tonhöhe bislang nicht stattgefunden hat. Begriffe scheinen konzeptuell mit Tonhöhe verbunden zu sein, dagegen wurden jedoch begriffliche Assoziationen zur perzeptuellen Wahrnehmung von Tonhöhe nicht geprüft. Eine antagonistische Attribution von Begriffen zum Konzept Tonhöhe („hoch“ vs. „tief“) wurde deutlich, jedoch wurde diese nur durch eine direkte Zuordnung von gegensätzlichen Begriffen zu den Polen von „Tonhöhe“ erfasst, und es stellt sich die Frage, ob diese sich ebenfalls in Assoziationen zu Tönen verschiedener Frequenzen zeigen würde.

Auch was die emotionale Wirkung von Tönen verschiedener Frequenzen betrifft, lassen die bislang geführten Studien zwar unterschiedliche Zuschreibungen vermuten, jedoch war die Basis der erfassten Emotionen sehr dünn (hohe Töne waren mit „Fröhlichkeit“ verbunden) und die Bandbreite der Stimuli ebenfalls nicht sehr ausgeprägt. Um Aussagen zur Semantik von Tonhöhe treffen zu können, wäre eine Studie wünschenswert, die Assoziationen und Emotionen zu tatsächlich präsentierten Tönen verschiedener Frequenzen erfasst und auch die Valenz der

Begriffe mit einbezieht. Zudem wurde die Frage nach einer auditiven Signalwirkung rein durch Tonhöhe, wie sie im visuellen Bereich von der Farbe Rot ausgeht, bislang nicht adressiert. Die Bedeutung oder gar Effekte von Tonhöhe sind also bisher kaum bekannt.

### **2.1.4.3 Theorie der Entstehung affektiver Zuordnungen zu Tonhöhe**

Wenn auch insgesamt wenige Untersuchungen zu Emotionen und Assoziationen zu Tonhöhe vorliegen, so besteht dennoch bereits eine Annahme über einen Zusammenhang von Tonhöhe und Affekt über die Metapher der „Vertikalität“ (Weger, Meier, Robinson, & Inhoff, 2007). Es konnte ein Einfluss von affektiver Evaluierung auf die Bewertung von Tonhöhe nachgewiesen werden (Weger u. a., 2007). Ein Analogon zu Farbevaluationen ist hier bemerkbar, für die ebenfalls eine Beeinflussung der Beurteilung von perzeptuellen Aspekten (Helligkeits-Urteilen) durch affektive Bewertungen gezeigt werden konnte (Meier u. a., 2007, s. Kapitel 2.1.2.9.6).

Probanden, die randomisiert mit einem negativen Begriff geprimt wurden (z. B. „tot“) klassifizierten einen anschließenden hohen Ton (2000 Hz) fehlerhafter als einen tiefen Ton (500 Hz) und umgekehrt: Bei positiven Prime-Wörtern (z. B. „Liebe“) traten mehr Fehler während der Klassifizierung des tiefen Tons auf als bei der Klassifizierung des hohen Tons. Scheinbar lag eine Verbindung oder Kongruenz zwischen hohen Tönen und positiver Valenz der Begriffe vor, ebenso wie zwischen tiefen Tönen und negativer Valenz.

Neben der geringeren Fehlerzahl waren ebenfalls die Reaktionszeiten der Klassifizierung beim jeweils kongruenten Paar kürzer („hoher Ton“ und „gut“ bzw. „tiefer Ton“ und „schlecht“). Dieselben Effekte waren mit den Tönen 500 Hz und 800 Hz und einem zusätzlichen neutralen Prime (neutral eingestufte Wörter) beobachtbar. Daraus lässt sich u. U. schließen, dass ein relatives aufeinander bezogenes Level der Tonhöhe entscheidend ist, und nicht spezielle Tonhöhen mit dem Affekt verbunden sind.

Als ursächlich für die Erleichterung der Klassifizierung von hohen Tönen nach einem positiven Prime (bzw. tiefer Töne nach einem negativen Prime) wurde von den Autoren (Weger u. a., 2007) eine Erleichterung der Klassifizierung durch kongruente Metaphern angenommen. Da affektive Metaphern mit Vertikalität im Raum zusammenhängen („gut“ ist „oben“ und „schlecht“ ist „tief“; Meier & Robinson, 2004), ebenso wie die konsistente Verbindung zwischen Tonhöhe und Vertikalität gezeigt wurde („hoher Ton“ mit „oben“ und „tiefer Ton“ mit „unten“ (Melara & O'Brien, 1987), deuten die Ergebnisse aus Sicht der Autoren darauf hin, dass ebenso Affekt und Tonhöhe über diese Vertikalität zu definieren sind. Die Höhe eines Tones kann demnach wie Affekt durch Vertikalität beschrieben werden. Hier wurde ein Zusammenhang zwischen Tonhöhe und Affekt gezeigt, obwohl es sich um grundlegend verschiedene Dimensionen

handelt. Dieses wird im Einklang mit der Hypothese der affektiven Metapher interpretiert (Meier & Robinson, 2005), die eine Basis für das Mapping zwischen Affekt und Vertikalität darstellt sowie eine Verbindung der vertikalen Metapher mit verschiedenen perzeptuellen Erfahrungen erklärt (vgl. Kapitel 2.1.2.9.6).

Aufgrund dieser Annahme wurden in der Studie die Töne explizit nur „Ton A“ oder „Ton B“ genannt, d. h. die Tonhöhe wurde verbal nicht als Klassifikationskriterium erwähnt, sondern die Probanden lernten in einer Trainingsphase die Zuordnung einer bestimmten Taste der Computertastatur zu „Ton A“ bzw. „Ton B“. Dagegen nahmen die Probanden jedoch eine verbale Evaluierung der jeweils zuvor präsentierten Begriffe vor (d. h. die Begriffe wurden als „schlecht“ oder „gut“ benannt). Die Autoren schlussfolgerten, dass das Mapping von Affekt auf Vertikalität im Gegensatz zu anderen Studien (in denen die Vertikalität benannt wurde) somit keine räumliche Verarbeitung beinhaltet, sondern die reine Zuordnung von tonaler Qualität. Inwieweit diese Zuordnung jedoch nonverbal vom Individuum vorgenommen wurde, und damit andere Erklärungsansätze in Betracht gezogen werden können, bleibt ungeklärt. Weiterhin ist an dieser Vorgehensweise kritisch zu sehen, dass Weger u. a. (2007) nicht berichteten, die Zuordnung der Tasten zu den Tönen randomisiert zu haben: Jede Versuchsperson ordnete somit dieselbe Taste demselben Ton zu, weshalb motorisch bedingte Antworttendenzen ebenfalls nicht ausgeschlossen werden können.

Alternativ ziehen die Autoren zur Erklärung der Ergebnisse einen sich leicht von der Theorie der affektiven Metapher unterscheidenden Ansatz in Betracht, der allerdings auch über die Metapher der Vertikalität interpretiert, nur kulturelle Faktoren stärker betont: Sowohl Affekt als auch Töne würden kulturell bedingt über den Mechanismus der wiederholten Zuordnung bestimmter mentaler Konstrukte (Grady, 2005) auf eine vertikale räumliche Dimension gemappt (Grady, 2005; vgl. Weger u. a., 2007).

Die Frage nach den der Zuordnung zugrunde liegenden Mechanismen oder Ursachen konnte somit nicht abschließend durch diese Studie geklärt werden. Der Zusammenhang über die Vertikalität ist aus Sicht der Autoren jedoch der einzig mögliche, da interessanterweise die verwendeten Töne keine affektive Valenz aufwiesen, weshalb ein Zusammenhang über die Valenz keine Alternativerklärung darstellt: Die Töne 500 Hz und 2000 Hz wurden von einigen wenigen Teilnehmern einer Pilotstudie als gleich „angenehm“ bewertet (auf einer Skala von 1 - „extrem unangenehm“ bis 7 - „extrem angenehm“, Übers. d. Verf.).

Die fehlende Valenz der unterschiedlichen Tonhöhen in der Studie von Weger u.a. (2007) ist insbesondere bemerkenswert, da Collier und Hubbard (2001) bereits bei einem geringeren

Tonhöhenunterschied (523.2 Hz und 1046.4 Hz) Differenzen in der emotionalen Bewertung der Töne gefunden hatten. Eine mögliche Erklärung dieser unterschiedlichen emotionalen Bewertung könnte in den unterschiedlichen erfassten Aspekten bestehen: Eine Bewertung des Aspekts, wie „angenehm“ ein Ton ist (Weger u. a., 2007) muss nicht äquivalent zu dem Aspekt „fröhlich“ sein (Collier & Hubbard, 2001) – wenngleich beide Adjektive etwas Positives ausdrücken und damit eine ähnliche Wahrnehmung dennoch erwartet würde, da „Fröhlichkeit“ im Grunde von den meisten Individuen als etwas Angenehmes wahrgenommen werden wird. Darüber hinaus wurden beide Aspekte (sowohl Valenz in dieser Studie als auch Fröhlichkeit in der Studie von Collier & Hubbard, 2001) anhand eines einzigen Items auf einer siebenstufigen Skala erfasst. Dieser Widerspruch macht deutlich, dass eine differenziertere Erfassung der emotionalen Aspekte von Tönen unabdingbar ist, um ihre Valenz zu bestimmen und ein umfassenderes Bild der mit Tönen verbundenen Emotionen und Assoziationen zu erhalten.

Zusätzlich führten Weger u. a. (2007) Analysen durch, ob der Affekt die Wahrnehmung der Töne veränderte oder die Perzeption nicht betroffen war, sondern erst später in der Verarbeitung ein Antwort-Bias in der Beurteilung hervorgerufen wurde. Dabei wurden die Treffer und die Falsch-Positiven als Funktion des affektiven Primings analysiert und Signalentdeckungs-Indizes für die perzeptuelle Wahrnehmung einerseits und den Antwort-Bias andererseits berechnet. Aus den Ergebnissen schlossen Weger u. a. (2007) darauf, dass durch den Prime eine Beeinflussung der Antwort-Tendenz ausgelöst wurde, metaphorisch konsistent zu urteilen, da die Antwort-Tendenz in Abhängigkeit von der Valenz der Prime-Wörter variierte. Die Wahrnehmungs-Indizes veränderten sich dagegen nicht je nach Valenz. Das bedeutet, die Wahrnehmung der Töne an sich war aus Sicht der Autoren nicht durch das Prime-Wort beeinflusst.

Bei der Studie von Weger u. a. (2007) handelt es sich um einen interessanten Nachweis der Erleichterung der Klassifikation von hohen Tönen nach einem positiven Prime und umgekehrt von tiefen Tönen durch einen negativen Prime. Jedoch weisen Widersprüche unter den Studien zum Zusammenhang zwischen Affekt und Tonhöhe nicht nur stark auf weiteren Forschungsbedarf zum emotionalen Gehalt von Tönen hin (sind Töne affektiv besetzt hinsichtlich ihrer Valenz?), sondern lassen die Schlussfolgerungen der Studie zur Zuordnung von Tönen und Affekt über die Metapher der Vertikalität allein, d. h. nicht über den affektiven Gehalt der Töne an sich, unklar erscheinen.

Gegen den reinen Zusammenhang über Vertikalität wendet sich auch ein Aspekt der Studie von Eitan und Timmers (2010, s. Kap. 2.1.4.1). Die Autoren wiesen ebenfalls auf einen potenziellen metaphorischen Gehalt von Tonhöhe hin, wenn auch auf konzeptueller Ebene, da sie nicht die perzeptuelle Wahrnehmung von Tonhöhe erfassten, sondern eine rein begriffliche Zuordnung zu

Endpunkten einer Tonhöhenkala („hohe“ vs. „tiefe“ Töne). Interessanterweise herrschte unter den Probanden ihrer Studie ein großer Konsens darüber, wie auch die nicht-westlichen und historischen Begriffe zu der jeweiligen Tonhöhe gematcht werden sollten, selbst wenn sie als weniger angemessen zur Beschreibung von Tonhöhe eingeschätzt wurden – die Beurteilung der Unangemessenheit folgte wahrscheinlich daraus, dass sie im westlichen Kulturkreis üblicherweise nicht dafür verwendet werden. Die Autoren schlossen daraus, dass viele unterschiedliche und starke Zuschreibungen zu Tonhöhe existieren, die nicht im Lexikon der Probanden vorhanden sind, unterschwellig neben der bekannten Vertikalitäts-Metapher, die sich ebenfalls bestätigte.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass eine Aussage über die Ursprünge von affektiven Zuschreibungen zu Tonhöhe schwer fällt, bevor nicht eine breitere Basis von Emotionen, Assoziationen und Valenz von Tonhöhe erfasst wurde, insbesondere, da widersprüchliche Evidenz vorliegt.

## 2.2 Kreuzmodale Wahrnehmung/Evaluierung (Erwachsene)

Untersuchungen zu kreuzmodalen Interaktionen zwischen Farben und Tönen wurden größtenteils im Zusammenhang mit Forschung zu Synästhesie geführt. Synästhesie beschreibt das von einer Minderheit von Individuen wahrgenommene Phänomen, dass die Stimulierung einer Sinnes-Modalität automatisch und unfreiwillig Wahrnehmungen in einer anderen Modalität auslöst, z. B. beim Hören eines Tons die gleichzeitige Wahrnehmung einer Farbe, und es sind viele weitere Synästhesien auch zwischen anderen Sinnes-Modalitäten bekannt (vgl. Cytowic, 2002).

Zunächst werden die verwendeten Begriffe geklärt. Anschließend werden Zusammenhänge zwischen Farbe und Tonhöhe geschildert sowie Mechanismen, die dieser kreuzmodalen Evaluierung vermutlich zu Grunde liegen.

### 2.2.1 Definition „Kreuzmodalität“

Stein u. a. (2010) haben den Versuch unternommen, den verschiedenen vorherrschenden Begriffen die zugrundeliegenden Mechanismen und Prozesse zuzuordnen, um eine einheitliche Verwendung zwischen den Disziplinen zu schaffen. Gemäß ihrem Vorschlag werden in dieser Arbeit die Begriffe „kreuzmodales Matching“ bzw. „modalitäts-spezifische“ Wahrnehmung verwendet.

„Kreuzmodal“ bezeichnet damit den Stimuluskomplex zweier physikalischer Stimuli (z. B. visuell und auditiv), während „modalitäts-spezifisch“ die einzelnen Komponenten (z. B. visuell oder auditiv) beschreibt (Stein u. a., 2010, S. 1719). Das „kreuzmodale Matching“ bezeichnet somit die Suche nach Äquivalenzen in zwei Ereignissen (Stein u. a., 2010, S. 1717), d. h. es wird getestet, ob ggf. Assoziationen zwischen kreuzmodalen Eigenschaften ausgebildet werden. Diese Assoziation kann zum einen zwischen arbiträr, d. h. willkürlich, zusammenhängenden Variablen bestehen (z. B. Stimme und Gesicht von Individuen: Die Stimme kann nur auditiv wahrgenommen werden, das Gesicht ausschließlich visuell – Spence (2011) nennt diese Assoziation „modal“, d. h. ihre Komponenten sind nur durch eine Modalität wahrnehmbar. Zum anderen kann eine Assoziation durch eine allen Variablen zugrunde liegende sogenannte „amodale“ Variable erfolgen (z. B. die Dauer eines Stimulus, die bei entsprechender Präsentation sowohl auditiv als auch visuell wahrnehmbar ist, ebenso wie Intensität oder zeitliche Koinzidenz). Dafür ist es notwendig, dass Charakteristiken der Stimulierung in jeder

Modalität beibehalten werden. Im Kapitel zur Theorie der intersensorischen Redundanz (2.4.1) wird das Thema der verbindenden Variablen nochmals aufgegriffen werden.

Die resultierenden neurologischen Prozesse werden demgegenüber als „multisensorisch“ bzw. „unisensorisch“ bezeichnet. Die „multisensorische Integration“ bezeichnet den neuronalen Prozess, durch den unisensorische Signale in ein neues Signal umgeformt werden. Dabei ist die multisensorische Reaktion fundamental verschieden von den Reaktionen, die durch die modalitäts-spezifischen zusammengesetzten Stimuli ausgelöst würden (Stein u. a., 2010, S. 1719).

Im nächsten Abschnitt werden die Studien zu kreuzmodalen Zusammenhängen von Farbe und Tonhöhe berichtet und im Verlauf der Entwicklung betrachtet. Anschließend wird ein Ansatz für die Erklärung der kreuzmodalen Prozesse geschildert.

### **2.2.2 Farbe und Tonhöhe**

Auch im Hinblick auf auditiv-visuelle kreuzmodale Matchings liegt, ebenso wie in Bezug auf Tonhöhe allein, häufiger Forschung zu Tonhöhe im Kontext musikalischer Auszüge vor und nur wenig Evidenz zu kontextfreier Tonhöhe.

Darüber hinaus stehen dem relativ großen Korpus an Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Tonparametern und Helligkeit oder anderen visuellen Dimensionen wie Vertikalität (d. h. Ausrichtung im Raum), die relativ gut nachgewiesen werden konnten, nur wenige Studien gegenüber, die sich mit dem Zusammenhang zwischen Tonparametern und Farbton beschäftigten. Zusätzlich wurden in Untersuchungen zur Verbindung zwischen Farbe und Ton häufig die Farben „Schwarz“ und „Weiß“ untersucht, d. h. achromatische Farben, und damit gleichzeitig der Zusammenhang zwischen Helligkeit und Tonhöhe überprüft, häufig ohne dass dieses explizit geschlussfolgert wurde.

Im Folgenden werden kurz die Studien zum Zusammenhang zwischen Tonhöhe und Helligkeit oder achromatischen Farben („Schwarz“ vs. „Weiß“) vorgestellt, bevor die Studien zu chromatischem Farbton erläutert werden.

Kreuzmodale Übereinstimmungen zwischen dem Farbparameter Helligkeit und Tonhöhe wurden bereits häufiger nachgewiesen (Collier & Hubbard, 2001; Hubbard, 1996; Marks, 1989a, 1989b; Marks, Hammeal, & Bornstein, 1987; Melara & O'Brien, 1990; Sagiv & Ward, 2006), wie auch schon aus dem vorigen Abschnitt (s. Kap. 2.1.4.3) ersichtlich wurde. Tonhöhe korreliert positiv mit Helligkeit, d. h. hohe Töne sind mit stärkerer Helligkeit verbunden, tiefe

Töne mit geringerer Helligkeit. Methodisch wurden diese Interaktionen unterschiedlich erfasst, eine häufige Form waren Klassifikationsexperimente. Hierbei wurden Schnelligkeit und Genauigkeit der Klassifizierung von Kriteriumsmerkmalen (z. B. Helligkeit bzw. Tonhöhe) in Anwesenheit irrelevanter Merkmale (z. B. Tonhöhe bzw. Helligkeit) gemessen. Das Kriteriumsmerkmal wurde bei einer kongruenten Kombination mit einem irrelevanten Merkmal schneller und korrekter klassifiziert (z. B. hohe Töne mit hellen visuellen Stimuli, tiefe Töne mit dunklen visuellen Stimuli) als bei einer inkongruenten Kombination (z. B. hohe Töne mit dunklen visuellen Stimuli bzw. tiefe Töne mit hellen visuellen Stimuli, z. B. Martino & Marks, 1999). Dabei drückten die Probanden eine bestimmte Taste der Computertastatur für einen „hellen“ Stimulus, wenn das Kriteriumsmerkmal „Helligkeit“ darstellte, und eine andere Taste, wenn es sich ihrer Meinung nach um einen „dunklen“ Stimulus handelte (z. B. Marks, 1987). Kriteriumsmerkmal sowie Tastenbelegung wurden dabei in der Stichprobe vertauscht, um die Effekte zu überprüfen.

Studien zum Zusammenhang zwischen achromatischer Farbe und Tonhöhe (z. B. Martino & Marks, 1999; Melara, 1989) folgten demselben Paradigma und demonstrierten einen Kongruenzeffekt, d. h. höhere Schnelligkeit und Genauigkeit, für kongruente Kombinationen (hohe Töne und „Weiß“ sowie dunkle Töne und „Schwarz“) gegenüber inkongruenten Kombinationen.

Ein Vorteil dieser Methode ist die Erfassung automatischer Antworttendenzen. Neben dieser Methode der schnellen Klassifizierung existieren jedoch auch Mappings, die von den Probanden bewusst vorgenommen werden (Collier & Hubbard, 2001; Hubbard, 1996). Collier und Hubbard (2001) fanden, wie schon berichtet (s. Kap. 2.1.4.1), eine Zuordnung von hohen Tönen zu steigender Helligkeit über das direkte Rating einer siebenstufigen Likert-Skala für die Dimension „Helligkeit“. Hubbard (1996) präsentierte einen Ton gemeinsam mit mehreren Quadraten in unterschiedlichen Graustufen auf dem Rechner, und maß das Matching der Probanden, die angaben, welche Säule zu dem Ton am besten passte. Dabei wurden acht verschiedene Sinus-Töne (zwischen 200 Hz und 3417,19 Hz) und bis zu elf verschiedene Grauskalen (10% bis 100% Helligkeit) verwendet. Die Ergebnisse waren widersprüchlich: Die Hälfte der Probanden urteilte, dass hellere visuelle Stimuli besser zu steigender Tonhöhe passten, und dunklere Stimuli zu tiefen Tönen, eine andere Gruppe an Versuchspersonen urteilte jedoch entgegengesetzt. Nach Auffassung der Autoren sprach dieses Ergebnis eher für Top-down-Effekte in der Zuordnung als Bottom-up-Reaktionen. Sie vermuteten einen Einfluss der begrenzten kognitiven Ressourcen in der Matching-Aufgabe, die eine geteilte Aufmerksamkeit forderte, im Gegensatz zu anderen Mapping-Aufgaben.

Hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen chromatischer Farbe und Tonhöhe berichtete Marks (1982), dass „Weiß“ und „Gelb“ als „hell“ bezüglich Helligkeit und „hoch“ bezüglich Tonhöhe eingeschätzt wurden, während „Blau“ als „dunkel“ hinsichtlich Helligkeit und „tief“ bezüglich Tonhöhe klassifiziert wurde. Sowohl „Grün“ als auch „Rot“ wurden als „mittel hell“ (bzgl. Helligkeit) und „mittel hoch“ (bzgl. Tonhöhe) eingestuft. Hierbei handelte es sich um einen relativ einfachen Nachweis von Zusammenhängen zwischen Farbton und Tonhöhe (bzw. Helligkeit) in einer reinen Zuordnungsaufgabe. Die Probanden markierten auf einer grafischen Rating-Skala, deren Endpunkte mit den Extremen der Dimension „Tonhöhe“ („sehr sehr tief“ vs. „sehr sehr hoch“) verankert waren, jeweils den Punkt, der die Tonhöhe der jeweiligen Farbe für sie am besten charakterisierte. Entsprechend waren auf der Rating-Skala der Dimension „Helligkeit“ die Endpunkte „sehr sehr dunkel“ vs. „sehr sehr hell“ verankert. Die abhängige Variable war jeweils der Abstand vom linken Anker der Skala in Millimetern.

Obwohl der Fokus dieser Untersuchung auf Verbindungen zwischen Farbton und Tonhöhe lag, und damit ein erster interessanter Nachweis von semantischen Übereinstimmungen zwischen diesen Faktoren möglich gewesen wäre, könnte die direkte Zuordnung zwischen beiden Dimensionen für die Aufdeckung dieser Art von Korrespondenzen problematisch gewesen sein. In dem Fall, dass semantische Übereinstimmungen eventuell weniger bewusst sind, wären diese eher durch eine Erfassung mittelbarer Parameter nachzuweisen als durch eine unmittelbare Zuordnungsaufgabe. Darüber hinaus könnte die gleichzeitige Erhebung einer weiteren Dimension („Helligkeit“) Antworttendenzen provoziert und die Einschätzungen der Tonhöhe beeinflusst haben. Im Einklang mit dieser Vermutung stellten die Autoren in einer anschließenden Analyse fest, dass die Korrelation mit Helligkeit alle Varianz der eingeschätzten Tonhöhe erklärte: Wurde die korrelierte Varianz auspartialisiert, variierten die Farben nicht mehr hinsichtlich der Tonhöhe. Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Helligkeitsurteile bei Auspartialisierung der korrelierten Tonhöhen-Varianz weiterhin. Die Autoren sahen den Grund darin, dass die Helligkeitseinschätzungen über die gesamte Bandbreite der Rating-Skalen variierten, während sich die Tonhöhenurteile für die Farben hinsichtlich der Richtung der Variabilität ähnelten, aber weniger ausgeprägt waren.

Eine Erhebung von Urteilen auf einer breiteren Datenbasis ist somit wünschenswert, um verlässlichere Bewertungen zu erhalten, insbesondere da dieses Ergebnis auf Urteilen einer relativ kleinen Stichprobe ( $N = 16$ ) basiert. Die Erfassung von Affekt sowie Assoziationen und deren Valenz könnte eine Grundlage für eine solche breitere Erhebung bieten und zudem eine gemeinsame Semantik explorieren, die in der Studie von Marks (1982) nicht adressiert wurde.

Überdies bewerteten die Probanden keine tatsächlichen Farbproben und Tonhöhen, sondern evaluierten lediglich Farbwörter im Zusammenhang mit relativer Tonhöhe. Demnach wurden in dieser Studie allenfalls konzeptuelle Verbindungen zwischen Farbton und Tonhöhe untersucht, im Gegensatz zu konkreten emotionalen oder semantischen Zusammenhängen, die durchaus anderer Art sein könnten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Teilnehmer jeweils auf Basis anderer Vorstellungen von Farben beurteilten.

Eine weitere frühe Studie zur Prüfung von Interaktionen zwischen Farbton und Tonhöhe konnte ebenfalls keinen Zusammenhang feststellen (Bernstein, Eason, & Schurman, 1971). Es zeigten sich keine Reaktionszeit-Änderungen bei gleichzeitiger Darbietung von hohen oder tiefen Tönen (100 Hz vs. 1000 Hz) und den Farben „Rot“ oder „Blau“ gegenüber der Reaktionszeit in der rein visuellen Bedingung. Die Probanden klassifizierten jeweils die Farben am Rechner (die Hälfte der Probanden klassifizierte „Rot“ mit der linken Hand und „Blau“ mit der rechten Hand, die andere Hälfte umgekehrt), während in vier Bedingungen entweder „kein Ton“, der „tiefe Ton“, der „hohe Ton“ oder „beide Töne“ gleich häufig mit den Farben präsentiert wurden. Beide Farben wurden in jedem Ablauf dargeboten. Allerdings beruht der Befund auf einer noch kleineren Stichprobe als bei Marks (1982), vier Versuchspersonen, daher ist die Reliabilität der Ergebnisse in Frage gestellt. Insbesondere verfolgten die Autoren eine Hypothese der Interaktion zwischen physikalischen und perzeptuellen Parametern, d. h. Ton-Frequenz und Wellenlänge der Farbe, d. h. hohe Töne würden mit kurzwelligen Farben interagieren, und tiefe Töne mit langwelligen. Eine semantisch basierte Interaktion zwischen Farben und Tönen aufgrund der ähnlichen Wahrnehmung der auditiv-visuellen Dimensionen hinsichtlich Affekt, begrifflicher Assoziationen und ihrer Valenz blieb auch hier ungeprüft. Es besteht die Möglichkeit, dass andere Farben als die hier getesteten („Rot“ vs. „Blau“) über ihre Semantik mit Tonhöhe verknüpft sind. Auf diese Frage konzentriert sich die vorliegende Arbeit.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die sehr spärlichen Nachweise zur kreuzmodalen Interaktion chromatischer Farben mit Tonhöhe potenziell wenig reliabel sind aufgrund ihrer Methodik oder sehr kleiner Stichproben. Eine Studie deutet darauf hin, dass Zusammenhänge existieren, aber eventuell mit der Helligkeit der Farben zusammen hängen, eine weitere Studie konnte keine Kongruenzen speziell für „Rot“ und „Blau“ zu Tonhöhe ermitteln. Allerdings prüfte die erstgenannte Studie nur eine direkte Zuordnung zwischen Farben und Tönen, in der nicht die ganze Bandbreite vielfältiger Emotionen und Assoziationen zu beiden Modalitäten berücksichtigt wird, und die eventuell den Probanden selbst bei einer direkten Matching-Aufgabe nicht zur Verfügung steht bzw. nicht bewusst berücksichtigt wird. Die andere Studie testete einen Zusammenhang über physikalische bzw. perzeptuelle Parameter. Allerdings

untersuchte bislang keine Studie eine kongruente Semantik von Farben und Tonhöhe. „Rot“ und „Grün“ scheinen jedoch eher semantische bzw. semiotische Antagonisten zu sein als die hier geprüften Farben „Rot“ und „Blau“ (s. Kap. 2.1.2), wie bereits in einem semantisch motivierten Reaktionszeit-Experiment (Moller u. a., 2009, s. Kap. 2.1.2.1) gezeigt werden konnte. Tonhöhe wird ebenfalls antagonistisch bewertet („hoch“ vs. „tief“) hinsichtlich ihrer emotionalen Semantik (Eitan & Timmers, 2010, s. Kap. 2.1.4.1). Interessant bleiben also modalitätsübergreifende semantische Kongruenzen zwischen Farben und Tonhöhe, wie sie im Alltag bereits häufig verwendet und von Individuen erkannt werden.

### **2.2.2.1 Entwicklungsaspekt kreuzmodaler Assoziationen zwischen Farbe und Tonhöhe**

Studien zu Verbindungen zwischen Farbe und Tonhöhe mit Kindern sind ebenfalls rar. Im weiteren Verlauf werden zunächst die Studien zum Zusammenhang von Helligkeit und Tonhöhe geschildert, sowie die Verknüpfung von Begriffen mit Tonhöhe durch Kinder, bevor ich auf die Studien zu kreuzmodalen Assoziationen zwischen chromatischem Farbton und Tonhöhe eingehen werde.

Bereits Kinder nehmen die perzeptuelle kreuzmodale Verbindung zwischen Tonhöhe und Helligkeit ähnlich wie Erwachsene wahr (Marks, Hammeal, & Bornstein, 1987): Kinder im Alter zwischen drei und zwölf Jahren sahen in einem abgedunkelten Raum zwei Boxen mit Lichtern verschiedener Helligkeit und wurden gefragt, welcher von zwei alternierend präsentierten Tönen (196 Hz und 660 Hz) am besten zu welchem Licht passe. Die meisten Vierjährigen (90%) ordneten das hellere von zwei Lichtern dem höheren von zwei Tönen zu und das dunklere Licht zu dem tieferen Ton. Der Befund ist umso bemerkenswerter, da die Kinder teilweise den Unterschied zwischen hohen und tiefen Tönen noch nicht kannten und diese Begrifflichkeit zum Teil zunächst zu Beginn der Studie erklärt bekamen.

Während die perzeptuelle kreuzmodale Verbindung von Helligkeit und Tonhöhe bereits in diesem jungen Alter nachgewiesen werden konnte, manifestierte sich die Zuordnung von auditiven Substantiven zu Tonhöhe, wie z. B. „Donner“, „Husten“, „Niesen“ und „Quietschen“, in dem Alter noch nicht. Erst mit ca. sieben Jahren stimmten die Kinder Wörter und Töne in etwa wie Erwachsene aufeinander ab („Donner“ und „Husten“ mit tiefen Tönen, „Niesen“ und „Quietschen“ mit hohen Tönen). Die Kinder markierten in der Studie auf jeweils einer 20 cm langen grafischen Rating-Skala den Punkt, welcher ihrer Einschätzung nach am besten den jeweiligen Begriff hinsichtlich Tonhöhe repräsentierte (Marks u.a., 1987). Dabei verankerten die Endpunkte der Skala die Extreme der Tonhöhe („hoher Ton“ vs. „tiefer Ton“).

Es erscheint umso überraschender, dass Kinder diese Zuordnung erst mit sieben Jahren vornahmen, da auditive Eigenschaften des Bezeichneten aufgegriffen werden konnten. Das bedeutet, diese Zuordnung war nicht metaphorischer Art, sondern buchstäblich (z. B. ist „Donner“ durch tiefe Töne charakterisiert). Darüber hinaus nahmen Kinder die Zuordnung von auditiv geprägten Begriffen zu Tonhöhe später vor als die Zuweisung von visuell beschreibenden Begriffen zu Helligkeit. Visuell besetzte Begriffe wie „Sonnenlicht“ und „Mondlicht“ schätzten Kinder jeden Alters ähnlich wie Erwachsene hinsichtlich Helligkeit ein („Sonnenlicht“ ist heller als „Mondlicht“).

Die Autoren prüften ebenfalls eine Art metaphorischen Zusammenhang, indem sie die jeweils gegenteilige, nicht wortgetreue, Dimension der Begriffe beurteilen ließen, d. h. die auditiv besetzten Begriffe hinsichtlich Helligkeit (z. B. die Helligkeit von z. B. „Donner“) und die visuell besetzten Begriffe in Bezug auf Tonhöhe (z. B. die Tonhöhe von „Sonnenlicht“). Beide metaphorische Mappings erfolgten erst mit steigendem Alter: Auditive Begriffe ordneten Kinder erst gegen acht Jahre in einer ähnlichen Weise wie Erwachsene Helligkeit zu („Quietschen“ und „Niesen“ sind hell, „Donner“ und „Husten“ dagegen dunkel), also ca. ein Jahr später als sie die buchstäbliche Einschätzung wie Erwachsene vornahmen. Visuellen Begriffen ordneten Kinder erst spät Tonhöhe in der Art Erwachsener zu, gegen zehn Jahre („Sonnenlicht“ zu hohen Tönen und „Mondlicht“ zu tiefen Tönen). Metaphorische Matches waren zudem generell etwas schwächer ausgeprägt als nicht metaphorische, damit verhielt es sich bei Kindern wie bei Erwachsenen.

Die Autoren (Marks u. a., 1987) schlossen aus den Befunden, dass in der Entwicklung die metaphorischen Interpretationen auf die nicht metaphorischen Zuordnungen folgen.

Als mögliche Erklärung nehmen die Autoren die Vielschichtigkeit sowohl von perzeptuellen Erfahrungen als auch von Wörtern an, d. h. in diesem Falle konnten die Begriffe sowohl Tonhöhe als auch Lautstärke aufgrund perzeptueller Erfahrung zugeordnet werden: „Donner“ ist beispielsweise eher „tief“ bzgl. „Tonhöhe“, aber „laut“ bzgl. „Lautstärke“. Beide Dimensionen, Tonhöhe ebenso wie Lautstärke, wurden jedoch positiv Helligkeit zugeordnet (sowohl „laut“ als auch ein „hoher Ton“ sind hell), so dass ein entgegen gesetztes Matching entstehen würde. Daraus könnte die Schwierigkeit in der Zuordnung resultieren.

Bedauerlicherweise nahmen die Autoren keine Analyse der Einschätzungen in den einzelnen Altersstufen vor, so dass keine Aussagen über die Zuordnungen in jüngeren Altersstufen getroffen werden konnten, in denen Kinder die Mappings noch anders als Erwachsene vornehmen.

Dennoch stellen diese Befunde zusammengefasst einen wichtigen Nachweis eines Entwicklungsaspekts in der Verwendung von nicht metaphorischen bzw. metaphorischen Begriffen bzgl. Helligkeit und Tonhöhe dar. Dagegen bestehen perzeptuelle kreuzmodale Matchings bereits in einem sehr frühen Alter und werfen die Frage nach angeborenen Komponenten auf. Die zeitlich spätere Zuordnung metaphorischer gegenüber nicht metaphorischen Begriffen deutete auf einen Einfluss sprachlicher oder kognitiver Kompetenzen (Marks u. a., 1987), zusätzlich oder alternativ zur stufenweisen Übernahme konventionalisierter Symbolik im Kindesalter. Im Folgenden soll die Studie zur kreuzmodalen Übereinstimmung zwischen Farbe und Tonhöhe betrachtet werden.

Hinweise auf eine kreuzmodale Evaluierung chromatischer Farbe und Tonhöhe fanden Simpson, Quinn und Ausubel (1956) in einer breit angelegten frühen Studie mit Kindern: Kinder assoziierten „Gelb“ und „Grün“ vorrangig mit hohen Tönen, wobei „Gelb“ linearer mit hoher Tonhöhe verbunden war als „Grün“. „Violett“ und „Blau“ wurden mit tiefen Tönen verknüpft, wohingegen „Rot“ und „Orange“ mit mittlerer Tonhöhe verbunden waren. Über 1000 Schüler verschiedener Jahrgänge hörten sechs Töne unterschiedlicher Frequenzen (125 Hz, 250 Hz, 1000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 12000 Hz) in zwei verschiedenen Lautstärken (40 dB und 50 dB) und vermerkten jeweils nach einem Ton die Farbe (d. h. deren Anfangsbuchstaben), die ihrer Meinung nach zu dem Ton passte (z. B. „B“ für „Blau“), auf einem Blatt für den Ton. Die Töne waren durchnummeriert nach der Reihenfolge ihrer Präsentation. Jeder Schüler sah während der Bewertung vorher verteilte Farbproben auf einer Karte („Rot“, „Gelb“, „Orange“, „Blau“, „Grün“, „Lila“), unter denen die jeweiligen Anfangsbuchstaben notiert waren. Die Töne wurden in acht verschiedenen Reihenfolgen dargeboten, um Reihenfolge-Effekte der Bewertung zu minimieren.

Die Studie erfasste die Zuordnungen zwischen Farben und Tonhöhen über eine breite Frequenzspanne und stellte besonders an den weit auseinander liegenden Frequenzen überzeugende Verbindungen dar, z. B. wurden bei einer tiefen Frequenz von 125 Hz die „tiefen Farben“ „Blau“ (28%) und „Lila“ (23%) mehr als doppelt so häufig zugewiesen als die „hohen und mittleren Farben“ (max. 15%). Dennoch unterlag sie Einschränkungen: Zum einen wurden sehr große Intervalle zwischen den Tonfrequenzen im Hauptsprachbereich (250 Hz bis 4000 Hz) getestet. Eine stärkere Differenzierung an dieser Stelle wäre interessant, da sich gerade in diesem Bereich die einzelnen dargestellten Graphen (Prozent an Nennungen von Farbe pro Ton) überschneiden, und die Unterschiede zwischen den Farben „hoher, mittlerer und tiefer Tonhöhe“ teilweise nicht mehr groß sind. So unterschied sich beispielsweise bei der Frequenz von 1000 Hz, einer „mittleren Frequenz“, die Zahl der Nennungen von „Gelb“ (17%), einer „hohen Farbe“,

kaum von den Nennungen zu „Blau“ (ca. 16%), einer „tiefen Farbe“. „Rot“ und „Orange“ (beide ca. 20%), die insbesondere als „mittel hohe Farben“ ausgewiesen werden, unterschieden sich in diesem Bereich ebenfalls nicht sehr stark von den Nennungen zu „Gelb“. Ein inferenzstatistischer Vergleich unterhalb der Farben bzw. Töne fand nicht statt. Zum anderen handelte es sich wiederum um eine bewusst vorgenommene direkte Zuordnung zwischen den Modalitäten. Die Ursprünge der Zuordnungen blieben leider ungeklärt.

Kinder im Schulalter sahen demnach bereits Zusammenhänge zwischen Farben und Tönen, zumindest wenn diese direkt abgefragt wurden. Weiterhin wiesen diese Verbindungen sogar eine ähnliche Richtung auf wie die Verknüpfungen, die Marks (1982) für Erwachsene berichtet. Lediglich bezüglich der Farbe „Grün“ divergieren die Befunde: Marks (1982) zeigte eine Zuordnung zu mittlerer Tonhöhe durch Erwachsene, während Simpson u. a. (1956) für „Grün“ eine Verbindung zu hohen Tönen durch Kinder zeigte. Dieser Unterschied wirft die Frage nach den Ursachen der divergierenden Bewertungen auf. Eventuell deutet er auf einen Entwicklungsaspekt in der kreuzmodalen Evaluierung von Farben und Tönen hin, möglicherweise führen Erfahrungen verschiedener Art zu einer unterschiedlichen Evaluierung von Kindern und Erwachsenen (eventuell eine sich unterscheidende Semantik durch unterschiedliche Erfahrung mit grünen Objekten in der Umwelt). Studien mit Säuglingen könnten diesen Aspekt erhellen, indem sie eine weitere Entwicklungsstufe untersuchen. Dies wird in der vorliegenden Arbeit untersucht. Im Folgenden sollen einige Ansätze zur Natur der kreuzmodalen Verbindungen geschildert werden.

#### **2.2.2.2 Der kreuzmodalen Kongruenz zugrunde liegende Prozesse**

Es besteht eine anhaltende Diskussion, ob die Interaktionen zwischen Modalitäten perzeptueller, postperzeptuell semantischer oder postperzeptuell dezisionaler Art sind, wobei diese drei Ansätze nicht als ausschließlich, sondern als möglicherweise gemeinsam auftretend gesehen werden (Marks, 2004).

Perzeptuelle Interaktion bedeutet, dass die Wahrnehmung z. B. von Ton oder Farbe an sich durch den jeweils anderen präsentierten Stimulus verändert würde, d. h. die Helligkeit einer Farbe würde beispielsweise durch einen gleichzeitig hörbaren tiefen Ton dunkler wahrgenommen. Wenn die Perzeption jedoch in den Modalitäten nicht verändert wird, sind postperzeptuell mindestens zwei verschiedene Einflüsse denkbar: Zum einen während die perzeptuelle Information in ein abstrakteres, evtl. linguistisches oder semantisches Format rekodiert wird oder zum anderen während Entscheidungen über die Kongruenz der Stimuli

getroffen werden, und dabei auf die perzeptuelle oder postperzeptuelle Kodierung zurückgegriffen wird (Marks, 2004).

In Bezug auf die Interaktion zwischen Helligkeit und Tonhöhe wird eine perzeptuelle Beeinflussung mittlerweile eher ausgeschlossen und vielmehr angenommen, die Kongruenzeffekte seien dezisional bedingt (vgl. Marks, Ben-Artzi, & Lakatos, 2003), d. h. sie würden erst auf einer späteren Verarbeitungsebene entschieden.

Eine bedeutende Theorie bezüglich der Entstehung und Bildung kreuzmodaler Verbindungen ist die Hypothese der semantischen Kodierung (Martino & Marks, 1999). Sie nimmt zum einen an, kreuzmodale Verbindungen perzeptueller Stimuli würden im Laufe der Zeit und mit zunehmender Erfahrung in die Sprache aufgenommen. Zum anderen entstünden kreuzmodale Verbindungen durch eine Rekodierung der perzeptuellen Informationen aus den einzelnen Modalitäten in eine gemeinsame abstrakte Information. Die Autoren adressieren mit ihrer Theorie sowohl die Art der Kongruenzen, die erst im Jugendalter und noch nicht in der Kindheit nachweisbar sind (wie der negative Zusammenhang zwischen Tonhöhe und Größe; Marks u. a., 1987) als auch die Arten der kreuzmodalen Interaktion, die bereits sehr früh nachweisbar sind, und damit wohl Mechanismen neuronaler Kodierung unterliegen (wie Tonhöhe und Helligkeit). Die erst später nachweisbaren kreuzmodalen Verbindungen würden ihrer Auffassung nach durch zunehmende Erfahrung gebildet (in dem Fall der Interaktion Tonhöhe/Größe durch den Umgang mit Resonanzkörpern). Aber beide Arten der Interaktion, selbst die bereits sehr früh nachweisbaren Verbindungen, sollten späteren kontextuellen linguistischen Einflüssen unterliegen. Die gebildeten abstrakten Repräsentationen der einzelnen Stimuli würden durch Überlappung die Schnelligkeit und Genauigkeit der Informationsverarbeitung beeinflussen und zu Kongruenzeffekten führen.

Die Autoren prüften in mehreren Reaktionszeit-Experimenten Kongruenzeffekte hinsichtlich Tonhöhe und Helligkeit durch verschiedene Kombinationen von linguistischen und nicht linguistischen Stimuli. Die einzige nichtlinguistische, perzeptuelle Bedingung bestand dabei in der Präsentation von Tönen verschiedener Frequenzen und Quadraten unterschiedlicher Helligkeit. In den linguistischen Bedingungen wurden immer dieselben Töne dargeboten, aber die mit Helligkeit verbundenen Stimuli linguistisch präsentiert. Diese waren zunehmend metaphorisch oder stellten sogar Pseudowörter und Anagramme dar (Helligkeits-benennende Bedingung: „Weiß“ vs. „Schwarz“, Helligkeits-verbundene Bedingung: „Tag“ vs. „Nacht“, Metapher-Bedingung: „Gut“ vs. „Schlecht“, Pseudo-Wörter: „Frack“ vs. „Thite“ [ähnelt „Black“ vs. „White“], Anagramme: „KLBAC“ vs. „IEHTW“ [ebenfalls aus den englischen Wörtern „Black“ vs. „White“]).

Es konnten Kongruenzeffekte für die nicht linguistische Bedingung und zwei der linguistischen Bedingungen gefunden werden: Die Helligkeits-benennende und die Helligkeits-verbundene Bedingung („Weiß“ vs. „Schwarz“ und „Tag“ vs. „Nacht“). Damit schlussfolgern die Autoren eine postperzeptuell stattfindende Interaktion im Einklang mit der Hypothese der semantischen Kodierung, jedoch auf linguistisch nahe Bedingungen beschränkt.

Es lässt sich folglich festhalten, dass der Grad an Nähe zwischen Perzepten und linguistischen Stimuli für die Manifestation von Kongruenzeffekten von Bedeutung ist, auch in Bezug auf achromatische Farben. Daran anschließend stellt sich aufgrund bislang fehlender Evidenz die Frage, inwieweit diese semantischen Verbindungen ebenfalls für chromatische Farben angenommen werden könnten, sollten sich Übereinstimmungen in Bezug auf Farben und Töne hinsichtlich ihrer Assoziationen und Emotionen feststellen lassen.

### **2.2.3 Zusammenfassung**

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass hinsichtlich achromatischer Farben ein Bezug zu Tonhöhe gut etabliert ist, der sich in einem positiven Zusammenhang zwischen Helligkeit und Tonhöhe widerspiegelt und bereits bei Kindern nachweisbar ist. Dagegen ist die Forschung zu Verbindungen zwischen Farbton und Tonhöhe jedoch sehr gering, beruhte auf vergleichsweise einfacher Methodik und wies bei anspruchsvollerer Methodik keine Ergebnisse auf (bezüglich Rot und Blau). Vermutlich wurde aus diesem Grund die Untersuchung dieser Übereinstimmungen in jüngerer Zeit nicht weiter verfolgt. Allerdings beruhen diese Evidenzen auf Annahmen, denen eine andere Auffassung von möglichen Korrespondenzen zugrunde liegt, d. h. die Übereinstimmung aufgrund physikalischer Parameter wie Wellenlänge und Frequenz. In jüngerer Forschung zum Farbton allein waren jedoch Versuche zur Aufdeckung linearer Zusammenhänge emotionaler Art mit Wellenlänge wenig vielversprechend (Valdez & Mehrabian, 1994). Dieses spricht dafür, Zusammenhänge zwischen Farbton und Tonhöhe weniger aufgrund physikalischer Parameter anzunehmen, sondern vielmehr eine Kongruenz aufgrund von emotionalen oder semantischen Faktoren in Bezug auf einzelne Farbtöne in Kombination mit Tonhöhe zu verfolgen.

Die Interaktion zwischen Helligkeit und Tonhöhe findet scheinbar nicht auf der perzeptuellen Ebene statt, sondern auf einer späteren Verarbeitungsstufe während der Entscheidungsphase. Die Theorie der semantischen Kodierung nimmt an, dass kreuzmodale Zusammenhänge linguistisch und durch Erfahrung beeinflusst sind. Eine Studie in Bezug auf die Relation zwischen achromatischen Farben und Tonhöhe zeigte, dass die Nähe der linguistischen Stimuli

## *II. Theoretischer Hintergrund*

zum Perzept entscheidend für Kongruenzeffekte ist. Es schließt sich die Frage nach der Art kreuzmodaler Kongruenzen zwischen chromatischen Farben und Tonhöhe an. In Bezug auf die vorliegende Arbeit sind ebenso die Ursprünge dieser Kongruenzen von Interesse, d. h. Kongruenzeffekte zwischen Farben und Tonhöhe in der frühen Kindheit.

## 2.3 Wahrnehmung bzw. Präferenz von Farben und Tönen (frühe Kindheit)

Im weiteren Verlauf wird zunächst die Entwicklung des visuellen Systems in den ersten Lebensmonaten geschildert. Anschließend stelle ich kurz die Untersuchungsmethoden der frühkindlichen Wahrnehmung und Kognition dar, bevor ich auf die Entwicklung der Farbwahrnehmung und die Präferenz von Farben eingehe. Das frühkindliche Farbkategoriensystem und die frühe Präferenz von Rot werden ebenso beleuchtet wie einige Ansätze zur Entstehung von Farbpräferenzen.

### 2.3.1 Reifung des visuellen Systems

Während die Randgebiete der Netzhaut denen Erwachsener ähneln, sind in der Fovea von Säuglingen nur wenige und geringer ausgebildete Zapfen zu finden. Form- und Größenunterschiede der Zapfen (Abbildung: Zapfen aus der Fovea von Säuglingen und Erwachsenen in schematischer Darstellung, zu finden in Goldstein, 2002, S. 616) führen zwar zu geringerer Sehschärfe (d. h. ein einmonatiger Säugling müsste ein Reizmuster aus 50 cm Entfernung sehen, das ein Erwachsener aus 1000 oder sogar 1500 cm Entfernung erkennen kann), die sich jedoch bis zum Alter von sechs Monaten fast bis auf die Sehschärfe Erwachsener angleicht (Goldstein, 2002). Durch kleinere Außensegmente der Zapfen kann Licht nicht gleich wirkungsvoll aufgenommen werden, zudem führen die dickeren Innensegmente zu größeren Abständen zwischen den Außensegmenten, die Rezeptoren liegen also weiter auseinander (Abbildung: Raster der Zapfen der Fovea bei a) Säuglingen und b) Erwachsenen, zu finden in Goldstein, 2002, S. 616).

Eine weitere Ursache für die fehlende Sehschärfe ist die laufende Differenzierung des visuellen Cortex, die mit der Verbesserung der Sehschärfe einhergeht (Abbildung: Querschnitte aus dem visuellen Cortex von Neugeborenen und drei bzw. sechs Monate alten Säuglingen, zu finden in Goldstein, 2002, S. 615).

Kontrast wird zudem weniger stark von Säuglingen wahrgenommen. Im Alter von drei Monaten können Säuglinge jedoch die Querdisparation für die Tiefenwahrnehmung nutzen, d. h. die unterschiedliche Lage der Bilder vom rechten und linken Auge auf der Netzhaut. Eine vollständige Tiefenwahrnehmung entwickelt sich zwischen dreieinhalb und sechs Monaten (Goldstein, 2002).

### 2.3.2 Untersuchungsmethoden in der frühen Kindheit

Psychophysische Untersuchungen von Wahrnehmung und Kognition sind wesentlich schwieriger bzw. interpretativer bei Säuglingen als bei Erwachsenen. Abgesehen von ihren schnell wechselnden Wachheitszuständen sind Säuglinge in ihren motorischen und kommunikativen Möglichkeiten eingeschränkt. Zur Untersuchung der unimodalen (visuellen, auditiven, olfaktorischen etc.) sowie kreuzmodalen Verarbeitung (z. B. auditiv-visuell) werden häufig Methoden zur Messung von Blickpräferenzen oder -dauern eingesetzt. Diese quantitativen und experimentellen Verfahren basieren im Grunde auf zwei Paradigmen, welche jedoch ebenfalls mit vielen unterschiedlichen Variationen angewandt werden. Die beiden großen Paradigmen sollen an dieser Stelle kurz näher beschrieben werden, da sie in der vorliegenden Arbeit eingesetzt wurden: Die „Habituations/Test“-Methode und das „Preferential Looking“-Paradigma (vgl. Fogel, 2001; Lewkowicz, 2000) bzw. eine Modifikation desselben zur Untersuchung des frühen Sprachverständnisses, das „Intermodale Preferential Looking“-Paradigma (Hirsh-Pasek & Golinkoff, 1999).

Im Habitationsverfahren wird Säuglingen zunächst ein Stimulus dargeboten, entweder für eine gewisse Anzahl an Darbietungen oder so lange, bis die Blickdauer der Säuglinge bis zu einem gewissen Kriterium abgenommen hat, d. h. eine nachweisbare Gewöhnung an einen Stimulus stattgefunden und die anfängliche Orientierungsreaktion zum Stimulus nachgelassen hat. Anschließend wird ein neuer Stimulus präsentiert. Zeigen die Säuglinge dabei eine Erholung der Reaktion, gemessen an einem Anstieg der Blickdauer, wird dieses als Unterscheidung der Stimuli interpretiert (vgl. Lewkowicz, 2000). Insbesondere in kreuzmodalen Untersuchungen ist hier zu beachten, dass nicht geschlussfolgert werden kann, die Säuglinge würden eine intersensorische Beziehung erkennen. Die einzige Interpretationsebene im „Habituations/Test“-Verfahren ist, dass die Säuglinge eine Veränderung bemerken und diskriminieren (vgl. Lewkowicz, 2000). Je nach Untersuchungsgegenstand und Alter der Probanden bzw. deren kognitiven Fähigkeiten werden im Habitationsverfahren nicht nur ein Stimulus, sondern eine Reihe von Stimuli dargeboten. Den Säuglingen soll so ermöglicht werden, eine Kategorie der Ereignisse zu bilden, so dass sie nachfolgend neue Kategoriemitglieder erkennen und einschließen, Mitglieder anderer Kategorien jedoch diskriminieren (z. B. Casasola & Bhagwat, 2007; Quinn, Slater, Brown, & Hayes, 2001).

Im Gegensatz dazu werden im „Preferential Looking“-Verfahren (Spelke, 1979) zwei visuelle Stimuli gleichzeitig dargeboten, und ein auditiver Stimulus mittig zwischen den beiden präsentiert. Es wird eine längere Blickdauer gegenüber dem passenden visuellen Stimulus angenommen (z. B. gegenüber dem Ball, der synchron zu dem auditiven Stimulus hüpf

verglichen mit einem Ball, der asynchron hüpfte). Daraus wird geschlossen, dass die Säuglinge die Beziehung zwischen dem auditiven und visuellen Stimulus wahrgenommen haben, d. h. längere Blickdauern werden üblicherweise als kreuzmodales „Matching“ interpretiert (vgl. Lewkowicz, 2000). In dieser Aufgabe müssen die Säuglinge also einen Unterschied zwischen den visuellen Stimuli entdecken und eine kreuzmodale Relation zwischen einem der visuellen Stimuli und dem auditiven Stimulus erkennen. Damit stellt das „Preferential Looking“-Verfahren die für das Kind schwierigere Methode dar, da sie höhere Anforderungen an die Aufmerksamkeit und die Kognition der Säuglinge stellt (vgl. Lewkowicz, 2000).

Das „Intermodal Preferential Looking“-Verfahren (Hirsh-Pasek & Golinkoff, 1999) wurde angelehnt an das „Preferential Looking“-Verfahren (Spelke, 1979) speziell für den Spracherwerb entwickelt und vielfach geprüft. Für die Zwecke der vorliegenden Arbeit wurde dieses Verfahren modifiziert. Hier wurde es angewendet, um die Übereinstimmung der potenziell kongruenten Farben und Töne zu erfassen bzw. deren semantischen Gehalt. Methodisch gesehen werden die Säuglinge bzw. Kleinkinder in diesem Verfahren in zwei Phasen mit den visuellen Stimuli sowie dem Vorgehen vertraut gemacht. In diesen zwei Phasen werden zwar von Beginn an die visuellen Stimuli der Testphase dargeboten, jedoch andere auditive Stimuli präsentiert als die kongruenten Stimuli (z. B. „Schau mal, was passiert“ bei linguistischen Stimuli). Dieses Vorgehen dient dazu, die Kinder lediglich darauf vorzubereiten, dass kreuzmodale Stimuli präsentiert werden und ihre Aufmerksamkeit auf den Bildschirm zu lenken. In der ersten Phase wird jeweils nur ein visueller Stimulus auf einer Seite dargeboten (Sequenzielle Präsentation), in der zweiten Phase werden die Stimuli simultan dargeboten. Anschließend erfolgt die simultane Präsentation der Teststimuli mit dem passenden auditiven Stimulus. Die Interpretation der Blickzeiten entspricht, verkürzt dargestellt, der Interpretation des „Preferential Looking“-Verfahrens (Spelke, 1979), d. h. es wird eine längere Blickdauer der Säuglinge bzw. Kinder zum passenden visuellen Stimulus angenommen.

Insgesamt bleiben diese Verfahren dennoch hoch interpretativ. Es besteht eine anhaltende Diskussion über die grundlegenden Prozesse der Habituation (Colombo u. a., 2010) sowie über die zu erwartenden Blickpräferenzen. Ein kurzer Einblick soll im Folgenden veranschaulichen, dass im Rahmen der üblichen Interpretation von Blickdauern in Habituations- und „Preferential Looking“-Verfahren viele Faktoren berücksichtigt werden müssen.

Als eine Determinante der Blickpräferenz im Habitationsverfahren hat sich beispielsweise die Familiarisierungsdauer herausgestellt: Eine kurze Familiarisierungsdauer führt zu einer Präferenz des Bekannten, wohingegen erst eine längere Familiarisierungsdauer zu einer Präferenz des Neuen führt (Cohen, 2004; Houston-Price & Nakai, 2004). Die Präferenz des Neuen findet also

nach Auffassung von Houston-Price und Nakai erst nach einer Präferenz des Bekannten statt. Der Wechsel der Aufmerksamkeit zur Präferenz des Neuen wird hierbei mit einer gänzlichen Enkodierung des Stimulus in Zusammenhang gesehen, bzw. wenn die interne Repräsentation des Stimulus und des Stimulus-Inputs sich nicht mehr unterscheidet (Houston-Price & Nakai, 2004). Zusätzlich bestehen spontane Präferenzen der Säuglinge für soziale oder emotional relevante Stimuli (Houston-Price & Nakai, 2004), mit denen die Säuglinge vertraut sind (z. B. für das Gesicht der Mutter im Gegensatz zu einem Fremden).

Bahrack, Hernandez-Reif und Pickens (1997) stellen Blickpräferenzen im Zusammenhang mit Gedächtnis dar: Kürzliche Erinnerungen standen mit einer Präferenz des Neuen in Verbindung, mittlere Erinnerungen als Null-Präferenz und ältere Erinnerungen als Blickpräferenz für das Bekannte.

Desweiteren spielt das Alter der Kinder eine bedeutsame Rolle: Ältere Kinder zeigen bei gleicher Familiarisierungsdauer früher eine Präferenz des Neuen als Jüngere (Houston-Price & Nakai, 2004). Dabei ist das Alter der Kinder in Abhängigkeit von der Aufgabenschwierigkeit zu sehen, d. h. dieselbe Aufgabe ist für ältere Kinder eher lösbar als für Jüngere. Die Komplexität der Stimuli, ihre Salienz sowie die Aufgabenschwierigkeit sind weitere Determinanten der Blickpräferenz (eine hohe Komplexität, ähnliche Salienz sowie ein kreuzmodales Matching benötigen eine längere Familiarisierung; Houston-Price & Nakai, 2004).

In kreuzmodalen Darbietungen von „Preferential Looking“-Studien wird zwar eine visuelle Präferenz des passenden Stimulus angenommen, wie soeben beschrieben, jedoch wird eine Präferenz des nicht passenden Stimulus („Nonmatch“) erwartet in dem Fall, dass in der Familiarisierung bereits kreuzmodales Lernen stattgefunden hat. Die Richtung der Aufmerksamkeit kann mit einer relativen Salienz der Stimuli erklärt werden, die entweder aus einem „Match“ (bzw. „Nonmatch“) bestehen kann, aber auch aus emotionalen oder physikalischen Attributen (Houston-Price & Nakai, 2004).

Bei der Interpretation der Ergebnisse von Habituations- oder „Preferential Looking“-Studien müssen die genannten Aspekte mit einbezogen werden.

### **2.3.3 Farbwahrnehmung und Präferenzen in der frühen Kindheit**

Im Folgenden wird zunächst die Entwicklung der Farbdiskriminierung in den ersten Lebensmonaten dargelegt. Weiterhin wird geschildert, dass Säuglinge Farben ebenso wie Erwachsene kategorial wahrnehmen, bevor auf Farbpräferenzen allgemein und die besondere Präferenz der Farbe Rot eingegangen wird. Anschließend wird ein Modell zu biologischen Ursachen der Farbpräferenzen vorgestellt, das zudem die Rot-Präferenz vor einem evolutionären Hintergrund begründet. Zuletzt wird der Einfluss der anderen beiden perzeptuellen Farbparameter neben Farbton – Helligkeit oder Sättigung – auf Farbpräferenzen erläutert.

#### **2.3.3.1 Entwicklung des Farbsehens in den ersten Lebensmonaten**

Mit Hilfe des Habituations/Test-Verfahrens konnte gezeigt werden, dass sich die Sensitivität für chromatische Stimuli sukzessive entwickelt (Adams, 1987; Adams & Courage, 1995), wobei Säuglinge im Alter von drei Monaten Farben entsprechend der Kategorien Erwachsener unterscheiden können (Adams & Courage, 1995). Adams und Courage (1995) boten Neugeborenen und Säuglingen im Alter von einem, zwei und drei Monaten dieselbe Farbe („Rot“, „Grün“ oder „Gelb“) mit variierender Helligkeit in der Habituationsphase dar, bis ihre Blickdauer um ein gewisses (nicht näher spezifiziertes) Kriterium abgenommen hatte. Sie schlossen aus der Reduktion der Blickdauer, dass die Säuglinge sich an die Stimuli gewöhnt hatten und auch die sich verändernde Helligkeit nicht mehr beachteten. Den Kindern wurden zudem unterschiedliche Helligkeitsvariationen präsentiert, um die Diskriminierung der Farben allein auf Basis ihrer unterschiedlichen Helligkeit durch die Gewöhnung an diesen Parameter möglichst auszuschließen. In der anschließenden Testphase wurden zwei Test-Trials einer anderen Farbe von mittlerer Helligkeit gezeigt sowie zwei weitere bekannte Trials, d. h. dieselbe Farbe, aus der Habituationsphase. Ein signifikanter Anstieg in der Blickdauer zu den neuen Farbstimuli im Vergleich zu den letzten zwei Trials der Habituationsphase oder zu den zwei bekannten Farbstimuli in der Testphase (als Reliabilitätsprüfung) wurde als Diskriminierungsleistung der Säuglinge verstanden. Mit einem Monat unterschieden Säuglinge bereits die Farbe „Rot“ (650 nm) von „Grün“ (545 nm), aber beide Farben nicht von „Gelb“ (585 nm). Mit zwei Monaten diskriminierten sie dann zusätzlich „Grün“ von „Gelb“. Mit drei Monaten waren sie allerdings erst in der Lage, „Rot“ von „Gelb“ zu unterscheiden (Adams & Courage, 1995; Hamer, Alexander, & Teller, 1982). Diese Ergebnisse bedeuten, dass Säuglinge im Alter von drei Monaten die Farben Rot, Grün und Gelb entsprechend den Kategorien Erwachsener

unterschieden, zumindest was die speziellen präsentierten Wellenlängen betraf. Darüber hinaus wird deutlich, dass die Säuglinge für den Rot-Grün-Kontrast (L-M-Achse) sehr früh sensitiv waren (s. auch Dobkins, Anderson, & Kelly, 2001), während sich Reaktionen auf die Stimulierung der K-Achse (Blau, Gelb) später entwickelten. Die Sensitivität für Blau und Gelb bildet sich mit drei bis vier Monaten vollständig aus (Crognale, Kelly, Weiss, & Teller, 1998; Suttle, Banks, & Graf, 2002). Bereits auf dieser sensorischen Basis wird demnach eine frühe Veranlagung für die Wahrnehmung des L-M-Kontrasts deutlich. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit schließt sich die Frage an, inwieweit diese physiologische Besonderheit bereits den Ausgangspunkt für eine sich später entwickelnde – oder bereits angelegte – gegensätzliche spezifische Semantik für genau diesen Farbkontrast bei Erwachsenen darstellen könnte (Moller u. a., 2009; s. Kap. 2.1.2.1).

### **2.3.3.2 Frühkindliche Farb-Kategorien**

Bereits präverbale Säuglinge nehmen Farben kategorial wahr (z. B. Franklin & Davies, 2004; Franklin, Pilling, & Davies, 2005). Viermonatige unterscheiden sowohl Primärfarben (Blau vs. Grün) als auch Sekundärfarben (Blau vs. Lila; Franklin & Davies, 2004). Franklin und Davies (2004) zeigten Säuglingen während einer Familiarisierungsphase einen Farbstimulus und der anschließenden Testphase zwei Farben gleichzeitig. Diese bestanden aus einem bekannten Stimulus und entweder einer neuen Farbe einer neuen Kategorie oder einer neuen Farbnuance derselben Kategorie. Es gab jeweils fünf Test Trials mit fünf Sekunden Zeitintervall zwischen den einzelnen Test-Trials. Die Präferenz des neuen Stimulus wurde als prozentualer Anteil der Blickdauer zum neuen Stimulus im Verhältnis zur gesamten Blickdauer im Test-Trial berechnet. Die Säuglinge zeigten eine Präferenz für die Farbe der neuen Kategorie gegenüber der bekannten Farbe. Es ließ sich jedoch keine Präferenz des neuen Stimulus finden, wenn eine neue Farbnuance aus derselben Kategorie im Test-Trial zusammen mit der bekannten Farbe präsentiert wurde. Die Stimuli unterschieden sich zudem in ihrer Kategorienzugehörigkeit nach Erwachsenenurteilen („zwischen“ vs. „innerhalb“) ebenso wie in ihrer perzeptuellen Distanz („nah“ vs. „fern“).

Im Folgenden soll der Zusammenhang zwischen einer Farbkategorie und dem Wellenlängen-Abstand sowie der perzeptuellen Distanz verdeutlicht werden: Stimuli zweier Farbkategorien und innerhalb derselben Farbkategorie können den gleichen Unterschied in der Wellenlänge aufweisen. Beispielsweise beträgt der Abstand von einem „Blau“ von 480 nm und einem weiteren „Blau“ von 450 nm genau 30 nm. Derselbe Abstand in der Wellenlänge findet sich zwischen dem ersten „Blau“ von 480 nm und einem „Grün“ von 510 nm. In einer Studie von

Bornstein, Kessen und Weiskopf (1976) wurde getestet, ob Säuglinge die beiden genannten Farb-Kombinationen diskriminieren. Es zeigte sich, dass die Säuglinge lediglich das „Grün“ von dem „Blau“ unterschieden (Bornstein u. a., 1976). Sie beachteten also nicht den Abstand der Wellenlänge, sondern die Farbkategorien, wie Erwachsene sie wahrnehmen. Die perzeptuelle Distanz jedoch kann sich bei gleichem Wellenlängen-Abstand weiterhin unterscheiden. Das bedeutet, die Stimuli können bei einem gleichen Abstand der Wellenlänge einen anderen Abstand in Farbräumen, z. B. im CIE-Farbraum aufweisen (vgl. Kap. 2.1.1.2 und Abb. 1).

Die in der Studie von Franklin und Davies (2004) verwendeten Farbproben waren jedoch sowohl innerhalb als auch zwischen Kategorien in ihrer perzeptuellen Distanz gleich weit voneinander entfernt. Da sie Farben aus dem Munsell-Farbsystem (vgl. Kap. 2.1.2.6) verwendeten, ließ sich die perzeptuelle Distanz genau bestimmen („nah“: 2 Stufen vs. „fern“: 3 Stufen). Teilweise wurden sogar Abstufungen gewählt, in denen die perzeptuelle Distanz zweier Farbstimuli derselben Farbkategorie größer war als zwischen den Kategorien (z. B. lagen zwei Blautöne drei Stufen weit auseinander, während ein „Blau“ und ein „Grün“ nur zwei Stufen voneinander entfernt waren). Wenn also Säuglinge entgegengesetzt zu Erwachsenen Kategorien auf der Basis der perzeptuellen Distanz formen würden, hätten sie in diesem Fall die Farbstimuli innerhalb der Kategorie unterscheiden müssen anstatt zwischen den Kategorien, da letztere perzeptuell näher lagen. Dessen ungeachtet zeigte sich ausschließlich ein Haupteffekt hinsichtlich der „Farbkategorie“ („zwischen“ vs. „innerhalb“), aber kein Haupteffekt der „perzeptuellen Distanz“ („nah“ vs. „fern“), auch kein Interaktionseffekt der „perzeptuellen Distanz“ und der „Farbkategorie“. Die Autoren schlossen daraus, dass viermonatige Säuglinge Farbkategorien ähnlich wie Erwachsene wahrnehmen, und zwar aufgrund des Farbtons. Sättigung und Helligkeit waren kontrolliert, sie stellten also keine konfundierenden Variablen dar. Die perzeptuelle Distanz der Stimuluspaare hatte keinen Effekt auf die Klassifizierung der Farben.

Darüber hinaus konnte mittels derselben Methode gezeigt werden, dass ca. 20 Wochen alte Säuglinge nicht nur ein Gedächtnis für Farbton haben und zwischen Kategorien diskriminieren, sondern dennoch sensitiv sind für Farbtöne innerhalb (erwachsener) Farbkategorien, sich jedoch nach einer gewissen Zeitspanne nur noch an Farben in generellen Farbklassen erinnern (Catherwood, Crassini, & Freiberg, 1990). Die Fünfmonatigen bevorzugten nach einer Familiarisierung auf einen Farbton („Rot“ oder „Blau“) einen weiteren Farbton aus derselben Farbkategorie, wenn dieser gleichzeitig mit dem schon bekannten Farbton dargeboten wurde. Dies passierte allerdings nur in dem Fall, wenn sich die Testphase sofort an die Familiarisierung anschloss. Wenn jedoch die Testfarben nicht direkt im Anschluss an die Familiarisierung

dargeboten wurden, sondern erst nach einer Verzögerung von fünf Minuten (in denen der Versuchsleiter mit dem Kind interagiert), zeigten die Säuglinge keine Präferenz mehr für die neue Farbnuance gegenüber der bekannten Farbe aus derselben Kategorie. Sie präferierten dann nur noch eine Farbe aus einer anderen Kategorie. In der zuvor beschriebenen Studie (Franklin & Davies, 2004) gab es einen kategorialen Befund, da dort ebenfalls die Teststimuli erst nach einem fünfminütigen Zeitintervall präsentiert wurden.

Dieses bedeutet, dass präverbale Säuglinge Farbnuancen innerhalb von Kategorien wahrnehmen. Ihre Farb-Kategorien scheinen dennoch bereits denen Erwachsener zu ähneln, wie die Studien nahelegen. Kategorien werden bereits im Alter von vier Monaten entlang der Kategoriengrenzen Erwachsener gebildet und nicht aufgrund physikalischer Parameter wie Wellenlänge oder aufgrund der perzeptuellen Distanz der Farben.

Der Einfluss sozio-kulturell geformter Farbrepräsentationen von Erwachsenen auf die Interpretation der Ergebnisse, d. h. die Deutung frühkindlicher Repräsentationen, ist allerdings nicht absehbar.

Nachdem die Diskriminierungsfähigkeiten der Säuglinge betrachtet wurden, wendet sich das nächste Kapitel den Farb-Präferenzen zu.

### **2.3.3.3 Frühkindliche Farbpräferenzen/Salienz von Rot**

Eine Präferenz der Farben Rot, oder auch Blau, wurde in vielen Studien der frühen Kindheit nachgewiesen (Adams, 1987; Bornstein, 1975; Franklin u. a., 2010; Teller, Civan, & Bronson-Castain, 2005; Zemach, Chang, & Teller, 2007; Zemach & Teller, 2007).

Adams (1987) z. B. untersuchte die frühe Entwicklung von Farbpräferenzen, indem er Neugeborenen und Säuglingen im Alter von einem und drei Monaten die Farben „Blau“, „Grün“, „Gelb“, „Rot“ und „Grau“ jeweils in zwei Helligkeiten (3 und 30 cd/m<sup>2</sup>) sukzessiv präsentierte, bis zwei Rater unabhängig voneinander urteilten, der Säugling würde den Stimulus nicht mehr anschauen. Seine Daten legten nahe, dass bereits Neugeborene und einmonatige Säuglinge chromatische Stimuli den achromatischen vorzogen, d. h. längere Blickdauern aufwiesen. Erst Dreimonatige zeigten allerdings eine Präferenz unterhalb der chromatischen Stimuli (im Einklang mit der Entwicklung des Farbsehens, s. Kap. 2.3.3.1). Die Dreimonatigen bevorzugten sowohl „Rot“ als auch „Gelb“ vor „Blau“ und „Grün“. Die Helligkeit der Farben spielte dagegen eine untergeordnete Rolle: Lediglich Neugeborene zeigten eine signifikante inverse Helligkeitspräferenz, indem sie länger die dunkleren Stimuli ansahen.

Eine Präferenz für Rot scheint demnach bereits sehr früh im Alter von drei Monaten vorzuliegen (z. B. Adams, 1987; Bornstein, 1975; Franklin u. a., 2010). Wenn diese Präferenz teilweise nicht bestätigt werden konnte (Zemach & Teller, 2007), scheint die Ursache in der Methodik zu liegen, z. B. präsentierten Zemach und Teller (2007) genauso wie Teller u. a. (2005) ein „Rot“, das eher einem „Orange“ von Bornstein (1975) ähnelte, und fanden daher eine weniger ausgeprägte Präferenz des roten Stimulus. Die größte Präferenz lag dann auf dem blauen Stimulus (vgl. Teller u. a., 2005).

Eine früh angelegte Salienz von Rot wird auch hier deutlich. Nicht nur, dass sich die Sensitivität der sensorischen Basis (des L-M-Kanals) im Verlauf der Entwicklung besonders früh ausbildet (s. Kap. 2.3.3.1), es zeigt sich zudem eine Bevorzugung einer der beiden zur L-M-Achse gehörigen Farben in der behavioralen Präferenz von Rot, die bis zum Alter von drei bis vier Jahren wiederzufinden ist (Zentner, 2001; vgl. Kap. 2.1.2.6).

Im folgenden Abschnitt zu Reaktionen der Gegenfarbenkanäle als mögliche Erklärung der Rot-Präferenz wird dieser Gedanke weiter ausgeführt.

#### **2.3.3.4 Determinanten der frühkindlichen Farbpräferenzen**

Als einflussnehmend auf Farbpräferenzen in der frühen Kindheit wurden bislang nur sensorische Faktoren wie die Aktivierung der Gegenfarbenkanäle diskutiert oder die Bedeutung physikalischer oder perzeptueller Farbparameter wie Sättigung oder Helligkeit als konfundierende Faktoren der Farbtonpräferenz geprüft.

##### **2.3.3.4.1 Aktivierung der Gegenfarbenkanäle/Präferenz bzw. Salienz von Rot**

Ebenso wie für Erwachsene (s. Kap. 2.1.2.9.2) wurde für Säuglinge der Versuch unternommen, Farbpräferenzen anhand der unterschiedlichen Aktivierung der Gegenfarbenkanäle quantitativ zu bestimmen (Franklin u. a., 2010). Vier bis fünf Monate alten Säuglingen wurden acht Farbstimuli gleicher Sättigung und Helligkeit dargeboten („Rot“, zwei verschiedene „Rosa-Rot“-Töne, „Lila“, „Blau-Grün“, zwei „Grün“-Töne, „Grün-Gelb“). Für alle Stimuli wurden die Gegenfarben-Kontraste im Vergleich zum neutralen grauen Hintergrund bestimmt. Es zeigte sich die bereits berichtete Präferenz für rötliche Farbtöne, grünliche Farbtöne wurden am wenigsten angesehen. Mittels einer Hauptkomponentenanalyse wurden zwei Komponenten, die zusammen 56% der Blickzeiten pro Farbe aufklärten, determiniert. Die erste Komponente, die zudem signifikant mit dem L-M-Zapfen-Kontrast (Rot-Grün) pro Farbe korrelierte, erklärte 40% der Varianz. Der zweite Faktor jedoch korrelierte weder mit dem L-M-Zapfen-Kontrast noch mit dem K-(L+M)-Zapfen-Kontrast (Blau-Gelb). Eine Regressionsanalyse mit den Zapfen-Kontrasten

der L-M- bzw. K-(L+M)-Achse als Prädiktorvariablen für jeden Farbton und Blickdauer als abhängige Variable ergab ein Gewicht von 36% für die L-M-Kontraste und 11% für die K-(L+M)-Kontraste.

Die biologischen Komponenten früher Farbkodierung, d. h. die Gegenfarbenprozesse, erklärten demnach fast die Hälfte der Varianz an Farbpräferenzen der vier bis fünf Monate alter Säuglinge – im Gegensatz zu ca. 70% der Varianzaufklärung von Farbpräferenzen Erwachsener (s. Kap. 2.1.2.9.2). Hier stellte sich die Frage, wie dieser große Unterschied zu erklären war. Die Autoren (Franklin u. a., 2010) schlossen eine spätere Reifung des tritanopen Systems (Blau-Gelb) aus. In dem Fall hätten diese Farben einen höheren Schwellenwert aufgewiesen und wären damit für die Säuglinge schlechter zu erkennen gewesen: Allerdings scheint im Alter von vier bis fünf Monaten dieses System bereits ausgeprägt zu sein (s. auch Kap. 2.3.3.1) und die Grenzwerte sinken bis zur Adoleszenz für beide Achsen gleichmäßig (Knoblauch, Vital-Durand, & Barbur, 2001). Im Gegensatz dazu schien der L-M-Kontrast in jedem Fall stark zu frühkindlichen Farbpräferenzen beizutragen.

Die Autoren wiesen darauf hin, dass die Präferenz von Rot nicht nur auf ein höheres subjektives Gefallen an Rot in früher Kindheit deute, sondern auch generell eine hohe Salienz von Rot implizieren könnte. In diesem Zusammenhang wiesen sie auf die Verwendung von Rot in Warnsignalen und auf die Forschung zu den genannten negativen Effekten von Rot auf Leistung bei Erwachsenen hin (s. Kap. 2.1.2.2.1).

Nach Auffassung der Autoren könnten evolutionäre Gründe für die Salienz positiver L-M-Kontraste bestehen. Wie bereits früher dargelegt wurde (Ling & Hurlbert, 2006; s. Kap. 2.1.2.9.2), besteht Evidenz dafür, dass die L-M-Achse optimiert ist, rote Früchte und junge Blätter gegen das Blattwerk im Hintergrund zu unterscheiden (Regan u. a., 2001), sowie die Sauerstoffsättigung des Blutes zu erkennen, die ein salientes Signal für Emotionen und Gesundheit ist (Changizi u. a., 2006).

Entgegen der Daten, die mit Erwachsenen gewonnen wurden (britische und chinesische Subpopulationen, s. Kap. 2.1.2.8), zeigten sich interessanterweise in früher Kindheit und konsistent mit anderen Befunden (Zemach u. a., 2007) keine Gender-Unterschiede in den Farbpräferenzen (Frauen zeigten eine Präferenz für das rötliche Farbspektrum, Männer bevorzugten bläuliche Nuancen; s. Kap. 2.1.2.9.2). Im Hinblick auf die Daten der frühen Kindheit scheinen nach Ansicht der Autoren die gefundenen Gender-Unterschiede in der Gewichtung der L-M-Komponente nicht fest vorgegeben zu sein, sondern sich im Laufe des

Lebens zu entwickeln. Ob dagegen eine fest vorgegebene Prädisposition für die Entwicklung von Gender-Unterschieden besteht, bleibt zu prüfen.

Ein weiterer interessanter Aspekt war, dass die Varianzaufklärung durch den L-M-Kontrast in der frühen Kindheit zwar einen großen Anteil betrug, allerdings nicht deckungsgleich mit dem ersten Faktor der Hauptkomponentenanalyse war. Der zweite bedeutende Faktor (16% Aufklärung) korrelierte zudem nicht mit den Gewichten der Gegenfarben. Es bleibt demnach nach Ansicht der Autoren viel Raum für Einflüsse von eventuell höherer Ordnung auf frühkindliche Farbpräferenzen. In diesem Zusammenhang vermuteten Franklin u. a. (2010) einen Einfluss durch Farben der Objekte in der direkten Umgebung der Säuglinge. Sie erörterten jedoch auch, dass dieser eher Residuen und keinen eigenständigen Faktor ausmachen würde.

Das Zapfen-Kontrast-Modell beschreibt somit den quantitativen Anteil an Farbpräferenzen sowie einen evolutionären Ansatz für die früh nachweisbare Präferenz von Rot und hebt damit insbesondere die früh ausgebildete Salienz der Farbe hervor. Damit liefert es das bislang einzige Konzept zur Erklärung der frühkindlichen Farbpräferenzen im Rahmen weitergehender Annahmen und nimmt dadurch einen gewissen Stellenwert ein.

Der direkte Vergleich mit der Analyse der Erwachsenenendaten ist ebenfalls ein interessanter Aspekt des Modells. Hierdurch wird ermöglicht, die quantifizierten Präferenzen im Verlauf des Lebens zu verfolgen und deren biologische Basis bzw. kulturelle Einflüsse zu erhellen. Jedoch bleibt der große Unterschied an Varianzaufklärung durch die Zapfen-Kontraste zwischen Säuglingen und Erwachsenen weiterhin ungeklärt. Insbesondere die Richtung der verstärkten Varianzaufklärung erwachsener Farbpräferenzen durch sensorische Dimensionen anstatt eines höheren Anteils perzeptueller Faktoren in der frühen Kindheit scheint bemerkenswert.

Weiterhin bleiben Fragen nach den Faktoren offen, die über den Gegenfarbenkanal der L-M-Achse hinaus die Farbpräferenzen bestimmen. Diesbezüglich vermuteten Franklin u. a. (2010) Einflüsse höherer Verarbeitungsebenen – wie sie auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersucht werden sollen. Hierzu könnte die Kongruenz zwischen Farbe und Ton zählen: Es wird die Frage adressiert, ob eine eventuell angeborene, frühe Form im Sinne der erwachsenen konvergierenden Semantik oder Semiotik zwischen Farben und Tonhöhe, eine Art Proto-Semantik, besteht.

#### **2.3.3.4.2 Einfluss perzeptueller Farb-Parameter auf Farbpräferenzen**

Helligkeit der Farben ist ein Faktor, der häufig als konfundierend für Farbpräferenzen diskutiert wurde. Eine extreme Ausprägung dieser Sicht nimmt die Helligkeitshypothese ein. Diese

besagt, eine kindliche Farbpräferenz würde ausschließlich auf Helligkeitsunterschiede in den Farben zurück zu führen sein, ohne Einfluss der anderen beiden perzeptuellen Dimensionen, d. h. Farbton oder Sättigung. Allerdings existiert Evidenz gegen die Helligkeitshypothese (Adams, 1987; Teller u. a., 2005). Diese Befunde legten bereits eine untergeordnete Rolle von Helligkeit in Bezug auf Farbpräferenzen von drei Monate alten Säuglingen nahe.

Obwohl zwölf Wochen alte Säuglinge, denen weiße Lichter verschiedener Helligkeit präsentiert wurden, tatsächlich die erwartete Präferenz für Helligkeit zeigten (Teller u. a., 2005), favorisierten sie jedoch bei gleichzeitiger Darbietung einer chromatischen Farbe mit einem Weiß in derselben Helligkeit immer die chromatische Farbe. Zudem zeigten sich Präferenzen unter den chromatischen Stimuli. Dabei wurde Helligkeit in zwei Varianten manipuliert: Zum einen die physikalische Helligkeit, d. h. Leuchtdichte, und zum anderen der perzeptuelle Farbparameter Helligkeit, der zwar mit Leuchtdichte zusammen hängt, aber nicht äquivalent ist:

In einem ersten Experiment matchten Erwachsene einen weißen Standardstimulus ( $4,5 \text{ cd/m}^2$ ) sukzessiv zu einem von sechs – in gleicher Leuchtdichte präsentierten ( $4,5 \text{ cd/m}^2$ ) – chromatischen Stimuli („Rot“, „Blau“, „Grün“, „Gelb“, „Blau-Grün“ und „Lila“, durch ein Farbvideosystem generiert) bezüglich seiner subjektiv wahrgenommenen Helligkeit. Dabei zeigte sich der übliche Zusammenhang zwischen Helligkeit und Wellenlänge an der variierenden Leuchtdichte. So lag bei gleicher Helligkeit die Leuchtdichte der Farbe „Gelb“ bereits bei  $6,1 \text{ cd/m}^2$ , während die Farbe „Blau“ die größte Leuchtdichte von  $21 \text{ cd/m}^2$  benötigte.

In einem von zwei weiteren Experimenten mit Säuglingen wurde nur die Leuchtdichte in Bezug auf einen achromatischen Stimulus manipuliert. In mehr als 40 Test-Trials sahen zwölf Wochen alte Säuglinge in einem „Preferential Looking“-Verfahren einen weißen Standard-Stimulus ( $4,5 \text{ cd/m}^2$ ) gepaart mit jeweils einem von drei helleren Weißtönen ( $9$ ,  $18$  oder  $36 \text{ cd/m}^2$ ). Die Säuglinge zeigten eine Präferenz für die Stimuli mit steigender Leuchtdichte, erfasst über den Prozentsatz der Trials, in denen der hellere Stimulus bevorzugt wurde. Dieses Ergebnis stand zunächst im Einklang mit der Helligkeitshypothese.

In dem zweiten Experiment wurde den Säuglingen jedoch ein Weiß zusammen mit einem der im Erwachsenenexperiment evaluierten chromatischen Stimuli dargeboten. Für die eine Hälfte der Säuglinge wurden die Farben anhand der Leuchtdichte einander angeglichen, die andere Hälfte der Säuglinge sah Farben, die entsprechend den Ergebnissen der Erwachsenenstudie in der subjektiven Helligkeit einander angeglichen waren. Das bedeutet, die Helligkeit hat hier subjektiv nicht mehr variiert, aber physikalisch (da Erwachsene Farben, die der Helligkeit einander angeglichen werden, dennoch subjektiv als verschieden hell empfinden; Ayama & Ikeda, 1998;

Burns, Smith, Pokorny, & Elsner, 1982; Wagner & Boynton, 1972; zit. nach Teller u. a., 2005). Befunde weisen darauf hin, dass die Werte für gleiche Helligkeit bei Säuglingen und Erwachsenen ähnlich sind (Pereverzeva, Hui-Lin Chien, Palmer, & Teller, 2002), daher schien dieses Vorgehen zulässig. Im Einklang mit der Helligkeits-Hypothese hätten die Säuglinge unterhalb dieser auf zwei Arten gematchten Stimuli keine Präferenzen zeigen dürfen.

Die Ergebnisse waren folgende: Insgesamt wurden die chromatischen Stimuli dem Weiß vorgezogen, und es zeigte sich eine bekannte Reihenfolge der Präferenz (vgl. z. B. Bornstein, 1975) von „Blau“, „Lila“ und „Rot“ vor „Blau-Grün“, „Grün“ und „Gelb“. Insbesondere gab es keine signifikanten Unterschiede in der Präferenz zwischen den nach Leuchtdichte vs. subjektiver Helligkeit angeglichenen Stimuli hinsichtlich der sechs Farben. Darüber hinaus waren die Präferenzen der nach subjektiver Helligkeit angeglichenen Farben von dem konstanten Wert, der aus der Helligkeitshypothese resultieren würde, signifikant verschieden – da alle Stimuli gleich hell waren, hätten sie nach der Helligkeitshypothese gleich präferiert sein sollen. Helligkeit spielte demnach nur bei Darbietung achromatischer Stimuli eine Rolle in der Präferenz. Sobald chromatische Stimuli gegen Weiß präsentiert wurden, schien Helligkeit keinen Unterschied in der Präferenz von Farben zu machen. Diese Evidenz spricht gegen eine generelle Auslegung der Helligkeits-Hypothese.

In Bezug auf diese Studie muss einschränkend erwähnt werden, dass diese Reihenfolge der Farbpräferenz nur indirekt ist, da die Farben im Vergleich mit Weiß getestet wurden und nicht untereinander. Jedoch ergibt sich dasselbe Muster an Präferenz wie bei Bornstein (1975), der die Stimuli gleicher Helligkeit jeweils in Paaren präsentiert hatte (vgl. Teller u. a., 2005).

Eine weitere Studie prüfte in zwei Experimenten den Einfluss eines weiteren Farbparameters, der Sättigung, auf frühkindliche Farbpräferenzen (Zemach & Teller, 2004). Dieser Parameter wurde ebenfalls als potenziell bedeutend hinsichtlich Farbpräferenzen eingestuft, da insbesondere Farben hoher Sättigung (Blau- und Rottöne, Bornstein, 1975; Teller u. a., 2005) von Säuglingen präferiert werden. Der Farbparameter Sättigung hängt mit dem physikalischen Maß des spektralen Leuchtdichteanteils zusammen, ist jedoch, ähnlich wie die physikalische Leuchtdichte und der perzeptuelle Farbparameter Helligkeit, nicht mit diesem äquivalent (z. B. Kraft & Werner, 1999; zit. nach Zemach u. a., 2007), ähnlich wie die physikalische Leuchtdichte und der perzeptuelle Farbparameter Helligkeit. Beide Parameter wurden daraufhin untersucht, Blickpräferenzen in Säuglingen auszulösen:

Im ersten Experiment wurden in einer „Preferential Looking“-Studie zwölf Wochen alten Säuglingen chromatische Stimuli mit unterschiedlichen spektralen Leuchtdichteanteilen

zusammen mit Weiß präsentiert und ihre Blickpräferenzen erfasst. Es zeigte sich wiederum, dass alle chromatischen Farben Weiß vorgezogen wurden, und zudem eine stärkere Präferenz mit steigendem spektralen Leuchtdichteanteil zu beobachten war. Dieses sprach für die These, dass das physikalische Maß der Sättigung, Leuchtdichte, Farbpräferenzen beeinflusste.

In einem CIE-Farbraum stimmten die Konturen gleicher Präferenz mit den Konturen mit einem gleichen spektralen Leuchtdichteanteil jedoch grafisch nicht überein. Zudem erklärten die Unterschiede im spektralen Leuchtdichteanteil nur 2,4% der Varianz der Präferenzwerte.

In einem zweiten Experiment wurden zwölf Wochen alten Säuglingen nach Sättigung gematchte Farben (aus Daten mit Erwachsenen gewonnen) zusammen mit Weiß dargeboten. Auch hier variierte die Blickpräferenz der Säuglinge unter den Farben, wodurch ein alleiniger Einfluss von Sättigung auf Präferenzen ausgeschlossen wurde. Zudem klärte die Sättigung nur 3% der Varianz unter den Präferenzen auf.

Weder Helligkeit noch Sättigung oder deren physikalische Korrespondenten, Leuchtdichte bzw. der spektrale Leuchtdichteanteil, bestimmten folglich die Farbpräferenzen zwölf Wochen alter Säuglinge.

Im Hinblick auf diese beiden Studienreihen zur Prüfung des Einflusses von Helligkeit oder Sättigung (Teller u. a., 2005; Zemach & Teller, 2004) kann einschränkend eingewendet werden, dass ausschließlich chromatische Farben jeweils gegen Weiß, nicht jedoch gegeneinander getestet wurden. Diesem Einwand widersprachen die Autoren anhand einer weiteren Studie (Zemach & Teller, 2007): Den zwölf Wochen alten Säuglingen wurden jeweils zwei Stimuli einer Triade von Stimuli dargeboten, die aus zwei chromatischen Stimuli und einem Weiß gleicher Helligkeit ( $4,5 \text{ cd/m}^2$ ) bestand. Zudem wurden in einem zweiten Experiment die spektralen Leuchtdichteanteile der chromatischen Stimuli innerhalb der Triade variiert, und die Blickpräferenzen anhand der Methode der stochastischen Transitivität miteinander verglichen. Diese Methode bestimmt die Eigenschaften von Präferenzen von Objekten bei Präsentation dreier Alternativen a, b und c. Generell besagt die stochastische Transitivität: Wenn a vor b favorisiert wird, und b vor c, dann wird auch a vor c präferiert.

Da die Farbpräferenzen der stochastischen Transitivität entsprachen (d. h. immer der schwachen Transitivität, häufig der moderaten und in einigen Fällen sogar der starken oder strikten stochastischen Transitivität), kann davon ausgegangen werden, dass die Blickpräferenzen von Kindern hinsichtlich des Farbtons über eine Reihe von Stimuluspaaren hinweg konsistent sind, bei gleicher Messmethode und gleichen Stimuli. Demnach sind die

Ergebnisse der vorigen Studien zu Helligkeits- bzw. Sättigungshypothese als reliabel einzuschätzen.

Zusammen genommen sprechen diese Befunde also stark dafür, dass Farbpräferenzen von Säuglingen tatsächlich auf Unterschiede im Farbton zurück zu führen sind, und nicht auf Helligkeit oder Sättigung.

### **2.3.3.5 Zusammenfassung**

Es kann resümiert werden, dass Säuglinge im Alter von drei Monaten Farben voneinander unterscheiden. Evidenz spricht dafür, dass vier Monate alte Säuglinge bereits Farben in ähnlichen Kategorien wie Erwachsene wahrnehmen, wenn auch Schwellenwerte des Erkennens bis zur Adoleszenz weiter reifen. Da die Reifung gleichmäßig erfolgt, scheint die Basis für eine grundlegend ähnliche Farbwahrnehmung von Säuglingen und Erwachsenen gegeben. In diesem Zusammenhang sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass diese Ergebnisse durch die Interpretation frühkindlicher Farbkategorien aus der Sicht sozio-kulturell geformter Farbkategorien von Erwachsenen beeinflusst sein könnten. Dieser Aspekt sollte in theoretischer Hinsicht Beachtung finden, auch wenn er bislang nicht experimentell berücksichtigt werden konnte.

Frühkindliche Farbpräferenzen scheinen durch den Farbton determiniert zu werden. Der Einfluss von Helligkeit und Sättigung der Farben auf die Farbpräferenzen der Säuglinge war gering. Die früh angelegte Präferenz von Rot spiegelt eine Salienz der Farbe wider, die bis ins Erwachsenenalter zu bestehen scheint und eine Grundlage für die bereits dargestellten starken Farbeffekte bilden könnte. Rot nimmt eine besondere Rolle unter den chromatischen Farben ein. Selbst wenn Farbpräferenzen neben biologischen Faktoren (Aktivierung der Gegenfarbenkanäle) auch kulturell beeinflusst sind – worauf nicht nur die erst späte Ausbildung von Gender-Unterschieden hinweist, sondern auch der Fakt, dass eine chinesische Subpopulation eine generell höhere Präferenz für rötliche Farbtöne zeigte als eine britische – ist die Salienz der Farbe früh angelegt, und sogar im sensorischen System verankert: So sind Rot und Grün die ersten Farben, die von Säuglingen voneinander unterschieden werden.

Es könnte sich die folgende Frage anschließen: Wenn sich die Farbwahrnehmung von Säuglingen und Erwachsenen grundlegend ähnelt, d. h. perzeptuelle und kategoriale Faktoren bereits früh veranlagt sind – inwieweit sind demgegenüber auch semantische Faktoren bereits in der frühen Kindheit angelegt, in Form einer Frühsemantik oder Proto-Semantik? Der Aspekt, dass die frühkindlichen Farbpräferenzen maximal zur Hälfte durch das sensorische System

## *II. Theoretischer Hintergrund*

bestimmt werden und weitere Determinanten bislang nicht bekannt sind, lässt Raum für die Vermutung von Einflüssen dieser Faktoren.

### **2.3.4 Wahrnehmung und Präferenz von Tönen in der frühen Kindheit**

Während in Hinblick auf frühkindliche Wahrnehmung von Farben und Farbpräferenzen relativ viel Evidenz besteht, ist hinsichtlich der Tonwahrnehmung die empirische Basis sehr gering und insbesondere in Bezug auf die Präferenz von rein kontextfreier Tonhöhe im Grunde keine Literatur vorhanden. Im Folgenden eine kurze Darstellung.

#### **2.3.4.1 Reifung des auditiven Systems**

Säuglinge hören ab dem Zeitpunkt ihrer Geburt, jedoch liegt ihre Hörschwelle (der Schalldruckpegel, bei dem Schallquellen gerade noch wahrgenommen werden) zunächst weit über der eines Erwachsenen. Dieses gleicht sich bis zum Alter von 1,5 Jahren an. Im Alter von 6 Monaten unterscheiden sich die Hörschwellen bereits nur noch um 10 bis 15 dB (vgl. Goldstein, 2002; Abbildung: Hörschwellenkurven für 3 und 6 Monate alte Säuglinge, zu finden in Goldstein, 2002, S. 631).

Schallquellen werden im Alter von 2 Monaten mit einem Unterschied im Abstand von 27 Grad als dieselbe wahrgenommen, während im Alter von 1,5 Jahren der Wert bei nur noch 5 Grad liegt (vgl. Goldstein, 2002).

In Bezug auf Säuglingsstudien werden diese Faktoren berücksichtigt, z. B. indem die Lautstärke erhöht wird und größtenteils Stimuli bei ca 60-70 dB präsentiert werden.

#### **2.3.4.2 Präferenz von Tonhöhe in der frühen Kindheit**

Analog zur Literatur Erwachsener ist auch in früher Kindheit in Hinblick auf Tonhöhe wesentlich weniger Forschung geführt worden als zu Farbe und Farbpräferenzen.

Wo allerdings für Erwachsene noch vereinzelte Untersuchungen zu Präferenzen kontextfreier Tonhöhe vorliegen, wurde in früher Kindheit die Frage von Präferenzen unter reinen Tönen verschiedener Frequenzen nicht adressiert. Untersuchungen von Tonhöhe fanden eher im Rahmen von Sprache und Prosodie statt, die in der natürlichen Umgebung der Säuglinge eine bedeutsame Rolle spielen.

Hier ist mittlerweile unumstritten, dass Säuglinge im sprachlichen Kontext eine hohe Tonlage stark bevorzugen (z. B. Fernald, 1985; Fernald & Kuhl, 1987), die ein Merkmal von kindgerichteter Sprache ist, der sogenannten „motherese“. Allerdings ist hier die Tonhöhe ein starker Träger u. a. sozialer und emotionaler Information, im Gegensatz zu Sinus-Tönen, die in

## *II. Theoretischer Hintergrund*

der vorliegenden Studie gezielt verwendet wurden, um semantische Informationen zu minimieren.

Somit ist leider aufgrund fehlender Evidenz zur Präferenz und Salienz von reinen Tönen verschiedener Frequenzen in früher Kindheit bislang nichts bekannt.

## 2.4 Kreuzmodale Wahrnehmung von A-V Stimuli (frühe Kindheit)

Hinsichtlich der kreuzmodalen Wahrnehmung in der frühen Kindheit stellt sich der Forschung seit Jahrzehnten nicht nur die Frage, wie es Neugeborenen gelingt, dem Strom von Reizen, die auf alle Sinne treffen, Bedeutung zuzuordnen, und wie die qualitativ verschiedenen Informationen, die auf die einzelnen Modalitäten treffen, koordiniert und zu einer einheitlichen Wahrnehmung zusammengefügt werden. Es wird ebenso fokussiert, in welchem Ausmaß die Sinne in früher Kindheit integriert sind und wie sich die kreuzmodale Wahrnehmung unter dem Einfluss von Entwicklung und Lernerfahrung verändert (vgl. Lewkowicz & Kraebel, 2004; Robinson & Sloutsky, 2010).

Im Folgenden werden die Theorie der intersensorischen Redundanz und ihre Bedeutung für das frühkindliche Lernen sowie eine Studie zur kreuzmodalen Wahrnehmung von Farbe und Tonhöhe dargestellt. In Bezug auf die vorliegende Arbeit ist dabei von Interesse, zu welchem Zeitpunkt in der Entwicklung Farbe und Tonhöhe verbunden werden können, und ob eine potenziell zu Grunde liegende Semantik die Bildung dieser Verbindung möglicherweise unterstützt.

### 2.4.1 Theorie der intersensorischen Redundanz

Die Theorie der intersensorischen Redundanz („Intersensory Redundancy Hypothesis“, IRH; Bahrick & Lickliter, 2000) postuliert, dass „in früher Kindheit Information, die redundant und zeitlich synchron über zwei oder mehr Sinnes-Modalitäten präsentiert wird, selektiv Aufmerksamkeit auf sich zieht“ (Bahrick & Lickliter, 2000, S. 190, Übers. d. Verf.). Dadurch treten diese redundant präsentierten Eigenschaften eines Ereignisses in den Vordergrund, die anderen rücken dagegen in den Hintergrund. Dieser Aspekt bildet nach einer frühen Auffassung der Autoren den ersten von drei Bestandteilen der Theorie. Der zweite Aspekt erklärt, intersensorische Redundanz und die daraus resultierende Aufmerksamkeitslenkung führe zu Prioritäten in der perzeptuellen Verarbeitung, im Lernen und sogar Erinnern. Der letzte Aspekt adressiert zum einen als Zweck dieser Verarbeitungspriorität die einheitliche Wahrnehmung von tatsächlich zusammengehörigen multi-modalen Ereignissen in der Umwelt der Säuglinge. Zum anderen wird betont, dass eine weitere Verarbeitung durch die Verarbeitungspriorität der redundant spezifizierten Information nur eingeschränkt erfolgt (vgl. Bahrick & Lickliter, 2000).

Intersensorische Redundanz bezieht sich demnach auf die Wahrnehmung derselben Information (z. B. Rhythmus oder Intensität) in mindestens zwei verschiedenen Sinnes-Modalitäten, die zu einer höheren Salienz der redundant spezifizierten Information führt. Neben der Gleichzeitigkeit ist dafür ebenso die räumliche Koordination der Ereignisse bedeutend (Bahrck & Lickliter, 2000; vgl. Bahrck, Lickliter, & Flom, 2004).

Redundant spezifizierte Information wird im Rahmen der Theorie auch „amodale“ Information genannt. Diese wird von der „modalitäts-spezifischen“ Information unterschieden, welche ausschließlich durch eine Modalität wahrgenommen werden kann, z. B. Farbe oder Tonhöhe (Bahrck & Lickliter, 2000; vgl. Bahrck u. a., 2004).

Die Relevanz der Theorie liegt darin, dass sie erklärt, wie Säuglinge mit Hilfe von amodaler Information ihrer Umgebung Bedeutung zuschreiben können und beispielsweise aufgrund der gemeinsamen Bewegungsrate der visuellen und auditiven Information lernen, eine Stimme einer sprechenden Person zuzuordnen. Amodale Information verhindert so, dass Säuglinge Sprache etwas anderem als der relevanten Person zuordnen, etwa einer Farbe, einem Objekt in der Umgebung oder einer anderen anwesenden Person – und zwar über den Mechanismus der Lenkung von Aufmerksamkeit (Bahrck & Lickliter, 2000).

So konnten Bahrck und Lickliter (2000) zeigen, dass ein bimodal (auditiv-visuell) dargebotener Rhythmus von fünf Monate jungen Säuglingen während der Habituationsphase verarbeitet wurde, d. h. sie in der Testphase einen neuen Rhythmus diskriminierten, wohingegen unimodal präsentierte Rhythmen nicht voneinander unterschieden wurden. Während der Habituationsphase wurde einer von vier unregelmäßigen Rhythmen im Vierertakt dargeboten (mit jeweils einem Takt Pause), d. h. es wurde ein Hammer gezeigt, der in diesem Rhythmus auf eine hölzerne Unterlage klopfte. Nachdem das Habituationkriterium von 50% der anfänglichen Blickdauer (oder weniger) erreicht war, wurden zwei unveränderte Rhythmen gezeigt und daraufhin zwei Test-Trials mit verändertem Rhythmus (ausschließlich visuell präsentiert). Nur die Säuglinge in der Bedingung der bimodalen auditiv-visuellen Habituation zeigten eine visuelle Erholung in Bezug auf den neuen Rhythmus im Vergleich zu den unveränderten Rhythmen der Testphase, nicht hingegen die Säuglinge der Bedingungen mit unimodaler Habituation (visuell oder auditiv; letztere operationalisiert über die zusätzliche Darbietung eines statischen Bilds des Hammers). Die amodale Information „Rhythmus“ konnte folglich schlechter in unimodalen Kontexten verarbeitet werden, obwohl sich die Verarbeitungszeiten, d. h. die Dauer der Habituation, in den Gruppen nicht signifikant unterschieden.

Zudem wiesen die Autoren in einem weiteren dazugehörigen Experiment nach, dass Synchronie zwischen den Modalitäten eine wichtige Determinante für die Bildung der auditiv-visuellen Verbindung war, indem sie dieselben Rhythmen asynchron, d. h. mit verschobener Tonspur während der Habituations- und Testphase präsentierten. Die fünf Monate alten Säuglinge zeigten in dieser asynchronen Bedingung keinen Anstieg in der Blickdauer zu den geänderten Test-Trials. Die Autoren sahen diesen Befund als Nachweis der von ihnen postulierten Aufmerksamkeitslenkung durch amodale Präsentation an und schlossen einen erhöhten Erregungszustand durch eine bimodale Präsentation als Erklärung der Diskrimination damit aus, denn in dem Fall hätten die Säuglinge auch in der asynchronen Bedingung die neuen Trials unterscheiden müssen. Die bimodale und synchron präsentierte Information war salienter, lenkte die Aufmerksamkeit und förderte im Anschluss sogar die perzeptuelle Differenzierung von unimodaler Stimulation (da der Rhythmus in der Testphase rein visuell präsentiert wurde). Die Synchronie erwies sich als ein wichtiges, die Verbindung förderndes Element (Bahrack & Lickliter, 2000).

Die IRH trifft jedoch später auch divergierende Vorhersagen für die Aufmerksamkeitslenkung und perzeptuelle Verarbeitung der Stimuluseigenschaften in Abhängigkeit von der Art der Stimulierung (Bahrack u. a., 2004): Neben der besseren Verarbeitung amodaler Information durch intersensorische Redundanz, und einer schlechteren Verarbeitung dieser amodalen Information in unimodaler Stimulierung (Bahrack & Lickliter, 2000), wie soeben beschrieben, sagt die IRH darüber hinaus ein besseres Lernen modalitäts-spezifischer Information in unimodaler gegenüber multi-modaler Stimulierung (vgl. Abbildung: Vorhersagen der IRH, zu finden in Bahrack u. a., 2004, S. 100) voraus.

So diskriminierten fünf Monate alte Säuglinge eine Änderung in der Orientierung eines Hammers, der einen Rhythmus klopfte (entweder nach unten auf einen Holzboden oder nach oben an eine Holzdecke) nur nach einer unimodalen visuellen Stimulierung, nicht nach einer auditiv-visuellen Habituation (Bahrack & Lickliter, 2002; Bahrack, Lickliter, & Flom, 2006). Da es sich bei der Orientierung um eine rein visuelle Information handelte, interpretierten die Autoren, dass die bimodale Präsentation die Aufmerksamkeit von der nur unimodal verfügbaren Dimension „Orientierung“ auf die amodale Information „Rhythmus“ lenkte. Im Gegensatz dazu führte die unimodale Präsentation zu einer Lenkung der Aufmerksamkeit auf visuelle Eigenschaften, ohne dass salientere, redundante Eigenschaften störten.

Eine kreuzmodale Präsentation führt somit zu einer Erleichterung der Verarbeitung amodal spezifizierter Information, jedoch zu einer Hemmung modalitäts-spezifischer Information.

Weiterhin beinhaltet die IRH einen Entwicklungsaspekt sowie das Kriterium einer Abhängigkeit von der Aufgabenschwierigkeit: Je erfahrener Individuen werden, desto mehr schwächt sich die Abhängigkeit der Verarbeitung von der Art der Stimulierung ab, da mehr kognitive Ressourcen zur Verfügung stehen. So ist die Abhängigkeit in früher Kindheit am stärksten ausgeprägt oder auch bei einer hohen Schwierigkeit von Aufgaben (Bahrick, Lickliter, Castellanos, & Vaillant-Molina, 2010). Selbst Erwachsene sollen der Theorie zufolge in neuen oder schweren Situationen von intersensorischer Redundanz profitieren (Bahrick u. a., 2004). In Bezug auf die Studie zur Diskriminierung der visuellen Information „Orientierung“ konnte so gezeigt werden, dass acht Monate alte Kinder sehr wohl die Änderung der Orientierung des Hammers nach beiden Habituationsarten diskriminierten, nach visueller Habituation genauso wie nach bimodaler (auditiv-visueller) Habituation – im Gegensatz zu den noch unerfahreneren fünfmonatigen Säuglingen, die ausschließlich nach rein visueller Habituation die visuelle Änderung diskriminierten (Bahrick u. a., 2006).

Sehr bemerkenswert war in dem Zusammenhang mit der Diskriminierung unimodaler Information ein weiterer Befund: Selbst drei Monate alte Säuglinge, also unerfahrene Wahrnehmende, diskriminierten die Änderung der Orientierung des Hammers nach bimodaler Habituation, wenn diese asynchron erfolgte, d. h. der Rhythmus des Aufschlags visuell und auditiv versetzt war. Dieses Ergebnis sprach wiederum dafür, dass die Redundanz der bimodalen Präsentation das Entdecken der Änderung in der Orientierung verhindert hatte, es zeigte darüber hinaus aber auch, dass die asynchrone bimodale Präsentation der unimodalen Darbietung ähnelte und den Säuglingen das Erkennen nicht redundant spezifizierter Information erleichterte (Bahrick u. a., 2006).

Zusammengefasst erklärt die Theorie der intersensorischen Redundanz über den Mechanismus der Aufmerksamkeitslenkung, wie Neugeborene mit Hilfe einer ressourcenschonenden und effizienten Verarbeitung die salienten Dimensionen der perzeptuellen Welt erfassen, bevor bei weiterer Exploration auch weniger saliente Eigenschaften beachtet werden (Bahrick & Lickliter, 2002). Die intersensorische Redundanz wirkt dabei als determinierender Faktor, welcher Information in multi-modalen Kontexten zunächst Aufmerksamkeit geschenkt wird. Ohne diese würde die Verarbeitung häufig bruchstückhaft und nicht integriert ausfallen. Ihre Bedeutung für die weitere Kognition, Sprache und soziale Entwicklung wird betont (z. B. Bahrick & Lickliter, in press).

Einige Kritik besteht gegen die Theorie. So wurden einige Besonderheiten des frühkindlichen Lernens nicht adressiert, beispielsweise wurde innerhalb der amodalen Information nur eine geringe Differenzierung vorgenommen: Es wird zwar eine gewisse wachsende Spezifität von der

IRH angenommen, beispielsweise, dass Säuglinge früher empfänglich sind für globale amodale Relationen wie Synchronie als für spezifischere amodale Relationen, wie z. B. das Konzept der „Mikrostruktur“ (die auditiv-visuelle Information der Zusammensetzung von Objekten, einzelne große Objekte vs. mehrere zusammengesetzte kleine Objekte; Bahrck, 2001). Dennoch wurden einige Entwicklungsschritte der Sensitivität nicht berücksichtigt, z. B. sind Säuglinge später sensitiv für Rhythmus als für Synchronie (Lewkowicz, 2000).

Abgesehen davon sind manche zentrale Begriffe zunächst missverständlich: Das Präfix „a“ in „amodaler“ Information legt zunächst nahe, die Information würde „ohne“ Modalität oder „nicht über Modalitäten“ wahrgenommen, was kaum möglich ist. Zudem ist das Gegenteil gemäß der Theorie der Fall, sie soll in mehreren Modalitäten gleichzeitig wahrnehmbar sein. Ebenso ist die übermittelte Information nicht im üblicherweise verwendeten Wortsinne „redundant“, d. h. überflüssig, da sie im Gegenteil zu Beginn der Entwicklung zwingend notwendig ist und verstärkend wirkt, redundant ist sie höchstens aus Sicht erfahrener Wahrnehmender, die nach Auffassung der Theorie erst durch die Wahrnehmung eben dieser Information zu solchen geworden sind.

Dennoch stellt die IRH einen umfassenden, vielfach bewährten Rahmen für viel Evidenz in dem Bereich des frühkindlichen Lernens dar, speziell durch die angenommenen Salienz-Hierarchien der Aufmerksamkeitslenkung (beispielsweise die Vorhersagen bezüglich der unterschiedlichen Kombinationen von Stimuluseigenschaften und zur Verfügung stehender Wahrnehmungs-Modalitäten, aber auch die Abhängigkeit von der Entwicklung und Aufgabenschwierigkeit). Auch erfolgte bzw. erfolgt momentan eine Prüfung des Mechanismus der Aufmerksamkeitslenkung durch die Erfassung erhöhter Aufmerksamkeit anhand perzeptueller Parameter (wie Länge der Verarbeitungszeit während der Habituation) oder physiologischer Parameter (z. B. ereignisevozierte Potenziale, ERPs; Hyde, Jones, Porter, & Flom, 2010).

Bislang wurde in der IRH die amodale Information nicht auf Semantik bezogen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird das Konzept der intersensorischen Redundanz auf diese Dimension erweitert. Demzufolge bezieht sich amodale Information in der vorliegenden Arbeit auf ähnliche, beiden Modalitäten zu Grunde liegende, und damit redundante semantische Information im Sinne der erwachsenen Semiotik.

Im folgenden Abschnitt wird eine Studie zur Wahrnehmung der auditiv-visuellen Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe vor dem Hintergrund der IRH dargestellt.

### 2.4.2 Kreuzmodale Wahrnehmung von Farbe und Ton

Eine Studie zum Lernen von willkürlichen und modalitäts-spezifischen auditiv-visuellen Relationen untersuchte, wann Säuglinge in der Lage sind, die Farbe eines Objekts und dessen Geräusch beim Aufprall – mit manipulierter Tonhöhe – als zusammengehörig wahrzunehmen (Bahrck, 1994). Dazu wurden drei, fünf und sieben Monate alte Säuglinge in einem Habituations/Test-Verfahren auf zwei Video-Ereignisse desselben Ereignis-Sets habituiert, die sich nur in Farbe und Form der Objekte unterschieden. Das eine Ereignis war mit einem hohen Aufschlagston kombiniert, das andere mit einem tiefen Aufschlagston. In der Testphase wurden anschließend dieselben Ereignisse in umgekehrter auditiv-visueller Verbindung präsentiert („Wechsel“-Methode).

In den Ereignis-Sets wurden zum einen die Substanz der Objekte variiert, zum anderen die Zusammensetzung der Objekte. Sie bestanden also aus einem Metall-Set, einem Plastik-Set, und einem Holz-Set (mit jeweils zwei verschiedenen Objekten, z. B. Tomate und Birne). Zusätzlich gab es zwei Varianten bezüglich der „Mikrostruktur“ der Objekte: Die Objekte der Sets waren entweder einzeln („Paar einzelner Objekte“) oder aus mehreren Objekten zusammengesetzt („Paar zusammengesetzter Objekte“). Insgesamt gab es also zwölf Ereignisse.

Im Metall-Set wurde (im „Paar einzelner Objekte“) ein metallenes Objekt (eine gelbe Scheibe mit Loch oder eine orangefarbene sechseckige Nuss) fallen gelassen und traf auf eine Oberfläche aus Holz. In der zweiten Variante des Sets wurden mehrere kleine metallene Objekte (mehrere kleine gelbe Scheiben und mehrere kleine sechseckige Nüsse) auf denselben Untergrund fallen gelassen (im „Paar zusammengesetzter Objekte“).

Im Plastik-Set wurden Plastikfrüchte (eine einzelne rote Tomate oder eine einzelne gelbe Birne im „Paar einzelner Objekte“ bzw. ein Bündel mehrerer kleiner roter Tomaten oder gelber Birnen im „Paar zusammengesetzter Objekte“) gegen eine Oberfläche geschlagen.

Im Holz-Set wurde (im „Paar einzelner Objekte“) ein breites, halbrundes Brett mit rosa und lila Streifen oder ein rechteckiges Brett mit gelben und blauen Streifen an einem Faden fallen gelassen bzw. ein Bund von sechs kleinen halbrunden Brettchen mit rosa und lila Streifen und ein anderes Bund von sechs kleinen rechteckigen Brettchen mit gelben und blauen Streifen (im „Paar zusammengesetzter Objekte“). In keinem der Videos war eine Hand sichtbar.

Die Tonhöhe des natürlichen Geräuschs beim Aufschlag oder Aufprall der Objekte wurde in der Hälfte der Videos erhöht und in der anderen Hälfte abgesenkt, so dass die hohen oder tiefen Geräusche mindestens eine Oktave auseinander lagen.

So sah ein Säugling zum Beispiel in der Habituation eine gelbe Birne zusammen mit einem hohen Aufprallton alternierend mit einer roten Tomate und einem tiefen Aufprallton. Nachdem die Blickdauer des Säuglings um 50 % abgenommen hatte, wurden in der Testphase zunächst dieselben zwei Filme ohne Änderungen präsentiert und anschließend zwei Test-Trials in umgekehrter auditiv-visueller Relation dargeboten, d. h. die gelbe Birne mit einem tiefen Aufprallton und die rote Tomate mit einem hohen Ton.

Die mittlere visuelle Erholung war die abhängige Variable, d. h. der Anstieg in der Blickdauer zu den zwei Test-Trials mit umgekehrter auditiv-visueller Relation im Vergleich zu den beiden Filmen ohne Änderung in der Testphase. Es zeigte sich nur ein signifikanter Anstieg in der Blickdauer der Siebenmonatigen zu den geänderten auditiv-visuellen Relationen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe im gleichen Alter, die während der Testphase dieselben Videos aus der Habituation gesehen hatte. Die Säuglinge im Alter von drei und fünf Monaten zeigten keine visuelle Erholung in der Testphase im Vergleich zu ihren gleichaltrigen Kontrollgruppen. Bahrick interpretierte die Daten so, dass die Säuglinge erst in einem Alter von sieben Monaten die Beziehung zwischen Farbe/Form eines Objekts und einem dazu gehörigen Ton entdeckten. Die Ergebnisse der unterschiedlichen Sets (Holz, Metall, Plastik; einzeln vs. zusammen gesetzte Objekte) unterschieden sich nicht.

Bahrick (1992) führte bereits zwei Jahre zuvor Experimente durch, die aus ihrer Sicht als Kontrollexperimente für die soeben beschriebene Studie herangezogen werden konnten. Diese sollten bestimmen, ob bereits Dreimonatige in der Lage waren, die auditiven oder visuellen Änderungen, d. h. Tonhöhenveränderungen oder Änderungen der verwendeten Objekte wahrzunehmen:

In der ersten Studie zur Prüfung der Diskriminierung einer Tonhöhenänderung wurde drei Monate jungen Säuglingen jeweils ein Objekt (der Objekte der Metall-, Holz- und Plastik-Sets, einzeln oder zusammen gesetzt) während der Habituationsphase mit einem Aufprallgeräusch (hoch vs. tief, jeweils die Hälfte der Probanden) präsentiert. In der Testphase wurde dasselbe Objekt mit jeweils geänderter Tonhöhe dargeboten und die visuelle Erholung bestimmt. Die Experimentalgruppen zeigten eine visuelle Erholung in der Testphase im Vergleich zu Kontrollgruppen, denen keine Tonhöhenänderung präsentiert wurde (Bahrick, 1992).

Analog wurde den Säuglingen in der zweiten Studie zum Test der Diskriminierung der Objektänderung während der Habituationsphase ein Objekt mit einem Aufprallgeräusch (hoch vs. tief) dargeboten, wohingegen in der Testphase nur das jeweils andere Objekt eines Ereignis-Sets gezeigt wurde, und keine Tonhöhenänderung erfolgte. Die drei Monate alten Säuglinge der

Experimentalgruppe zeigten wiederum einen signifikanten Anstieg in der Blickdauer in den Test-Trials im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die keine Objektänderung gesehen hatte (Bahrick, 1992).

Allerdings wies diese Methode nicht zwingend die Diskriminierung unimodaler Veränderungen nach, wie beabsichtigt. Die von Bahrick (1992) verwendete Methode ähnelt dem von Lewkowicz (2000) beschriebenen „Verfahren der Variation multimodaler Komponenten“, in dem die Säuglinge auf einen bimodalen Stimulus habituiert werden, und in der Testphase jeweils Test-Trials mit unimodalen Änderungen sehen (im Grunde zusätzlich noch eine bimodale Änderung, die Bahrick nicht prüfte). Der Unterschied zu Bahricks (1992) Studie besteht nur darin, dass Bahrick (1992) die unimodalen Änderungen in getrennten Experimenten untersuchte. Lewkowicz (2000) betont, mit dieser Methode sei es nur möglich zu bestimmen, ob Säuglinge gegenüber einem spezifischen Stimulusattribut einer Sinnes-Modalität im Kontext der Information der anderen Modalität sowie gegenüber der intersensorischen Beziehung sensitiv wären – da die Änderung im unimodalen Test-Trial ebenso eine Änderung in der intersensorischen Beziehung nach sich zieht (Lewkowicz, 2000, S. 4).

Demnach belegen die von Bahrick (1992) durchgeführten Experimente nicht zwingend eine Diskriminierung rein unimodaler Veränderungen. Selbst in den 1992 durchgeführten Studien stand den Dreimonatigen nur die Änderung der Information einer Modalität im Zusammenhang mit der anderen Modalität zur Verfügung, wie Lewkowicz (2000) generell für die verwendete Methode herausstellt. In der Testphase wurde zwar z. B. lediglich der Ton geändert, jedoch wurde der Ton im Zusammenhang mit demselben Objekt präsentiert – es bestand also ebenso eine Änderung in der Relation zwischen Ton und Objekt. Das Erkennen der Änderung der Relation zwischen den auditiven und visuellen Komponenten sprach Bahrick (1994) allerdings erst sieben Monate alten Säuglingen in Interpretation der Befunde des „Wechsel-Verfahrens“ zu.

Alternativ könnte das von Bahrick (1994) verwendete „Wechsel-Verfahren“ mit einem Austausch der Dimensionen beider Modalitäten anstatt nur in einer Modalität nach einer Habituation auf zwei verschiedene auditiv-visuelle Ereignisse zu anspruchsvoll für jüngere Säuglinge sein, so dass erst sieben Monate alte Säuglinge diesen doppelten Wechsel diskriminierten. Möglicherweise besitzen erst Säuglinge im Alter von sieben Monaten die kognitiven Kapazitäten, die Relation zweier willkürlicher auditiv-visueller Komponenten in der Habituationsphase zu verarbeiten und zu erinnern.

Selbst wenn aufgrund der kritisch zu betrachtenden gewählten Methodik nicht bekannt ist, in welchem Alter Säuglinge arbiträre Farb/Form- und Tonhöhen-Verbindungen bilden können, ist diesen beiden Studien (Bahrick, 1992, 1994) zu entnehmen, dass speziell der Aufbau dieser arbiträren Verbindung zwischen Farbe/Form und Tonhöhe für die Säuglinge schwerer war als z. B. die Verbindung durch eine amodale Information, da sie erst in einem späteren Alter erfolgte. Die Diskriminierung von Änderungen in einer amodalen Information, der Mikrostruktur, d. h. der Verbindung zwischen einzelnen vs. zusammen gesetzten Objekten und ihrem dazugehörigen Aufprallgeräusch, gelang selbst Dreimonatigen schon in dem „Wechsel-Verfahren“ (Bahrick, 1992). Die Säuglinge wurden analog auf ein einzelnes Objekt und alternierend auf ein Bündel derselben zusammengesetzten Objekte mit jeweils passendem Aufschlageräusch (derselben Tonhöhe) habituiert, und diskriminierten in der Testphase die umgedrehte Relation.

Die Studie von Bahrick (1994) untersuchte als bislang einzige die Bildung einer Relation zwischen Farbe und Tonhöhe in der frühen Kindheit. Allerdings wurde hier nicht nur die Farbe, sondern auch die Form gleichzeitig variiert, d. h. die Säuglinge konnten zwei visuelle Variablen nutzen, um die Objekte voneinander zu unterscheiden und die Relation mit Tonhöhe zu bilden.

Darüber hinaus wurde von Bahrick (1994) insbesondere mit der Untersuchung der Verknüpfung von zwei primär physikalischen Variablen von vorneherein ein anderer Schwerpunkt verfolgt. Im Vergleich dazu liegt der Fokus der vorliegenden Arbeit im Bereich des Spracherwerbs bzw. der Entwicklung der Semiotik Erwachsener von Farben und Tonhöhe. Es wird also untersucht, ob bereits Säuglinge eine gewisse Art dieser Semantik wahrnehmen, eine Art nichtsprachlichen Vorläufer der erwachsenen, evtl. durch Erfahrung angereicherten, semantischen Strukturen, die Proto-Semantik genannt werden könnte. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird sozusagen eine semantische Anreicherung von physikalischen Dimensionen geprüft, da die vorliegende Studie eine semantische Kongruenz bestimmter Farben und Tonhöhen annimmt. Sie soll klären, ob eine Prädisposition in der Bildung dieser kongruenten Verbindungen besteht, während Bahrick (1994) verschiedenste Farben und sogar Muster undifferenziert mit der Tonhöhe präsentierte.

Die unterschiedliche Art der Operationalisierung verdeutlicht die verschiedenen Schwerpunkte: Während Bahrick eine rein mechanistische Präsentation wählte, in der die Geräusche von z. B. fallenden Objekten produziert wurden, oder der Ursprung der Bewegung gar nicht sichtbar wurde, d. h. eine Präsentation gänzlich ohne soziale Signale, wurde in der vorliegenden Arbeit ausdrücklich eine Art der Präsentation gewählt, wie sie für das Wortlernen und den Aufbau von Semantik relevant ist (s. Kap. 2.5.1). Aus diesem Grund wurden die Objekte mittels einer

Vorwärts-Bewegung präsentiert, die bereits eine Art Referenz für den Säugling schafft, worauf sich der Ton beziehen soll.

Zudem war die präsentierte Tonhöhenänderung bei Bahrck (1994) an die Objekte gebunden, da die Geräusche des Aufpralls unterschiedlicher Materialien und Zusammensetzungen verwendet wurden, das bedeutet, dass ein hohes Maß an semantischer Information, zusätzlich zur manipulierten Tonhöhe, bereits durch die Stimulusattribute vermittelt wurde. Dadurch wird ein weiteres Mal die Rolle der physikalischen Objekteigenschaften bei Bahrck (1994) offensichtlich, während in der vorliegenden Studie Sinus-Töne präsentiert wurden, die abgesehen von der potenziell semantischen Information der Tonhöhe kaum weitere Informationen beinhalten sollten. So sollte der Aufbau der rein an Tonhöhe gebundenen Semantik geprüft werden.

Angelehnt an Studien zum frühen Wortlernen fokussiert die vorliegende Arbeit zudem im Gegensatz zu Bahrck (1994) den Einfluss des Inputs und prüft explizit die Effekte sozialer Komponenten wie der Hand eines Menschen (sozial: Hand vs. nicht sozial: Tablett), wobei angenommen wird, dass ein soziales Signal eine stärkere Referenz für den Säugling schafft und das Lernen einer Verbindung erleichtert. Diese Referenz ist zwar nur schwach ausgeprägt im Vergleich zu anderen kommunikativen Signalen, die das Wortlernen unterstützen (wie z. B. eine Zeigegeste oder das Herstellen eines gemeinsamen Aumerksamkeitsbezugs durch Ansehen des Säuglings und wenden des Blickes zum Objekt), aber in der vorliegenden Arbeit ist die Frage von Interesse, inwieweit diese Art von Referenz bereits ein unterschiedliches Lernen nach sich zieht. Im nachfolgenden Kapitel (2.5) werden diese Aspekte der frühen Anfänge des Wortlernens und die Rolle sozialer Stimuli weiter ausgeführt.

### **2.4.3 Zusammenfassung**

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass die Theorie der intersensorischen Redundanz einen großen Stellenwert besitzt, indem sie veranschaulicht, wie Säuglinge lernen, ihrer Umwelt Bedeutung zuzuschreiben, und die Informationen ihrer Sinne zu einem sinnvollen Gehalt zu verknüpfen. Untersuchungen zeigten, dass für das Erkennen unimodaler und amodaler Aspekte von auditiv-visuellen Informationen unterschiedliche Darbietungen notwendig sind. Eine in mehreren Modalitäten erfahrbare Information wird dabei für Säuglinge zunächst in einer bimodalen Präsentation erfassbar, wohingegen modalitäts-spezifische Informationen in einer unimodalen Darbietung erkannt werden. Das Alter der Säuglinge und die Aufgabenschwierigkeit

waren dabei entscheidende Einflussfaktoren. Vor dem Hintergrund dieser Theorie untersuchte eine Studie, wann Säuglinge modalitäts-spezifische Informationen wie Farbe und Tonhöhe verknüpfen. Erst im Alter von sieben Monaten bildeten nach Auffassung der Autoren Säuglinge eine Verbindung zwischen diesen Stimuli. Dabei lag der Schwerpunkt allerdings im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit auf der Überprüfung einer Assoziation zwischen physikalischen Dimensionen, ohne Berücksichtigung einer potenziellen Semantik von Farbe und Tonhöhe, wie sie in der vorliegenden Arbeit geprüft werden soll. Dieses äußerte sich ebenfalls in der Operationalisierung der Darbietung, die rein mechanisch erfolgte.

## 2.5 Präsentation der Stimuli bzw. Art des Inputs (frühe Kindheit)

Neben Neigungen auf Seiten des Wahrnehmenden bzw. Lernenden hat sich ebenso die Art des Inputs als bedeutend für das Wortlernen erwiesen. Das bedeutet, von der Außenwelt angebotene Faktoren, z. B. Hinweisreize, die im häufigsten Fall von der Mutter der Säuglinge bereitgestellt werden, beeinflussen den Prozess.

Im Folgenden wird zunächst die Relevanz von Objekt-Bewegungen und der Synchronie für die Bildung von Verbindungen zwischen Objekten und Silben (als einer frühen Form der Assoziation zwischen Wörtern und Objekten) dargestellt, bei denen es sich um eine ebenso willkürliche und künstliche auditiv-visuelle Verbindung handelt wie zwischen Farbe und Tonhöhe. Anschließend wird der Stellenwert sozialer Signale für die Verarbeitungstiefe dieser Verbindungen erläutert.

### 2.5.1 Einfluss der Art der Präsentation auf das Lernen von Objekt-Silben-Verbindungen

Für die Bildung von Verbindungen zwischen Wörtern/Silben und Objekten bzw. des Mappings von Wörtern/Silben auf Objekte konnte in einem sehr frühen Alter gezeigt werden, dass Bewegung des Objekts und Synchronie der Benennung zur Bewegung wichtige Faktoren sind, die den Aufbau von Objekt-Silben-Paaren bei Säuglingen fördern (Gogate & Bahrick, 1998).

In einem Habituations/Test-Verfahren lernten sieben Monate alte Säuglinge die Verbindung zwischen einem Objekt und einem gesprochenen Vokal („a“ vs. „i“) nur, wenn das Objekt synchron zu den Vokalen bewegt wurde. Die Säuglinge wurden auf drei Bedingungen aufgeteilt: In einer Bedingung wurde das Objekt während der Habituation statisch präsentiert („unbewegte Bedingung“), in einer weiteren Bedingung wurde das Objekt bewegt und synchron dazu der Vokal gesprochen („bewegt-synchrone Bedingung“) und in einer weiteren Bedingung der Vokal asynchron zur Objektbewegung gesprochen („bewegt-asynchrone Bedingung“). Die Videos zeigten jeweils eins von vier bunten Objekten (einen Stern aus Holz, eine Plastik-Lammkeule, eine Plastik-Krabbe oder einen Igelfisch). Die Vokale wurden in einer ungleichmäßigen Rate von 26 Äußerungen pro Minute gesprochen und variierten dabei stark in Intonation, Intensität und Tonhöhe. Ihre Äquivalenz wurde geprüft, es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich ihrer mittleren fundamentalen Frequenzen oder ihrer mittleren Lautstärke, gemessen über jeweils die gesamte Schwingung.

In der „synchron bewegten Bedingung“ wurde das Objekt vor-, rückwärts und seitwärts synchron zu den gesprochenen Vokalen bewegt, so dass es aussah, als würde jemand dem Kind ein Objekt zeigen und es dabei benennen. In der „unbewegten Bedingung“ wurde die Tonspur von der „synchronen bewegten Bedingung“ übernommen, aber das Objekt stand still. In der „asynchron bewegten Bedingung“ wurden die Vokale in den Pausen zwischen den Bewegungen abgespielt, so dass ein asynchroner Eindruck zur Bewegung entstand.

Gogate und Bahrick (1998) verwendeten das „Wechsel“-Verfahren, d. h. den Säuglingen wurden abwechselnd zwei Objekt-Silben-Paare gezeigt, bis ihre Blickdauer um 50% abgenommen hatte (z. B. ein „a“ mit dem Igelfisch und ein „i“ mit der Krabbe). In den anschließenden Test-Trials wurden zwei Trials ohne Änderungen gezeigt und zwei Trials, in denen die Objekt-Silben-Paare jeweils ausgetauscht waren (z. B. ein „i“ mit dem Igelfisch und ein „a“ mit der Krabbe). Nur die Säuglinge der „synchron bewegten Bedingung“ zeigten eine visuelle Erholung in den Test-Trials, d. h. einen Anstieg in der Blickdauer, nur sie hatten also die Verbindung vorher gelernt.

Die Ergebnisse zeigten nach Ansicht der Autoren die Wichtigkeit von intersensorischer Redundanz für die Bildung willkürlicher Objekt-Silben-Verbindungen, denn Bewegung an sich reichte für das Lernen nicht aus. Die Autoren schlussfolgerten, Synchronizität reduziere den Grad an wahrgenommener Willkürlichkeit der ansonsten getrennten Stimuli bzw. der in den Sinnen ankommenden auditiv-visuellen Information (Gogate & Bahrick, 1998; Gogate, Prince, & Matatyaho, 2009).

Eine weitere Studie zeigte, dass sogar zwei Monate junge Säuglinge in der Lage sind, bei ausreichender Redundanz eine Silbe mit einem präsentierten Objekt zu verbinden, d. h. wenn das Objekt und die Silben synchron bewegt präsentiert wurden (Gogate u. a., 2009). Allerdings zeigten die Zweimonatigen nur einen Anstieg in der Blickdauer in der Testphase, wenn sie auf ein einzelnes Objekt-Silben-Paar habituiert wurden, nicht auf zwei verschiedene Objekt-Silben-Paare (wie bei Gogate und Bahrick; 1998). Es wurden dieselben visuellen Stimuli verwendet wie bei Gogate und Bahrick (1998), die auditiven Stimuli unterschieden sich („tah vs. „gah“). Demnach sind bereits zwei Monate junge Säuglinge sensitiv für die Verbindung zwischen einem Silben-Objekt-Paar.

Diese Studien heben die Bedeutung von Synchronie für die Bildung dieser arbiträren Verbindung hervor, neben der noch mindestens ein weiterer Faktor entscheidend ist: Die Art der Bewegung (Matatyaho & Gogate, 2008). Es scheint der Fall zu sein, dass die kindliche

Aufmerksamkeit auf benannte Objekte durch bestimmte Arten der Bewegung seitens der Mutter erhöht wird (Matatyaho & Gogate, 2008).

Die beiden oben beschriebenen Studien präsentierten die Videos in einer Vorwärtsbewegung („looming forward“), die eine der beiden häufigsten von Müttern ausgeführten Bewegungen während der Benennung von Objekten ist, eine weitere ist eine Schüttelbewegung. Rückwärts- und Seitwärtsbewegungen werden dagegen weniger beobachtet (Matatyaho & Gogate, 2008).

Es konnte gezeigt werden, dass acht Monate alte Säuglinge Objekt-Silben-Verbindungen lernten, wenn die Objekte bei synchroner Präsentation der Silben entweder „vorwärts“ bewegt (zum Kind hin) oder „geschüttelt“ wurden, aber nicht bei einer „Seitwärts“- oder „Aufwärts“-Bewegung oder wenn alle Bewegungen ausgeführt wurden (Matatyaho & Gogate, 2008; Matatyaho, Mason, & Gogate, 2007).

In dieser Studie wurde den Säuglingen während der Habitationsphase eins von vier Spielzeugen (Libelle, Fisch, Lammkeule, verschnörkeltes Spielzeug) in Kombination mit einer Silbe („wem“ vs. „baef“) gezeigt. Nachdem das Blickverhalten der Säuglinge um die Hälfte abgenommen hatte, wurden ihnen in der Testphase zwei unveränderte Objekt-Silben-Kombinationen zur Kontrolle gezeigt sowie zwei Trials mit entweder einer geänderten Silbe oder einem geänderten Objekt. Die Säuglinge zeigten in den geänderten Test-Trials nur eine visuelle Erholung im Vergleich zu den nicht geänderten Test-Trials, wenn die Objekte in einer „Vorwärts“- oder „Schüttel“-Bewegung präsentiert worden waren, nicht in einer „Aufwärts“- oder „Seitwärts“-Bewegung, oder wenn alle Bewegungen verknüpft wurden (Matatyaho u. a., 2007).

Damit sind zwei wichtige fördernde Faktoren für die Bildung arbiträrer Verbindungen wie zwischen Objekten und Silben nachgewiesen worden: Synchronie und die Art der Bewegung („Vorwärts“ oder „Schüttelnd“), die beide als eine Form der Invarianz von dem Säugling entdeckt werden (Gogate & Hollich, 2010). Das bedeutet, der Organismus richtet seine Aufmerksamkeit auf relativ stabile Muster oder Regelmäßigkeiten in der sich verändernden Anordnung von Stimuli in der Umgebung, wodurch die Unsicherheit der Referenz, d. h. worauf sich das Wort/die Silbe bezieht, verringert wird.

Allerdings ist die Rolle sozialer Signale in den bisher durchgeführten Studien (Gogate & Bahrick, 1998; Gogate u. a., 2009; Matatyaho & Gogate, 2008) nicht genauer beleuchtet worden. Die Autoren leiteten jeweils die Erleichterung des Lernens von den synchronen Bewegungen während der Präsentation der Objekte ab, jedoch waren diese allesamt Bewegungen, die durch einen gut sichtbaren Arm oder eine Hand durchgeführt wurden, die wiederum starke soziale

Signale für Säuglinge darstellen. In dem Fall, wo eine Kontrollbedingung zu den bewegten Bedingungen geschaffen werden sollte („unbewegte Bedingung“; Gogate & Bahrick, 1998), waren in dieser sowohl Bewegung als auch soziale Signale zurück gesetzt, da diese Objekte still standen und nicht von einer menschlichen Hand gehalten wurden. In dieser Bedingung fand keine Bildung der Objekt-Silben-Verbindung statt. Daher stellt sich die Frage nach der fördernden Wirkung der synchronen Vorwärts- oder Schüttel-Bewegung einerseits und der Rolle der Hand als einem lernfördernden sozialen Signal andererseits.

Die Bedeutung sozialer Signale für frühkindliches Lernen ist bekannt. So konnte beispielsweise für acht Monate alte Säuglinge gezeigt werden, dass soziale Hinweisreize im Gegensatz zu salienten nicht sozialen Hinweisreizen die Verarbeitungstiefe von bimodal präsentierten Stimuli förderten, obwohl beide Hinweisreize die Aufmerksamkeit lenkten (Wu & Kirkham, 2010): Auf einem Monitor wurden in jeweils zwei schräg gegenüber liegenden Ecken (z. B. rechts unten und links oben) dieselben zwei Figuren präsentiert (orangefarbene Spielzeugkatze vs. blauer Spielzeughund), die synchron zu einem Geräusch auf und ab hüpfen (z. B. die Katze zu einem „boing“, der Hund zu einem „bloop“). Während der Familiarisierungsphase sahen die Säuglinge in der Bedingung mit sozialem Hinweisreiz eine Frau zentral im Bild, die sie ansprach („Hi baby, look at this!“) und ihren Kopf wendete, d. h. den Blick auf eine der beiden unteren Ecken richtete, in der ein Objekt mit Geräusch präsentiert wurde, ebenso wie in der diagonal gegenüberliegenden Ecke des Bildschirms. Im nächsten Familiarisierungstrial wurde die andere Objekt-Geräusch-Verbindung in den jeweils anderen Ecken präsentiert worden. Die Säuglinge der Bedingung mit nicht-sozialen Hinweisreizen sahen während der Familiarisierung jeweils ein blinkendes rotes oder gelbes Quadrat um eine Objekt-Geräusch-Verbindung. In den anschließenden Test-Trials wurde jeweils nur ein Geräusch gespielt, und die Blickdauer zu den einzelnen Ecken analysiert. Nur die Säuglinge der sozialen Bedingung zeigten, dass sie eine Verbindung zwischen einem Objekt („Hund“ vs. „Katze“) und einem dazugehörigen Geräusch („bloop“ vs. „boing“) gebildet hatten, indem sie bei dem jeweiligen Geräusch in die – richtige – untere Ecke des Bildschirms schauten, wo sich das zum Geräusch passende Objekt in der Familiarisierung befand; die Säuglinge der salienten nicht sozialen Bedingung zeigten eine ausgeglichene Blickdauer in die beiden unteren Ecken. Scheinbar formten nur die Säuglinge in der sozialen Bedingung eine auditiv-visuelle Verbindung, die Säuglinge der nicht-sozialen Bedingung antizipierten die Objekte an beiden möglichen Orten, d. h. sie erinnerten sich lediglich an die Hinweisreize.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass sich für das frühe Wortlernen bzw. den Aufbau einer Assoziation zwischen einem Objekt und einer Silbe eine dynamische Präsentation als

wesentlich herausgestellt hat, und eine synchrone Darbietung der Silbe zur Bewegung des Objekts. Einen weiteren relevanten Einflussfaktor stellte die Art der Bewegung des Objekts dar, wobei sich eine Vorwärts- („looming forward“) oder Schüttelbewegung als lernfördernd bewiesen hat. Allerdings wurde in den Studien die Rolle sozialer Signale nicht genauer betrachtet, die den Bewegungen jeweils inhärent waren. In der vorliegenden Studie wird daher durch Variation des sozialen Gehalts der Bewegung deren Stellenwert geprüft, d. h. indem die Objekte zum einen in einem sozialen Kontext präsentiert werden, zum anderen in einem nicht sozialen Kontext.

## 3 STUDIE ERWACHSENE

### 3.1 Fragestellung und Hypothesen

#### 3.1.1 Ableitung der Fragestellung

Ziel der vorliegenden Studie ist eine umfassende und systematische, explorative Untersuchung der emotionalen Semantik von Farben und Tonhöhe.

Wie aus der Literatur zur Evaluation von Farben und Tonhöhe durch Erwachsene hervorgegangen ist, liegt einige Evidenz hinsichtlich der Semantik von Farbe und der von ihr ausgelösten Emotionen und Assoziationen vor. Insbesondere in Hinblick auf die Farbe Rot und ihren Auswirkungen wurde kürzlich viel geforscht (Elliot u. a., 2010, 2009, 2007; Lichtenfeld u. a., 2009; Maier u. a., 2009, 2008; s. Kap. 2.1.2.2. bis 2.1.2.5). Eine starke Signalwirkung von Rot entsprechend des Kontexts (vor allem Gefahr, aber auch Dominanz, Status und Attraktivität) wird deutlich, Rot ist somit eine sehr saliente Farbe. Eine Verbindung zwischen der Salienz von Rot und der Verwendung der Farbe in Warnsignalen wird bereits vermutet (z. B. Franklin u. a., 2010; s. Kap. 2.3.3.4.1). Bezüglich der Farbe Grün, der Gegenfarbe zu Rot in vielen Farbmodellen, gibt es jedoch weniger Untersuchungen. Die Farbe ist aber positiv konnotiert und hat sich teilweise als Antagonist von Rot erwiesen (z. B. Moller u. a., 2009; s. Kap. 2.1.2.1).

Dagegen sind zu reiner Tonhöhe ohne musikalischen oder sprachlichen Kontext bislang nur vereinzelt Forschungsdaten vorhanden (s. Kap. 2.1.4). Entweder wurden nur sehr wenige Emotionen oder Assoziationen zu Tonhöhe erfasst (Collier & Hubbard, 2001; Marks, 1982), oder vorrangig das Konzept Tonhöhe untersucht anstelle eines perzeptuellen Eindrucks (Eitan & Timmers, 2010; s. Kap. 2.1.4.1). Zudem sind die wenigen Studien widersprüchlich, z. B. hinsichtlich der Valenz von Tonhöhe (Collier & Hubbard, 2001; Eitan & Timmers, 2010), evtl. begründet durch die unterschiedliche Methodik. Insgesamt ist demnach sehr wenig zur Semantik von kontextfreier Tonhöhe bekannt. Es zeichnet sich jedoch zumindest in der konzeptuellen Bewertung ab, dass Tonhöhe an den Polen („hoch“ vs. „tief“) gegensätzlich konnotiert ist (Eitan & Timmers, 2010). In Bezug auf eine Signalwirkung durch Töne wurden allerdings bislang keine Untersuchungen durchgeführt.

Ebenso ist die kreuzmodale Evaluierung hinsichtlich chromatischer Farben und Tonhöhe bisher mit relativ wenig Forschung belegt worden (s. Kap. 2.2). In Bezug auf achromatische Farben

wurde ein kongruenter Zusammenhang nachgewiesen („Weiß“ und hohe Töne bzw. „Schwarz“ und tiefe Töne; Martino & Marks, 1999; Melara, 1989), die Befunde zu chromatischen Farben und Tonhöhe beruhen dagegen auf vereinzelt Studien (s. Kap. 2.2.2). In einer Matching-Aufgabe, d. h. einer direkten Zuordnung von Tonhöhe zu Farben, wurden Zusammenhänge zwischen Farben und Tonhöhe nachgewiesen, die teils über Helligkeit vermittelt waren. Allerdings basierte die Zuordnung durch die Art der Aufgabenstellung auf keinem breiten emotionalen oder assoziativen Spektrum. Zudem wurden eher konzeptuelle Zuordnungen untersucht, da keine Stimuli präsentiert wurden (Marks, 1982). Eine weitere frühe Studie konnte in Bezug auf „Rot“ und „Blau“ anhand eines Reaktionszeitparadigmas keine Korrespondenz zwischen der Wellenlänge der Farben und der Frequenz der Töne nachweisen (Bernstein u. a., 1971; s. Kap. 2.2.2). Bislang prüfte keine Studie semantisch basierte Kongruenzen zwischen Farbe und Tonhöhe und analysierte dabei die vielfältigen Konnotationen der Stimuli. Daher wurde auch die Basis – oder Folge – bimodaler Warnsignale (oder positiver Gebote), die häufig im Alltag Verwendung finden, bislang nicht untersucht.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist eine erstmalige umfassende und systematische, explorative Untersuchung der emotionalen Semantik von Farben und Tonhöhe, wobei der Fokus auf einer Vergleichbarkeit der Evaluierungen der Stimuli beider Modalitäten mittels einer einheitlichen Methodik liegt. Semantik bezieht sich allgemein u. a. auf die konnotative Bedeutung von Zeichen (Häcker, Stapf, & Becker-Carus, 1998), die affektive und intuitive Assoziationen umfasst (Häcker u. a., 1998). In der vorliegenden Arbeit wird hauptsächlich der Begriff „emotionale Semantik“ für die Farben und Töne verwendet, und damit genauer betrachtet im Sinne der manchmal synonym benutzten Semiotik verwendet (vgl. Häcker u. a., 1998). Letztere beinhaltet im Gegensatz zu der rein auf die Bedeutung sprachlicher Zeichen abzielenden Semantik (Häcker u. a., 1998) auch die Untersuchung nicht-sprachlicher Zeichen, unter anderem auch deren Symbol- oder Signalcharakter (Häcker u. a., 1998). Die drei Begriffe Semantik, emotionale Semantik und Semiotik werden in der vorliegenden Arbeit synonym verwendet.

Operationalisiert wird die emotionale Semantik über die Erfassung begrifflicher Assoziationen einerseits sowie deren Valenz andererseits ebenso wie über die Erhebung von Emotionen gegenüber den perzeptuellen Stimuli. In einer Fragebogen-Studie werden Emotionen und Assoziationen und deren Valenz zu vier Primärfarben („Rot“, „Grün“, „Blau“, „Gelb“) und vier Tönen verschiedener Frequenzen (475 Hz, 700 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz) zum Teil anhand derselben Items erfasst.

### 3.1.2 Fragestellungen und Hypothesen

#### **Fragestellung A: Existiert eine universelle (d. h. vielfältige und umfangreiche) Semantik in Bezug auf Farben und Tonhöhe?**

##### **Hypothese 1**

- a. Die Farbe Rot löst vorrangig negative Emotionen und Assoziationen aus.
- b. Die Farbe Grün ruft positive Emotionen und Assoziationen hervor.
- c. Hohe Töne lösen negative Emotionen und Assoziationen aus.
- d. Tiefe Töne lösen positive Emotionen und Assoziationen aus.

#### **Fragestellung B: Gibt es eine ähnliche kreuzmodale emotionale Semantik zwischen chromatischen Farben und Tonhöhe?**

##### **Hypothese 2**

- a. Rot und hohe Töne weisen eine ähnliche Semiotik auf, d. h. sie stimmen in ihren Emotionen und Assoziationen und deren Valenz zu einem großen Teil überein.
- b. Grün und tiefe Töne ähneln sich in ihrer Semiotik, d. h. sie stimmen in ihren Emotionen und Assoziationen und deren Valenz zu einem großen Teil überein.

Aufgrund der geringen Evidenzen bisher auf diesem Gebiet weist diese Untersuchung einen stark explorativen Charakter ähnlich einer Pilotstudie auf, und dieses insbesondere in Hinblick auf die Fragestellung B.

## 3.2 Methode

### 3.2.1 Stichprobe

Die Probanden waren gesunde Studierende aus 17 verschiedenen Fakultäten der Universität oder der Fachhochschule Bielefeld und wurden zum größten Teil über Aushänge in der Universität Bielefeld rekrutiert. Weiterhin wurde die Studie in Veranstaltungen der Universität Bielefeld vorgestellt.

Alle Probanden waren einsprachig aufgewachsene deutsche Muttersprachler, zur Kontrolle des Einflusses anderer Kulturen und Sprachen auf die Evaluierungen. Weitere Ausschlusskriterien waren Alexithymie, Depression und ein Intelligenzquotient unter 90 Punkten. Weitere Ausschlusskriterien waren Kopfverletzungen, schwere medizinische, neurologische oder psychiatrische Krankheiten, beeinträchtigte Farb- oder Tonwahrnehmung oder Substanzmissbrauch. Diese Ausschlusskriterien sollten eine normale (psycho-)physiologische und emotionale Verarbeitung der Stimuli sowie eine allgemeine sprachliche Ausdrucksfähigkeit bzw. Reflexionsvermögen gewährleisten.

Von 68 getesteten Versuchspersonen gingen 48 in die Analysen ein ( $N = 48$  [24 w, 24 m];  $M_{Alter} = 26.2$ ,  $SD_{Alter} = 4.4$ , Altersrange: 20-40 Jahre). Eine Probandin wurde aufgrund einer anderen Muttersprache (polnisch) ausgeschlossen, vier Personen aufgrund von Alexithymie ( $> 54$  Punkte), vier Probanden aufgrund von Depression ( $> 17$  Punkte), und eine weitere Person aufgrund von Depression und gleichzeitiger Alexithymie. Eine Person wurde wegen ihres auffälligen Verhaltens ausgeschlossen (aggressive Reaktion auf die psychologischen Fragebögen). Die Daten zweier Probanden gingen wegen einer abweichenden Ausbildung nicht in die Analysen ein (kein Studium). Die Daten von drei weiteren Teilnehmern wurden aus medizinischen Gründen (Hirn-OP, Tinnitus, Spastik) nicht mit einbezogen. Zwei Versuchspersonen überschritten den Altershöchstwert von 40 Jahren. Zwei weitere Personen wurden aufgrund technischer Fehler während der Versuchsdurchführung aus den Analysen ausgeschlossen (Ausfall der Tageslichtlampe, Randomisierungsfehler).

## 3.2.2 Fragebögen

### 3.2.2.1 Demographischer Fragebogen/Anamnese

Neben klassischen demographischen Daten wie Name, Alter, Geschlecht, Adresse, Muttersprache, Familienstand und Ausbildung erfasste die Anamnese ebenso die physische und psychologische Gesundheit der Probanden, um eventuelle gesundheitsbezogene Einflüsse auf die Wahrnehmung oder Evaluierung der Stimuli zu kontrollieren. Insbesondere wurden medizinische, neurologische und psychiatrische Krankheiten erfasst, sowie Kopfverletzungen oder beeinträchtigte Ton- oder Farbwahrnehmung und weiterhin Konsum von Kaffee, Alkohol, Nikotin, Drogen oder anderen Substanzen (s. Anhang C).

### 3.2.2.2 Toronto-Alexithymie-Skala-26

Alexithymie wird als ein Persönlichkeitstrait angesehen, das Schwierigkeiten in der Identifizierung von Gefühlen und deren Kommunikation zu anderen umfasst. Erfasst wurde Alexithymie mit der Toronto-Alexithymie-Skala-26 (TAS-26; Kupfer, Brosig, & Brähler, 2001) im Selbstberichtsverfahren. Die Skala erfasst mittels 26 Items (Skala von 1-„trifft gar nicht zu“, 2-„trifft eher nicht zu“, 3-„teils/teils“, 4-„trifft eher zu“, bis 5-„trifft völlig zu“) auf drei Subskalen einen Gesamtwert von Alexithymie: Skala a) *Schwierigkeiten bei der Identifikation von Emotionen* mit sieben Items (z. B. „Mir ist oft unklar, was ich gerade fühle“), Skala b) *Schwierigkeiten bei der Beschreibung von Emotionen* mit fünf Items (z. B. „Es ist schwierig für mich, die richtigen Worte für meine Gefühle zu finden“) und Skala c) *extern orientierter Denkstil* anhand von sechs Items (z. B. das zu invertierende Item „Ich nutze sehr viel meine Vorstellungskraft“). Ein Rohwert von über 54 wird als kritisch angesehen (vgl. Kupfer u. a., 2001) und führte zum Ausschluss der Probanden aus der vorliegenden Studie. Die TAS-26 weist zufrieden stellende bis gute Reliabilitäten ( $.67 < \alpha < .84$  in den Skalen und für die Gesamtskala  $\alpha = .81$ ) und Validität auf.

### 3.2.2.3 Beck-Depressions-Inventar

Bei dem Beck-Depressions-Inventar (BDI; Hautzinger, Bailer, Worall, & Keller, 1992) handelt es sich um ein Selbstbeurteilungsverfahren zur Einschätzung der Schwere einer depressiven Symptomatik. In 21 Items wird die depressive Symptomatik innerhalb der letzten Woche eingeschätzt. Der Beurteiler entscheidet sich zwischen vierfach gestuften Antworten für diejenige, die am besten zutrifft (z. B. „ich fühle mich nicht traurig“ bis „ich bin so traurig, oder unglücklich, dass ich es kaum noch ertrage“). Erreicht werden können Werte zwischen 0 und

63 Punkten. Personen mit einem Wert ab 17 Punkten aufwärts gelten als aktuell depressiv (Hautzinger u. a., 1992) und wurden aus der Studie ausgeschlossen. Das BDI gilt als das international am häufigsten angewendete Verfahren zur Erfassung der Intensität einer Depression mit hinreichend geprüfter Reliabilität und Validität.

#### **3.2.2.4 Leistungsprüfsystem**

Das Leistungsprüfsystem (L-P-S; Horn, 1983) erfasst in 14 Untertests verschiedene Merkmale der Intelligenz. Aufgrund der langen Durchführungsdauer (90 min) schlägt Horn (1983) selbst zwei unterschiedlich lange Kurzversionen vor. In der vorliegenden Arbeit wurden gemäß der Empfehlung der Autoren die Aufgaben 1 und 2 (*Allgemeinbildung*), 4 (*Denkfähigkeit*) und 12 (*Ratefähigkeit*), für eine Kurzdiagnose (20 min) durchgeführt, da sie am stärksten mit dem IQ korrelieren (Horn, 1983). Normwerte liegen ab 9 Jahren vor. Das L-P-S weist in den verwendeten Subtests eine gute Retest-Reliabilität von  $r_{tt} = .77$  bis  $r_{tt} = .94$  auf und seine Validität wurde hinreichend geprüft.

#### **3.2.2.5 Farb- und Tonfragebögen**

Separate Fragebögen zur Evaluierung der Farben und Töne wurden von der Verfasserin dieser Arbeit erstellt (s. Anhänge D und E).

Die Fragebögen bestanden aus zwei Teilen: Der erste Teil eines jeden Farb- oder Tonfragebogens erfasste zunächst freie Assoziationen, welche die Probanden auflisten sollten. Danach gaben die Versuchspersonen die jeweilige Assoziationsstärke zu jedem Begriff an („Meine Assoziationen verbinde ich in folgender Stärke mit der Farbe [dem Ton]:“. Skala von -5 „sehr wenig“ über 0 „weder noch“ bis +5 „sehr stark“). Weiterhin wurde die emotionale Valenz der assoziierten Begriffe erfasst („Anschließend geben Sie bitte in der letzten Spalte an, wie positiv, negativ oder neutral jeder Begriff für Sie besetzt ist, indem Sie die Zahl einfügen, die Ihre Empfindung am besten trifft. Benutzen Sie bitte dabei wiederum eine Skala von -5 (sehr negativ) über 0 (neutral) bis +5 (sehr positiv).“).

Anschließend wurden die Emotionen als Reaktion auf jeden Ton bzw. jede Farbe angegeben („Bitte geben Sie nun an, wie intensiv Sie jeweils folgende Emotionen bei dieser Farbe [diesem Ton] empfinden.“ Skala von -5 „sehr wenig“ über 0 „weder noch“ bis +5 „sehr stark“). Die Auswahl der Emotionen beruhte auf einem Emotionsfragebogen, der in Studien zum emotionalen Einfluss durch Filme von Rottenberg, Ray, and Gross (2007) eingesetzt und von der Verfasserin ins Deutsche übersetzt wurde. Der Fragebogen wurde also in früheren Studien zur Emotionsauslösung durch Filme erfolgreich geprüft. Er beinhaltet 18 Emotionen in drei

pseudo-randomisierten Reihenfolgen. Die Probanden wurden gebeten, weitere Emotionen zu nennen, die noch nicht enthalten waren, und deren Verbindungsstärke zur jeweiligen Farbe bzw. zum jeweiligen Ton anzugeben (Skala von -5 „sehr wenig“ über 0 „weder noch“ bis +5 „sehr stark“ empfunden).

Zuletzt gaben die Probanden auf einer Emotionalitätsskala die Valenz der Farbe bzw. des Tons generell an („Bitte geben Sie zuletzt an, wie positiv, neutral oder negativ Sie die Farbe [den Ton] insgesamt wahrnehmen.“ Skala von -5 „stark negative Emotionen“ über 0 „neutral“ bis +5 „stark positive Emotionen“).

Im zweiten Teil des Fragebogens wurden die Teilnehmer gebeten, vorgegebene Assoziationen zu den Tönen bzw. Farben zu werten (45 Begriffe hinsichtlich der Töne bzw. 12 farbbezogene Begriffe), die in insgesamt vier Vorstudien von Studenten der Universität Bielefeld evaluiert wurden ( $N = 87$ ; s. Kap. 3.2.2.5.1). Dieser Teil des Fragebogens wurde immer im Anschluss an den Teil der freien Assoziationen ausgefüllt, damit die freien Assoziationen nicht durch die vorgegebenen Begriffe gelenkt wurden. Wie im ersten Teil des Fragebogens gaben die Probanden zur Bewertung der vorgegebenen Assoziationen zunächst die Valenz der Begriffe an („Die Begriffe bewerte ich folgendermaßen:“. Skala von -5 „stark negativ“ über 0 „neutral“ bis +5 „stark positiv“). Hinsichtlich der Farben wurden jeweils 12 Items vorgegeben, bezüglich der Töne jeweils 45 Items. In einem zweiten Schritt wurde die Assoziationsstärke für die Items zu jeder Farbe bzw. zu jedem Ton angegeben („Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit der Farbe [dem Ton].“. Skala von -5 „sehr wenig“ über 0 „weder noch“ bis +5 „sehr stark“). Im Gegensatz zu den Farben wurde jeder Ton anhand derselben 45 Items beurteilt. Für die Farben wurden unterschiedliche Begriffe gewählt, da sich in den Vorstudien zeigte, dass die Farben semantisch stark vorbesetzt waren. Die Begriffe wurden in drei pseudo-randomisierten Reihenfolgen präsentiert.

### **3.2.2.5.1 Vorstudien zur Auswahl farb- und tonbezogener Items**

In der ersten Vorstudie listeten die Versuchspersonen freie Assoziationen sukzessive zu vier farblichen Spielzeugblöcken („Grün“, „Blau“, „Gelb“, „Rot“) auf ( $N = 23$ ). In einer Follow-up Studie wurden die Probanden gebeten, ausschließlich negative Begriffe zu den vier sukzessiv präsentierten Farblöcken zu nennen ( $N = 13$ ). Diese Follow-up Studie wurde durchgeführt, da manche Farben rein mit positiven Begriffe assoziiert waren, aber darauf abgezielt wurde, in der Hauptstudie dieselbe Anzahl an positiven, neutralen und negativen Items zu präsentieren. Danach wurden in einer dritten Vorstudie ( $N = 30$ ) die emotionale Valenz dieser 346 farbbezogenen Begriffe erfasst („Bitte geben Sie an, wie positiv, neutral oder negativ Sie die

folgenden Begriffe empfinden. Benutzen Sie dabei bitte eine Skala von - 5 ("sehr negative Emotionen") über 0 ("neutral") bis +5 ("sehr positive Emotionen") und tragen Sie Ihre Antwort in den Kasten hinter dem Begriff ein.“). Für jede Farbe wurden daraufhin 12 Begriffe (jeweils 4 positive, 4 negative und 4 neutrale Wörter) nach zwei Kriterien ausgewählt: a) Häufigste Nennung des Begriffs und b) klarste Valenz des Begriffs (positiv: Median  $\geq +2$ , negativ: Median  $\leq -2$ , neutral: Median  $> -2$  und  $< +2$ ). Letzteres bedeutet, dass z. B. Items mit einem Wert um 0 eher für die Kategorie neutral gewählt wurden als Items mit einem Median von 1.

Hinsichtlich der Töne wurden 87 Items aus einer von Bischel (2008) evaluierten Wortliste im Hinblick auf deren potentielle Verbindung zu Tönen ausgewählt. Die Probanden der vierten Vorstudie ( $N = 21$ ) beurteilten diese Wortliste bezüglich der Frage, ob sie diesen Begriff assoziieren würden, wenn sie einen Ton hörten („Wenn Sie einen Ton hören: Welche Begriffe kann man in den Zusammenhang mit Tönen bringen? Bitte kreuzen Sie die angegebenen Substantive daraufhin an.“). Auf diese Weise wurden 45 Items für den Tonfragebogen der Hauptstudie ausgewählt: 68% der Probanden assoziierten diese 45 Begriffe mit Tönen (7 positive, 7 negative, 31 neutrale Begriffe). Keine Versuchsperson nahm an mehreren Vorstudien teil.

### **3.2.3 Stimuli**

#### **3.2.3.1 Farben**

Es wurden vier fabrikneue farbige Spielzeugblöcke (LEGO®) verwendet („Blau“, „Grün“, „Gelb“, „Rot“), die jeweils in einen weißen quadratischen Pappkarton (7 cm) eingebaut waren, mit einem Sichtfenster von 5 cm x 1,4 cm Länge. Die Pappkartons sollten die semantische und taktile Information reduzieren, welche die Spielzeugblöcke potenziell transportierten. Die LEGO®-Farben entsprachen den Pantone Farben 116 C (Gelb), 348 C (Grün), 293 C (Blau) und 032 C (Rot). Bei den Pantone-Farbfächern handelt es sich um normiert gedruckte Farbbeispiele (Pantone Inc., 2005). Aufgrund verschiedener Nachteile von Farbdrukken (z. B. geringe Beständigkeit und Schwierigkeiten in der Herstellung, z. B. Rechner- bzw. Druckerabhängigkeit der Farbnuancen) wurden die farblichen Objekte selbst präsentiert. Somit evaluierten die Erwachsenen die gleichen Stimuli, die anschließend in den Säuglingsstudien dargeboten wurden.

#### **3.2.3.2 Töne**

Die Probanden hörten die vier Sinus-Töne unterschiedlicher Frequenzen (475 Hz, 700 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz) über Kopfhörer (Philips®, SBC HP820) ebenso in drei pseudo-randomisierten Reihenfolgen. Jeder Ton wurde auf einem von vier separaten iPod shuffle® (2008, alle grau) präsentiert. Diese Frequenzen wurden ausgewählt, da sie zu einem großen Teil den Hauptsprachbereich abdecken. Die Dauer der Töne betrug 500 ms. Die Versuchspersonen regelten Lautstärke und Häufigkeit des Abspielens selbst.

## **3.2.4 Ablauf**

### **3.2.4.1 Versuchsraum**

Um Lichteffekte zu reduzieren, fand die Studie in einem Raum ohne Fenster statt. Eine Tageslichtlampe (Metall-Halogen-Lampe von targetti®, G12, 150W, M.H., HQI-T) erhellte den Raum und war direkt über dem Tisch installiert, an dem die Versuchspersonen saßen. Der Tisch befand sich direkt vor einer weißen Wand, um visuelle Distraktoren im Sichtfeld der Probanden zu minimieren.

### **3.2.4.2 Pseudo-Randomisierungen**

Die Farben und Töne wurden in vier pseudo-randomisierten Reihenfolgen präsentiert (d. h. jeweils 12 Vps pro Reihenfolge). Dabei wurde darauf geachtet, dass jede Farbe bzw. jeder Ton einmal jeden Platz in der Reihenfolge einnahm, aber nie zwei dieselben Farben bzw. Töne nacheinander präsentiert wurden (Reihenfolge Farben A: Grün-Blau-Gelb-Rot, Reihenfolge B: Rot-Gelb-Blau-Grün, Reihenfolge C: Gelb-Grün-Rot-Blau, Reihenfolge D: Blau-Rot-Grün-Gelb. Reihenfolge Töne A: 475 Hz, 700 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz; Reihenfolge B: 2500 Hz, 1500 Hz, 700 Hz, 475 Hz; Reihenfolge C: 1500 Hz, 475 Hz, 2500 Hz, 700 Hz; Reihenfolge D: 700 Hz, 2500 Hz, 475 Hz, 1500 Hz). Außerdem wurden von der einen Hälfte der Probanden die Töne vor den Farben evaluiert, von der anderen Hälfte umgekehrt die Farben vor den Tönen. Weiterhin wurden die Begriffe in den Farb- und Tonfragebögen in drei verschiedenen Reihenfolgen dargeboten. Alle Probanden wurden auf die Pseudo-Randomisierungen ausgeglichen nach Geschlecht und Alter aufgeteilt.

### **3.2.4.3 Ablauf**

Die Studie fand in Einzeltestung statt. Die Probanden wurden über die Studie informiert und gaben ihr schriftliches Einverständnis (s. Anhänge A und B). Anschließend füllten sie den Demographie- und Anamnesefragebogen aus. Vor der Untersuchung wurden die Teilnehmer mit dem experimentellen Setup und der sukzessiven Handhabung der Farbböcke bzw. der iPod shuffles® vertraut gemacht: Am Anfang der Bewertung der Farben befanden sich alle vier Farbböcke vor dem Probanden, die Sichtfenster zur Wand gedreht, so dass keine Farbe von vorneherein sichtbar war. Während der Bewertung der Farben drehte die Versuchsperson jeweils einen einzelnen Pappwürfel aufwärts, so dass die Farbe oben zu sehen war, und wendete den Würfel wieder in Richtung Wand, wenn die Farbe evaluiert war. Durch die

sukzessive Bewertung einer einzelnen Farbe sollte gewährleistet werden, dass keine Farbinterferenzen auftraten. Anschließend fuhr sie mit dem nächsten Farbwürfel fort (von links nach rechts vorgehend). Dementsprechend musste bei der Bewertung der Töne das Headset am jeweils nächsten iPod shuffle® angebracht werden (ebenso von links nach rechts vorgehend). Während der Aufgabe waren die Probanden alleine im Raum, die Untersuchungsleiterin betrat nur einmal den Experimentalraum: Wenn die Probanden anzeigten, die Evaluierung vorgenommen zu haben, tauschte sie die Farben gegen die Töne bzw. umgekehrt aus. Ein Zeitlimit wurde den Probanden nicht vorgegeben. Am Ende der Untersuchung wurden die Maße für Depression, Alexithymie und Intelligenz erhoben. Insgesamt dauerte die Studie zweieinhalb Stunden. Die Probanden erhielten 9 € für ihre Teilnahme. Mit Teilnehmern, die hohe Depressionswerte aufwiesen, wurde in einem späteren Gespräch geklärt, ob sie psychotherapeutische Hilfe benötigten. Sie waren bereits ausnahmslos in psychotherapeutischer Behandlung.

### 3.3 Ergebnisse Studie Erwachsene

#### 3.3.1 Statistische Auswertungsverfahren

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm PASW® Version 18 für Mac. Das Alpha-Fehler-Niveau wurde bei zweiseitigen Signifikanztests auf 5% festgelegt, und nach Bonferroni korrigiert. Da die Ausprägung der einzelnen Items (18 Emotionen für die vier Farben und vier Töne und 45 Assoziationen für die vier Töne) verglichen wurde, resultierte ein  $\alpha < .001$ . Zur Überprüfung der Hypothesen wurden nichtparametrische Verfahren angewendet (Friedman- und nachfolgende sukzessive Wilcoxon-Tests), da die Voraussetzungen für parametrische Verfahren wie Normalverteilung und Varianzhomogenität in vielen Fällen nicht gegeben waren und kein nichtparametrisches Verfahren im Messwiederholungs-Design zur Verfügung steht. Eine logarithmische Transformation resultierte nicht in eine Normalverteilung der Daten.

Die Friedman-Tests wurden für die einzelnen Variablen (Emotionen und Assoziationen) getrennt nach Farben bzw. Tönen durchgeführt, um so zunächst Unterschiede zwischen den Farben (bzw. Tönen) auf einzelnen Variablen zu analysieren.

Die Bewertung der vorgegebenen Emotionen und Assoziationen sowie der generellen Emotionsskala für jede Farbe bzw. jeden Ton stellten die abhängigen Variablen (AVen) dar.

Spearman-Rho Rangkorrelationen zwischen den abhängigen Variablen und den Maßen des BDI, der TAS-26 und des LPS zeigten keine signifikanten Zusammenhänge, weshalb diese nicht in die Analysen als Kovariaten mit einbezogen wurden.

In der vorliegenden Arbeit werden nur die Daten aus dem ersten Teil der Farb- und Tonfragebögen ausgewertet, d. h. die vorgegebenen Emotionen und Assoziationen. Für die Analyse der freien Assoziationen und Emotionen siehe die Bachelorarbeit von Borggrebe (2010).

#### 3.3.2 Psychologische Fragebögen

Es zeigten sich weder signifikante geschlechtsbezogene Unterschiede anhand von Mann-Whitney-Tests für die Maße des BDI, der TAS-26 und des LPS (s. Tab. 1), noch unterschieden sich die Probanden in den verschiedenen Randomisierungsgruppen (Pseudo-Randomisierung 1: Evaluierung von Farbe oder Ton zuerst, Pseudo-Randomisierung 2: vier verschiedene Reihenfolgen in der Präsentation der Farben bzw. Töne, Pseudo-Randomisierung 3: drei

verschiedene Reihenfolgen in den vorgegebenen Begriffen) voneinander signifikant in diesen Variablen (Kruskal-Wallis-Tests). Somit sind keine signifikanten Unterschiede in den Beurteilungen der Farben und Töne durch diese Gruppen aufgrund eines anderen BDI-, TAS-26-, oder LPS-Scores anzunehmen. Lediglich die Gruppe, welche die Farben vor den Tönen evaluierte, war etwas älter als die Gruppe, die umgekehrt die Töne vor den Farben evaluierte ( $M_{\text{Farbe vor Ton}} = 28.7$ ,  $M_{\text{Ton vor Farbe}} = 20.6$ ;  $Z = -2,01$ ,  $p = .044$ ). Ein Alexithymie-Score fehlte.

Tab. 1: Eigenschaften der Stichprobe in Bezug auf Alter, BDI, TAS-26 und LPS – Gender-Vergleiche

	Gesamt N = 48		Weiblich N = 24		Männlich N = 24		p
	M	SD	M	SD	M	SD	
<b>Alter</b>	26.15	4.44	25.72	3.90	26.58	4.98	.51
<b>BDI</b>	6.50	4.77	5.92	4.79	7.08	4.78	.40
<b>TAS-26</b>	38.59	6.72	37.65	6.40	39.49	7.03	.35
<b>IQ</b>	111.54	7.60	110.36	8.24	112.71	6.87	.29

\*  $p < .05$ .

### 3.3.3 Ausreißeranalysen

Zu Beginn der Analysen wurden univariate Ausreißeranalysen durchgeführt. Als Ausreißer galten Werte, die 1,5 Standardabweichungen oberhalb bzw. unterhalb des Mittelwertes lagen. Die Ausreißer wurden an die Verteilung angeglichen, indem ihnen der nächste an die Verteilung anschließende Wert zugeteilt wurde (Tabachnick & Fidell, 2001). Allerdings wurden nur Werte bei ein oder zwei abweichenden Daten pro Variable korrigiert. Es erfolgte keine Korrektur, wenn mehr als zwei Werte abwichen. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da bei einigen Variablen die Daten an zwei Punkten kumulierten und so nicht als abweichende Werte angesehen werden konnten.

### 3.3.4 Experiment Farben und Töne

Zuerst sollen die Analysen bezüglich der Farben dargestellt werden, beginnend mit den Emotionen, worauf die Assoziationen folgen. Anschließend werden dieselben Analysen hinsichtlich der Töne dargestellt. Zuletzt werden kreuzmodale Kongruenzen berichtet.

### **3.3.4.1 Emotionen Farben**

Es wurde der durch die Farben ausgelöste Grad an Emotionen analysiert, zunächst für die einzelnen Emotionen und nachfolgend für Skalen, die aus negativen und positiven Emotionen gebildet wurden.

Die deskriptive Statistik und die Ergebnisse der Friedman-Tests für die einzelnen Emotionen sind in Tab. 2 dargestellt.

Fünf (von 18) Emotionen unterschieden sich signifikant in dem Maße, wie sie durch die Farben ausgelöst wurden: „Traurigkeit“, „Furcht“, „Liebe“, „Ärger“ und „Belustigung“. Acht weitere Emotionen unterschieden sich tendenziell (s. Tab. 2). Für paarweise Vergleiche, d. h. die Ergebnisse der Wilcoxon-Tests, siehe Tab. 3.

Tab. 2: Deskriptive Statistik und Vergleiche zwischen den Emotions-Ratings der Farben

	Grün			Blau			Gelb			Rot			X <sup>2</sup>	df	p
	Md	Min	Max												
<b>Abscheu</b>	-4.5	-5	4	-5.0	-5	4	-4.0	-5	4	-5.0	-5	4	0.03	3	.998
<b>Angst</b>	-5.0	-5	3	-4.0	-5	4	-5.0	-5	4	-2.0	-5	4	17.12	3	.001**
<b>Ärger</b>	-4.0	-5	4	-4.0	-5	3	-5.0	-5	4	1.0	-5	5	47.24	3	<.001***
<b>Belustigung</b>	0.0	-5	4	-3.5	-5	4	1.0	-5	5	-2.0	-5	5	29.72	3	<.001***
<b>Freude</b>	2.5	-5	5	1.0	-5	5	2.5	-5	5	2.5	-5	5	8.97	3	.030*
<b>Furcht</b>	-5.0	-5	1	-4.0	-5	3	-5.0	-5	3	-2.0	-5	3	29.13	3	<.001***
<b>Glück</b>	2.5	-5	5	0.5	-5	5	2.0	-5	5	1.0	-5	5	12.91	3	.005**
<b>Interesse</b>	2.0	-5	5	2.0	-5	5	1.0	-5	5	1.0	-5	5	3.15	3	.369
<b>Liebe</b>	0.0	-5	4	-1.5	-5	4	-0.5	-5	5	4.5	-5	5	61.73	3	<.001***
<b>Peinlichkeit</b>	-4.5	-5	2	-4.0	-5	5	-4.0	-5	4	-1.5	-5	5	10.28	3	.016*
<b>Scham</b>	-4.0	-5	0	-4.0	-5	2	-4.5	-5	5	-4.0	-5	5	11.39	3	.010*
<b>Schuld</b>	-5.0	-5	4	-4.0	-5	3	-5.0	-5	5	-3.0	-5	3	10.84	3	.013*
<b>Stolz</b>	-0.5	-5	5	-1.0	-5	5	-0.5	-5	4	0.0	-5	5	2.83	3	.419
<b>Traurigkeit</b>	-4.0	-5	3	-2.0	-5	5	-5.0	-5	2	-4.0	-5	3	27.21	3	<.001***
<b>Überraschung</b>	0.0	-5	4	-2.0	-5	5	1.0	-5	5	0.0	-5	5	10.73	3	.013*
<b>Unzufriedenheit</b>	-5.0	-5	2	-4.0	-5	5	-3.0	-5	5	-1.5	-5	4	11.77	3	.008**
<b>Verachtung</b>	-4.0	-5	3	-5.0	-5	2	-5.0	-5	3	-4.0	-5	3	6.22	3	.101
<b>Verwirrtheit</b>	-3.5	-5	3	-4.0	-5	3	-4.0	-5	4	-2.0	-5	3	2.65	3	.449
<b>Emotionalitäts- skala</b>	3.0	-1	5	2.0	-4	5	3.0	-4	5	2.5	-3	5	6.31	3	.098

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Tab. 3: Paarweise Vergleiche der Emotions-Ratings zwischen den Farben

		Grün vs. Blau	Grün vs. Gelb	Grün vs. Rot	Blau vs. Gelb	Blau vs. Rot	Gelb vs. Rot
<b>Abscheu</b>	Z	-0.02	-0.23	-0.18	-0.19	-0.22	-0.12
	p	.988	.819	.856	.847	.829	.909
<b>Angst</b>	Z	-1.99	-1.66	-3.37	-2.39	-1.64	-3.85
	p	.047*	.097	.001***	.017*	.100	< .001***
<b>Ärger</b>	Z	-0.43	-0.62	-4.65	-0.88	-4.62	-4.14
	p	.668	.534	< .001***	.381	< .001***	< .001***
<b>Belustigung</b>	Z	-2.06	-3.60	-1.34	-4.02	-0.63	-4.15
	p	.040*	< .001***	.181	< .001***	.527	< .001***
<b>Freude</b>	Z	-2.57	-0.12	-1.09	-1.81	-1.70	-1.03
	p	.010**	.906	.276	.071	.090	.304
<b>Furcht</b>	Z	-1.35	-0.14	-4.10	-1.08	-2.71	-3.41
	p	.177	.886	< .001***	.282	.007**	.001***
<b>Glück</b>	Z	-3.69	-1.70	-2.57	-1.64	-1.15	-0.58
	p	< .001***	.089	.010**	.100	.250	.560
<b>Interesse</b>	Z	-1.23	-0.86	-1.43	-0.19	-0.20	-0.63
	p	.219	.392	.153	.850	.846	.526
<b>Liebe</b>	Z	-1.54	-0.30	-5.44	-1.21	-5.38	-5.23
	p	.123	.767	< .001***	.226	< .001***	< .001***
<b>Peinlichkeit</b>	Z	-0.03	-2.07	-2.99	-1.74	-2.62	-0.99
	p	.974	.039*	.003**	.081	.009**	.323
<b>Scham</b>	Z	-0.14	-1.82	-2.52	-1.29	-2.76	-1.20
	p	.887	.069	.012*	.199	.006**	.229
<b>Schuld</b>	Z	-1.73	-0.55	-2.50	-0.55	-1.37	-1.99
	p	.084	.580	.012*	.579	.170	.046*
<b>Stolz</b>	Z	-0.07	-0.41	-0.74	-0.72	-0.56	-1.34
	p	.944	.681	.461	.470	.579	.180
<b>Traurigkeit</b>	Z	-3.61	-1.98	-1.00	-3.93	-3.94	-0.27
	p	< .001***	.047*	.316	< .001***	< .001***	.791
<b>Überraschung</b>	Z	-1.42	-2.59**	-0.05	-3.26	-1.31	-2.17
	p	.157	.010	.958	.001***	.190	.030*
<b>Unzufriedenheit</b>	Z	-1.80	-2.61	-3.37	-0.57	-1.36	-0.85
	p	.071	.009**	.001***	.567	.174	.398
<b>Verachtung</b>	Z	-0.92	-1.11	-1.73	-1.82	-2.00	-0.08
	p	.356	.267	.083	.070	.045*	.939
<b>Verwirrtheit</b>	Z	-0.11	-0.07	-1.48	-0.09	-1.55	-1.19
	p	.909	.942	.139	.925	.122	.234
<b>Emotionalitäts- skala</b>	Z	-2.22	-1.02	-2.74	-1.08	-0.39	-0.94
	p	.027*	.309	.006**	.279	.699	.349

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Bestimmte Farben riefen signifikant stärker spezielle Emotionen hervor als andere Farben. „Blau“ löste signifikant stärker „Traurigkeit“ aus als die anderen Farben, wohingegen sowohl „Furcht“ und „Ärger“ als auch „Liebe“ signifikant stärker von „Rot“ evoziert wurden. Dagegen rief „Gelb“ signifikant stärker „Belustigung“ hervor.

Basierend auf den Hypothesen wurden die Farben „Grün“ und „Rot“ explizit in allen Emotionen verglichen: „Rot“ löste ebenfalls signifikant stärker „Unzufriedenheit“ und „Furcht“ aus als „Grün“. Vier andere Emotionen und die „Emotionalitätsskala“ unterschieden sich in der Tendenz zwischen diesen Farben: „Grün“ rief stärker positive Emotionen hervor als „Rot“ (vgl. Tab. 3). Die meisten signifikanten und in der Tendenz signifikanten Unterschiede bestanden zwischen „Rot“ und „Grün“ verglichen mit den Kontrollfarben.

Des Weiteren wurden die Emotionen in einer positiven und einer negativen Skala zusammengefasst, um Aussagen über die emotionale Valenz der Farben treffen zu können. Dieses dichotome Vorgehen wurde für angemessen gehalten, da Reisenzein (1994) zeigte, dass die Qualität von Emotionen durch das Verhältnis von empfundenem „Gefallen“ (oder „Missfallen“; Übers. d. Verf.) und „Aktivierung“ (oder „Deaktivierung“; Übers. d. Verf.) spezifiziert wird. Die positiven Skalen schlossen die Emotionen „Belustigung“, „Freude“, „Glück“, „Liebe“ und „Stolz“ ein, da diese sich in einer hierarchischen Cluster-Analyse als positiv herausgestellt hatten (Shaver, Schwartz, Kirson, & O’Connor, 1987). Das Item „Interesse“ wurde ebenfalls der positiven Skala zugeordnet. Die negative Skala beinhaltete gemäß derselben Cluster-Analyse die Emotionen „Abscheu“, „Angst“, „Ärger“, „Furcht“, „Peinlichkeit“, „Scham“, „Schuld“, „Traurigkeit“, „Unzufriedenheit“ und „Verachtung“. Das Item „Verwirrung“ wurde nicht mit eingeschlossen, da es eher einen kognitiven als emotionalen Zustand bezeichnet, ebenso wurde „Überraschung“ nicht mit einbezogen aufgrund der Diskussion, ob sie als Emotion wirkt (Ekman, 1992, 1994). Die Emotionalitätsskala wurde ebenfalls nicht mit in die Skalen eingefasst, da dieses Item beide Pole von positiven wie auch negativen Emotionen gegenüber einer Farbe erfasste.

Die Emotionsskalen wurden für jede Farbe analysiert. Die deskriptive Statistik und die Ergebnisse der Friedman-Tests sowie die Reliabilität der Skalen (Cronbach’s alpha) sind in Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4: Deskriptive Statistik, Reliabilität (Cronbach’s alpha) und Vergleiche zwischen den Emotions-Skalen der Farben

	Grün		Blau		Gelb		Rot		$\chi^2$	df	p				
	Md Min	Max	α	Md Min	Max	α	Md Min	Max				α	Md Min	Max	
<b>Positive Skala</b>	1.00	3.00	.84	-0.25	3.17	.84	0.83	3.67	.87	0.92	4.00	.81	10.35	3	.016*
<b>Negative Skala</b>	-4.15	1.10	.95	-3.15	3.00	.94	-3.45	3.20	.95	-1.85	1.40	.89	30.06	3	<.001***

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Die Farben unterschieden sich hinsichtlich der negativen Emotions-Skala signifikant. Die positive Emotions-Skala unterschied sich nach der Bonferroni-Korrektur nur tendenziell zwischen den Farben.

Sukzessive Wilcoxon-Tests zeigten, dass „Rot“ signifikant stärker mit negativen Emotionen verbunden war als „Grün“ und „Gelb“. Es zeigten sich jedoch auch hinsichtlich der Skala der positiven Emotionen Tendenzen einer stärkeren Verbindung von sowohl „Grün“ als auch „Rot“ mit positiven Emotionen als „Blau“. „Rot“ war demnach sehr stark mit negativen Emotionen verbunden, aber auch mit positiven Emotionen, und wies somit eine polarisierte Bewertung auf. „Grün“ war dagegen wenig negativ, aber stark positiv assoziiert. Paarweise Farbvergleiche der Skalen sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tab. 5: Paarweise Vergleiche zwischen den Emotions-Skalen für die Farben

		<b>Grün vs. Blau</b>	<b>Grün vs. Gelb</b>	<b>Grün vs. Rot</b>	<b>Blau vs. Gelb</b>	<b>Blau vs. Rot</b>	<b>Gelb vs. Rot</b>
<b>Positive Skala</b>	Z	-2.83	-0.07	-0.72	-1.76	-3.13	-0.66
	p	.005**	.948	.470	.078	.002**	.512
<b>Negative Skala</b>	Z	-2.01	-0.48	-4.30	-0.62	-3.17	-3.20
	p	.044*	.635	<.001***	.536	.002**	.001***

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

### 3.3.4.2 Assoziationen Farben

Es wurden die Assoziationsstärken von den vorgegebenen Begriffen zu den einzelnen Farben analysiert. Analog zu den Emotionen wurden die Assoziationen zu den einzelnen Farben zunächst einzeln und daraufhin in Skalen ausgewertet. Nachfolgend werden zuerst die Ergebnisse der Analysen zu den einzelnen Assoziationen dargestellt, anschließend die Resultate der Skalen-Analysen. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 6 aufgeführt.

Tab. 6: Deskriptive Statistik und Valenz der Assoziationsstärke der Begriffe zu den Farben

		<b>Md</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Valenz</b>
<b>Gelb</b>	Banane	4.0	-1	5	o
	Dürre	-1.0	-5	4	-
	Eifersucht	-2.0	-5	5	-
	Eiter	-1.0	-5	5	-
	Helligkeit	3.5	-2	5	+
	Mais	3.0	-3	5	o
	Neid	0.0	-5	5	-
	Sand	3.0	-5	5	o
	Sonne	5.0	-5	5	+
	Sonnenblume	4.0	0	5	+
	Wüste	2.0	-5	5	o
	Zitrone	4.0	-2	5	o
<b>M</b>		<b>2.04</b>			
<b>Grün</b>	Ampel	2.0	-5	5	o
	Die Grünen	2.0	-5	5	o
	Frosch	3.0	-3	5	o
	Gift	0.0	-5	5	-
	Gras	5.0	2	5	+
	Hoffnung	4.0	-1	5	+
	Natur	5.0	2	5	+
	Polizei-Grün	2.0	-5	5	o
	Schimmel	-1.0	-5	4	-
	Schleim	-1.5	-5	5	-
	Übelkeit	-2.0	-5	4	-
	Wald	5.0	1	5	+
	<b>M</b>		<b>1.96</b>		
<b>Rot</b>	Blut	4.0	0	5	o
	Erdbeere	3.0	-3	5	+
	Feuer	4.0	-3	5	o
	Gefahr	3.0	-5	5	-
	Hitze	2.0	-5	5	o
	Kirsche	3.5	0	5	+
	Leidenschaft	4.0	-1	5	+
	Liebe	5.0	-4	5	+
	Stop	3.0	-5	5	o
	Verletzung	0.0	-5	4	-
	Wut	3.0	-4	5	-
	Zorn	2.0	-5	5	-
<b>M</b>		<b>3.04</b>			
<b>Blau</b>	Betrunkenheit	-1.0	-5	5	-
	Einsamkeit	-0.5	-5	5	-
	Eis	1.0	-5	5	+
	Hochwasser	-3.0	-5	5	-
	Himmel	4.0	1	5	+
	Kälte	2.0	-5	5	o
	Kühle	3.0	-5	5	o
	Meer	5.0	2	5	+
	Papiermülltonne	-2.0	-5	4	o
	Tiefe	1.0	-5	5	o
	Traurigkeit	-0.5	-5	5	-
	Wasser	5.0	-2	5	+
<b>M</b>		<b>1.17</b>			

Valenz: + positiv, - negativ, o neutral.

Rein deskriptiv lässt sich hier beschreiben, dass „Rot“ insgesamt stark ( $Md > 2$ ) mit vielen Items verbunden war („Liebe“, „Leidenschaft“, aber auch „Blut“, „Feuer“, „Gefahr“, „Stop“, „Wut“, Obstsorten wie „Kirsche“, „Erdbeere“), gefolgt von „Gelb“ („Sonne“, „Sonnenblume“, verschiedene Obstsorten, „Helligkeit“ und „Sand“) und „Grün“ („Natur“, „Gras“, „Wald“, „Hoffnung“, „Frosch“). Das bedeutet, sowohl positive als auch neutrale und negative Items waren stark mit „Rot“ verbunden, was wiederum eine polarisierte Evaluierung von „Rot“ impliziert. „Grün“ war dagegen ausschließlich eng mit positiven Items verbunden. Blau wies eine enge Verbindung auf zu „Wasser“, „Meer“, „Himmel“ und „Kühle“.

Zum besseren Vergleich der Items anhand ihrer Valenz wurden drei Skalen gebildet (positive, neutrale und negative Skala), die jeweils die Items mit gleicher Valenz zusammenfassten (vgl. Tab. 6). Die Skalen beinhalteten somit jeweils vier Items (bis auf die positive Skala „Gelb“, die drei Items enthielt und die neutrale Skala „Gelb“ mit fünf Items, da ein Item zu „Gelb“ in den Pilotstudien als positiv eingestuft wurde, jedoch in der vorliegenden Studie als „neutral“). Anschließend wurde analysiert, zu welchem Grad die einzelnen Skalen mit den verschiedenen Farben verbunden waren. Die deskriptive Statistik, die Ergebnisse der Friedman-Tests sowie die Reliabilität der Skalen sind in Tab. 7 dargestellt.

Tab. 7: Deskriptive Statistik, Reliabilität (Cronbach's alpha) und Vergleiche zwischen den Assoziations-Skalen der Farben

	Grün		Blau		Gelb		Rot		$\chi^2$	df	p
	Md	$\alpha$	Md	$\alpha$	Md	$\alpha$	Md	$\alpha$			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
<b>Positive Skala</b>	4.25	.67	3.50	.65	4.00	.72	3.50	.46	29.58	3	<.001***
	1.00	5.00	-0.75	5.00	-2.33	5.00	1.00	5.00			
<b>Neutrale Skala</b>	2.25	.66	1.50	.40	2.90	.79	2.88	.46	47.21	3	<.001***
	-4.25	4.75	-5.00	5.00	-3.00	4.80	-1.25	4.75			
<b>Negative Skala</b>	-1.37	.79	-1.13	.67	-0.96	.71	1.75	.67	50.90	3	<.001***
	-5.00	4.25	-5.00	4.50	-5.00	4.00	-2.25	4.00			

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Die Assoziationsstärke unterschied sich signifikant zwischen den Farben hinsichtlich aller Skalen.

Nachfolgende Wilcoxon-Tests verdeutlichten, dass „Grün“ signifikant stärker mit der positiven Skala assoziiert wurde als „Rot“ und „Blau“ (s. Tab. 8). Bezüglich der neutralen Skalen erwiesen sich drei Kontraste als signifikant: „Rot“ war stärker mit neutralen Begriffen verbunden als „Blau“

und „Grün“. „Gelb“ war stärker mit neutralen Begriffen assoziiert als „Blau“. Weiterhin war „Rot“ signifikant stärker mit der negativen Skala verbunden als alle anderen Farben. Paarweise Vergleiche zwischen den Assoziationskalen der Farben sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tab. 8: Paarweise Vergleiche zwischen den Assoziations-Skalen für die Farben

		<b>Grün vs. Blau</b>	<b>Grün vs. Gelb</b>	<b>Grün vs. Rot</b>	<b>Blau vs. Gelb</b>	<b>Blau vs. Rot</b>	<b>Gelb vs. Rot</b>
<b>Positive Skala</b>	Z	-5.02	-2.68	-4.22	-3.11	-0.80	-2.24
	p	<.001***	.007	<.001***	.002**	.424	.025*
<b>Neutrale Skala</b>	Z	-3.05	-3.15	-3.93	-5.11	-5.43	-1.32
	p	.002**	.002**	<.001***	<.001***	<.001***	.187
<b>Negative Skala</b>	Z	-0.48	-0.14	-5.75	-0.01	-5.46	-5.07
	p	.634	.887	<.001***	.991	<.001***	<.001***

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Zusammen genommen wiesen die Analysen darauf hin, dass „Grün“ stark positiv assoziiert wurde, „Rot“ und „Gelb“ eng mit neutralen Begriffen verbunden waren, und „Rot“ sehr stark mit negativen Begriffen in Beziehung gebracht wurde.

### 3.3.4.3 Emotionen Töne

Es wurde analysiert, zu welchem Grad die Emotionen den Sinus-Tönen unterschiedlicher Frequenz zugeordnet wurden. Analog zu den Farben wurden zunächst die Emotionen einzeln betrachtet und nachfolgend emotionale Skalen (positive und negative Skala) ausgewertet, um Aussagen über die emotionale Valenz der Töne treffen zu können. Die deskriptive Statistik und die Ergebnisse der Friedman-Tests bezüglich der einzelnen Emotionen sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tab. 9: Deskriptive Statistik und Vergleiche zwischen den Tönen für die Emotions-Ratings

	475 Hz			700 Hz			1500 Hz			2500 Hz			X̄	df	p
	Md	Min	Max	Md	Min	Max	Md	Min	Max	Md	Min	Max			
<b>Abscheu</b>	-5.0	-5	5	-4.0	-5	5	-1.0	-5	5	0.0	-5	5	27.51	3	< .001 ***
<b>Angst</b>	-4.0	-5	5	-5.0	-5	2	-1.5	-5	5	-1.5	-5	4	17.92	3	< .001 ***
<b>Ärger</b>	-4.0	-5	5	-2.0	-5	5	0.0	-5	5	0.0	-5	5	17.26	3	.001 **
<b>Belustigung</b>	-4.0	-5	3	-4.0	-5	3	-4.0	-5	3	-4.0	-5	2	0.14	3	.986
<b>Freude</b>	-2.0	-5	3	-3.5	-5	4	-3.0	-5	2	-4.0	-5	1	10.65	3	.014 *
<b>Furcht</b>	-4.0	-5	3	-5.0	-5	2	-4.0	-5	5	-3.0	-5	4	10.24	3	.017 *
<b>Glück</b>	-2.5	-5	2	-4.0	-5	4	-4.0	-5	2	-5.0	-5	0	11.04	3	.011 *
<b>Interesse</b>	1.0	-5	5	0.0	-5	5	0.0	-5	4	-2.0	-5	4	9.06	3	.029 *
<b>Liebe</b>	-4.0	-5	3	-5.0	-5	2	-5.0	-5	2	-5.0	-5	2	14.30	3	.003 **
<b>Peinlichkeit</b>	-5.0	-5	3	-5.0	-5	5	-2.0	-5	5	-4.0	-5	4	2.35	3	.502
<b>Scham</b>	-5.0	-5	2	-5.0	-5	1	-4.0	-5	5	-4.0	-5	2	2.40	3	.494
<b>Schuld</b>	-5.0	-5	4	-5.0	-5	2	-4.0	-5	5	-3.0	-5	4	4.55	3	.208
<b>Stolz</b>	-4.0	-5	5	-5.0	-5	1	-5.0	-5	2	-5.0	-5	1	8.43	3	.038 *
<b>Traurigkeit</b>	-4.0	-5	5	-4.0	-5	4	-3.0	-5	5	-3.0	-5	4	1.95	3	.583
<b>Überraschung</b>	-1.0	-5	4	-1.0	-5	5	-1.0	-5	4	1.0	-5	5	10.04	3	.018 *
<b>Unzufriedenheit</b>	-2.0	-5	5	-2.0	-5	4	1.0	-5	5	1.0	-5	5	19.08	3	< .001 ***
<b>Verachtung</b>	-5.0	-5	3	-4.0	-5	4	-2.0	-5	5	-2.0	-5	4	15.21	3	.002 **
<b>Verwirrung</b>	-3.0	-5	5	-2.0	-5	4	0.0	-5	4	0.0	-5	5	14.12	3	.003 **
<b>Emotionalitäts-Skala</b>	0.0	-4	4	-0.5	-5	4	-2.0	-5	2	-3.0	-5	2	44.87	3	< .001 ***

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Vier Emotionen (von 18) unterschieden sich in dem Ausmaß, in dem sie durch die einzelnen Töne hervorgerufen wurden: „Abscheu“, „Angst“, „Unzufriedenheit“ und ebenso die „Emotionalitätsskala“. Diese Effekte wiesen Signifikanz nach Bonferroni-Korrektur des Alpha-Levels auf. Paarweise Vergleiche sind in Tab. 10 dargestellt.

Tab. 10: Paarweise Vergleiche der Emotions-Ratings zwischen den Tönen

		475 Hz vs. 700 Hz	475 Hz vs. 1500 Hz	475 Hz vs. 2500 Hz	700 Hz vs. 1500 Hz	700 Hz vs. 2500 Hz	1500 Hz vs. 2500 Hz
<b>Abscheu</b>	Z	-1.41	-2.96	-4.03	-1.92	-3.31	-1.60
	p	.158	.003**	< .001***	.055	.001***	.107
<b>Ärger</b>	Z	-1.56	-3.25	-2.91	-1.99	-2.36	-0.50
	p	.119	.001***	.004**	.047*	.019*	.619
<b>Belustigung</b>	Z	-0.02	-0.20	-0.36	-0.08	-0.10	-0.12
	p	.985	.844	.719	.935	.917	.908
<b>Freude</b>	Z	-1.28	-0.84	-2.66	-1.10	-2.28	-2.72
	p	.200	.403	.008**	.272	.023*	.007**
<b>Furcht</b>	Z	-0.33	-1.80	-2.16	-1.36	-2.26	-0.96
	p	.740	.072	.031*	.175	.024*	.339
<b>Glück</b>	Z	-0.81	-1.80	-2.65	-0.88	-2.84	-1.44
	p	.421	.072	.008**	.381	.005**	.150
<b>Interesse</b>	Z	-0.49	-1.24	-2.51	-1.15	-2.61	-1.45
	p	.622	.217	.012*	.252	.009**	.146
<b>Liebe</b>	Z	-2.40	-2.99	-2.52	-0.18	-0.80	-0.32
	p	.017*	.003**	.012*	.857	.426	.749
<b>Peinlichkeit</b>	Z	-0.72	-2.42	-1.64	-1.52	-0.82	-0.55
	p	.471	.015*	.101	.127	.415	.586
<b>Scham</b>	Z	-0.89	-1.39	-1.70	-2.09	-2.21	-0.02
	p	.375	.166	.089	.037*	.027*	.988
<b>Schuld</b>	Z	-1.05	-2.10	-2.10	-0.98	-1.29	-0.43
	p	.293	.036*	.036*	.327	.196	.669
<b>Stolz</b>	Z	-1.90	-1.38	-2.17	-1.25	-0.68	-1.43
	p	.057	.168	.030*	.213	.498	.154
<b>Traurigkeit</b>	Z	-0.28	-1.33	-0.40	-1.03	-0.65	-1.00
	p	.780	.185	.693	.302	.517	.315
<b>Überraschung</b>	Z	-0.14	-0.29	-2.36	-0.36	-2.44	-2.55
	p	.890	.774	.018*	.716	.015*	.011*
<b>Unzufriedenheit</b>	Z	-0.27	-2.15	-3.02	-2.80	-4.19	-1.04
	p	.787	.031*	.003**	.005**	< .001***	.297
<b>Verachtung</b>	Z	-0.68	-2.48	-2.74	-2.15	-3.14	-0.66
	p	.499	.013*	.006**	.031*	.002**	.508
<b>Verwirrtheit</b>	Z	-0.86	-3.08	-3.20	-1.74	-2.02*	-1.36
	p	.392	.002**	.001***	.081	.043	.174
<b>Emotionalitäts- Skala</b>	Z	-3.08	-4.20	-4.94	-1.56	-4.40	-2.95
	p	.002**	< .001***	< .001***	.118	< .001***	.003**

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Anschließende Wilcoxon-Tests zeigten, dass der höchste Ton von 2500 Hz signifikant stärker „Unzufriedenheit“ als der zweittiefste Ton (700 Hz) evozierte. „Abscheu“ wurde stärker durch

den höchsten Ton (2500 Hz) als durch die beiden tiefen Töne (475 Hz und 700 Hz) hervorgerufen. Weiterhin lösten die beiden hohen Töne (2500 Hz und 1500 Hz) mehr „Angst“ aus als der zweittiefste Ton (700 Hz). Der höchste Ton (2500 Hz) war mit weniger positiven Emotionen verbunden („Emotionalitätsskala“) als die beiden tiefen Töne (475 Hz und 700 Hz), ebenso wie der zweithöchste Ton (1500 Hz) weniger positive Emotionen auslöste als der tiefste Ton (475 Hz). Weitere zehn Emotionen unterschieden sich in der Tendenz voneinander. Insbesondere wurden die meisten Kontraste zwischen dem höchsten Ton 2500 Hz und dem tiefsten Ton 475 Hz beobachtet.

Weiterhin wurden Emotions-Skalen (positive und negative Skala) analog zu denen für die Farben gebildet. Die deskriptive Statistik und Ergebnisse der Friedman-Tests sowie die Reliabilität der Skalen sind in Tab. 11 dargestellt.

Tab. 11: Deskriptive Statistik, Reliabilität (Cronbach's alpha) und Vergleiche zwischen den Emotions-Skalen für die Töne

	475 Hz		700 Hz		1500 Hz		2500 Hz		X <sup>2</sup>	df	p
	Md	α	Md	α	Md	α	Md	α			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
<b>Positive Skala</b>	-2.17	.86	-3.33	.85	-3.33	.85	-3.50	.84	14.95	3	.002 **
	-5.00	2.00	-5.00	2.00	-5.00	1.00	-5.00	1.00			
<b>Negative Skala</b>	-3.30	.93	-2.70	.92	-1.60	.91	-0.80	.91	24.01	3	<.001 ***
	-5.00	3.30	-5.00	1.33	-5.00	5.00	-5.00	3.00			

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Es zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der Skala der negativen Emotionen, die positiven Skalen unterschieden sich aufgrund der Bonferroni-Korrektur des Signifikanzniveaus nur tendenziell.

Nachfolgende Wilcoxon-Tests für die negativen Skalen verdeutlichten, dass die beiden hohen Töne (2500 Hz und 1500 Hz) signifikant enger mit negativen Emotionen verbunden waren als der tiefste Ton (475 Hz). Weiterhin evozierte der höchste Ton (2500 Hz) signifikant stärker negative Emotionen als der zweittiefste Ton (700 Hz). Paarweise Vergleiche sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Tab. 12: Paarweise Vergleiche zwischen den Emotions-Skalen für die Töne

		475 Hz vs. 700 Hz	475 Hz vs. 1500 Hz	475 Hz vs. 2500 Hz	700 Hz vs. 1500 Hz	700 Hz vs. 2500 Hz	1500 Hz vs. 2500 Hz
<b>Positive Skala</b>	Z	-1.44	-2.16	-3.08	-0.39	-3.19	-1.73
	p	.150	.031*	.002**	.694	.001***	.083
<b>Negative Skala</b>	Z	-1.32	-3.55	-3.44	-2.98	-4.05	-0.57
	p	.188	<.001***	.001***	.003**	<.001***	.566

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

### 3.3.4.4 Assoziationen Töne

Es wurde die Assoziationsstärke der Begriffe mit jedem der vier Töne analysiert. Zunächst wurde die Stärke der Verbindung zu den einzelnen Items ausgewertet. Anschließend wurden die Begriffe in positiven, negativen und neutralen Skalen zusammengefasst und daraufhin analysiert.

Zuerst werden die deskriptive Statistik und Ergebnisse der Friedman-Tests für die einzelnen Begriffe in Tabelle 13 aufgeführt.

Die folgenden 14 Begriffe der insgesamt 45 Items unterschieden sich signifikant in der Stärke ihrer Verbindung zu den vier Tönen: Sechs Items mit negativer Valenz waren unterschiedlich stark mit den Frequenzen verbunden („Alarm“, „Brand“, „Drill“, „Krach“, „Sirene“ und „Unfall“), d. h. 55% aller negativen Begriffe, weiterhin drei positive Items („Ballade“, „Fluss“ und „Vogel“), d. h. 23 % der positiven Items, und fünf neutrale Wörter unterschieden sich signifikant („Anruf“, „Klingel“, „Pfeife“, „Schiff“ und „Telefon“), d. h. 24% der neutralen Items. Paarweise Vergleiche, d. h. die Ergebnisse der anschließenden Wilcoxon-Tests, sind in Tabelle 14 dargestellt.

Tab. 13: Deskriptive Statistik und Vergleiche zwischen den Assoziationsstärken der Begriffe zu den Tönen

	475 Hz			700 Hz			1500 Hz			2500 Hz			$\chi^2$	df	p
	Md	Min.	Max.	Md	Min.	Max.	Md	Min.	Max.	Md	Min.	Max.			
<b>Alarm</b>	-2.0	-5	5	0.0	-5	4	3.0	-5	5	3.0	-5	5	56.57	3	< .001 ***
<b>Anruf</b>	4.0	-2	5	2.0	-5	5	0.0	-5	4	-1.0	-5	4	65.20	3	< .001 ***
<b>Applaus</b>	-4.0	-5	4	-4.5	-5	2	-4.0	-5	3	-5.0	-5	3	1.06	3	.787
<b>Ballade</b>	-4.0	-5	4	-4.5	-5	3	-5.0	-5	2	-5.0	-5	2	24.98	3	< .001 ***
<b>Biene</b>	-5.0	-5	3	-4.5	-5	4	-4.0	-5	4	-4.0	-5	5	9.00	3	.029
<b>Bohrer</b>	-4.5	-5	4	-4.0	-5	4	-3.0	-5	5	-3.0	-5	5	3.40	3	.334
<b>Brand</b>	-4.0	-5	4	-4.0	-5	4	-2.5	-5	5	0.0	-5	5	18.42	3	< .001 ***
<b>Donner</b>	-4.0	-5	4	-5.0	-5	5	-5.0	-5	3	-5.0	-5	3	14.74	3	.002 **
<b>Drill</b>	-5.0	-5	2	-4.0	-5	3	-2.5	-5	4	0.0	-5	5	26.38	3	< .001 ***
<b>Elefant</b>	-4.5	-5	4	-5.0	-5	3	-5.0	-5	0	-5.0	-5	1	15.07	3	.002 **
<b>Fabrik</b>	-3.0	-5	4	-3.0	-5	5	-0.5	-5	5	0.5	-5	4	7.62	3	.055
<b>Fluss</b>	-3.5	-5	4	-4.5	-5	3	-5.0	-5	3	-5.0	-5	0	25.30	3	< .001 ***
<b>Fußball</b>	-5.0	-5	3	-5.0	-5	4	-5.0	-5	3	-5.0	-5	3	2.18	3	.537
<b>Gebrüll</b>	-4.0	-5	2	-5.0	-5	2	-5.0	-5	3	-5.0	-5	5	2.05	3	.563
<b>Gewehr</b>	-5.0	-5	2	-5.0	-5	2	-5.0	-5	1	-5.0	-5	3	0.67	3	.881
<b>Gitarre</b>	-4.5	-5	4	-4.0	-5	3	-4.0	-5	4	-5.0	-5	4	3.86	3	.277
<b>Granate</b>	-5.0	-5	2	-5.0	-5	4	-4.0	-5	4	-4.0	-5	5	12.10	3	.007 **
<b>Hacke</b>	-5.0	-5	3	-5.0	-5	0	-5.0	-5	2	-5.0	-5	3	1.17	3	.761
<b>Hafen</b>	0.0	-5	5	-2.0	-5	4	-3.0	-5	3	-4.0	-5	3	14.78	3	.002 **
<b>Hammer</b>	-5.0	-5	3	-5.0	-5	2	-5.0	-5	0	-5.0	-5	0	6.15	3	.105
<b>Hengst</b>	-5.0	-5	2	-5.0	-5	1	-5.0	-5	0	-5.0	-5	2	2.58	3	.460
<b>Hörfunk</b>	0.0	-5	5	1.0	-5	5	1.0	-5	5	-1.0	-5	5	3.63	3	.304
<b>Husten</b>	-5.0	-5	3	-5.0	-5	1	-5.0	-5	2	-5.0	-5	0	2.48	3	.479
<b>Jubel</b>	-5.0	-5	2	-4.0	-5	2	-5.0	-5	4	-5.0	-5	2	2.14	3	.545
<b>Katze</b>	-5.0	-5	2	-4.0	-5	2	-4.0	-5	2	-4.0	-5	4	8.16	3	.043 *
<b>Kiesel</b>	-5.0	-5	2	-4.5	-5	2	-5.0	-5	1	-5.0	-5	2	1.32	3	.724
<b>Klavier</b>	-4.0	-5	4	-4.5	-5	3	-4.0	-5	3	-5.0	-5	2	10.86	3	.013 **

III. Studie Erwachsene: Emotionale Semantik von Farben und Tönen

	475 Hz			700 Hz			1500 Hz			2500 Hz			$\chi^2$	df	p	
	Md	Min.	Max.	Md	Min.	Max.	Md	Min.	Max.	Md	Min.	Max.				
<b>Klingel</b>	-3.0	-5	4	1.0	-5	4	1.0	-5	3	3	0.0	-5	4	19.96	3	< .001 ***
<b>Konzert</b>	-3.0	-5	4	-4.0	-5	3	-3.5	-5	3	3	-4.0	-5	4	8.48	3	.037 *
<b>Krach</b>	-4.0	-5	5	-3.0	-5	5	2.0	-5	5	5	1.0	-5	5	41.14	3	< .001 ***
<b>Krieg</b>	-3.0	-5	5	-4.0	-5	5	-3.0	-5	5	5	-2.0	-5	4	13.43	3	.004 **
<b>Kröte</b>	-5.0	-5	2	-5.0	-5	2	-5	-5	2	2	-5.0	-5	2	0.94	3	.816
<b>Münze</b>	-3.0	-5	3	-3.0	-5	1	-4.5	-5	4	4	-5.0	-5	3	3.61	3	.307
<b>Muschel</b>	-3.0	-5	5	-4.0	-5	3	-5.0	-5	1	1	-5.0	-5	1	13.98	3	.003 **
<b>Musik</b>	-3.0	-5	5	-2.0	-5	4	-3.0	-5	4	4	-3.5	-5	3	5.76	3	.124
<b>Pfeife</b>	-3.5	-5	4	-3.0	-5	3	0.0	-5	5	5	2.0	-5	5	51.97	3	< .001 ***
<b>Radio</b>	0.5	-5	5	1.0	-5	5	1.0	-5	5	5	0.5	-5	5	7.09	3	.069
<b>Schelle</b>	-4.0	-5	2	-3.0	-5	3	-3.0	-5	4	4	-1.5	-5	3	15.00	3	.002 **
<b>Schiff</b>	1.0	-5	4	0.0	-5	5	-4.0	-5	5	5	-4.0	-5	2	44.85	3	< .001 ***
<b>Sirene</b>	-3.0	-5	4	-1.5	-5	4	1.0	-5	5	5	1.0	-5	5	37.62	3	< .001 ***
<b>Telefon</b>	4.5	-3	5	3.0	-5	5	2.0	-5	5	5	1.0	-5	5	61.92	3	< .001 ***
<b>Unfall</b>	-4.0	-5	4	-2.0	-5	5	1.0	-5	5	5	0.0	-5	4	18.52	3	< .001 ***
<b>Vogel</b>	-5.0	-5	3	-4.0	-5	2	-1.5	-5	4	4	-1.0	-5	5	29.00	3	< .001 ***
<b>Wasser</b>	-4.0	-5	4	-3.0	-5	5	-4.0	-5	3	3	-5.0	-5	2	15.42	3	.001 **
<b>Zirkus</b>	-4.0	-5	3	-4.0	-5	3	-3.5	-5	4	4	-4.0	-5	5	8.80	3	.032 *

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Tab. 14: Paarweise Vergleiche der Assoziationsstärke der Begriffe zu den Tönen

		475 Hz vs. 700 Hz	475 Hz vs. 1500 Hz	475 Hz vs. 2500 Hz	700 Hz vs. 1500 Hz	700 Hz vs. 2500 Hz	1500 Hz vs. 2500 Hz
<b>Alarm</b>	Z	-2.91	-4.86	-5.12	-4.43	-4.32	-1.63
	p	.004**	< .001***	< .001***	< .001***	< .001***	.103
<b>Anruf</b>	Z	-4.52	-5.27	-5.47	-2.92	-3.88	-2.13
	p	< .001***	< .001***	< .001***	.004**	< .001***	.033*
<b>Applaus</b>	Z	-0.67	-0.35	-0.36	-0.29	-0.29	-0.16
	p	.504	.729	.721	.773	.775	.876
<b>Ballade</b>	Z	-2.03	-3.31	-3.79	-2.41	-2.93	-0.54
	p	.043*	.001***	< .001***	.016*	.003**	.589
<b>Biene</b>	Z	-1.88	-2.18	-2.88	-1.28	-1.73	-0.79
	p	.060	.029*	.004**	.199	.084	.429
<b>Bohrer</b>	Z	-0.68	-1.47	-1.66	-0.59	-1.00	-0.55
	p	.496	.141	.097	.559	.316	.585
<b>Brand</b>	Z	-0.50	-2.05	-3.08	-1.68	-2.96	-2.09
	p	.617	.041*	.002**	.093	.003**	.037*
<b>Donner</b>	Z	-1.27	-2.39	-2.44	-0.83	-1.42	-1.02
	p	.203	.017*	.015*	.407	.155	.310
<b>Drill</b>	Z	-1.53	-3.00	-4.10	-2.30	-3.81	-2.84
	p	.127	.003**	< .001***	.021*	< .001***	.004**
<b>Elefant</b>	Z	-2.04	-2.75	-2.85	-2.23	-2.29	-0.87
	p	.041*	.006**	.004**	.026*	.022*	.384
<b>Fabrik</b>	Z	-1.17	-2.76	-2.57	-1.03	-1.16	-0.49
	p	.242	.006**	.010**	.303	.247	.622
<b>Fluss</b>	Z	-1.53	-2.33	-3.32	-1.62	-3.12	-1.98
	p	.127	.020*	.001***	.106	.002**	.048*
<b>Fußball</b>	Z	-0.50	-0.51	-0.35	-1.06	-0.34	-0.46
	p	.620	.612	.729	.290	.735	.649
<b>Gebrüll</b>	Z	-0.32	-0.36	-1.23	-0.30	-1.51	-1.45
	p	.753	.723	.219	.764	.130	.148
<b>Gewehr</b>	Z	-0.08	-0.15	-1.21	-0.26	-1.38	-1.37
	p	.936	.884	.225	.793	.168	.172
<b>Gitarre</b>	Z	-0.14	-0.42	-1.33	-0.66	-1.92	-1.31
	p	.886	.671	.185	.511	.055	.189
<b>Granate</b>	Z	-0.99	-2.74	-2.97	-1.38	-2.25	-1.34
	p	.321	.006**	.003**	.168	.025*	.179
<b>Hacke</b>	Z	-0.06	-0.29	-1.09	-0.46	-1.14	-1.72
	p	.949	.775	.276	.648	.253	.086
<b>Hafen</b>	Z	-1.38	-2.02	-3.49	-1.39	-3.16	-2.97
	p	.168	.043*	< .001***	.164	.002**	.003**
<b>Hammer</b>	Z	-0.65	-1.20	-1.76	-0.59	-1.24	-0.63
	p	.519	.231	.078	.554	.215	.526
<b>Hengst</b>	Z	-0.52	-0.21	-0.38	-0.99	-1.07	-0.44
	p	.602	.831	.705	.324	.284	.657
<b>Hörfunk</b>	Z	-0.67	-0.29	-1.04	-0.23	-1.19	-1.33
	p	.505	.773	.298	.822	.234	.182
<b>Husten</b>	Z	-0.45	-0.40	-1.31	-0.02	-0.94	-1.17
	p	.655	.689	.191	.986	.347	.240
<b>Jubel</b>	Z	-1.25	-0.15	-0.42	-1.37	-0.61	0.00
	p	.213	.877	.676	.171	.545	1.00

III. Studie Erwachsene: Emotionale Semantik von Farben und Tönen

		475 Hz vs. 700 Hz	475 Hz vs. 1500 Hz	475 Hz vs. 2500 Hz	700 Hz vs. 1500 Hz	700 Hz vs. 2500 Hz	1500 Hz vs. 2500 Hz
<b>Katze</b>	Z	-0.92	-1.93	-2.37	-1.15	-1.75	-1.10
	p	.357	.054	.018*	.249	.080	.272
<b>Kiesel</b>	Z	-1.79	-1.33	-0.45	-0.55	-1.15	-0.42
	p	.073	.182	.655	.585	.249	.675
<b>Klavier</b>	Z	-0.50	-1.25	-2.20	-1.84	-2.95	-1.57
	p	.621	.212	.028*	.066	.003**	.115
<b>Klingel</b>	Z	-3.49	-2.65	-2.15	-0.70	-0.74	-0.46
	p	< .001***	.008**	.032*	.483	.462	.644
<b>Konzert</b>	Z	-1.48	-1.06	-1.02	-0.15	-0.33	-0.45
	p	.140	.287	.306	.877	.739	.653
<b>Krach</b>	Z	-1.90	-4.20	-4.45	-3.72	-4.00	-0.92
	p	.057	< .001***	< .001***	< .001***	< .001***	.359
<b>Krieg</b>	Z	-0.56	-1.05	-2.37	-1.52	-2.82	-2.29
	p	.575	.293	.018*	.128	.005**	.022*
<b>Kröte</b>	Z	-0.20	-0.23	-0.71	-0.14	-1.03	-0.76
	p	.839	.815	.479	.886	.302	.447
<b>Münze</b>	Z	-0.48	-0.65	-1.37	-0.61	-1.19	-1.00
	p	.629	.519	.170	.541	.236	.320
<b>Muschel</b>	Z	-1.75	-2.34	-2.84	-1.14	-2.05	-1.75
	p	.081	.019*	.005**	.253	.041*	.081
<b>Musik</b>	Z	-0.48	-1.80	-1.73	-1.66	-1.98	-1.13
	p	.631	.072	.083	.097	.048	.260
<b>Pfeife</b>	Z	-1.67	-4.02	-5.19	-3.61	-4.98	-2.83
	p	.095	< .001***	< .001***	< .001***	< .001***	.005**
<b>Radio</b>	Z	-0.87	-0.90	-1.21	-0.14	-2.59	-2.64
	p	.385	.367	.228	.887	.010**	.008**
<b>Schelle</b>	Z	-2.63	-2.76	-3.39	-0.36	-1.44	-1.29
	p	.009**	.006**	.001***	.717	.149	.196
<b>Schiff</b>	Z	-3.01	-4.69	-5.20	-2.80	-3.90	-1.82
	p	.003**	< .001***	< .001***	.005**	< .001***	.069
<b>Sirene</b>	Z	-2.57	-4.75	-4.24	-3.87	-3.16	-0.31
	p	.010**	< .001***	< .001***	< .001***	.002**	.759
<b>Telefon</b>	Z	-4.11	-4.72	-5.31	-1.89	-3.57	-2.12
	p	< .001***	< .001***	< .001***	.058	< .001***	.034*
<b>Unfall</b>	Z	-1.69	-3.46	-3.19	-2.54	-2.17	-0.38
	p	.092	.001***	.001***	.011*	.030*	.703
<b>Vogel</b>	Z	-2.26	-3.93	-3.75	-3.68	-3.20	-0.71
	p	.024*	< .001***	< .001***	< .001***	.001***	.480
<b>Wasser</b>	Z	-0.50	-1.35	-2.80	-1.80	-3.45	-2.71
	p	.617	.176	.005**	.072	.001***	.007**
<b>Zirkus</b>	Z	-0.87	-1.93	-0.62	-1.46	-0.02	-1.77
	p	.385	.053	.538	.144	.988	.077

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Im Folgenden sollen die Vergleiche zwischen den negativen und positiven Begriffen kurz aufgeführt werden: Die beiden hohen Töne (2500 Hz und 1500 Hz) waren signifikant stärker mit den Items negativer Valenz „Alarm“, „Krach“ und „Sirene“ verbunden als die beiden tiefen Töne (475 Hz und 700 Hz). Weiterhin war der höchste Ton (2500 Hz) in der Tendenz enger mit

„Brand“ assoziiert als die beiden tiefen Töne (475 Hz und 700 Hz) und signifikant stärker mit „Drill“ als die beiden tiefen Töne. Zuletzt waren die beiden hohen Töne (2500 Hz und 1500 Hz) signifikant enger mit dem Begriff „Unfall“ verbunden als der tiefste Ton (475 Hz). Umgekehrt war der positive Begriff „Ballade“ signifikant enger mit dem tiefsten Ton (475 Hz) assoziiert als mit den beiden hohen Tönen (2500 Hz und 1500 Hz), und das positive Item „Fluss“ signifikant stärker mit dem tiefsten als dem höchsten Ton. Dagegen war das positive Item „Vogel“ enger mit beiden hohen Tönen (2500 Hz und 1500 Hz) verbunden als mit beiden tiefen Tönen (475 Hz und 700 Hz).

Nach der Analyse der einzelnen Items wurden zum Vergleich der Items hinsichtlich ihrer Valenz drei Skalen gebildet (positive, neutrale sowie negative Skala). Diese Skalen fassten jeweils die Items mit gleicher Valenz zusammen, wie sie die Probanden der vorliegenden Studie bewerteten (für die Valenz der Begriffe s. Anhang F). Die positive Skala umfasste somit 13 Items, die neutrale Skala 21 Items und die negative Skala 11 Items. Es wurde ausgewertet, inwieweit diese Skalen mit den verschiedenen Tönen verbunden waren. Die deskriptive Statistik, die Ergebnisse der Friedman-Tests sowie die Reliabilität der Skalen sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tab. 15: Deskriptive Statistik, Reliabilität (Cronbach's alpha) und Vergleiche zwischen den Assoziations-Skalen für die Töne

	475 Hz		700 Hz		1500 Hz		2500 Hz		$\chi^2$	df	p
	Md	$\alpha$	Md	$\alpha$	Md	$\alpha$	Md	$\alpha$			
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max			
<b>Positive Skala</b>	-2.77	.94	-3.12	.95	-3.23	.95	-3.65	.94	13.12	3	.004 **
	-5.00	2.92	-5.00	1.62	-5.00	1.08	-5.00	0.92			
<b>Neutrale Skala</b>	-2.40	.93	-2.38	.93	-2.19	.93	-2.52	.92	5.73	3	.126
	-4.33	1.71	-4.67	1.62	-4.90	1.05	-4.95	1.00			
<b>Negative Skala</b>	-3.14	.86	-2.55	.90	-1.50	.88	-1.09	.86	48.17	3	<.001 ***
	-5.00	0.73	-5.00	2.45	-5.00	3.36	-4.91	3.40			

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Die negativen Skalen unterschieden sich signifikant zwischen den Tönen, die positiven Skalen aufgrund der Bonferroni-Korrektur lediglich tendenziell.

Anschließende Wilcoxon-Tests für die negativen Skalen verdeutlichten, dass die beiden hohen Töne (1500 Hz und 2500 Hz) signifikant stärker mit der Skala der negativen Items verbunden waren als die beiden tiefen Töne (475 Hz und 700 Hz).

Paarweise Vergleiche und die Ergebnisse der Wilcoxon-Tests sind in Tabelle 16 aufgeführt.

Tab. 16: Paarweise Vergleiche zwischen den Assoziations-Skalen für die Töne

		475 Hz vs. 700 Hz	475 Hz vs. 1500 Hz	475 Hz vs. 2500 Hz	700 Hz vs. 1500 Hz	700 Hz vs. 2500 Hz	1500 Hz vs. 2500 Hz
<b>Positive Skala</b>	Z	-1.03	-2.37	-3.07	-1.87	-3.26	-3.23
	p	.302	.018*	.002**	.062	.001***	.001***
<b>Neutrale Skala</b>	Z	-0.68	-0.91	-1.53	-0.14	-1.98	-1.81
	p	.498	.362	.125	.888	.048*	.071
<b>Negative Skala</b>	Z	-2.45	-5.04	-5.23	-3.86	-4.46	-2.55
	p	.014*	<.001***	<.001***	<.001***	<.001***	.011*

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

### 3.3.4.5 Kreuzmodale Kongruenz

An dieser Stelle sollen kurz die Ergebnisse zu kreuzmodalen Kongruenzen zusammengefasst werden.

Sowohl auf emotionaler als auch auf begrifflich-semantischer Ebene wurden kreuzmodale Kongruenzen zwischen „Rot“ und hohen Tönen (speziell dem höchsten Ton, 2500 Hz) sowie „Grün“ und tiefen Tönen (insbesondere dem tiefsten Ton, 475 Hz) sichtbar.

Hinsichtlich der einzelnen Emotionen zeigte sich beispielsweise eine Verbindung von „Rot“ mit „Furcht“, analog löste der höchste Ton (2500 Hz) stärker als tiefe Töne „Angst“ aus. Ein Vergleich der emotionalen Skalen verdeutlichte (s. Kap. 3.3.4.1 und 3.3.4.3), dass „Rot“ signifikant stärker mit negativen Emotionen verbunden war als „Grün“ (und „Gelb“). Ebenso waren die beiden hohen Töne (1500 Hz und 2500 Hz) stärker mit der negativen emotionalen Skala verbunden als die tiefen Töne (475 Hz und 700 Hz).

Dagegen war Grün stark mit der positiven emotionalen Skala verbunden. Rot war ebenfalls stark mit der positiven emotionalen Skala verbunden, im Gegensatz zu hohen Tönen, die ausschließlich mit der negativen Skala verknüpft waren.

Abbildung 4 veranschaulicht den stärkeren Zusammenhang von „Rot“ und dem höchsten Ton (2500 Hz) mit negativen Emotionen gegenüber „Grün“ und dem tiefsten Ton (475 Hz). Dagegen war der tiefe Ton enger mit der positiven Skala verbunden– ebenso wie „Grün“. „Rot“ wurde jedoch im Gegensatz zum hohen Ton (2500 Hz) nicht nur negativ, sondern auch positiv evaluiert.

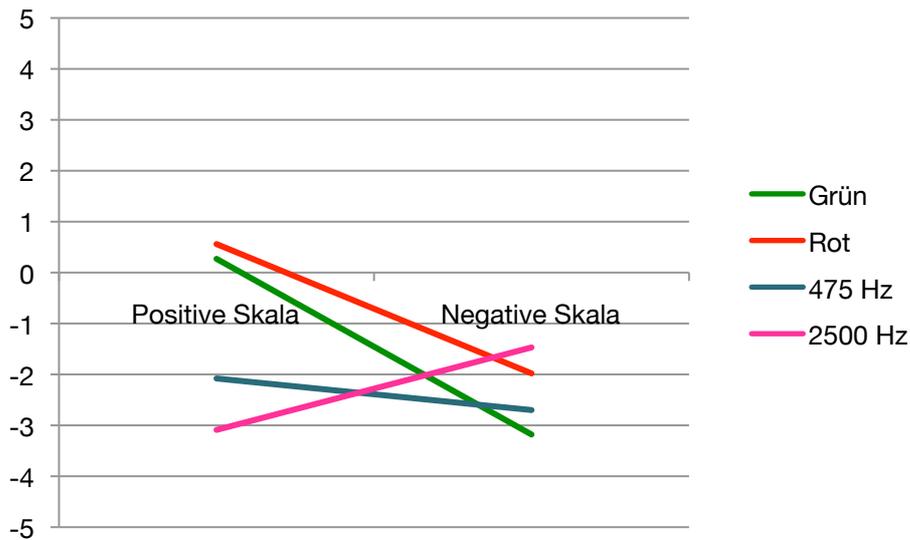


Abb. 4: Positive und Negative Emotions-Skalen (Mittelwerte) der Farben Rot und Grün und der Töne 475 Hz und 2500 Hz

Hinsichtlich der einzelnen begrifflichen Assoziationen zeigte sich ein Zusammenhang der Farbe „Rot“ mit einem ähnlichen semantischen Feld wie hohe Töne: „Rot“ war mit „Blut“, „Feuer“, „Gefahr“, „Stop“ verbunden, der hohe Ton (2500 Hz) mit „Alarm“, „Sirene“, „Brand“ und „Unfall“. Im Gegensatz dazu wies „Grün“ Assoziationen zum Begriffsfeld der „Natur“ auf, ebenso wie der tiefste Ton mit „Wasser“ verbunden war (s. Kap. 3.3.4.2 und 3.3.4.4).

Im Vergleich der Assoziations-Skalen ließ sich ein ähnlicher Bezug in der Positivität der Assoziationen zu „Grün“ und tiefen Tönen (besonders zum Ton 475 Hz) einerseits feststellen, und in der Negativität der Assoziationen zu „Rot“ und hohen Tönen (speziell dem Ton 2500 Hz) andererseits (s. Kap. 3.3.4.2 und 3.3.4.4). Es zeichnete sich eine Art Interaktion zwischen den positiven und negativen Skalen dieser Farb-Ton-Kombinationen ab, in dem Sinne, dass „Grün“ und tiefe Töne positiver assoziiert waren als „Rot“ und hohe Töne, und umgekehrt „Grün“ und tiefe Töne weniger negativ konnotiert als „Rot“ und hohe Töne (s. Abb. 5).

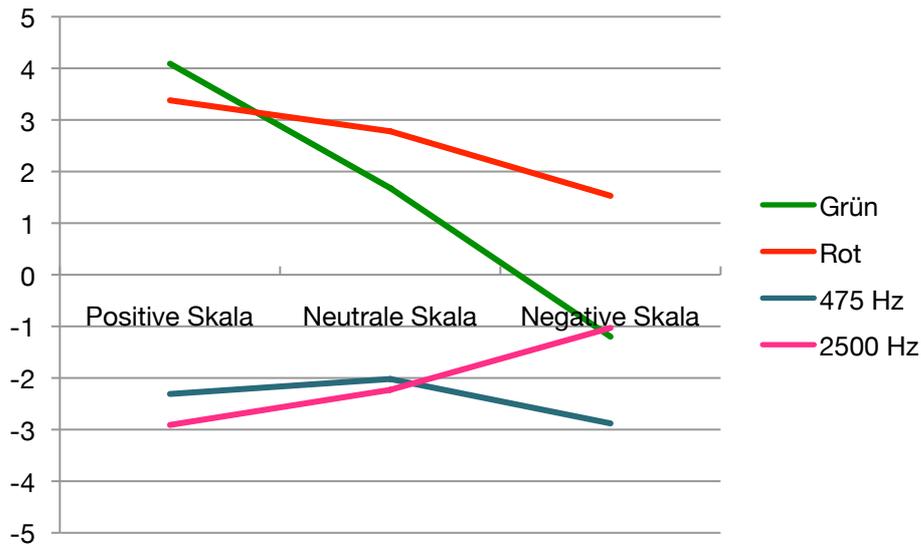


Abb. 5: Assoziations-Skalen (M) der Farben Rot und Grün und der Töne 475 Hz und 2500 Hz

Die Abbildungen illustrieren jedoch ebenso eine generell stärkere Verbindung von Farben mit Emotionen und Assoziationen als mit Tönen.

Diese Ergebnisse sind rein deskriptiv zusammengefasst. Die Basis besteht aus den inferenzstatistischen Vergleichen innerhalb der Farben (Emotionen und Emotions- bzw. Assoziationskalen) bzw. Töne (Emotionen und Assoziationen bzw. deren Skalen) und den Deskriptiven bezüglich der Farb-Assoziationen. Ein inferenzstatistischer Vergleich bleibt aufgrund mangelnder nicht-parametrischer statistischer Verfahren im Messwiederholungsdesign offen.

### 3.3.4.6 Gender-Unterschiede in den Farb- und Tonevaluationen

Es zeigten sich keine signifikanten Geschlechtsunterschiede in der Bewertung der Farben oder Töne hinsichtlich der mit ihnen verbundenen Emotionen oder Assoziationen auf dem korrigierten Signifikanzniveau.

### 3.4 Diskussion

Ziel dieser Studie war die systematische Untersuchung von emotionalen und semantischen Assoziationen zu Farben und Tonhöhe, d. h. Sinus-Tönen verschiedener Frequenzen. Der spezielle Fokus dieser Studie lag auf der Exploration kreuzmodaler Verbindungen.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse entsprechend der Hypothesen zusammengefasst und vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstandes diskutiert. Zudem wird auf Grenzen dieser Untersuchung hingewiesen.

#### 3.4.1 Fragestellung A: Semantik von Farben und Tönen

Angenommen wurde eine negative emotionale und semantische Konnotation von Rot (Hypothese 1a) und hohen Tönen (Hypothese 1c), sowie eine positive emotionale und semantische Konnotation von Grün (Hypothese 1b) und tiefen Tönen (Hypothese 1d).

Hinsichtlich der Farben hat sich gezeigt, dass Rot und Grün in einem standardisierten Kontext kontrastierend evaluiert wurden: Rot rief signifikant stärker negative Emotionen hervor als Grün und die Kontrollfarbe Gelb. Weiterhin war Rot, verglichen mit allen anderen Farben, signifikant stärker mit semantisch negativen Items assoziiert. Dagegen rief Grün signifikant stärker sowohl positive semantische Assoziationen als auch positive Emotionen hervor. Rot war allerdings ebenso positiv assoziiert – das Rating dieser Farbe war demnach polarisiert. Die Kontrollfarben verhielten sich ähnlich zueinander, d. h. sie bewegten sich hinsichtlich der Valenz ihrer Assoziationen und Emotionen im Mittelfeld und kontrastierten nicht wie Rot und Grün. Damit haben sich Hypothese 1a und 1b bestätigt. Zudem zeigte sich auch in dem standardisierten Kontext eine polarisierte Bewertung von Rot (nicht nur negativ, sondern auch positiv).

In Bezug auf die Sinus-Töne hat sich ergeben, dass hohe Töne vorrangig mit negativen Emotionen und Assoziationen verbunden wurden, wohingegen tiefe Töne hauptsächlich positive Semantik und Emotionen auslösten. Somit haben sich die Hypothesen 1c und 1d ebenfalls bestätigt.

Was die Farben betrifft, hat sich die negative Emotionalität und Semantik von Rot und die positive Emotionalität und Semantik von Grün bestätigt, so wie bereits in vorangegangenen Studien berichtet (Elliot u. a., 2009; Moller u. a., 2009; s. Kap. 2.1.2.1). Sowohl diese Studien als auch die Daten der vorliegenden Studie unterstützen demnach Gerend und Sias' (2009) Argument, dass Rot als bedrohender Reiz oder Gefahrensignal agieren könnte (vgl. Friedman &

Förster, 2010). Die durch Rot ausgelöste Vermeidungsmotivation (Elliot u. a., 2009) könnte auf diese negativen Emotionen und Assoziationen zurückzuführen sein. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie spiegeln ebenso die polarisierte Bewertung von Rot wider, die z. B. von Kaya und Epps (2004a) beobachtet wurde (s. Kap. 2.1.2): Sie berichteten positive sowie negative Assoziationen und emotionale Reaktionen auf Rot. Anzunehmen ist, dass diese Variabilität der psychologischen Effekte von Rot mit der Kontextabhängigkeit von Emotionen und Assoziationen gegenüber Farben zusammenhängt. Für Rot z. B. demonstrierten Elliot und Niesta (2008) sowie Elliot et al. (2010), dass es die menschliche Attraktivität in romantischen Situationen steigert, hier zeigte sich kein negativer Einfluss.

Übereinstimmend mit vorheriger Forschung bestätigte sich Grün als positiv konnotierte Farbe, die starke positive semantische Assoziationen zu „Natur“ und auch – etwas abstrakter – zu „Hoffnung“ aufweist. Valdez und Mehrabian (1994) belegten, dass Grün eindeutig mit positiven Assoziationen wie „Natur“ verbunden ist. Ebenso berichteten Kaya und Epps (2004a) einen ähnlichen Bezug zwischen Grün und „Natur“ und einen metaphorischen Zusammenhang zu „Ruhe“. Diese Daten wurden repliziert.

Die Befunde zu den anderen Farben sind ebenso konsistent mit früherer Literatur: Blau wurde als „Traurigkeit“ auslösende Farbe angegeben (Kaya & Epps, 2004a; Zentner, 2001) und Gelb wurde als „belustigende“ Farbe bestätigt (Hemphill, 1996). Zusammen genommen bestärken die Daten der vorliegenden Studie eine bestimmte Diskretheit von farbbezogenen Emotionen.

Die Ergebnisse bezüglich der emotionalen Semantik von Tonhöhe widersprechen dagegen der nur spärlich vorhandenen vorherigen Literatur. Collier und Hubbard (2001) demonstrierten, dass höhere Sinus-Töne als „fröhlicher“ („happier“) klingend beurteilt wurden als tiefere Sinus-Töne (s. Kap. 2.1.4.1), wohingegen in der vorliegenden Studie höhere Töne stärker negative Emotionen auslösten. Eine Erklärung für diese widersprüchlichen Befunde könnte die Verwendung verschiedener Tonhöhen sein: In dieser Studie weitete ich das hohe Tonspektrum auf 2500 Hz aus, wohingegen der höchste von Collier und Hubbard (2001) dargebotene Ton bei 1046.4 Hz lag, also zwischen den „mittleren“ Tönen von 700 Hz und 1500 Hz der vorliegenden Studie. Der von Collier und Hubbard (2001) verwendete mittlere Ton (523.2 Hz) ist vergleichbar mit dem tiefsten Ton der vorliegenden Studie, der bei 475 Hz lag. Daher könnte die Verwendung eines engeren akustischen Spektrums verhindert haben, dass Collier und Hubbard (2001) die mit hohen Tönen verbundene Negativität entdeckten. Ein weiterer Faktor für die divergierenden Ergebnisse könnten die Tempi sein, in denen Collier und Hubbard (2001) die Töne testeten – diese könnten Musik und Rhythmus implizieren, wohingegen in der vorliegenden Studie einzelne Töne evaluiert wurden. Die von Collier und Hubbard (2001) verwendeten Sinus-Töne wurden in

drei verschiedenen Tempi präsentiert. Einhergehend mit der festgelegten Dauer der Trials variierte die Anzahl der präsentierten Töne in den Tempi. Da die Tempi ihrerseits die Fröhlichkeits- und Helligkeitsbeurteilungen hinsichtlich der Töne beeinflussten (Töne in einem schnelleren Tempo wurden als fröhlicher und heller bewertet als Töne, die in einem langsameren Tempo gespielt wurden), könnten die Töne in der vorliegenden Studie ohne jegliche Tempovorgabe zu einer anderen Einschätzung führen. Gegensätzliche Beurteilungen sind daher möglicherweise in einer Beurteilung von einzelnen Tönen (diese Studie) verglichen mit zusammen gesetzten Tönen (Collier & Hubbard, 2001) begründet – die Beurteilungen könnten durch andere Faktoren als Tonhöhe, wie z. B. Rhythmus oder Tempo verursacht worden sein. In der vorliegenden Studie wurde durch die Präsentation einzelner Töne beabsichtigt, eine Evaluation von Tonhöhe in einem geringen kontextuellen oder semantischen Bezug zu ermöglichen.

Bezüglich der Wahrnehmung von Musik wurde die affektive Wirkung von Tempo bereits belegt: Schnelle Musik wurde als „dynamischer“ und „gespannter“ (Übers. d. Verf.) bewertet (Ilie & Thompson, 2006), ebenso wie schnelle Musik als „fröhlicher“ („happier“) als langsame Musik eingestuft wurde (Webster & Weir, 2005). Zukünftige Studien sind notwendig, um zu klären, ob die Evaluierung einzelner Töne ebenso von Tempo oder weiteren Faktoren beeinflusst wird.

Weiterhin könnte zu widersprüchlichen Befunden geführt haben, dass die Emotion „Fröhlichkeit“ in Bezug auf Tonhöhe von Collier und Hubbard (2001) lediglich auf einer 7-stufigen Likert-Skala anhand eines einzigen Items abgefragt wurde, während die vorliegende Studie ein breiteres Band an Emotionen und Assoziationen erfasste und damit eine generelle Valenz feststellte, die möglicherweise nicht durch ein Item abgebildet wurde.

Zudem erfassten Collier und Hubbard (2001) die Emotion „Fröhlichkeit“ im Zusammenhang mit anderen Qualitäten der Musikstücke („Beschleunigung“, „Helligkeit“, „Schnelligkeit“), die anhand derselben Skala mit derselben Ausrichtung der Pole erfasst wurden, so dass eine Beeinflussung durch Antworttendenzen in ihrer Studie nicht ausgeschlossen ist.

Ebenso widersprechen die Daten der vorliegenden Studie dem Befund von Eitan und Timmers (2010), die einen positiven Zusammenhang zwischen Valenz und Tonhöhe fanden, d. h. hohe Töne korrelierten mit positiven Merkmalen (s. Kap. 2.1.4.1). In der vorliegenden Studie waren die hohen Töne eher negativ assoziiert. Allerdings war das Vorgehen ein grundsätzlich anderes: Eitan und Timmers (2010) ließen Töne nicht direkt nach ihrer Valenz bzw. emotionalen oder semantischen Attributen einschätzen, sondern forderten Versuchspersonen dazu auf, gegensätzlichen Begriffspaaren Tonhöhen zuzuordnen („hoher Ton“ vs. „tiefer Ton“), und in

einem weiteren Aufgabenteil wurde die Valenz der Begriffe erfasst (sowie die jeweilige Stärke des Zusammenhangs des Begriffspaares mit der Evaluierung). Das bedeutet, es wurden keine Ton-Stimuli direkt evaluiert, wie in der vorliegenden Studie, sondern die Probanden ordneten Begriffspaare einem individuellen Konzept von Tonhöhe zu. Dieses könnte sich zum einen möglicherweise unter den Studienteilnehmern stark unterschieden haben, zum anderen könnten sich die Probanden Töne vorgestellt haben, die unterhalb einer Schwelle lagen, ab dem Tonhöhe tatsächlich negativ empfunden wird.

Die unterschiedliche Bewertung von Tonhöhe in der Studie von Eitan und Timmers (2010) (hohe Töne: positiv) und in der vorliegenden Studie (hohe Töne: negativ) könnte ebenso in Relation mit den Ergebnissen von Collier und Hubbard (2001) gesehen werden, die ebenfalls eine positive Bewertung von hohen Tönen aufzeigten. Dieser Zusammenhang könnte den eben genannten Gedanken unterstützen. Da der von Collier und Hubbard (2001) präsentierte Ton von einer geringeren Frequenz war als in der vorliegenden Studie, könnte sich die Vermutung anschließen, dass die Probanden der Studie von Eitan und Timmers (2010) die Repräsentation bzw. Vorstellung eines hohen Tons bewerteten, der tiefer als der in der vorliegenden Studie verwendete Ton lag. Zudem wurde bei Eitan und Timmers (2010) der Zusammenhang zwischen Valenz und Tonhöhe über andere Dimensionen der Begriffe (wie „Intensität“, „Höhe“, „Größe“ oder „Quantität“) vermittelt, d. h. es ließ sich kein Zusammenhang mehr zwischen Tönen und Valenz nachweisen, wenn diese anderen Dimensionen berücksichtigt wurden. Offen bleibt die Frage, inwiefern die Semiotik von Tonhöhe ebenfalls durch andere Variablen vermittelt wird. Insgesamt belegen die Daten dieser Studie deutlich eine Valenz von Tonhöhe unter Berücksichtigung einer breiten emotionalen und semantischen Basis.

Es zeigte sich eine steigende Negativität der emotionalen und semantischen Assoziationen mit steigender Tonhöhe. Allein ein positives Item war signifikant stärker mit hohen Tönen verbunden („Vogel“, evtl. begründet auf der Assoziation mit dem meistens hohen Gezwitscher dieser Tiere). Die negative semantische Skala (bestehend aus Items mit negativer Valenz) war signifikant stärker mit hohen Tönen verbunden. Mehr als 50% der negativen Items waren mit hohen Tönen assoziiert, wohingegen nur 23% bzw. 24% der neutralen bzw. positiven Begriffe mit Tonhöhe verbunden waren. Diese Daten heben die negative emotionale Semantik speziell von hohen Tönen hervor.

Mit diesen Befunden wurde ein Antagonismus von Tonhöhe bewiesen, der bislang nur für Tonkonzepte, anstatt wie in der vorliegenden Studie für Perzepte, geprüft wurde (vgl. Eitan & Timmers, 2010). In der vorliegenden Studie ist dieser zwar eher auf negativen Emotionen und Assoziationen hoher Töne begründet und nicht zusätzlich auf positiven Emotionen und

Assoziationen zu tiefen Tönen, da nach der Bonferroni-Korrektur der Unterschied in den positiven Skalen lediglich eine Tendenz aufwies. Dennoch weisen die Befunde darauf hin, dass auch zu Tonhöhe antagonistisch assoziiert wird, und nicht nur umgekehrt begrifflichen Antonymen entgegen gesetzte Pole an Tonhöhe zugeordnet werden (vgl. Eitan & Timmers, 2010).

### **3.4.2 Fragestellung B: Kreuzmodale Kongruenzen der emotionalen Semantik zwischen Farben und Tönen**

Angenommen wurde eine ähnliche Semiotik zwischen Rot und hohen Tönen (Hypothese 2a) sowie zwischen Grün und tiefen Tönen (Hypothese 2b).

Diese Hypothesen haben sich auf einer deskriptiven Basis bestätigt. Es konnten kreuzmodale Ähnlichkeiten zwischen Rot und hohen Tönen einerseits und Grün und tiefen Tönen andererseits aufgezeigt werden: Rot und hohe Töne konvergierten in ihrer Negativität und einigen Kernassoziationen (z. B. Rot: „Feuer“, „Gefahr“, „Stopp“; in Bezug auf den höchsten Ton: „Brand“, „Alarm“, „Sirene“, „Unfall“). Rot und hohe Töne schienen demnach einem ähnlichen semantischen Feld verbunden zu sein. Dahingegen waren sowohl Grün als auch tiefe Töne emotional und semantisch positiv assoziiert (z. B. „Wasser“ hinsichtlich des tiefen Tons, „Natur“ in Bezug auf Grün).

Diese Studie erfasste als erste umfangreiche kreuzmodale Übereinstimmungen zwischen Farben und Tönen. Marks (1982) lieferte frühe Evidenz für kreuzmodale Verbindungen dieser Art (s. Kap. 2.2.2). Die Teilnehmer seiner Studie ordneten Farbwörtern auf einer grafischen Ratingskala Tonhöhen zu (von „sehr, sehr tief“ bis „sehr, sehr hoch“, Übers. d. Verf.). Sowohl Rot als auch Grün wurden als mittel hoch eingeschätzt, wohingegen Gelb als „hoch“ und Blau als „tief“ bewertet wurde. Die vorliegenden Daten widersprechen denen von Marks (1982). In ihrer Negativität ähnelten hohe Töne Rot, tiefe Töne dagegen glichen Grün in ihrer Positivität. Obwohl sich das Muster der ausgelösten Emotionen von Tonhöhen und Farben leicht unterschied, agierten hohe und tiefe Töne bzw. Rot und Grün als Gegenspieler hinsichtlich ihrer Emotionalität und ihrer semantischen Felder. Eine unterschiedliche Methodik könnte wenigstens teilweise für diese divergierenden Ergebnisse verantwortlich sein: In Marks' Studie wurden die Farben direkt nach ihrer Tonhöhe klassifiziert, wohingegen sich in der vorliegenden Studie die Kongruenz zwischen Rot und hohen Tönen bzw. Grün und tiefen Tönen basierend auf Berichten von subjektiven Gefühlen und semantischen Assoziationen zu Tönen und Farben ergeben hat. Folglich gründen die Ergebnisse der vorliegenden Studie auf einem breiteren

assoziativen Feld und einer breiteren emotionalen Spanne im Gegensatz zu einer direkten Zuordnung von Farbe zu Tonhöhe. Letztere könnte eher kognitiv sein und möglicherweise viele Aspekte außer Acht lassen. Mit der vorliegenden Studie wird also zum einen Marks' Forschung durch das Erfassen einer Vielzahl von Emotionen und Assoziationen erweitert, zum anderen wird die Valenz dieser Emotionen und Assoziationen erfasst.

Als weiterer Umstand könnte die Evaluierung von Farbwörtern in Marks' (1982) Studie – im Gegensatz zu Farbstimuli in der vorliegenden Studie – zu unterschiedlichen Beurteilungen geführt haben. Die Probanden könnten sich die Farben in verschiedenen Nuancen vorgestellt haben, was als konfundierender Faktor gewirkt haben könnte, da nicht ausgeschlossen ist, dass jeder Proband eine andere Farbe visualisierte und beurteilte. Gegenteilig dazu bewerteten alle Teilnehmer in der vorliegenden Studie dieselben Farbproben, die so einen Assoziationsreiz lieferten und die Wahrscheinlichkeit erhöhten, dass die Teilnehmer dieselbe vorgestellte Farbe evaluierten.

Ein sehr wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit den Befunden von Marks (1982) ist, dass in weiteren statistischen Analysen Helligkeitsunterschiede zwischen den Farben als Grund für die gesamte Varianz der Tonhöhenurteile ausgemacht wurden. Den Farben wurde nicht nur Tonhöhe, sondern auch Helligkeit zugeordnet. Auf diese Weise gaben die Probanden fast dieselben Urteile für beide Aufgaben, z. B. wurde Gelb sowohl als „hoch“ hinsichtlich Tonhöhe als auch als „hell“ eingestuft. Blau dagegen wurde eine tiefe Tonhöhe zugeordnet und als „dunkel“ eingeschätzt. Es bleibt zu betonen, dass mittels einer anderen Methode in der vorliegenden Studie feine emotionale und semantische Unterschiede in vielen Variablen nachgewiesen werden konnten, die zu einer kontroversen Beurteilung von Rot und Grün bzw. hohen und tiefen Tönen führen. Helligkeit mag auch bei der Beurteilung von Emotionen und Assoziationen ein determinierender Faktor sein, jedoch ist es unwahrscheinlich, dass Helligkeit allein die Vielfalt an Emotionen und Assoziationen und insbesondere ihre Diskretheit bestimmte (beispielsweise war „Rot“ mit spezifisch „roten“ Emotionen und Assoziationen wie z. B. „Liebe“ und „Feuer“ verbunden). Wünschenswert wäre dennoch eine Validierung der Ergebnisse anhand von Stimuli, die in diesen Variablen kontrolliert wurden.

In einer anderen sehr frühen Studie fanden Simpson, Quinn und Ausubel (1956), dass Kinder „Rot“ als „mittel hoch“ bewerteten, und „Grün“ einem hohen Ton zuordnen (s. Kap. 2.2.2.1). Wiederum können methodologische Gründe für die Inkompatibilität dieser Befunde und jener der gegenwärtigen Studie in Betracht gezogen werden. Simpson, Quinn und Ausubel (1956) verwendeten eine forced-choice Aufgabe, in der Grundschüler eine von sechs Farben einem Sinus-Ton zuordneten. Die Kinder wurden gebeten, den Anfangsbuchstaben der Farbe

aufzuschreiben, an die sie „dachten“, wenn sie den Sinus-Ton hörten. Den Kindern lag dabei ein Blatt Papier mit Farbdrukken vor, wobei unter den Farbdrukken der Anfangsbuchstabe der Farbe angegeben war. Diese Vorgehensweise könnte zu anderen kreuzmodalen Assoziationen führen als der Fragebogenansatz, der in der vorliegenden Studie verwendet wurde. Wie schon im Kontext der Arbeiten von Marks (1982) beschrieben, verliert eine direkte Klassifikation viel von der emotionalen und semantischen Information, die in der vorliegenden Bewertung von Emotionen und Assoziationen enthalten ist.

Alternativ könnte die abweichende Beurteilung durch Kinder und Erwachsene ihren Ursprung in Lernaspekten und Erfahrung mit Farben und Tönen haben. Was die emotionale Semantik von Farben betrifft, gibt es Evidenz für einen starken Einfluss von Entwicklungsaspekten. In einer Studie von Zentner (2001) bewerteten Kinder Rot ausschließlich als „fröhlich“ („happy“). Ähnlich berichteten Boyatzis und Varghese (1994), dass fünf bis sechsjährige Kinder Rot mit Fröhlichkeit und Aufregung verbanden, während Erwachsene Rot sowohl positiv als auch negativ bewerteten (Kaya & Epps, 2004a). Diese polarisierte Wahrnehmung der Farbe Rot durch Erwachsene scheint bei Kindern nicht vorzukommen. Zusammen mit diesen frühen Daten legen die Daten der vorliegenden Studie nahe, dass die polarisierte Wahrnehmung der Farbe Rot sich über mehrere Jahre hinweg entwickeln könnte. Somit wäre ein Lernfaktor in der Ausbildung farbbezogener Konzepte anzunehmen. Den vorliegenden Daten zufolge könnte dieses ebenso für Tonevaluierungen zutreffen. Allerdings können die vorliegenden Daten dieses Thema nicht klären. Untersuchungen mit Kindern in einem präverbalen Alter könnten die Frage nach den Ursprüngen von Farb- und Tonbewertungen erhellen.

Interessant wäre weiterhin, die gefundene Kongruenz der emotionalen Semantik von Farb-Ton-Kombinationen („Rot/hohe Töne“ vs. „Grün/tiefe Töne“) unter einem Reaktionszeitparadigma zu prüfen, ähnlich der Reaktionszeitstudie von Bernstein u. a. (1971). Bernstein u. a. (1971) fanden in einer Klassifikationsaufgabe keine Änderungen der Reaktionszeiten in Hinsicht auf eine bimodale Präsentation von Tönen (100 Hz vs. 1000 Hz) und Farben („Rot“ vs. „Blau“) gegenüber einer Klassifikation der Farben in einer rein visuellen Bedingung (s. Kap. 2.2.2). Abgesehen davon, dass die Ergebnisse aufgrund ihrer sehr geringen Basis (Stichprobe von vier Probanden) zurückhaltend zu betrachten sind, verfolgten die Autoren eine physikalisch fundierte Hypothese: Sie erwarteten eine Interaktion zwischen der Frequenz der Töne und der Wellenlänge der Farben und präsentierten daher neben der langwelligen Farbe „Rot“ die kurzwellige Farbe „Blau“. Eine semantisch basierte Kongruenz würde eine Interaktion zwischen „Rot“ und hohen Tönen bzw. „Grün“ und tiefen Tönen vermuten lassen, die in der Studie von Bernstein u. a. (1971) nicht geprüft wurde. Anhand eines Reaktionszeitparadigmas ließen sich

implizite Kongruenzen prüfen, während in der vorliegenden Studie explizite Beurteilungen erfasst wurden.

Als weiterer Aspekt der kreuzmodalen Kongruenz soll an dieser Stelle auf eine mögliche Signalwirkung von Tönen eingegangen werden, die bislang in der Literatur nicht berücksichtigt wurde. Die vorliegende Studie liefert in ihrer explorativen Form jedoch erste Hinweise, dass hohe Töne eine Signalwirkung aufweisen könnten. Insbesondere die Assoziation eines ähnlichen semantischen Feldes der Farbe Rot und des höchsten Tons lässt die Vermutung einer warnenden Wirkung beider zu. Die Rolle und Wirkung von Rot als Warnsignal wurde bereits in der Literatur beschrieben (vgl. Elliot u. a., 2007; s. Kap. 2.1.2), und spiegelte sich in dieser Studie in den semantischen Assoziationen wider („Feuer“, „Gefahr“, „Stopp“). In Bezug auf Töne liegt keine Literatur vor. Allerdings unterstützt die Ähnlichkeit der semantischen Assoziationen des hohen Tons („Brand“, „Alarm“, „Sirene“, „Unfall“) die Annahme, dass hohe Töne ebenfalls als Warnsignal agieren könnten.

Es soll wiederholt betont werden, dass sich die vorliegende Studie als eine Pilotstudie mit stark explorativem Charakter versteht und somit nur erste Hinweise auf weitere Fragestellungen liefern kann. Es wäre interessant, in weiteren Studien zu untersuchen, ob und unter welchen Umständen Töne als Warnsignale oder sogar affektive Hinweisreize wirken wie Rot (s. Kap. 2.1.2.2 bis 2.1.2.4). Die Frage nach den Ursprüngen der Tonevaluierung ist ebenfalls von Interesse, d. h. ob es eventuell auch in diesem Bereich angeborene wie erlernte Komponenten gibt, ähnlich zu dem Modell von Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise (s. Kap. 2.1.2.9.5).

Zukünftige Forschung könnte ebenso die Rolle des Kontexts in der Evaluierung von einzelnen Tönen bzw. Tonhöhen klären, z. B. den Einfluss von Tempo oder Rhythmus, oder situativen Faktoren, so wie Untersuchungen für musikalische Auszüge bereits teilweise vorgenommen wurde (Ilie & Thompson, 2006; Webster & Weir, 2005). Die Forschung zu Farbe hat die Bedeutung des Kontextes in der Evaluierung von Farben klar herausgestellt, der ebenso die Tonevaluierung beeinflussen könnte.

Die vorliegenden Daten tragen zum spärlichen Wissen von kreuzmodalen Farb- und Tonkonnotationen bei und bieten neue Perspektiven für zukünftige Untersuchungen in diesem Gebiet. Um Einblicke in die Entwicklung bzw. den Ursprung der Mechanismen von kreuzmodalen Verbindungen zwischen Farben und Tönen zu gewinnen, sind Studien zum Aufbau von proto-semantischen und semantischen Konzepten in früher Kindheit wünschenswert.

### 3.4.3 Implikationen für zukünftige Forschung

Da situative Faktoren bekanntermaßen die Bewertung von Farben beeinflussen, könnten Effekte der standardisierten Testsituation die Assoziationen der Probanden zu Farben und evtl. auch Tönen in eine bestimmte Richtung beeinflusst haben. Dieser Bias kann nicht ausgeschlossen werden, selbst wenn eine standardisierte Situation geschaffen wurde, mit der Intention, diese Effekte zu minimieren. Die Untersuchung fand im universitären Kontext statt. Da sich die Stichprobe aus Studenten zusammensetzte, kann einerseits von einer Gewöhnung an diesen Kontext ausgegangen werden, die sich vorteilhaft und wenig einschränkend auf Emotionen und Assoziationen auswirkte, andererseits aber auch bestimmte Erfahrungen implizierte. Auszuschließen ist der Einfluss der Situation somit nicht, selbst wenn darauf geachtet wurde, den Raum und die Situation möglichst neutral zu gestalten und z. B. keinen der Universität nahen Leistungskontext zu provozieren (indem z. B. keine Zeitvorgaben gegeben wurden).

Eine weitere Einschränkung kann darin gesehen werden, dass die zu evaluierenden Farben nicht in ihrem Helligkeits- und Sättigungsgrad kontrolliert wurden. Diese Kontrolle hat aufgrund des Pilotcharakters dieser Studie nicht stattgefunden. Demzufolge ist nicht auszuschließen, dass die Ergebnisse der vorliegenden Studie nicht nur auf Farbton-Effekte zurück zu führen sind, sondern ebenfalls durch die anderen Farb-Parameter (d. h. unterschiedliche Helligkeit oder Sättigung) beeinflusst wurden. Es scheint wenig wahrscheinlich, dass die Befunde aus einer reinen Helligkeits-Evaluierung resultierten, da ein breites Spektrum eines emotionalen und semantischen Feldes beurteilt wurde. Anzunehmen wäre im Falle einer reinen helligkeitsbasierten Beurteilung, dass sich jede Variable entsprechend der Helligkeit der Farben abstufen würde. Das scheint anhand der vorliegenden Daten wenig wahrscheinlich. Eine Validierung der Befunde anhand von Farbstimuli, deren Helligkeit und Sättigung kontrolliert wurde, wäre dennoch wünschenswert.

In Bezug auf die Fragebögen ist die Reliabilität der semantischen Skalen kritisch zu betrachten. Aufgrund der geringen Itemzahl in Bezug auf die Semantik der Farben (Assoziationen) ist die Reliabilität der drei Skalen zur Valenz (positiv, negativ, neutral) eingeschränkt. Die Skalen umfassten lediglich vier Items (bis auf zwei Ausnahmen mit fünf bzw. drei Items). Es sei wiederum darauf verwiesen, dass die vorliegende Studie lediglich eine Pilotstudie darstellt. Wünschenswert wäre eine Replizierung der Ergebnisse mit einer größeren Anzahl semantischer Assoziationen.

Ferner ist kritisch zu sehen, dass ein inferenzstatistischer Beleg der Kongruenz offen bleibt, die in der vorliegenden Studie lediglich deskriptiv beschrieben werden kann. Die getrennten

Analysen für Farben bzw. Töne verschiedener Frequenzen ermöglichten eine differenzierte Untersuchung innerhalb der visuellen bzw. auditiven Stimuli. Daher liegt ein Vergleich aufgrund der ähnlichen emotionalen Semantik nahe. Allerdings konnte diese Interaktion anhand nicht-parametrischer Verfahren nicht nachgewiesen werden, nicht zuletzt aufgrund eines mangelnden nicht-parametrischen statistischen Verfahrens im Messwiederholungsdesign. Somit bleibt vorerst ungeklärt, inwieweit die kreuzmodale Kongruenz der emotionalen Semantik inferenzstatistisch abzubilden ist. Andere Methoden und Paradigmen könnten hinzugezogen werden und würden weiterführend die Möglichkeit einer Analyse eröffnen, zu welchem Grad die Emotionen und Assoziationen automatisch mit den Stimuli verbunden sind oder in welchem Ausmaß die Kongruenz automatisch bedingt ist (z. B. Reaktionszeitexperimente). In der vorliegenden Studie wurden vorrangig explizite Urteile zu den Stimuli erfasst, wenn auch auf einer breiten Basis. Die Erfassung von impliziten oder automatischen Kongruenzen könnte durch andere Methoden erfolgen, z. B. durch Reaktionszeitexperimente für die direkte Kongruenz bzw. Beeinflussung der Modalitäten untereinander. Denkbar wäre hier z. B. eine Studie im Sinne eines Impliziten Assoziationstests (IAT; Greenwald, McGhee, & Schwartz, 1998), der anhand von Reaktionszeiten die Assoziationsstärken mentaler Repräsentationen erfasst, oder eine affektive Simon-Aufgabe (De Houwer & Eelen, 1998), in der die Valenz der Stimuli bestimmt werden könnte.

Zuletzt sei noch auf die eingeschränkte Generalisierbarkeit der Ergebnisse hingewiesen. Untersucht wurde eine relativ homogene Stichprobe in Bezug auf die derzeitige Ausbildung (Studenten). Dieses Kriterium sollte eine relativ ähnliche Ausdrucksfähigkeit gewährleisten. Somit ist die Aussage der Studie auf Studierende beschränkt. Allerdings wiesen die Probanden teilweise eine unterschiedliche Berufsausbildung vor dem Studium auf, und zudem wurde auf eine große Verteilung der Fakultäten geachtet, so dass eine gewisse Variabilität erhalten blieb. Die Altersspanne der teilnehmenden Probanden wurde ebenfalls eingeschränkt (zwischen 18 und 40 Jahren), jedoch resultierte ebenso eine Variation im Alter der Teilnehmer aus der unterschiedlichen Ausbildung vor dem Studium. Weiterhin nahmen nur deutsche Muttersprachler teil, um zunächst Einflüsse anderer Kulturen und Sprachen auf die Evaluation der emotionalen Semantik von Farben und Tonhöhe zu kontrollieren. Demzufolge ist die Aussage dieser Studie vorrangig auf –junge– Erwachsene des westlichen Kulturkreises mit hoher Ausbildung beschränkt. Inwieweit es sich bei den vorliegenden Daten um eine speziell deutsche Semantik handelt, bleibt zu prüfen, jedoch unterschied sich die Farbevaluierung nicht von den genannten britischen oder US-amerikanischen Untersuchungen. Interkulturelle Studien

sowie Studien an unterschiedlichen Kohorten und Individuen verschiedener Ausbildung könnten die Universalität dieser Semiotik ausführlicher beleuchten.

## 4 STUDIEN SÄUGLINGE

### 4.1 Fragestellungen und Hypothesen

#### 4.1.1 Ableitung der Fragestellung

Ziel der vorliegenden Studienreihe ist es, zu prüfen, ob eine ähnliche Form der erwachsenen kongruenten Semantik von Farben und Tonhöhe (Rot/hohe Töne bzw. Grün/tiefe Töne) bereits in früher Kindheit besteht. Der Fokus liegt hierbei auf verschiedenen Aspekten: Zum einen werden die Auswirkungen der konvergierenden erwachsenen Semantik (unterschiedlicher Konnotation: Rot/hoher Ton bzw. Grün/tiefer Ton) auf den Aufbau kreuzmodaler Verbindungen zwischen Farbe und Tonhöhe unter dem Einfluss der Präsentation sozialer Signale (vs. nicht sozialer Signale) anhand des Habituations-Paradigmas geprüft. Zum anderen wird eine potenzielle Angeborenheit der kongruenten Semantik Erwachsener mittels des „Preferential Looking“-Paradigmas untersucht. Dabei wird analysiert, ob die Säuglinge die kongruente Relation bei einer Präsentation ohne Habituation sogleich als kongruent erkennen, und nicht nur schneller erlernen (was in den Habituations-Studien geprüft wird), d. h. es wird untersucht, inwieweit die kongruente Relation aufgrund ihrer Salienz eine höhere Aufmerksamkeit auf sich zieht.

Diese Fragestellung ist vor dem Hintergrund von Interesse, dass die Forschung zwar Prädispositionen zur Ausbildung von Farbbedeutungen annimmt, bisher aber kaum Untersuchungen dazu vorgenommen wurden.

Elliot u. a. (2007) postulieren in ihrem Modell zu Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise, dass Farbbedeutungen auf einer biologischen Prädisposition beruhen können oder/und mit zunehmender Erfahrung ausgeformt werden.

Eine Salienz der Farbe Rot hat sich in der frühen Kindheit bereits bewiesen, d. h. eine spezielle Blick-Präferenz für die Farbe Rot (z. B. Adams, 1987; Bornstein, 1975; Franklin u. a., 2010; s. Kap. 2.3.3), die unabhängig von Helligkeit oder Sättigung von Farben, sondern aufgrund des Farbtons an sich besteht (Teller u. a., 2005; Zemach u. a., 2007). Zudem zeigte sich sogar eine physiologische Basis für die Präferenz von Rot, da der L-M-Gegenfarbenkanal zur Wahrnehmung von Rot und Grün zum einen als erstes in der Entwicklung ausgebildet wird, vor dem Blau-Gelb-Kanal (Crognale u. a., 1998; Dobkins u. a., 2001), und zum anderen der L-M-Kontrast fast die Hälfte der Varianz an Farbtonpräferenzen in der frühen Kindheit aufklärte

(Franklin u. a., 2010). Allerdings ist die Farbpräferenz nicht allein auf Kontraste der Gegenfarbenkanäle zurück zu führen, sogar weniger als bei Erwachsenen (s. Kap. 2.3.3.4.1 und 2.1.2.9.2). Franklin u. a. (2010) vermuteten Einflüsse höherer Verarbeitungsebenen auf frühkindliche Farbpräferenzen. Solche Einflüsse werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit in Bezug auf den Verarbeitungsprozess kongruenter Farb-Ton-Kombinationen untersucht.

Die explorative Studie der vorliegenden Arbeit zur emotionalen Semantik von Farben und Tonhöhe hat gezeigt, dass die Farbe Rot für Erwachsene ähnliche assoziative und emotionale Bedeutung trägt wie hohe Töne, ebenso wie Grün und tiefe Töne in ihrer Konnotation konvergieren. Im Rahmen der Theorie Elliots u. a. (2007) wird für die Farbe Rot bereits eine Wirkung als Warnsignal angenommen (s. Kap. 2.1.2.9.5), die sich in der Studie der vorliegenden Arbeit zur erwachsenen Semiotik widergespiegelt hat. Ebenso hat sich in der vorliegenden Arbeit für hohe Töne ein Bezug zu Warnsignalen gezeigt sowie eine ähnliche, vorrangig negativ besetzte Emotionalität sowohl der Farbe Rot als auch der hohen Töne. Im Alltag sind bereits viele Warnhinweise bimodaler Art zu beobachten, ohne dass diese Verwendung empirisch begründet ist oder die Auswirkungen im Nachhinein untersucht wurden: Beispiele sind ein rotes Feuerwehrauto mit Sirene oder häufig rote Lichter von Alarmanlagen mit höheren Warntönen. Demgegenüber haben sich die Farbe Grün und tiefere Töne bei Erwachsenen in der vorliegenden Arbeit als positiv konnotiert bewiesen.

Die Ursprünge oder frühe Ausbildung dieser semantischen Korrespondenzen werden in der vorliegenden Studie mit Säuglingen untersucht: Es wird die Frage adressiert, ob eine eventuell angeborene, in jedem Fall frühe Form der erwachsenen korrespondierenden Semantik oder Semiotik zwischen Farben und Tonhöhe, eine Art Proto-Semantik, besteht. Proto-Semantik bezieht sich in der vorliegenden Arbeit somit auf einen nicht sprachlichen Vorläufer linguistischer Bedeutung (vgl. Leinfellner, 2010) bzw. auf ursprüngliche sprachunabhängige, auch nonverbal auszudrückende Wissensstrukturen, aus denen semantische Strukturen hervorgehen (vgl. Pattaabhiraman & Cercone, 1990), und bewegt sich damit zwischen der Ebene der (höheren) linguistischen Kategorien und der (niedrigeren) Ebene rein visueller oder akustischer Merkmale (vgl. Doursat & Petitot, 2005).

Hinsichtlich der Konnotationen von Farben oder kontextfreier Tonhöhe in früher Kindheit liegen noch keine Studien vor, ebenso wenig zu potenziellen kreuzmodalen semiotischen Kongruenzen. Während hinsichtlich Tonhöhe selbst Präferenzen von Säuglingen ohne den Einbezug von Semantik noch nicht untersucht wurden, prüfte dagegen eine Studie die Bildung einer kreuzmodalen Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe vor dem Hintergrund der Theorie der intersensorischen Redundanz (Bahrck & Lickliter, 2000), in welchem Alter arbiträre

Verbindungen zwischen diesen beiden Dimensionen auf rein perzeptueller Basis gebildet werden können (Bahrick, 1994; s. Kap. 2.4). In dieser Studie wurden jedoch Farbe und Form der präsentierten Objekte gleichzeitig mit Tonhöhe variiert, so dass die Säuglinge aufgrund zweier Variablen die Änderung in der Relation zu Tonhöhe diskriminieren konnten, und insgesamt lag der Fokus auf der Untersuchung einer Verbindung zwischen primär physikalischen Variablen, die durch eine ebenso mechanische Präsentation der Objekte getestet wurde. Es zeigte sich, dass Säuglinge diese arbiträre Verbindung sicher in einem Alter von sieben Monaten bildeten, und mit drei Monaten bereits zumindest Sensitivitäten bestanden.

Die vorliegende Studie setzt den Schwerpunkt demgegenüber auf den Aufbau von Semiotik und konzentriert sich dabei auf drei Aspekte: Sie untersucht zum einen, inwieweit eine potenzielle amodale Information von kongruenter (Proto-) Semantik die Bildung der Verbindungen und anschließende Unterscheidung von anderen Farb-Ton-Kombinationen fördert (in den Habituation-Studien) im Gegensatz zur Verbindung der physikalischen Variablen Farbe und Ton, die Bahrick (1994) untersuchte. Als weitere Facette innerhalb dieses Aspekts wird die Frage nach dem Einfluss der Art der kongruenten Information auf die Bildung einer Kategorie beleuchtet (negativ: „Rot/hohe Töne“, positiv: „Grün/tiefe Töne“), und damit ebenfalls die Ursprünge der Rolle und Effekte der Farbe „Rot“ als Warnsignal erhellt.

In Anlehnung an Studien zum Lernen von Silben-Objekt-Relationen als Vorstufe zum Wortlernen werden dabei die Objekte in der vorliegenden Studie mit einer den Aufbau der Verbindung unterstützenden Vorwärts-Bewegung synchron zum Ton präsentiert (Matatyaho & Gogate, 2008; Matatyaho u. a., 2007; s. Kap. 2.5). Bislang wurde jedoch noch nicht getrennt analysiert, inwiefern die Bewegung an sich relevant für den Aufbau der Verbindung ist, oder ob soziale Signale eine zusätzliche das Lernen fördernde Wirkung aufweisen (vgl. Gogate & Bahrick, 1998), die an anderer Stelle bereits nachgewiesen wurde (z. B. Wu & Kirkham, 2010, s. Kap. 2.5.1). Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie zusätzlich der Einfluss sozialer Signale auf den Aufbau der Farb-Ton-Relationen durch Manipulation des Inputs geprüft (sozial vs. nicht sozial), indem die Objekte in einem referenziellen bzw. nicht referenziellen Kontext, d. h. in An- oder Abwesenheit sozialer Signale, präsentiert wurden („Hand“-Bedingung vs. „Tablett“-Bedingung). Dieses ist der zweite Aspekt, auf den sich diese Studie konzentriert.

Der dritte Aspekt adressiert die Frage, ob es sich bei den angenommenen semantischen Kongruenzen („Rot/hohe Töne“ bzw. „Grün/tiefe Töne“) um angeborene oder zumindest früh nachweisbare Korrespondenzen handelt. In Hinblick auf diese Fragestellung wurde das „Intermodale Preferential Looking“-Verfahren, welches von Hirsh-Pasek und Golinkoff (1999) für den Spracherwerb entwickelt wurde, für die Ziele der vorliegenden Studie modifiziert. Anhand

dieses eigens für diese Studie angepassten Verfahrens wird geprüft, ob Säuglinge die potenziell zugrunde liegende ähnliche semantische Information von Farben und Tönen erkennen (im Gegensatz zum Lernen der Verbindung in der Habituation), d. h. bestimmte Farb-Ton-Relationen gegenüber anderen gleichzeitig präsentierten Kombinationen präferieren.

Die Voraussetzungen für eine ähnliche perzeptuelle Wahrnehmung von Farben und Tönen durch Säuglinge wie Erwachsene scheinen gegeben: Die Sensitivität für Farben ist mit vier Monaten entwickelt (Adams, 1987; Adams & Courage, 1995, s. Kap. 2.3.3.1 und 2.3.3.3), weiterhin können Farbnuancen von Viermonatigen unterschieden werden, und ihre Farbkategorisierung ähnelt der Erwachsener - Farben werden nach Kategorien Erwachsener klassifiziert (Bornstein u. a., 1976; Franklin & Davies, 2004, s. Kap. 2.3.3.2). In Bezug auf Töne liegt nicht viel Evidenz vor, jedoch hat sich die Hörschwellenkurve bis zum Alter von vier Monaten bereits der Erwachsener angenähert (vgl. Goldstein, 2002; s. Kap. 2.3.4).

Gender-Unterschiede werden im Einklang mit der bisherigen Literatur nicht erwartet (z. B. Franklin u. a., 2010; Zemach u. a., 2007, s. Kap. 2.3).

#### 4.1.2 Fragestellungen und Hypothesen

Farbe	Tonhöhe	
	Hoch (2500 Hz)	Tief (475 Hz)
Rot	1 – Rot/hoch <i>kongruent</i>	4 – Rot/tief <i>inkongruent</i>
Grün	3 – Grün/hoch <i>inkongruent</i>	2 – Grün/tief <i>kongruent</i>

Abb. 6: Semantische Kongruenz unterschiedlicher Konnotation von Farbe und Tonhöhe

**Fragestellung A: Fördert eine konvergierende erwachsene Semantik („Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“, s. Abb. 6) unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand) den Aufbau einer kreuzmodalen Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe? Das bedeutet, führt die semiotische Kongruenz zu einer salienteren Verbindung aufgrund ihrer gemeinsamen amodalen Information, so dass die Verbindung sicher in einer Habituation gebildet wird?**

**Ein weiterer Aspekt dieser Fragestellung betrifft die Äquivalenz der Kongruenz: Fördert eine konvergierende erwachsene Semantik unterschiedlicher Konnotation (negativ: „Rot/hoher Ton“ bzw. positiv: „Grün/tiefer Ton“) gleichermaßen den Aufbau einer kreuzmodalen Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand)? Oder ist die Kombination „Rot/hoher Ton“ salienter als die Kombination „Grün/tiefer Ton“, trotz der kongruenten zugrunde liegenden Information, mit der Folge, dass die Verbindung zwischen „Grün“ und einem tiefem Ton schlechter gebildet wird als die Relation „Rot/hoher Ton“?**

Zunächst soll die Verbindung „Rot/hoher Ton“ betrachtet werden.

### **Hypothese 1**

Während der Habituation auf die kongruente Farb-Ton-Kombination „Rot/hoher Ton“ unter sozialen Signalen (Präsentation durch eine Hand) wird nicht nur eine Verbindung zwischen „Rot“ und dem hohen Ton gebildet, sondern auch eine Kategorie „Rot/hoher Ton“ über mehrere Ereignisse mit verschiedenen Objekten geformt. Diese Kategorie „Rot/hoher Ton“ wird in der Testphase von den anderen Farb-Ton-Kombinationen („Kategorien“) unterschieden.

Aufgrund der Literatur zur Salienz von Rot in früher Kindheit wird somit geprüft, ob die kreuzmodale Präsentation mit hohen Tönen bei Säuglingen eine schnelle Informationsverarbeitung und ein Lernen der Verbindung bzw. Kategorie nach sich zieht. Allerdings stellt sich im Rahmen der Forschung Erwachsener ebenso die Frage, ob nicht nur eine Salienz durch die Farbe Rot und durch die Kongruenz der Verbindung, sondern auch eine negative Konnotation dieser kongruenten Verbindung im Sinne der erwachsenen Semiotik als Warnsignal bereits früh angelegt ist. Daran schließt sich die Frage an, ob sich bereits in der frühen Kindheit Tendenzen der Vermeidung im Zusammenhang mit Rot zeigen, ähnlich wie der die kognitive Leistung Erwachsener mindernde Effekt über Vermeidungsverhalten mediiert wird (Maier u. a., 2008, s. Kap. 2.1.2.2.3). Das würde bedeuten, die Säuglinge könnten (trotz potenziell höherer Salienz) eine kürzere Blickdauer gegenüber und/oder eine schlechtere Verarbeitung der Relation von Rot mit hohem Ton zeigen. Hier ließen sich ebenfalls zwei Prozesse vermuten: Entweder könnte sich die potenzielle Vermeidung in einer kurzen Blickzeit gegenüber Rot manifestieren, welche die Bildung der Verbindung bzw. Kategorie von Rot und einem Ton beeinträchtigt, oder die Verbindung oder Kategorie würde trotz einer verkürzten Blickzeit sehr schnell und sicher geformt werden, da die Informationsverarbeitung der Säuglinge aufgrund eines alarmierten Zustands schneller erfolgt. Die Literatur zu Roteffekten bei Erwachsenen zeigte einen Zusammenhang mit der Art der kognitiven Aufgabe. Analog könnte

die Bildung einer Verbindung in früher Kindheit unterschiedlich beeinflusst sein, je nachdem, welche Art der Verarbeitung die kreuzmodale Kategorienbildung fördert. Da die Detailverarbeitung bei Erwachsenen durch die Präsenz von Rot gefördert wird (Mehta & Zhu, 2009, s. Kap. 2.1.2.2.2), ließe sich eine gute Bildung der Verbindung „Rot/hoher Ton“ vermuten, wenn eine stärkere Fokussierung und lokale Verarbeitung als förderlich für die Habituationsphase erwartet werden würde. Dagegen würde analog zu Erwachsenen eine Beeinträchtigung der Bildung der Relation angenommen werden, wenn der Aufbau der kreuzmodalen Relation kognitiv-kreative Aspekte oder eine globale Verarbeitung beinhaltetete.

Diese Aspekte betreffen ebenfalls die nachfolgende Differenzierung der Fragestellung.

### **Hypothese 2**

Die Verbindung „Grün/tiefer Ton“ wird in der Habituationsphase unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand) von den Säuglingen weniger sicher und eindeutig gebildet als die Verbindung „Rot/hoher Ton“, da die Farbe „Grün“ eine geringere Salienz als „Rot“ aufweist (z. B. Franklin u. a., 2010). Dieses äußert sich sowohl in Parametern der Habituationsphase als auch der Testphase:

- a. Während der Habituationsphase erweist sich das Ereignis „Hand Rot/hoher Ton“ als salienter gegenüber dem Ereignis „Hand Grün/tiefer Ton“
- b. In der Testphase wird in der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ sichtbar, dass die Kategorie „Grün/tiefer Ton“ nicht gebildet wurde, d. h. bis auf die bekannte Farb-Ton-Kombination mit einem neuen Objekt keine anderen Farb-Ton-Kombinationen unterschieden werden. Eventuell zeigt sich ein reiner Farbeffekt, d. h. die Farbe „Rot“ wird aufgrund ihrer Salienz im Trial mit unimodaler oder bimodaler Änderung („Rot/tiefer Ton“ bzw. „Rot/hoher Ton“) länger betrachtet.

**Fragestellung B: Fördert eine soziale Präsentation der Objekte den Aufbau der kreuzmodalen Relation zwischen Farbe und Tonhöhe stärker verglichen mit einer nicht sozialen Präsentation („Hand“ vs. „Tablett“)?**

**Hypothese 3**

Die Verbindung „Rot/hoher Ton“ wird in der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung entweder gar nicht oder weniger sicher und eindeutig aufgebaut als in der sozialen „Hand“-Bedingung. Dieses könnte sich auf verschiedene Weise äußern:

- c. Während der Habituationsphase erweist sich das Ereignis „Hand Rot/hoher Ton“ als salienter gegenüber dem Ereignis „Tablett Rot/hoher Ton“.
- d. In der Testphase wird in der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ sichtbar, dass die Kategorie „Rot/hoher Ton“ nicht gebildet wurde, d. h. bis auf die bekannte Farb-Ton-Kombination mit einem neuen Objekt keine anderen Farb-Ton-Kombinationen unterschieden werden.

**Fragestellung C: Ist die Wahrnehmung der Kongruenz von Rot und hohen Tönen bzw. Grün und tiefen Tönen bzw. deren ähnliche semiotische Information angeboren, d. h. zeigen die Säuglinge anhand des „Preferential Looking“-Paradigmas ein Erkennen der Relationen „Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“ unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand)?**

**Hypothese 4**

Die Säuglinge zeigen in der „Preferential Looking“-Studie eine längere Blickdauer zu kongruenten Farb-Ton-Kombinationen („Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“) mit sozialen Hinweisreizen (Präsentation durch eine Hand) als zu inkongruenten Kombinationen („Rot/tiefer Ton“ bzw. „Grün/hoher Ton“), d. h. ihre Aufmerksamkeit wird durch den präsentierten Ton auf die jeweilige kongruente Farbe gelenkt.

## 4.2 Methode

In diesem Kapitel wird einleitend das Untersuchungsdesign vorgestellt, bevor die Stichprobe und die Instrumente beschrieben werden. Anschließend werden die Stimuli und die Filmpräsentation geschildert, beginnend mit den Habituations-Studien, nachfolgend für die „Preferential Looking“-Studie. Zuletzt wird der Ablauf beider Studien dargestellt.

### 4.2.1 Design der Studienreihe

Das Studiendesign war wie folgt: Es wurden drei Bedingungen in der Habituations-Studie durchgeführt. Zwei Bedingungen waren sozial, d. h. sie erfolgten mit Objekten, die von einer menschlichen Hand präsentiert wurden, eine weitere war eine nicht soziale Bedingung, in der die Objekte anhand eines Tablett dargeboten wurden. In den beiden sozialen Bedingungen wurden in der Habituationsphase unterschiedliche Stimuli dargeboten: In einer Bedingung wurden die Säuglinge auf ein Ereignis „Rot/hoher Ton“ habituiert, in der anderen Bedingung auf ein Ereignis „Grün/tiefer Ton“. Die Habituation in der nicht sozialen Bedingung („Tablett“) erfolgte auf ein Ereignis „Rot/hoher Ton“. In der Testphase wurden anschließend die jeweils anderen möglichen Farb-Ton-Kombinationen dargeboten (s. Kap. 4.2.4.1.6 und Abb. 11 bis 13). Das bedeutet, nach einer Habituation auf ein Ereignis „Rot/hoher Ton“ in der „Hand“-Bedingung wurden in der Testphase die Kombinationen „Rot/tiefer Ton“; „Grün/hoher Ton“, „Grün/tiefer Ton“ (Präsentation durch eine Hand) dargeboten. Zusätzlich wurden in der Testphase ein bekanntes Ereignis aus der Testphase sowie eine bekannte Farb-Ton-Kombination mit einem neuen Objekt dargeboten. Eine ausführlichere Darstellung erfolgt im Kapitel zur Randomisierung (4.2.4.1.6).

Ferner wurde eine „Preferential Looking“-Studie (PL) der sozialen Bedingung durchgeführt, d. h. die Objekte wurden per Hand präsentiert (s. Tab. 17).

Tab. 17: Design der Habituations- und PL-Studienreihe

Habit HAND	Vpn	Habit TABLETT	Vpn	Preferential Looking	Vpn
Rot/hoher Ton	14	Rot/hoher Ton	14	HAND	16
Grün/tiefer Ton	14				

### 4.2.2 Stichprobe

Teilgenommen haben 60 einsprachig deutsch aufwachsende, gesunde Säuglinge (28 weiblich, 32 männlich;  $M_{\text{Alter}} = 125.6$ ,  $SD = 5.6$ , Altersrange: 114-136 Tage). Alle Säuglinge wiesen, soweit bekannt, normales Hör- und Sehvermögen auf, und waren reifgeboren, d. h. nach Vollendung der 37. Schwangerschaftswoche oder mit einem Geburtsgewicht von mindestens 2500 g geboren (Klassifikation nach ICD-10, Graubner, 2009).

Weitere 13 Kinder wurden aus den Analysen der Habituations-Studien ausgeschlossen, da sie entweder nicht habituiert hatten, d. h. acht Säuglinge sahen alle 21 Habituations-Filme, ohne dass sie eine Abnahme in der Blickdauer von 50% verglichen mit der anfänglichen Blickdauer zeigten, oder da keine reliable Beurteilung der Blickdauer vorgenommen werden konnte (z. B. da die Säuglinge zu unruhig waren, zwei Vps, und teilweise aus dem Fokus der Kamera, eine Vp). Zwei Versuche wurden abgebrochen (auf Wunsch der Bezugsperson, eine Vp, oder der Proband wendete nach den ersten Test-Trials seinen Blick ab, eine Vp).

In der „Preferential Looking“-Studie wurden weitere vier Säuglinge ausgeschlossen, da sie nicht beide Farben während der Familiarisierung beachteten, d. h. im „Sequenziellen Trial“ und „Simultanen Trial“ (s. Kap. 4.2.4.1.5 und 4.2.4.2.5 für eine Erklärung und Darstellung der Trials). Dieses Vorgehen wurde gewählt, um zu vermeiden, dass sich während der Test-Trials unbeabsichtigte Neuigkeitseffekte in der Blickdauer zu der vorher nicht gesehenen Farbe niederschlugen. Zum anderen zeigten fünf weitere Säuglinge einen Seiten-Bias, d. h. eine Blickdauer von 80% oder mehr in eine Richtung und wurden aus der Stichprobe ausgeschlossen, da sie evtl. aus motorischen Gründen die Blickrichtung beibehielten. Insgesamt verblieben 18 Vps in der Stichprobe der PL, also zwei Probanden mehr als die ursprünglich vorgesehenen 16 Vps. Die zusätzlichen Testungen ergaben sich, da die endgültigen Ausschlüsse erst nach Beendigung der Studie festgestellt werden konnten und vorher zusätzliche Probanden getestet wurden aufgrund der voraussichtlichen Ausschlüsse.

Säuglinge mit einer Geschichte von Farbenfehlsichtigkeit in der Familie wurden nach folgendem Prinzip ausgeschlossen:

Die Rot-Grün-Schwäche ist die häufigste Farbenfehlsichtigkeit. Hierbei wird unterschieden zwischen Monochromasie, Dichromasie und anomaler Trichromasie. Protanopie und Deutanopie stellen die häufigsten Farbenfehlsichtigkeiten in der Dichromasie dar, beides Rot-Grün-Schwächen, neben der seltenen Tritanopie, einer Blau-Gelb-Schwäche, von der 0,002 % der Männer sowie 0,001 % der Frauen betroffen sind. Jeweils 1% der Männer sind von Protanopie und Deutanopie betroffen, Frauen

dagegen nur zu 0,02% von Protanopie und zu 0,01% von Deutanopie. Monochromasie stellt die einzige tatsächliche Farbenblindheit dar, da ausschließlich Helligkeiten wahrgenommen werden, mit einer sehr seltenen Auftretenshäufigkeit von 10:1 Mio. (Goldstein, 2002). Aufgrund ihrer Prävalenz wurde ein Auftreten der Rot-Grün-Schwäche in dieser Studie erwartet, wohingegen andere Farbschwächen aufgrund ihrer geringen Prävalenz für diese Studie zu vernachlässigen waren. Die Bezugspersonen der Kinder (i. d. R. Mütter, daher wird im Folgenden die Mutter stellvertretend für die Bezugsperson genannt) berichteten erwartungsgemäß von keiner anderen Farbsehschwäche bei Familienmitgliedern.

Da es sich bei der Farbsinnstörung der Rot-Grün-Schwäche um einen X-chromosomalen rezessiven Erbgang handelt (Goldstein, 2002), wurden Jungen mit einer Farbschwäche in der mütterlichen Linie von den Analysen ausgeschlossen (sie sind Träger des väterlichen Y-Chromosoms und die Wahrscheinlichkeit, Träger eines mütterlichen belasteten X-Chromosoms zu sein, ist erhöht, auch wenn die Mutter selbst nicht betroffen ist). Mädchen müssen zwei belastete X-Chromosomen aufweisen, um selbst von der Farbsehstörung betroffen zu sein. Daher wurden sie bei einem erkrankten Vater, von dem sie das belastete X-Chromosom erhalten, nur mit einem Fall in der mütterlichen Linie aus der Studie ausgeschlossen.

Die Mütter der Säuglinge wurden durch persönliche Ansprache in Gesundheits- oder Bildungskursen von Krankenhäusern oder lokalen Trägern (Rückbildung, Babyschwimmen, Babymassage, PEKIP) oder über Annoncen in der Lokalzeitung für die Studie gewonnen.

## **4.2.3 Fragebögen/Instrumente**

### **4.2.3.1 Demographie**

Der Demographiefragebogen erfasste neben klassischen Angaben wie Name (Mutter & Kind), Adresse, Geschlecht, Bildungsstand der Elternteile ebenso Angaben zu Reifgeborenenheit, Seh- und Hörvermögen des Kindes, Farbenfehlsichtigkeit in der Familie des Kindes, Geschwistern und Muttersprache(n). Weiterhin gaben die Beziehungspersonen ihr potenzielles Interesse an weiteren Studien an (s. Anhang H).

### **4.2.3.2 Infant Behavior Questionnaire (IBQ) – deutsche Version**

Zur Erfassung des Temperaments der Säuglinge wurde die deutsche Übersetzung des Infant Behavior Questionnaire (IBQ, Rothbart, 1981, 1986) von Pauli-Pott, Mertesacker und

Beckmann (2003) eingesetzt. Der IBQ erfasst anhand 77 Items auf 5 Skalen das folgende kindliche Verhalten der letzten Woche im Elternurteil: A) *Lächeln/Lachen* mittels 14 Items, z. B. „Wenn Ihr Baby in das Badewasser kam, wie oft hat es gelächelt oder gelacht?“, B) *Unbehagen bei Einschränkung*, z. B. „Wenn Ihr Baby auf sein Essen oder Getränk in der letzten Woche warten musste, wie oft schien es ihm wenig auszumachen?“, C) *Unbehagen und Annäherungslatenz bei plötzlichen und neuen Reizen*, z. B. „Wenn Sie mit Ihrem Baby in eine fremde Umgebung kamen, wie oft reagierte es sofort interessiert?“, D) *Beruhigbarkeit*, z. B. „Wenn Ihr Baby in den letzten 2 Wochen quengelte oder schrie und Sie es beruhigen wollten, wie oft ließ sich Ihr Baby schnell beruhigen durch Schaukeln und Wiegen“, E) *motorische Aktivität*, z. B. „Beim Füttern, wie oft hat Ihr Baby ruhig gelegen oder dagesessen?“. Neben der 7-stufigen Antwortskala (1-„nie“, 2-„sehr selten“, 3-„weniger als die Hälfte“, 4-„Hälfte der Gelegenheiten“, 5-„mehr als die Hälfte“, 6-„fast immer“, 7-„immer“) kann angegeben werden, dass die Situation nicht vorkam (x-„kam nicht vor“). Bei dem IBQ handelt es sich um ein verbreitetes Verfahren zur Temperamentsmessung in früher Kindheit, dessen deutsche Übersetzung durch Pauli-Pott, Mertesacker und Beckmann (2003) validiert wurde und mittlere bis gute Reliabilitäten (Cronbachs  $\alpha = .65$  [Skala „Beruhigbarkeit“] bis  $\alpha = .83$  [Skala „Motorische Aktivität“]) und Validität zeigt. Für die vorliegende Studie wurden nur die Skalen C („Unbehagen und Annäherungslatenz bei plötzlichen und neuen Reizen“) sowie D („Beruhigbarkeit“) als potenzielle Kovariaten für das Blickverhalten der Säuglinge angesehen.

#### 4.2.3.3 Bayley Scales of Infant Development

Bei den Bayley Scales handelt es sich um einen allgemeinen Entwicklungstest (kognitive und motorische Skala), der ein standardisiertes Beobachtungsinstrument für Kinder im Alter von 1-42 Monaten darstellt. Es wurden die „Bayley Scales of Infant Development, Second Edition“ (Bayley, 1993) verwendet, deren Items und Normen sich in dem Alter der in der vorliegenden Studie zu untersuchenden Stichprobe nicht von der deutschen Fassung der Bayley-II (Reuner, Rosenkranz, Pietz, & Horn, 2008) unterscheiden.

Für beide Skalen (kognitiv: 178 Aufgaben, motorisch: 111 Aufgaben) werden in Einzeltestung anhand von Aufgaben Rohwerte ermittelt, die in altersspezifische Standardwerte (bis 3 Jahre monatlich, danach zweimonatlich) transformiert werden (Indexwerte  $M = 100$ ,  $SD = 15$ ). Die Bayley-II ist ein adaptives Verfahren: Für den Testeinstieg werden zunächst die altersbezogenen Aufgaben durchgeführt, allerdings ist das Einstiegs-kriterium erst mit mindestens fünf gelösten Items (kognitive Skala) bzw. drei Items (motorische Skala) erfüllt. Bei Nichtlösung werden die Aufgaben des jeweils jüngeren Altersbereichs vorgegeben. Der Testausstieg sieht vor, dass das

Kind mindestens zwei (kognitive Skala) bzw. ein Item (motorische Skala) des jeweiligen Altersbereichs nicht löst, in jedem anderen Fall wird der Test mit den Aufgaben des angrenzenden höheren Altersbereichs fortgesetzt.

Die Bayley Scales stellen ein weit verbreitetes diagnostisches Verfahren dar mit guten Reliabilitäten (kognitive Skala  $\alpha = .78$  bis  $\alpha = .93$ ; motorische Skala  $\alpha = .75$  bis  $\alpha = .91$ ) und Validität.

In der vorliegenden Studie wurde ausschließlich die kognitive Skala verwendet, da zum einen die motorische Skala nicht als relevant für die Beeinflussung des Blickverhalten angesehen wurde und zum anderen die Durchführungsdauer aufgrund des Alters der Probanden möglichst gering gehalten werden sollte.

## **4.2.4 Stimuli und Filmpräsentation**

Den Kindern wurden in randomisierter Reihenfolge auditiv-visuelle Filmsequenzen gezeigt. Im Folgenden wird zunächst der Aufbau, die Stimuli und deren Präsentation (einschließlich der Randomisierung) der Habituations-Studie beschrieben, bevor auf dieselben Aspekte in der „Preferential Looking“-Studie eingegangen wird.

### **4.2.4.1 Habituations-Studie**

#### **4.2.4.1.1 Aufbau/Monitoreinstellungen**

In der Habituations-Studie wurde mittels der Software ©Habit X, Version 1.0 (Cohen, Atkinson, & Chaput, 2004) ein Prätest-Film sowie Habituations- und Testfilme variabel entsprechend der Blickdauer der Säuglinge gezeigt. Alle Filme waren in HD-Qualität aufgenommen. Sie wurden über einen Mac Pro (3,1, Prozessor: Quad-Core Intel Xeon 2,8 GHz, 2 Prozessoren, 8 Kerne, 4 GB RAM) bzw. Monitor DELL (2709W) präsentiert (Bildgröße 58 x 36,5 cm). Ihre Auflösung betrug 1024 x 640 und die Bildfrequenz 60 Hz.

Die Filme wurden mit einer Lautstärke von 65-70 dB am Ohr des Säuglings dargeboten. Der Lautsprecher (DELL AX510) war unterhalb des Monitors angebracht, der auditive Stimulus wurde also mittig präsentiert.

Eine Kamera (Sony HDR-HC9) unterhalb des Monitors nahm das Blickverhalten der Säuglinge auf und übertrug das Bild auf einen weiteren Monitor neben dem Steuerungsbildschirm, so dass das Blickverhalten mittels des Programms ©Habit X während der Testung von einem

Beurteiler (blind für die gezeigten Videos) bestimmt werden konnte und gleichzeitig die Darbietungszeit reguliert wurde.

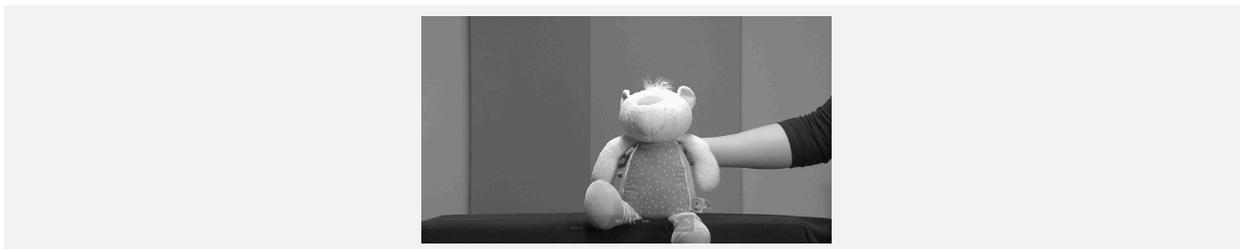
Da die Darstellung über einen Bildschirm nicht die originalen Farben der LEGO® DUPLO®-Blöcke wiedergibt (sie müssen dafür in den CMYK-Farbraum, s. Kap. 2.1.1.2, übertragen werden und es haben bereits Veränderungen durch die Aufnahme über die Kamera stattgefunden), werden die Einstellungen des Monitors für das Abspielen der Aufnahmen detaillierter beschrieben: Helligkeit 100, Kontrast 100, Input HDMI, Farbeinstellungen: Gamma PC, Input Farbformat RGB, Modus Graphics, Preset Modes: Standard; Display Settings: Wide Mode: Aspect, Sharpness: 60, Zoom 0, Dynamic Contrast Off, Audio Configuration 5.1, LCD Conditioning Disable.

Die Einstellungen der Kamera (Sony PMW-EX3) bei Aufnahme der LEGO®-Blöcke waren folgende: Weißabgleich: 5200K, Blende F4.0.

Im Folgenden werden zunächst die einzelnen Filmstimuli detailliert beschrieben, bevor der Ablauf der Filmpräsentation dargestellt wird.

#### **4.2.4.1.2 Prätest**

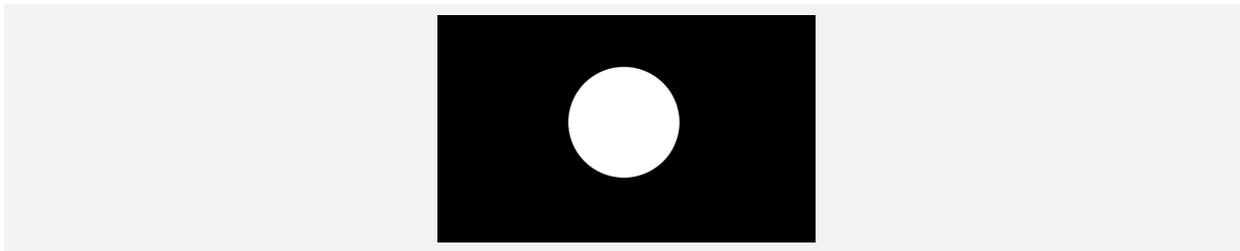
Zum Eingewöhnen der Kinder an die Fernsehsituation wurde ein rein visueller Prätest-Film gezeigt, der ebenso zum Aufbau einer Erwartungshaltung seitens der Säuglinge diente, dass im Folgenden auf dem Monitor etwas Interessantes zu sehen sein würde. Es handelte sich um ein Video von 14 s Dauer, in dem ein Spielzeugbär auf einem dunklen Untergrund bewegt wurde, als würde er laufen (s. Abb. 7). Die Präsentation erfolgte in Graustufen, um Farbreize vor der eigentlichen Studie zu reduzieren.



*Abb. 7: Foto aus dem Prätest-Film der Habituation*

#### **4.2.4.1.3 „Attention-Getter“ zur Aufmerksamkeitslenkung**

Der auditiv-visuelle „Attention-Getter“ bestand aus einem 14 cm großen weißen Kreis vor schwarzem Hintergrund, der sich synchron zu einem gleichzeitig dargebotenen Rassel-Geräusch auf- und ab bewegte (s. Abb. 8). Die synchrone Präsentation wurde gewählt, da sie besonders die Aufmerksamkeit der Säuglinge auf sich zieht (Bahrick & Lickliter, 2000; D. J. Lewkowicz, 2000, s. Kap. 2.4.1. Er war von variabler Dauer, d. h. der „Attention-Getter“ wurde in einer Schleife wiederholt, bis der Säugling seinen Blick wieder dem Monitor zuwandte. Der Rater beendete daraufhin über eine Tastenkombination den „Attention-Getter“, so dass ein weiterer Film gezeigt wurde.



*Abb. 8: Foto des „Attention-Getters“ der Habituations-Studien*

#### **4.2.4.1.4 Habituations- und Testfilme**

In der Habituations- und „Preferential Looking“-Studie wurden dieselben Testfilme gezeigt, je nach Gruppe und Randomisierung.

Insgesamt gab es 14 verschiedene Filme (s. Abb. 9 und 10): Jeweils vier verschiedene zusammen gesetzte geometrische Objekte (LEGO® DUPLO®) wurden entsprechend der Bedingung per Hand (in der „Hand“-Bedingung) bzw. per Tablett (in der „Tablett“-Bedingung) synchron zu einem tiefen bzw. hohen Sinus-Ton (475 Hz bzw. 2500 Hz) bewegt. Dieselben Objekte wurden in einer von zwei Farben, Rot oder Grün, präsentiert (Rot: LEGO® DUPLO® Nr. 21, entspricht Pantone Farbe 032C, Grün: LEGO® DUPLO® Nr. 28, entspricht Pantone Farbe 348C. Bei den Pantone-Farbfächern handelt es sich um normiert gedruckte Farbbeispiele (Pantone Inc., 2005; vgl. Kap. 3.2.3.1). Sowohl die Sinus-Töne als auch die Objekte (bzw. deren Farben) wurden in der Erwachsenenstudie der vorliegenden Arbeit evaluiert.

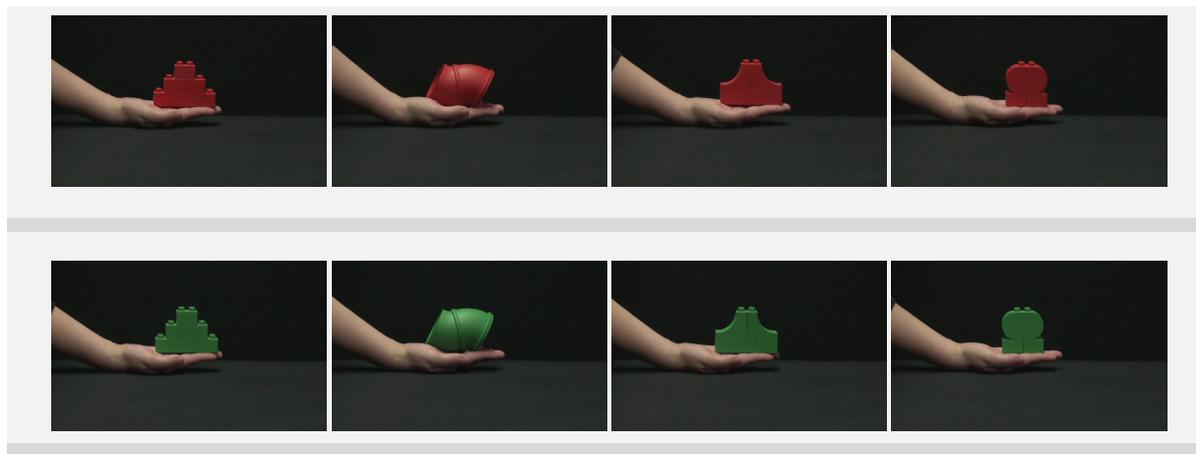


Abb. 9: Fotos der acht Filme der Habituations- und PL-Studie: „Hand“-Bedingung

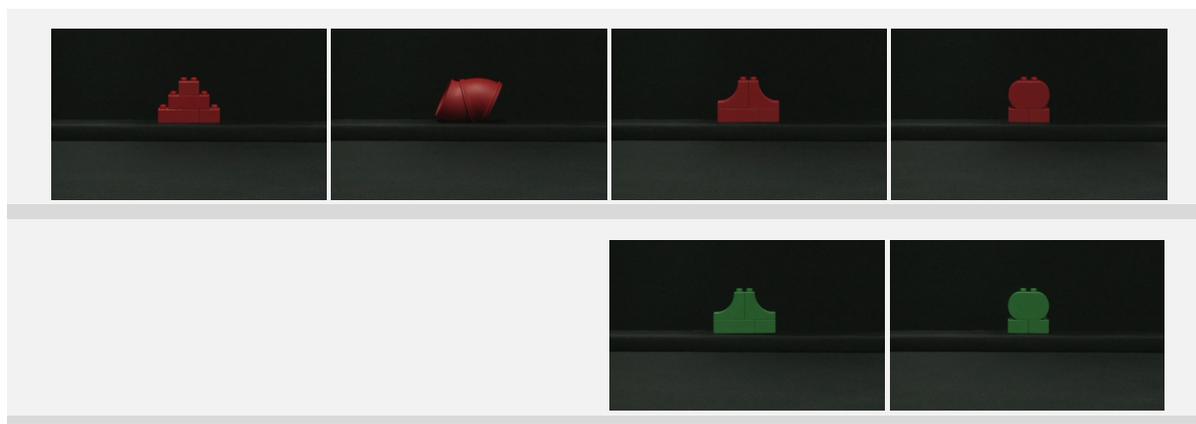


Abb. 10: Fotos der sechs Filme der Habituations-Studie: „Tablett“-Bedingung

Eine Hand bzw. ein Tablett führte eine Vorwärtsbewegung aus („looming forward“). Das Objekt war bei Filmstart in der Hand bzw. auf dem Tablett bereits mittig zu sehen (zur Reduktion von Überraschungseffekten und der Antizipation der Objekte durch vorausgehende Schatten) und wurde rhythmisch präsentiert: Vier Mal wurde das Objekt nach vorne geführt und abgesetzt, dabei das erste und letzte Mal eine Sekunde lang vorne gehalten, die mittleren Male für 0,5 s. Ende der Präsentation war an derselben Stelle wie der Start. Der auditive Stimulus wurde zur erleichterten Verbindung der auditiv-visuellen Stimuli synchron zum Absetzen des Objekts für eine Sekunde bzw. 0,5 s präsentiert.

Das Absetzen der Objekte wurde als notwendig angesehen, da die räumlich relativ nahe Darstellung so mehr Tiefeneindruck und damit der Bewegung des Objektes in Richtung des Zuschauers schaffte, als wenn es in der Luft gehalten worden wäre wie in den Filmen Gogates

(2009). Die für die Säuglinge zur leichteren Verbindung der auditiv-visuellen Stimuli notwendige kreuzmodale Invarianz (Matatyaho & Gogate, 2008, s. Kap. 2.5.1) wurde durch die synchrone auditive Präsentation zum Absetzen der Objekte umgesetzt. Durch die rhythmische Präsentation (eine halbe Sekunde bzw. eine Sekunde Tonlänge und eine entsprechende schnelle bzw. langsame Bewegung) wurde eine Varianz in der Invarianz dargeboten, welche die Entdeckung der Invarianz nochmals fördern sollte. Durch eine Variation im gemeinsamen Auftreten von Ton und Objekt sollte so eine weitere Sicherheit der Referenz geschaffen werden, worauf sich der Ton bezog, d. h. auf das Objekt bzw. die Farbe (vgl. Kap. 2.5.1).

Die Art der Bewegung („looming forward“) wurde an eine für den Säugling natürliche Situation angeglichen, und zwar insofern, dass eine seitliche Hand das Objekt ins Bild führte (z. B. im Gegensatz zu einer Hand hinter dem Objekt).

Der Hintergrund der Filme war schwarz ausgelegt, d. h. es waren evtl. eine schwarze Fläche und eine schwarze Wand erkennbar. Das Tablett war ebenfalls mit schwarzem Stoff umhüllt und damit erkennbar, aber nicht offensichtlich, und insbesondere nicht reflektierend, um saliente Lichtreflexe zu reduzieren. Auf den ersten Blick erscheint die Verwendung eines schwarzen Hintergrundes sehr dunkel für Studien mit Säuglingen, allerdings ist diese Art der Präsentation üblich in Studien mit Säuglingen desselben Alters (z. B. Gogate u. a., 2009). Zudem erleichterte ein schwarzer Hintergrund die Präsentation der Objekte ohne wahrnehmbare Schatten (z. B. des Objekts an sich, aber auch der Person, die das Objekt geführt hat), die die Aufmerksamkeit hätten beeinflussen können, wie es bei einem weißen Untergrund der Fall gewesen wäre. Auf computergestützte Animationen wurde verzichtet, um die Vergleichbarkeit zu den Studien von Gogate (Gogate u. a., 2009; Matatyaho u. a., 2007) zu gewährleisten, und um den Kindern eine mehr oder weniger natürliche Situation zu präsentieren.

Die Objekte wurden aufgrund ihres geringen semantischen Gehalts und geringer sozialer Reize gewählt, d. h. sie sollten nicht aus der Erfahrungswelt der Kinder stammen, die mit sozialen Hinweisreizen verknüpft sein konnte. Die angenommene semantische Information der Farben an sich sollte nicht durch andere Information der Objekte konfundiert werden. Diese speziellen Bauten wurden eigens für die Studien zusammengesetzt, so wurde die Wahrscheinlichkeit verringert, dass die Säuglinge sie bereits kannten. Die Objekte (im Folgenden „Haus“, „Eckig“, „Rund“, „Rolle“) waren aus zwei bis vier Bausteinen zusammen gesetzt, so dass alle Objekte Trennspalten aufwiesen (vgl. Abb. 9 und 10). Zwei der Objekte waren fast ausschließlich rund („Rolle“) bzw. ausschließlich eckig („Eckig“), die anderen zwei wiesen sowohl runde als auch eckige Formen auf („Haus“, „Rund“).

Die Sinus-Töne wurden ebenfalls gewählt, um weitere semantische Information für die Kinder gering zu halten, da sie nicht in deren Alltag vorkommen und im Speziellen besonders wenig soziale Information beinhalten. Weiterhin konnte so gezielt die Information der Tonhöhe variiert werden, ohne andere Parameter zu verändern. Da hohe Töne bei gleicher Frequenz lauter wahrgenommen werden als tiefere Töne, wurden die Sinus-Töne mithilfe der Software „wave gain“ (Robinson, online) normalisiert. Das bedeutet, der Verstärkungsfaktor für die verschiedenen Tonstimuli wurde mittels des Filters „equal loudness“ bestimmt, und die Audiodateien anhand diesen Verstärkungsfaktors mit dem Ziel aneinander angeglichen, dass sie subjektiv gleich laut wahrgenommen werden (Verstärkungsfaktoren 0.80709 für 475 Hz und 0.5 für 2500 Hz). Zusätzlich wurden die ersten und letzten 0.0057 s (bzw. 250 Samples, Samplingrate 44100 Hz) der Stimuli so modifiziert, dass sie linear von Null bis zur Solllautstärke lauter und von der Solllautstärke bis Null leiser wurden. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um Störungen und Artefakte in der Wahrnehmung am Anfang und Ende der Stimuli zu minimieren, d. h. um unangenehme Knalleffekte durch das plötzliche Einsetzen des Stimulus zu minimieren.

Die Testfilme waren von 14 Sekunden Dauer (13 s Präsentation + eine Sekunde schwarzes Bild, um den neuen Beginn zu markieren) und wurden – bei dementsprechend langer Blickdauer der Kinder – in dreimaliger Schleife gespielt. Die maximale Filmlänge betrug demnach 42 s.

#### **4.2.4.1.5 Filmpräsentation**

Die soeben beschriebenen Habituations- und Testfilme wurden häufiger dargeboten. Ein „Trial“ bezieht sich demnach auf eine Darbietung eines Films, derselbe Film kann demnach in mehreren „Trials“ präsentiert werden. Die Einstellungen hinsichtlich der Filmpräsentation eines „Trials“ waren folgende: Die minimale Blickzeit bezüglich eines Films waren zwei Sekunden („minimum look time“). Das bedeutet, dass erst ab einer Blickdauer von mehr als zwei zusammenhängenden Sekunden zu einem neuen Film davon ausgegangen wurde, dass das Kind tatsächlich den Film wahrgenommen und genügend Zeit zur Verarbeitung hatte. Bei einer Blickdauer von unter zwei Sekunden wurde der Film nicht unterbrochen, sondern weiter präsentiert. War jedoch dieses Kriterium erfüllt, und wendete der Säugling seinen Blick für mehr als eine Sekunde ab („minimum no look time“), wurde automatisch ein „Attention-Getter“ gezeigt, der die Aufmerksamkeit des Kindes auf den Bildschirm zurück lenken sollte. Bei kurzen Blickabwendungen von unter einer Sekunde wurde der Film nicht unterbrochen. Der „Attention-Getter“ wurde manuell (über eine Tastenkombination) beendet, sobald der Säugling seinen Blick wieder dem Monitor zuwandte. Daraufhin wurde der nächste Habituations- oder Testfilm gezeigt.

Die Habituation war erfolgt, wenn der Säugling in drei aufeinander folgenden Habituationstrialen die Hälfte der Blickdauer verglichen mit dem Mittel der Blickdauer der ersten drei Filme zeigte, d. h. das Kriterium war eine Blickdauer von 50% im Vergleich zur anfänglichen Blickdauer. Dieses relativ strenge Kriterium wurde gewählt, da Säuglinge erst nach einer ausreichenden Familiarisierungsdauer eine stabile Präferenz des Neuen zeigen. Die Habituationdauer ist eine der Determinanten, ob Säuglinge eine Präferenz des Neuen oder eine Präferenz des Bekannten im Blickverhalten zeigen (Bahrck u. a., 1997; Cohen, 2004; Houston-Price & Nakai, 2004). Minimal wurden also sechs Filme präsentiert, maximal möglich waren 21 Habituationfilme. Säuglinge, die nach 21 Habituationfilmen nicht das Kriterium erfüllten, wurden aus den Analysen ausgeschlossen, da davon ausgegangen werden konnte, dass diese Kinder nicht habituiert hatten, demzufolge wahrscheinlich keine Kategorie gebildet haben und keine stabile Präferenz des Neuen zeigen würden.

Im Anschluss an die Habituation wurden jedem Kind die fünf Testfilme in pseudo-randomisierter Reihenfolge gezeigt (s. Kap. 4.2.4.1.6).

Die maximale Präsentationsdauer war hinsichtlich des Prätests 43 s, und bezüglich der Habituation- und Test-Trials jeweils 42 s. Falls ein Säugling seinen Blick vom Monitor abwandte, betrug die maximale Präsentationsdauer ebenfalls 42 s („maximum no look time“), danach wurde ein neuer Film gezeigt.

Maximal betrug eine gesamte Filmpräsentation acht Minuten, um die Belastung der Säuglinge gering zu halten. Wenn ein Säugling nach dieser Zeit die Habituation- oder Test-Filme nicht komplett gesehen hatte, wurde die Studie beendet. Die Studie wurde ebenfalls bei offensichtlicher Frustration der Säuglinge beendet.

#### **4.2.4.1.6 Pseudo-Randomisierungen**

Die Präsentation der Habituation- und Testfilme erfolgte in pseudo-randomisierter Reihenfolge.

Die Habituation erfolgte mit drei Filmen (drei verschiedene Objekte von vier möglichen) derselben kongruenten Farb- und Tonkombination entsprechend der Bedingung („Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“). Die 14 Probanden (7 f, 7 m) jeder Bedingung sahen entweder die Kombination „Rolle“, „Eckig“, „Haus“ oder die Kombination „Rolle“, „Eckig“, „Rund“ in der Habituationsphase.

Die Objekte „Haus“ und „Rund“ wurden alternativ in der Habituationsphase gezeigt, da sie sowohl eckige als auch runde Formen aufwiesen und somit beide Eigenschaften der anderen beiden Objekte („Eckig“ und „Rolle“) beinhalteten. Verschiedene Objekte wurden dargeboten,

damit die Säuglinge über Objekte hinweg die Information Farbe und Ton generalisieren konnten, d. h. eine Kategorie „Rot/hohes Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“ bildeten, unabhängig von dem dargebotenen Objekt. Bereits drei Monate alte Säuglinge sind in der Lage, Form-Kategorien ähnlich der Kategorien Erwachsener zu bilden und von anderen zu unterscheiden (Quinn u. a., 2001).

Die Darbietung der jeweiligen drei Habituation-Filme erfolgte pseudo-randomisiert. Auf einem Datenblatt wurden für jede Vp die Filme in Dreierblöcken pseudo-randomisiert, d. h. innerhalb eines Dreierblocks trat jeder Film ein Mal auf, aber die Reihenfolge wurde variiert. Die Dreierblöcke stellten die Grundlage für das Habituation-Kriterium (50% der anfänglichen Blickdauer in drei aufeinander folgenden Trials) dar.

In der Testphase wurden anschließend fünf Testfilme gezeigt: Ein bekanntes Objekt in der bekannten kongruenten Farb-Ton-Kombination („Bekanntes“ Test-Trial, z. B. „Rund“ nach Habituation auf „Rolle“, „Eckig“, „Rund“). Dieser Film diente als Reliabilitätsmaß grundlegend für den Vergleich mit der Blickdauer der anderen Testfilme, da die Kriteriums-Trials der Habituationsphase häufig künstlich niedrig sind und damit kein gutes Vergleichsmaß darstellen (Cohen, 2004) und zur Kontrolle spontaner Erholungseffekte. Weiterhin wurde ein unbekanntes Objekt in der bekannten kongruenten Farb-Ton-Kombination gezeigt („Unbekanntes“ Test-Trial, z. B. „Haus“ nach Habituation auf „Rolle“, „Eckig“, „Rund“) um die Generalisierung der Farb-Ton-Kombination über die Objekte hinweg zu prüfen. Ferner wurden zwei Filme mit jeweils einer unimodalen Änderung präsentiert, die in inkongruente Farb-Ton-Kombinationen resultierten: Zum einen die Änderung der Farbe („Unimodal Farbe“, z. B. „Grün/hohes Ton“ nach Habituation auf „Rot/hohes Ton“), zum anderen die Änderung des Tons („Unimodal Ton“, z. B. „Rot/tiefer Ton“ nach Habituation auf „Rot/hohes Ton“). Des Weiteren sahen die Säuglinge einen Film mit einer bimodalen Änderung („Bimodal“, sowohl Farbe als auch Ton unterschieden sich von der Kombination der Habituationsphase, z. B. „Grün/tiefer Ton“ nach Habituation auf „Rot/hohes Ton“), die eine ebenfalls kongruente Farb-Ton-Kombination darstellte. In den unimodalen bzw. bimodalen Änderungs-Trials wurde ebenfalls das unbekannte Objekt gezeigt.

Die Reihenfolge der Filme wurde pseudo-randomisiert, wobei das „Bekanntes Test-Trial“ aufgrund seiner besonderen Bedeutung in der Diskussion um die „Präferenz des Bekannten“ bzw. „Präferenz des Neuen“ von Säuglingen (Bahrick u. a., 1997; Cohen, 2004; Houston-Price & Nakai, 2004; s. Kap. 2.3.2) entweder zu Anfang oder Ende der Testfilme präsentiert wurde. Die weiteren Testfilme variierten in ihrer Reihenfolge. Die Variation erfolgte ausbalanciert nach Geschlecht.

Für eine Darstellung der Habitierungs- und Testphase der sozialen „Hand“-Bedingung sowohl der Bedingung „Rot/hoher Ton“ als auch „Grün/tiefer Ton“ siehe Abbildungen 11 und 12. Die Habitierung der „Tablett“-Bedingung erfolgte analog zur Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ und ist in Abbildung 13 veranschaulicht.

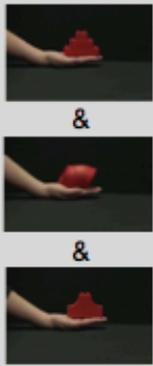
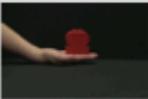
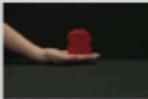
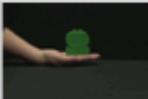
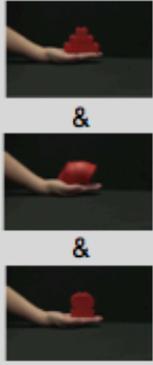
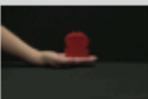
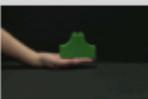
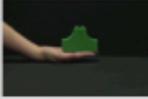
Habit-Trials (max. 21)	Test-Trial 1	Test-Trial 2	Test-Trial 3	Test-Trial 4	Test-Trial 5
Kongruent	Kongruent	Kongruent	Inkongruent	Inkongruent	Kongruent
	Bekannt	Neues Objekt	Unimodale Änderung Farbe	Unimodale Änderung Ton	Bimodale Änderung
Rot/hoher Ton	Rot/hoher Ton	Rot/hoher Ton	Grün/hoher Ton	Rot/tiefer Ton	Grün/tiefer Ton
  2500 Hz	  2500 Hz	  2500 Hz	  2500 Hz	  475 Hz	  475 Hz
ODER: 					

Abb. 11: Habitierungs- und Testphase für die Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“: Jeweils die Hälfte der Vps sah die obere bzw. unteren Objekte (je 7 Vps). Die Darbietung aller Trials erfolgte pseudo-randomisiert und ausbalanciert nach Geschlecht der Säuglinge.

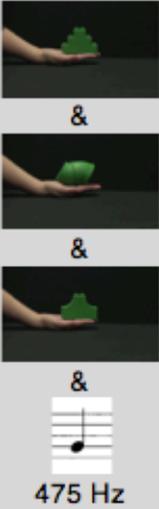
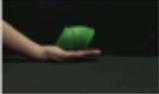
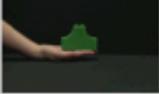
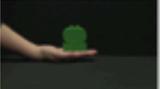
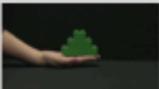
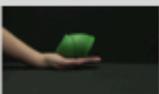
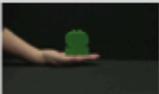
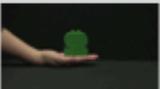
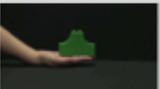
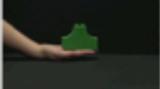
Habit-Trials (max. 21)	Test-Trial 1	Test-Trial 2	Test-Trial 3	Test-Trial 4	Test-Trial 5
Kongruent	Kongruent	Kongruent	Inkongruent	Inkongruent	Kongruent
	Bekannt	Neues Objekt	Unimodale Änderung Farbe	Unimodale Änderung Ton	Bimodale Änderung
Grün/tiefer Ton	Grün/tiefer Ton	Grün/tiefer Ton	Rot/tiefer Ton	Grün/hoher Ton	Rot/hoher Ton
 &  &  &  475 Hz	 &  475 Hz	 &  475 Hz	 &  475 Hz	 &  2500 Hz	 &  2500 Hz
ODER:  &  & 					

Abb. 12: Habituerungs- und Testphase für die Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“: Jeweils die Hälfte der Vps sah die obere bzw. unteren Objekte (je 7 Vps). Die Darbietung aller Trials erfolgte pseudo-randomisiert und ausbalanciert nach Geschlecht der Säuglinge

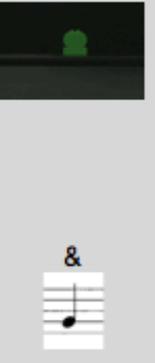
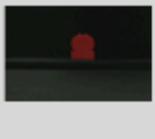
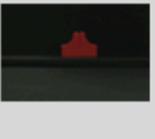
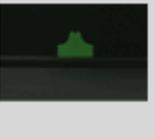
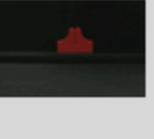
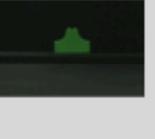
Habit-Trials (max. 21)	Test-Trial 1	Test-Trial 2	Test-Trial 3	Test-Trial 4	Test-Trial 5
Kongruent	Kongruent Bekannt	Kongruent Neues Objekt	Inkongruent Unimodale Änderung Farbe	Inkongruent Unimodale Änderung Ton	Kongruent Bimodale Änderung
Rot/hoher Ton	Rot/hoher Ton	Rot/hoher Ton	Grün/hoher Ton	Rot/tiefer Ton	Grün/tiefer Ton
 2500 Hz	 2500 Hz	 2500 Hz	 2500 Hz	 475 Hz	 475 Hz
ODER: 					

Abb. 13: Habituerungs- und Testphase für die Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“: Jeweils die Hälfte der Vps sah die obere bzw. unteren Objekte (je 7 Vps). Die Darbietung aller Trials erfolgte pseudo-randomisiert und ausbalanciert nach Geschlecht der Säuglinge.

#### **4.2.4.2 „Preferential Looking“-Studie**

##### **4.2.4.2.1 Aufbau/Monitoreinstellungen**

In der „Preferential Looking“-Studie wurden die Filmstimuli mittels der eigens entwickelten Software „simple“ (Gebert, 2011) präsentiert.

Dieselben Filme der Habituations-Studie (HD-Qualität) wurden über einen Mac Pro (3,1, Prozessor: Quad-Core Intel Xeon 2,8 GHz, 2 Prozessoren, 8 Kerne, 4 GB RAM) bzw. Monitor Sony (FWD-S47H1) präsentiert (104 cm x 59 cm). Zwei Videos (46 cm x 29 cm) wurden gleichzeitig in mittlerer Höhe des Monitors abgespielt. Sie wurden mit einem Abstand von 11 cm zwischen den beiden Filmen präsentiert. Ihre Auflösung betrug 1920 x 1080 und die Bildfrequenz 60 Hz.

Zwei externe Lautsprecher (Logitech® X-140, M/N: S-0264B) wurden hinter dem Monitor seitlich und so mittig wie möglich platziert, aufgrund einer klareren Akustik horizontal. Die Lautstärke der Filme betrug 60-65 dB am Ohr des Säuglings. Aufgrund eines anderen Aufbaus der Lautsprecher entstand bei drei unabhängig voneinander urteilenden Erwachsenen der Eindruck einer größeren subjektiven Lautheit, so dass die Stimuli mit etwas geringerer Lautstärke präsentiert und an die Lautheit der Habituations-Studien angeglichen wurden.

Das Blickverhalten der Säuglinge wurde von einer Kamera (Sony HDR-HC9) oberhalb des Monitors erfasst und direkt digital auf den Mac Pro übertragen.

Die Einstellungen des Monitors bei der Präsentation der Filme waren wie folgt: Input HD15, RGB, Bild-Modus: TC-Control, Ton-Modus: Dynamisch, Gamma-Korrektur: Niedrig, Farbtemperatur: Warm, Einstellung Rot: Sättigung 5 (höchste), Farbton 2, Einstellung Grün: Sättigung 5 (höchste), Farbton 2, Ht. Grd. Licht: Max., Kontrast 80, Helligkeit 55.

##### **4.2.4.2.2 Kalibrierung**

Mit dem Ziel einer leichteren späteren Kodierung der kindlichen Blickrichtung wurde zu Beginn eine Kalibrierung gezeigt. Sie bestand aus vier im Uhrzeigersinn aufeinander folgenden weißen Viertelkreisen in den Ecken des Monitors (Radius ca. 11,5 cm) vor schwarzem Hintergrund, die für 2 Sekunden synchron zu einem verbalen Stimulus („Guck mal!“, von einer weiblichen Person gesprochen; 1,12 s) präsentiert wurden. Die gesamte Dauer der Kalibrierung betrug 18 s.

#### **4.2.4.2.3 „Attention-Getter“ zur Aufmerksamkeitslenkung**

Der „Attention-Getter“ bestand in diesem Fall aus einem statischen Kreis von 16 cm Durchmesser, mit verwischem Rand, so dass er nicht als klare geometrische Figur erkennbar war und dem Licht der Glühbirnen ähneln sollte, die in „Preferential Looking“-Aufbauten zur Zentrierung der Aufmerksamkeit häufig benutzt wurden (s. Abb. 14). Er wurde in der Mitte des Monitors für drei Sekunden präsentiert. Ein einmaliger auditiver Stimulus wurde gleichzeitig präsentiert, je nach Trial ein Rascheln („Sequenzielle“ bzw. „Simultane Trials“) oder ein hoher bzw. tiefer Sinus-Ton (475 Hz bzw. 2500 Hz) in den Test-Trials. Der „Attention-Getter“ diente zum einen während aller Trials zur auditiv-visuellen Lenkung der kindlichen Aufmerksamkeit in die Mitte des Bildschirms nach jeweils einem Stimuluspaar. Zum anderen war der auditive Stimulus während der Test-Trials auf die nachfolgenden Test-Trials abgestimmt, d. h. im vorangehenden „Attention-Getter“ wurde derselbe Ton wie in den nachfolgenden zwei Test-Trials dargeboten.

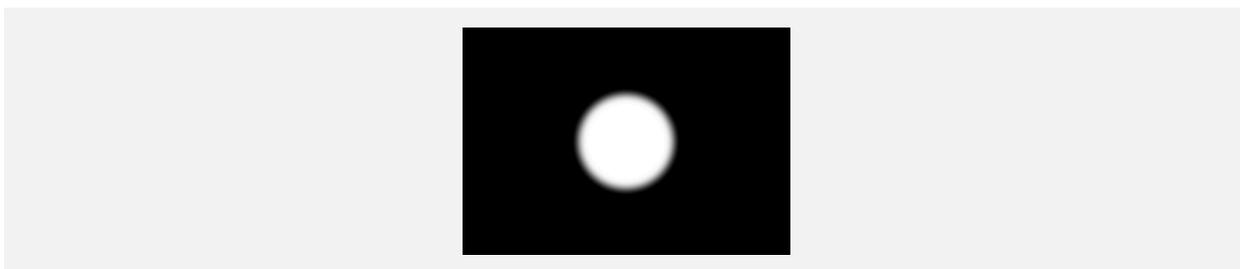


Abb. 14: Foto des „Attention-Getters“ der PL-Studie

#### **4.2.4.2.4 Testfilme**

In der „Preferential Looking“-Studie wurden dieselben Testfilme wie in den Habituations-Studien der „Hand“-Bedingung gezeigt.

Entsprechend der Präsentationsphase wurden jedoch unterschiedliche auditive Stimuli präsentiert: In der kurzen Familiarisierungsphase („Sequenzielle“ & „Simultane Trials“) wurde zur Lenkung der Aufmerksamkeit auf den Bildschirm ein längeres Rascheln gespielt (5,01 s), das an Zeitungsrascheln erinnerte. Es wurde nicht in Synchronie zu dem visuellen Stimulus eingesetzt, da hier kein kreuzmodales Matching der auditiv-visuellen Stimuli beabsichtigt war.

Während der Test-Trials wurden dieselben Sinus-Töne wie in der Habituations-Studie synchron zu dem Absetzen der Objekte gezeigt (475 Hz bzw. 2500 Hz).

#### **4.2.4.2.5 Filmpräsentation**

Für die vorliegende Studie wurde das „Intermodal Preferential Looking“-Paradigma von Hirsh-Pasek und Golinkoff (1999), das in Wortlernstudien erfolgreich eingesetzt wurde, für die kreuzmodale auditiv-visuelle Präsentation mit Sinus-Tönen modifiziert.

Demzufolge erfolgte die Präsentation der Stimuli in drei Phasen (s. Abb. 15): Zunächst wurden in den „Sequenziellen Trials“ (s. „Set 1“) nacheinander auf jeweils einer Seite ein Film gezeigt, wobei die andere Seite des Bildschirms schwarz blieb. Die Funktion war folgende: Sie führten zum einen die Videos ein, und bereiteten zum anderen das Kind darauf vor, dass etwas auf dem Monitor auf beiden Seiten erscheinen würde. Die sequenzielle Darbietung sollte es den Säuglingen erleichtern, auf dem großen Bildschirm Filme auf beiden Seiten zu entdecken. Auditiv wurden die Filme von einem nicht synchron gespielten Rascheln (ähnlich einem Zeitungsrascheln) begleitet, das zwar die Aufmerksamkeit auf den Bildschirm lenken sollte, aber nicht zur Verbindung der auditiv-visuellen Stimuli führen sollte.

Anschließend wurden in den „Simultanen Trials“ (s. „Set 2“) zwei Filme auf beiden Seiten des Monitors zur gleichen Zeit präsentiert, wiederum in Kombination mit dem Papier-Rascheln. Sie bereiteten die Säuglinge darauf vor, dass Filme gleichzeitig dargeboten werden würden.

In der dritten Phase folgten drei Sets von Test-Trials, wobei hier ein „Set“ aus jeweils zwei denselben aufeinander folgenden Stimuluspaaren bestand, die im zweiten Trial spiegelverkehrt präsentiert wurden. In diesen Trials wurde jeweils ein Sinus-Ton als auditiver Stimulus dargeboten: Ein erster Sinus-Ton (475 Hz oder 2500 Hz; jeweils die Hälfte der Vps) wurde zunächst zu den beiden Filmen in „Set 3“ präsentiert, während zu den nächsten beiden Filmen in „Set 4“ der jeweils andere Sinus-Ton gespielt wurde (z. B. 2500 Hz, wenn in „Set 3“ der Ton von 475 Hz gespielt wurde). „Set 5“ unterschied sich von den anderen in Bezug auf das präsentierte Objekt: Hier wurde pseudo-randomisiert eins von den anderen drei Objekten dargeboten, kombiniert mit dem zuerst präsentierten Sinus-Ton. In den ersten vier Sets wurden dieselben Objekte präsentiert, entweder das hausförmige oder das runde Objekt, da diese beiden sowohl eckige als auch runde Formen aufwiesen. Damit ähnelten sie einander mehr als die anderen beiden Objekte („Eckig“, „Rolle“) und die Wahrscheinlichkeit war geringer, dass Säuglinge die Information des auditiven Stimulus mit den eindeutigeren Charakteristika des rein eckigen oder rein runden Objekts verknüpften. Die Objektänderung in „Set 5“ zielte darauf, eine Generalisierung der Blickpräferenzen über Objekte zu prüfen, d. h. ob der Ton die Aufmerksamkeit der Säuglinge auf die Farbe oder doch eher auf Objekteigenschaften gelenkt hat, und damit eine Validierung des Blickverhaltens zu erlangen.

Allen Videos ging ein „Attention-Getter“ (3 s) zur Zentrierung der Blickrichtung voraus. Die Videos waren von 13 s Dauer.

Fünf verschiedene Faktoren wurden pseudo-randomisiert: *a) Seite*, d. h. die Präsentation des ersten Films erfolgte jeweils für die Hälfte der Versuchspersonen rechts bzw. links (folglich wurden zwei Reihenfolgen von „kongruenten Ereignissen“ kreiert, die spiegelbildlich zueinander waren), *b) Farbe*, d. h. ein rotes oder grünes Objekt wurde zuerst dargeboten, *c) Tonhöhe*, d. h. welcher Ton in den Test-Trials zuerst präsentiert wurde (475 Hz oder 2500 Hz), *d) Objekt*, d. h. die Hälfte der Versuchspersonen sah das „runde“ Objekt zuerst, die andere Hälfte das „hausförmige“ Objekt, *e) zweites Objekt*, d. h. das in „Set 5“ dargebotene Objekt wurde pseudo-randomisiert ausgewählt.

In den einzelnen Sets wurden beide Filme auf entgegengesetzter Seite wiederholt mit dem Ziel, dass der zum Ton kongruente Farb-Stimulus gleich häufig auf der linken bzw. rechten Monitorseite dargeboten wurde. So war der auditive Stimulus ebenfalls kongruent zur Hälfte der visuellen Stimuli.

Hinsichtlich der Reihenfolge der Filme wurde darauf geachtet, die Videos nicht strikt abwechselnd zu präsentieren (z. B. den kongruenten Stimulus nicht „links-rechts-links-rechts“ zu zeigen usw.) und auch nicht mit zwei kongruenten Stimuli auf derselben Seite zu beginnen („links-links-rechts“ usw.). Daraus resultierte die Reihenfolge „links-rechts-rechts-links-links-rechts-links-rechts“ bzw. spiegelverkehrt (einschließlich der Familiarisierungsphase). Die Präsentation der Stimuli erfolgte somit für jede Versuchsperson nach einer eigenen Randomisierung (insgesamt 16). Eine exemplarische Präsentation ist in Abbildung 15 veranschaulicht.

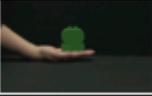
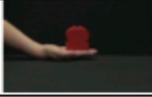
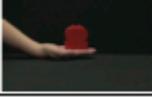
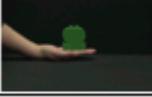
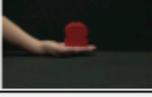
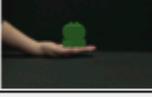
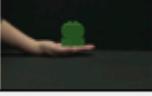
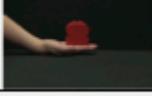
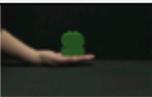
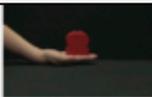
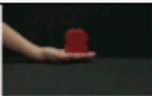
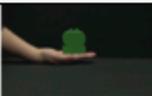
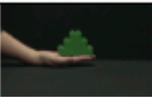
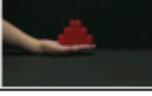
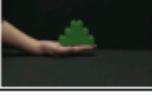
Links	Mitte	Rechts	Set Nr./ Ton
<b>1 Sequenzielle Trials (Familiarisierung)</b>			
			<b>1 SEQ Rascheln</b>
			
			
			
<b>2 Simultane Trials (Familiarisierung)</b>			
			<b>2 SIM Rascheln</b>
			
<b>3 Test-Trials</b>			
			<b>3 Ton 1</b>
			
			
			
			<b>4 Ton 2</b>
			
			
			
			<b>5 Ton 1, zweites Objekt</b>
			
			
			

Abb. 15: Beispielhafte Filmabfolge einer Vp in der PL-Studie (Zeitung bedeutet ein Raschel-Geräusch)

## **4.2.5 Ablauf**

### **4.2.5.1 Versuchsraum**

Zur Reduktion von Umgebungsreizen fand die Studie in einem Raum ohne Fenster statt. Im Blickfeld des Kindes befand sich nur der Bildschirm auf einem Tisch an einer nicht dekorierten Wand. Der Sitzplatz von Mutter und Kind war vom Rest des Raumes durch einen blickdichten Filz-Paravent abgetrennt. Ein Sofa sorgte für angenehmere kindgerechte Atmosphäre in dem sonst schlicht ausgestatteten Raum, bei Bedarf wurde vor der Studie Spielzeug (weder rot noch grün) angeboten. Der Monitor zeigte vor den Filmen einen Marienkäfer auf einem Blatt, präsentiert in schwarz-weiß, um Farbreize zu reduzieren. Ebenso wurde im gesamten Raum darauf geachtet, speziell rote oder grüne Stimuli zu reduzieren. Die Versuchsleiter wurden ebenfalls angewiesen, keine rote oder grüne Kleidung zu tragen.

### **4.2.5.2 Ablauf der Studien**

Die Eltern der Probanden wurden über die Studie informiert und gaben ihr schriftliches Einverständnis (s. Anhang G). Anschließend füllten sie den Demographiefragebogen aus. Diese Zeit gab den Kindern Gelegenheit, sich an den Untersuchungsraum und die Versuchsleiter zu gewöhnen. Die Versuchsleiter interagierten währenddessen mit dem Kind. Die Mütter wurden gebeten, ihr Kind während der Filme weder verbal noch nonverbal zu beeinflussen und ihr Handy auszustellen. Anschließend sahen die Kinder die Filmsequenzen in einem Abstand von ca. 55-60 cm vom Bildschirm auf dem Schoß der Mutter. Im Anschluss an die Filmpräsentation der Habituations-Studie wurden die Bayley Scales durchgeführt. Die Mütter hatten die Wahl, darauf folgend den IBQ auszufüllen, oder ihn zeitnah zu Hause auszufüllen und zurück zu senden. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um die Studiendauer zu begrenzen und damit die Anstrengung für die Säuglinge zu mindern.

Insgesamt dauerte die Studie ca. eine dreiviertel Stunde. Sie fand in Einzeltestung statt. Die Eltern erhielten 10 € für die Teilnahme, und die Säuglinge ein Spielzeug.

## 4.3 Ergebnisse Studien Säuglinge

Zunächst werden in diesem Abschnitt die Ergebnisse der Habituations-Studien geschildert und daran anschließend die Befunde der „Preferential Looking“-Studie (PL) dargestellt.

### 4.3.1 Habituations-Studien

Im Folgenden werden die statistischen Auswertungsverfahren beschrieben, bevor Analysen zur Spontanerholung und zur Äquivalenz der drei Bedingungen („Hand Rot/hoher Ton“ vs. „Hand Grün/tiefer Ton“ vs. „Tablett Rot/hoher Ton“) berichtet werden. Anschließend werden die Ergebnisse der Hypothesentests geschildert sowie Korrelationen zum kognitiven Entwicklungsstand und Temperament der Säuglinge berichtet.

#### 4.3.1.1 Statistische Auswertungsverfahren

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS Version 19 für Mac. Das  $\alpha$ -Fehler-Niveau wurde bei zweiseitigen Signifikanztests auf 5% festgelegt.

Zur Überprüfung der Hypothesen bezüglich der Habituationsphase der Habituations-Studien wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt, in die als dreifach gestufter Zwischensubjektfaktor die „Bedingung“ („Hand Rot/hoher Ton“ vs. „Hand Grün/tiefer Ton“ vs. „Tablett Rot/hoher Ton“) und als abhängige Variablen (im Folgenden AVen) zum einen die „Anzahl der Habituations-Trials“ sowie die „kumulierte Habituationszeit“ gingen. In eine weitere Varianzanalyse mit Messwiederholung gingen als dreifach gestufter Zwischensubjektfaktor die „Bedingung“ („Hand Rot/hoher Ton“ vs. „Hand Grün/tiefer Ton“ vs. „Tablett Rot/hoher Ton“) sowie als zweifach gestufter Innersubjektfaktor das „Trials“ („Mittel der ersten drei Habituations-Trials“ vs. „Bekanntes“ Test-Trial) ein. Die erfasste Blickdauer stellte die AV dar.

Zur Überprüfung der Hypothesen hinsichtlich der Testphase der Habituations-Studien wurde zunächst eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet. In die Analysen gingen der dreifach gestufte Zwischensubjektfaktor „Bedingung“ („Hand Rot/hoher Ton“ vs. „Hand Grün/tiefer Ton“ vs. „Tablett Rot/hoher Ton“) sowie der fünffach gestufte Innersubjektfaktor „Film“ (Test-Trials „Bekannt“ vs. „Unbekannt“ vs. „Bimodal“ vs. „Unimodal Farbe“ vs. „Unimodal Ton“) ein. Die erfasste Blickdauer stellte die AV dar.

Im Anschluss wurden aufgrund der geringen Stichprobengröße für die Einzelvergleiche jeweils nichtparametrische Verfahren eingesetzt (Mann-Whitney-U-Tests bzw. Wilcoxon-Tests für abhängige Stichproben). Nichtparametrische Verfahren werden in kleinen Stichproben häufig zur Bestätigung parametrischer Analysen nach einer ANOVA eingesetzt (vgl. Woodward, 1999, nichtparametrische geplante Kontraste). Auf eine Bonferroni-Korrektur wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße bewusst verzichtet und weiterhin ein Alpha-Fehler-Niveau von 5% angenommen, mit folgender Begründung: Die Bonferroni-Korrektur erhöht die Wahrscheinlichkeit des Typ-II-Fehlers, d. h. die Nullhypothese nicht abzulehnen, obwohl die Alternativhypothese wahr ist, und sie steht damit als sehr konservative Korrektur in der Kritik (vgl. z. B. Cabin & Mitchell, 2000; Moran, 2003; Nakagawa, 2004). Allerdings wurden konservativere nichtparametrische Verfahren für die paarweisen Vergleiche hinzugezogen und zusätzlich die Effektstärken angegeben, da diese häufig aussagekräftiger als eine Bonferroni-Korrektur sind (vgl. Cabin & Mitchell, 2000; Moran, 2003; Nakagawa, 2004). Die Berechnung der Effektstärke der Wilcoxon-Tests wurde nach Field (2009) durchgeführt ( $r = Z/\sqrt{N}$ , wobei  $N$  die Anzahl der Beobachtungen darstellt). Werte von  $r = 0.1$  bezeichnen kleine Effekte,  $r = 0.3$  mittlere Effekte und  $r = 0.5$  große Effekte.

Die Anwendungsvoraussetzungen für die verwendeten Verfahren wurden abgesehen von nicht normal verteilten Werten bezüglich der „Anzahl der Habit Trials“ und des „Unbekannten“ Test-Trials erfüllt, und es wurde im Einzelfall gegen Varianzhomogenität verstoßen („kumulierte Habituationszeit“, „Mittel der ersten drei Habituations-Trials“). Dennoch erscheinen die gewählten Verfahren zulässig, da Bortz und Döring (2005) auf die Robustheit der Varianzanalysen gegenüber Voraussetzungsverletzungen hinweisen.

#### **4.3.1.2 Analysen zur Spontanerholung: Ausreißeranalysen**

Eine klassische Ausreißeranalyse der Angleichung von Extremwerten an die Verteilung, wie sie z. B. Tabachnick und Fidell (2001) beschreiben, ist in Säuglingsstudien aufgrund der hohen entwicklungsbedingten Varianz in Säuglingsdaten unüblich. Zu Beginn der Auswertungen wurden jedoch Analysen durchgeführt, die prüften, ob einzelne Säuglinge in der Testphase nach der Habituation eine Erholung im Blickverhalten gegenüber dem „Bekanntes“ Test-Trial zeigten, das mit einem Ereignis aus der Habituationsphase identisch war (vgl. Cohen, 2004). Diese spontane Erholung wurde als doppelte Blickdauer hinsichtlich der bekannten Farb-Ton-Kombination („Bekanntes“ Test-Trial) verglichen mit dem Durchschnitt der letzten drei Habituations-Trials definiert. Die Erholung gilt als Hinweis auf eine nicht erfolgte Habituation dieser Säuglinge auf die Stimuli der Habituationsphase. Allerdings führt erst eine ausreichende

Familiarisierung mit einem Stimulus oder einer Kategorie von Stimuli zu einer stabilen Präferenz des Neuen, d. h. zu einem erhöhten Blickverhalten als Reaktion auf neue, unbekannte Stimuli (vgl. Bahrnick u. a., 1997; Cohen, 2004; Houston-Price & Nakai, 2004). Die Säuglinge, welche eine solche spontane Erholung in der Blickdauer zeigten, wurden folglich von den nachfolgenden Analysen ausgeschlossen. Es handelte sich um drei Teilnehmerinnen (3 w) in der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“, sowie drei Teilnehmer (1 m, 2 w) in der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“. Kein Proband der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ zeigte eine solche spontane Erholung.

#### **4.3.1.3 Äquivalenz der drei Bedingungen hinsichtlich Prätest, Entwicklungsstand und Temperament**

Es wurde eine MANOVA eingesetzt, in die als dreifach gestufter Zwischenssubjektfaktor die „Bedingung“ („Hand Rot/hoher Ton“ vs. „Hand Grün/tiefer Ton“ vs. „Tablett Rot/hoher Ton“) und als AVen die „Blickzeit Prätest“, „Bayley Scales“ sowie die IBQ-Skalen „C“ („Unbehagen bei Neuem“) und „D“ („Beruhigbarkeit“) eingingen.

Die Säuglinge der drei Bedingungen („Hand Rot/hoher Ton“ vs. „Hand Grün/tiefer Ton“ vs. „Tablett Rot/hoher Ton“) unterschieden sich nicht in ihren Blickzeiten im Prätest (Film „Bär“). Dieses spricht für eine gleiche Aufmerksamkeit der Säuglinge der unterschiedlichen Gruppen zu Beginn der Studie. Eventuelle Unterschiede in anderen Trials sind damit nicht auf generelle Unterschiede in der anfänglichen Aufmerksamkeit der Säuglinge in den drei Bedingungen zurück zu führen.

Zudem zeigten die Säuglinge in den drei Bedingungen weder einen Unterschied in ihrem Entwicklungsstand, erfasst mit der Bayley Scales, noch in ihrem Temperament, erfasst mittels IBQ. Die deskriptive Statistik und Ergebnisse der MANOVA sind in Tabelle 18 dargestellt. Lediglich die beiden IBQ-Skalen „C“ („Unbehagen bei Neuem“) sowie „D“ („Beruhigbarkeit“) wurden als relevant für die Studie angesehen und ausgewertet. Für zwei Versuchspersonen wurden die Bayley Scales als „fehlend“ klassifiziert, da die Säuglinge während der Untersuchung so unruhig wurden, dass eine Durchführung der gesamten Skala nicht möglich war. Die IBQ-Skalen waren ebenfalls nicht von jeder Vp vorhanden, was darauf zurück zu führen war, dass die Skalen mehr als 20 % fehlende Items aufwiesen, bzw. die Antwortkategorie „Kam nicht vor“ angekreuzt worden war. Die Auswertungskriterien des IBQ sehen vor, in diesen Fällen die gesamte Skala nicht zu werten (dieses betraf sechs Vps in der IBQ-Skala „C“ und drei Vps in der IBQ-Skala „D“). Da die Säuglinge der drei Bedingungen keine

Unterschiede in den drei Variablen („Blickzeit Prätest“, „Bayley Scales“, IBQ-Skalen „C“ und „D“) aufwiesen, wurden diese Variablen in den weiteren Analysen nicht berücksichtigt.

Tab. 18: Vergleich der drei Bedingungen („Hand Rot/hoher Ton“, „Tablett Rot/hoher Ton“, „Hand Grün/tiefer Ton“) in Prätest, Bayley Scales und IBQ

	Hand Rot/hoher Ton N = 11		Tablett Rot/hoher Ton N = 11		Hand Grün/tiefer Ton N = 14		F	df 1,2	p	$\eta^2$
	M	SD	M	SD	M	SD				
<b>Prätest (Blickzeit in s)</b>	32.4	9.6	26.1	14.9	24.5	11.5	1.39	2, 33	.26	.078
<b>Bayley Scales</b>	97.9	4.7	98.1	7.0	98.3	7.9	.01	2, 31	.99	.001
<b>IBQ-C (Unbehagen bei Neuem)</b>	50.5	11.0	49.6	10.1	46.2	7.1	.61	2, 27	.55	.043
<b>IBQ-D (Beruhigbarkeit)</b>	46.6	4.7	47.4	4.3	45.6	8.2	.24	2, 30	.79	.015

\*  $p < .05$

#### 4.3.1.4 Hypothesentests: Habituerungsphase

Zur Überprüfung der Hypothesen bezüglich der Habituerungsphase wurde eine ANOVA mit den AVen „Anzahl der Habituerungs-Trials“ sowie „kumulierte Habituerungszeit“ durchgeführt, in die als dreifach gestufter Zwischenssubjektfaktor die „Bedingung“ einging. Um sicher zu stellen, dass das Erreichen des Habituerungs-Kriteriums kein Artefakt war, wurde zudem die durchschnittliche Blickzeit (die abhängige Variable) der ersten drei Habituerungs-Trials mit dem „Bekanntes“ Test-Trial der Testphase verglichen (vgl. z. B. Casasola, Bhagwat, & Burke, 2009). Dazu wurde eine ANOVA mit Messwiederholung eingesetzt, in die als dreifach gestufter Zwischenssubjektfaktor ebenfalls die „Bedingung“ und als zweifach gestufter Innersubjektfaktor die „Trials“ („Mittel der ersten Habituerungs-Trials“ und „Bekanntes“ Test Trial) eingingen. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 19 dargestellt.

Tab. 19: Mittelwerte und Standardabweichungen für drei Parameter der Habituationsphase und das „Bekanntes“ Test-Trial der Testphase in den Bedingungen

	<b>Hand</b>	<b>Tablett</b>	<b>Hand</b>
	<b>Rot/hoher Ton</b>	<b>Rot/hoher Ton</b>	<b>Grün/tiefer Ton</b>
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Anzahl Habit-Trials	10.64 (5.09)	10.64 (3.64)	10.07 (5.60)
Kumulierte Habituationszeit in s	153.74 (91.16)	135.02 (51.82)	89.18 (30.81)
Mittel der ersten Habit-Trials in s	19.31 (9.20)	18.98 (11.51)	13.72 (5.91)
„Bekanntes“ Test-Trial in s	4.94 (2.80)	5.15 (4.89)	4.05 (3.03)

\*  $p < .05$

Die ANOVA zeigte, dass sich die „Anzahl der Habituations-Trials“ nicht signifikant zwischen den Bedingungen unterschied ( $F(2, 33) = 0.06, p = .945, \eta^2 = .002$ ), d. h. die Säuglinge der Gruppen „Hand Rot/hoher Ton“ und „Hand Grün/tiefer Ton“ sowie „Tablett Rot/hoher Ton“ unterschieden sich nicht in der Anzahl der Habituations-Trials, die sie bis zum Erreichen des Habituations-Kriteriums benötigten.

Dagegen zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der „kumulierten Habituationszeit“ zwischen den Bedingungen ( $F(2, 33) = 3.77, p = .033, \eta^2 = .186$ ). Anschließende Mann-Whitney-U-Tests zeigten einen bedeutsamen Unterschied zwischen der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ und der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ ( $Z = -2.41, p = .016, r = -0.48$ ). Die Säuglinge der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ sahen die Habituationsfilme insgesamt für eine bedeutsam geringere Zeit an als die Säuglinge der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“, und es handelte sich hierbei um einen mittleren bis hohen Effekt. Die anderen beiden Vergleiche erreichten keine Bedeutsamkeit, weder der Unterschied zwischen der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ und der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ ( $Z = -1.53, p = .125, r = -0.31$ ), noch der Vergleich zwischen der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ und der „Tablett Rot/hoher Ton“ ( $Z = -0.30, p = .768, r = -0.06$ ). Die Effektstärke wies jedoch im Vergleich der Bedingungen „Hand Rot/hoher Ton“ und „Hand Grün/tiefer Ton“ einen mittleren Effekt aus. Das bedeutet, lediglich die Säuglinge der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ sahen die Filme der Habituationsphase bedeutsam länger an als die Säuglinge der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“.

In der ANOVA mit Messwiederholung zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Innersubjektfaktors „Trials“ ( $F(1, 33) = 94.43, p = .000, \eta^2 = .741$ ), d. h. über die Bedingungen hinweg wiesen die Probanden signifikant geringere Blickzeiten (die abhängige Variable) im

„Bekanntes“ Test-Trial als im „Mittel der ersten Habituations-Trials“ auf. Dieses zeigt eine signifikante Abnahme der Blickdauer (Habituation) der Säuglinge über alle Bedingungen hinweg und ist damit die Voraussetzung für die Hypothesentests der Testphase (vgl. Kap. 2.3.2).

Dagegen erwies sich weder der Haupteffekt des Zwischensubjektfaktors „Bedingung“ ( $F(1, 33) = 1.40, p = .260, \eta^2 = .078$ ) noch die Interaktion „Bedingung“ x „Trials“ ( $F(2, 33) = 1.42, p = .257, \eta^2 = .079$ ) als signifikant. Das bedeutet, die Säuglinge zeigten weder eine unterschiedliche Blickdauer über alle Bedingungen hinweg in den „Trials“, noch zeigte sich eine unterschiedliche Blickdauer im „Mittel der ersten Habituations-Trials“ bzw. im „Bekanntes“ Test-Trial in Abhängigkeit von der „Bedingung“.

#### 4.3.1.5 Hypothesentests: Testphase

Zur Überprüfung der Hypothesen bezüglich der Testphase wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Testphase der Habituations-Studien durchgeführt. Als dreifach gestufter Zwischensubjektfaktor ging die „Bedingung“ (Habituation auf „Hand Rot/hoher Ton“ vs. „Hand Grün/tiefer Ton“ vs. „Tablett Rot/hoher Ton“) in die Analyse ein, sowie als fünffach gestufter Innersubjektfaktor die Variable „Film“ (Test-Trials „Bekannt“ vs. „Unbekannt“ vs. „Bimodal“ vs. „Unimodal Farbe“ vs. „Unimodal Ton“). Abhängige Variable war wiederum die Blickdauer in Sekunden.

##### 4.3.1.5.1 Ergebnisse der 3 x 5-Varianzanalyse mit Messwiederholung

In der 3 x 5 – Varianzanalyse mit der jeweiligen Blickdauer in den Test-Trials als AVen zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Innersubjektfaktors „Film“ ( $F(4, 132) = 4.99, p = .001, \eta^2 = .131$ ). Die Blickdauer in den verschiedenen Filmen unterschied sich demnach signifikant über die Bedingungen hinweg.

In den paarweisen Vergleichen (Wilcoxon-Tests) der verschiedenen Filme zeigten sich bedeutsame Unterschiede zwischen dem „Bekanntes“ Test-Trial ( $M = 4.66, SD = 3.57$ ) und allen anderen Test-Trials („Unbekannt“:  $M = 6.94, SD = 5.19; Z = -2.86, p = .004, r = -0.33$ ; „Bimodal“:  $M = 9.21, SD = 8.02; Z = -3.27, p = .001, r = -0.39$ ; „Unimodal Farbe“:  $M = 8.10, SD = 5.74; Z = -3.33, p = .001, r = -0.39$ ; „Unimodal Ton“:  $M = 8.93, SD = 7.58; Z = -3.34, p = .001, r = -0.39$ ). Im „Bekanntes“ wurden jeweils geringere Blickzeiten gezeigt. Die Effektstärken wiesen hier mittlere Effekte aus. Kein weiterer Wilcoxon-Test ergab bedeutsame Unterschiede in der Blickdauer („Bimodal“ vs. „Unbekannt“:  $Z = -1.44, p = .149, r = -0.24$ ; „Unimodal Farbe“ vs. „Unbekannt“:  $Z = -.79, p = .432, r = -0.13$ ; „Unimodal Ton“ vs. „Unbekannt“:  $Z = -1.76, p =$

.078,  $r = -0.29$ ; „Bimodal“ vs. „Unimodal Farbe“:  $Z = -1.32$ ,  $p = .188$ ,  $r = -0.22$ ; „Bimodal“ vs. „Unimodal Ton“:  $Z = -0.01$ ,  $p = .993$ ,  $r = -0.01$ ; „Unimodal Ton“ vs. „Unimodal Farbe“:  $Z = -0.06$ ,  $p = .950$ ,  $r = -0.01$ ). Die Effektstärken waren hier sehr gering.

Der Haupteffekt bezüglich der „Bedingung“ erwies sich als nicht signifikant ( $F(2, 33) = 2.82$ ,  $p = .074$ ,  $\eta^2 = .146$ ). Die Blickzeiten unterschieden sich demnach nicht in den Bedingungen über alle Test-Trials hinweg.

Weiterhin zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Interaktionseffekt „Film“ x „Bedingung“ ( $F(8, 132) = 1.61$ ,  $p = .127$ ,  $\eta^2 = .089$ ). Die Blickdauern der Säuglinge in den Test-Trials unterschieden sich folglich nicht signifikant in Abhängigkeit von der Bedingung.

Dennoch wurden im Anschluss an die 3 x 5 – ANOVA in den einzelnen Bedingungen Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt, um die Effekte zu beschreiben, die mit der ANOVA nicht abgebildet wurden. Die Notwendigkeit einer signifikanten  $F$ -Statistik für die Durchführung von multiplen Vergleichen steht seit langem in der Diskussion. Sowohl Wilcox (1987) als auch Howell (2009) argumentieren, dass die meisten multiplen Vergleiche keine signifikante  $F$ -Statistik voraussetzen und sogar eine Aussagekraft besitzen, da u. a. beide Tests unterschiedliche Hypothesen testen. Zudem ist das allgemeine  $F$  insbesondere in dem Fall geschwächt, wenn die Mittelwerte zwischen den Gruppen gleich sind, sich jedoch von einem anderen Mittelwert unterscheiden (Howell, 2009). Eben dieser Fall wurde in der vorliegenden Studie hypothetisiert. Es wurde nicht angenommen, dass sich alle Test-Trials in den Bedingungen voneinander unterscheiden. Stattdessen wurde erwartet, dass sich in den verschiedenen Bedingungen lediglich unterschiedliche Test-Trials von dem „Bekanntem“ Test-Trial unterscheiden, das als eine Art Kontroll-Trial fungiert. Da diese Vergleiche von besonderem Interesse für die vorliegende Studie sind, werden sie im Folgenden berichtet (vgl. ebenso Axelsson, Churchley, & Horst, 2012). Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurden als konservativere Verfahren für die multiplen Vergleiche auch hier Wilcoxon-Tests gewählt und die Effektstärken einbezogen (s. Kap. 4.3.1.1). Sie werden im Folgenden getrennt nach den „Bedingungen“ geschildert.

#### **4.3.1.5.2 Wilcoxon-Tests: Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“**

Es wurden vier paarweise Vergleiche zwischen den Blickzeiten der vier Test-Trials gegenüber dem „Bekanntem“ Test-Trial durchgeführt.

In der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ ergab sich ein bedeutsamer Anstieg in der Blickdauer nur für das Test-Trial „Bimodal“ („Grün/tiefer Ton“) im Vergleich zum „Bekanntem“ Test-Trial. Die

Effektstärke indizierte einen starken Effekt in Bezug auf diese bimodale Änderung. Kein anderes Test-Trial unterschied sich bedeutsam von dem „Bekanntem“ Test-Trial. Die Effektstärken indizierten hier mittlere bis geringe Effekte. Das bedeutet, die Säuglinge sahen bedeutsam länger die bimodale Änderung an, nachdem sie auf das Ereignis „Hand Rot/hoher Ton“ habituiert waren. Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der einzelnen Wilcoxon-Tests sind in Tabelle 20 dargestellt.

Tab. 20: Paarweise Vergleiche (Wilcoxon) der Blickzeiten der Test-Trials zu dem „Bekanntem“ Test-Trial (in s), Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“

	M	SD	Art der Änderung	Test-Trial Farbe/Ton KONGRUENZ	M	SD	Z	p	r
<b>„Bekannt“ Rot/hoher Ton KONGRUENT</b>	4.94	2.80	<b>Objekt</b>	<b>„Unbekannt“ Rot/hoher Ton KONGRUENT</b>	8.46	7.10	-1.25	.213	-0.26
			<b>Bimodal Farbe &amp; Ton</b>	<b>„Bimodal“ Grün/tiefer Ton KONGRUENT</b>	14.81	11.81	-2.40	.016*	-0.51
			<b>Unimodal Farbe</b>	<b>„Unimodal Farbe“ Grün/hoher Ton INKONGRUENT</b>	10.00	6.31	-1.60	.110	-0.34
			<b>Unimodal Ton</b>	<b>„Unimodal Ton“ Rot/tiefer Ton INKONGRUENT</b>	9.77	8.85	-1.33	.182	-0.28

\*  $p < .05$ .

#### 4.3.1.5.3 Wilcoxon-Tests: Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“

Es wurden vier paarweise Vergleiche zwischen den Blickzeiten der vier Test-Trials und dem „Bekanntem“ Test-Trial durchgeführt.

In der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ unterschied sich kein Test-Trial signifikant vom „Bekanntem“ Test-Trial. Jedoch zeigte sich eine starke Tendenz hinsichtlich des „Unbekanntem“ Test-Trials, d. h. die Kinder sahen tendenziell länger die bekannte Verbindung „Grün/tiefer Ton“ mit dem neuen Objekt an verglichen mit dem „Bekanntem“ Test-Trial in derselben Farb-Ton-Kombination. Die Effektstärke deutet hier auf einen großen Effekt hin. Eine weitere marginale Tendenz zeigte sich bezüglich des inkongruenten Test Trials „Unimodal Farbe“ („Rot/tiefer Ton“). In Anbetracht der kleinen Stichprobe soll ebenfalls die marginale Tendenz in Bezug auf das kongruente Test-Trial „Bimodal“ („Rot/hoher Ton“), genannt werden, da die Effektstärken dieser beiden tendenziellen Unterscheidungen auf einen mittleren bis starken Effekt hindeuten.

Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der einzelnen Wilcoxon-Tests sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tab. 21: Paarweise Vergleiche (Wilcoxon) der Blickzeiten der Test-Trials zu dem „Bekanntem“ Test-Trial (in s), Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“

	M	SD	Art der Änderung	Test-Trial Farbe/Ton KONGRUENZ	M	SD	Z	p	r
<b>„Bekannt“</b> Grün/tiefer Ton <b>KONGRUENT</b>	4.05	3.03	<b>Objekt</b>	<b>„Unbekannt“</b> Grün/tiefer Ton <b>KONGRUENT</b>	5.80	3.62	-1.92	.055	-0.51
			<b>Bimodal Farbe &amp; Ton</b>	<b>„Bimodal“</b> Rot/hoher Ton <b>KONGRUENT</b>	6.61	3.64	-1.70	.090	-0.45
			<b>Unimodal Farbe</b>	<b>„Unimodal Farbe“</b> Rot/tiefer Ton <b>INKONGRUENT</b>	6.12	4.41	-1.79	.074	-0.48
			<b>Unimodal Ton</b>	<b>„Unimodal Ton“</b> Grün/hoher Ton <b>INKONGRUENT</b>	6.64	4.48	-1.57	.117	-0.42

\*  $p < .05$ .

#### 4.3.1.5.4 Wilcoxon-Tests: Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“

Es wurden vier paarweise Vergleiche zwischen den Blickzeiten der vier Test-Trials gegenüber dem „Bekanntem“ Test-Trial durchgeführt.

In der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ zeigte sich ein bedeutsamer Anstieg der Blickdauer in den Test-Trials „Unimodal Ton“ („Rot/tiefer Ton“) und „Unimodal Farbe“ („Grün/hoher Ton“) sowie im „Unbekanntem“ Test-Trial (neues Objekt in der bekannten Verbindung „Rot/hoher Ton“) gegenüber dem „Bekanntem Test-Trial“ („Rot/hoher Ton“). Die Effektstärken deuteten auf starke Effekte bezüglich der unimodalen Änderungen und des „Unbekanntem“ Test-Trials hin. Die bimodale Änderung („Grün/tiefer Ton“) erwies sich als einzige nicht bedeutsam. Hier zeigte sich lediglich ein mittlerer Effekt. Die Säuglinge sahen demzufolge bedeutsam länger die Ereignisse mit Ton-, Farb- und Objektänderung als das „Bekanntem“ Test-Trial an.

Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der einzelnen Wilcoxon-Tests sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tab. 22: Paarweise Vergleiche (Wilcoxon) der Blickzeiten der Test-Trials zu dem „Bekannten“ Test-Trial (in s), Bedingung „Tablett Rot/hohes Ton“

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<b>Art der Änderung</b>	<b>Test-Trial Farbe/Ton KONGRUENZ</b>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Z</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
<b>„Bekannt“ Rot/hohes Ton KONGRUENT</b>	5.15	4.89	<b>Objekt</b>	<b>„Unbekannt“ Rot/hohes Ton KONGRUENT</b>	6.88	4.75	-2.14	.032*	-0.65
			<b>Bimodal Farbe &amp; Ton</b>	<b>„Bimodal“ Grün/tiefes Ton KONGRUENT</b>	6.93	4.33	-1.27	.203	-0.38
			<b>Unimodal Farbe</b>	<b>„Unimodal Farbe“ Grün/hohes Ton INKONGRUENT</b>	8.72	6.35	-2.19	.028*	-0.66
			<b>Unimodal Ton</b>	<b>„Unimodal Ton“ Rot/tiefes Ton INKONGRUENT</b>	10.99	9.16	-2.94	.003**	-0.89

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ .

#### 4.3.1.6 Korrelationen zu Entwicklungsstand und Temperament

Die kognitive Entwicklung sowie das Temperament wurden über die Bayley Scales und den IBQ erfasst. Die Werte wurden mit drei Habituations-Parametern und den Blickzeiten in den Test-Trials der einzelnen „Bedingungen“ („Hand Rot/hohes Ton“ vs. „Tablett Rot/hohes Ton“ vs. „Hand Grün/tiefes Ton“) korreliert. Lediglich die Korrelation zwischen der IBQ-Skala „D“ („Beruhigbarkeit“) und zwei Werten der Habituationsphase erwies sich als signifikant: Es zeigten sich zwei negative Beziehungen zwischen der „Beruhigbarkeit“ der Säuglinge und der „Anzahl der Habituations-Trials“ sowie der „kumulierten Habituationszeit“. Das bedeutet, eine höhere „Beruhigbarkeit“ der Säuglinge hing mit einer geringeren Anzahl an Habituations-Trials und einer geringeren gesamten Habituationszeit zusammen. Die Korrelationen sind in Tabelle 23 aufgeführt.

Tab. 23: Korrelationen (Spearman-Rho) zwischen den Bayley Scales und IBQ-Skalen „C“, „D“ zu den Parametern der Habituationsphase

		<u>Anzahl der Habituations-Trials</u>	<u>Kumulierte Habituationszeit</u>	<u>Mittel der ersten drei Habit-Trials</u>
<b>Bayley Scales</b>	<i>r</i>	-.041	-.011	-.013
	<i>p</i>	.816	.951	.940
<b>IBQ-C (Unbehagen bei Neuem)</b>	<i>r</i>	.251	-.036	-.287
	<i>p</i>	.180	.851	.125
<b>IBQ-D (Beruhigbarkeit)</b>	<i>r</i>	-.404	-.438	-.081
	<i>p</i>	.020*	.011*	.653

\*  $p < .05$ .

Bezüglich der Test-Trials erwies sich jedoch keine Korrelation als signifikant. Daher wurden die Werte der Bayley Scales und des IBQ nicht in die weiteren Analysen einbezogen. Zudem wurden diese Daten daraufhin in der „Preferential Looking“-Studie nicht mehr erhoben. Die Korrelationen sind in Tabelle 24 aufgeführt.

Tab. 24: Korrelationen (Spearman-Rho) zwischen den Bayley Scales und IBQ-Skalen „C“ und „D“ zu den Test-Trials

		<u>„Bekannt“</u>	<u>„Unbekannt“</u>	<u>„Bimodal“</u>	<u>„Unimodal Farbe“</u>	<u>„Unimodal Ton“</u>
<b>Bayley Scales</b>	<i>r</i>	-.063	.215	.127	-.310	.046
	<i>p</i>	.724	.223	.475	.074	.797
<b>IBQ-C (Unbehagen bei Neuem)</b>	<i>r</i>	-.223	-.310	.198	.006	-.208
	<i>p</i>	.236	.096	.295	.976	.270
<b>IBQ-D (Beruhigbarkeit)</b>	<i>r</i>	.141	.030	.035	-.033	.144
	<i>p</i>	.435	.870	.847	.857	.425

\*  $p < .05$ .

### **4.3.2 „Preferential Looking“-Studie**

Im Folgenden werden zunächst die Auswertungsverfahren beschrieben, bevor vorbereitende Analysen und die Ergebnisse des Hypothesentests der „Preferential Looking“-Studie dargestellt werden.

#### **4.3.2.1 Auswertungsverfahren**

Vor den Hypothesentests wurden die Daten folgendermaßen aufbereitet: Das Blickverhalten der Säuglinge wurde während der Präsentation der Filme aufgenommen und nachträglich mit Hilfe der Software Mangold INTERACT Version 9.1.1 kodiert. Die vier Kodierungskategorien wurden als „Blick vom Bildschirm abgewandt“, „Blick nach links“, „Blick zur Mitte“ und „Blick nach rechts“ definiert. Es waren mehrere, teilweise manuelle Schritte notwendig, um aus den Blick-Annotationen die Blickdauer der Säuglinge zu den einzelnen Filmstimuli zu extrahieren.

Zunächst beinhaltete die kodierte Blickrichtung der Säuglinge noch nicht die Information darüber, welcher Stimulus präsentiert worden war, da der Rater blind für die präsentierten Stimuli kodierte. Daher mussten nachträglich die INTERACT-Dateien und die Pseudo-Randomisierungen der Filmstimuli einschließlich deren Zeitstempel (in ms) mit Hilfe des „simple“-Programms zusammengeführt werden. Das bedeutet, dass für jede Versuchsperson in jedem einzelnen Trial die Informationen der Blickrichtung mit den speziellen Filmen (d. h. Farbe, Tonhöhe, genaues Objekt) verknüpft wurden.

Erst anschließend konnte aus diesen zusammen geführten Daten mittels des Auswertungstools von INTERACT Premium Version 9.1.1 die Variable „Blickdauer“ extrahiert werden. Diese wurden in Microsoft® Office Excel® 2008 für Mac Version 12.3.2 importiert und reduziert.

Die Reduktion war erforderlich, um auswertbare Kategorien aus der umfassenden Pseudo-Randomisierung zu bilden: Die Daten wurden in insgesamt acht Trials zusammengefasst („Sequenzielles Familiarisierungs-Trial“, „Simultanes Familiarisierungs-Trial“, und sechs „Test-Trials“). Ferner wurden vier abhängige Variablen für jedes Trial gebildet, indem die Blickdauern in Excel® manuell zusammen gefasst wurden: „Blick vom Bildschirm abgewandt“, „Blick auf Rot“, „Blick auf Grün“, „Blick auf den vorangehenden Attention-Getter“.

Die reduzierten Daten aus Excel wurden in SPSS® importiert. Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm IBM® SPSS® Versionen 19 und 20 für Mac. Das  $\alpha$ -Fehler-Niveau wurde bei zweiseitigen Signifikanztests auf 5% festgelegt.

Zur Überprüfung der Hypothese 4 wurden aufgrund der kleinen Stichprobe Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben gerechnet. Die erfasste Blickdauer zu den Videos mit verschiedenfarbigen Objekten („Rot“ vs. „Grün“) in Abhängigkeit von dem präsentierten Ton („hoch“ vs. „tief“) stellte jeweils die abhängige Variable dar. Somit gingen vier abhängige Variablen in die Analysen ein: „Rot/hoher Ton“, „Rot/tiefer Ton“, „Grün/hoher Ton“ und „Grün/tiefer Ton“. Analog zu den Habituations-Studien wurde in dieser PL-Studie ebenfalls aufgrund der kleinen Stichprobengröße keine Bonferroni-Korrektur vorgenommen, dafür aber zusätzlich die Effektgrößen angegeben (s. Kap 4.3.1.1)

#### **4.3.2.2 Vorbereitende Analysen**

In der PL-Studie wurden aufgrund der hohen entwicklungsbedingten Varianz in Daten von Säuglingen ebenfalls keine üblichen Ausreißeranalysen durchgeführt, wie bereits für die Habituations-Studien beschrieben wurde (s. Kap. 4.3.1.2). Vor der Überprüfung der Hypothesen wurden allerdings Analysen hinsichtlich einer ausreichenden Blickdauer zu den „Attention-Gettern“ durchgeführt, um die nachfolgenden Trials zu validieren. Weiterhin wurden potenzielle Müdigkeitseffekte untersucht, sowie eine Farb- oder Tonpräferenz geprüft. Die simultanen Familiarisierungs-Trials wurden auf eine gleichwertige Salienz der Stimuli untersucht.

Zunächst wurde jedoch entschieden, nicht vorhandene Blickdauern als „fehlend“ zu klassifizieren anstelle einer Bewertung von „0 s“, um die Blickzeiten der Säuglinge nicht künstlich zu mindern. Der fehlende Wert wurde als nicht vollständig durch die anderen Werte erklärbar eingeschätzt. Es läge zunächst nahe, z. B. bei einer gewissen Blickdauer zu „Grün“ und einem vom Bildschirm abgewandten Blick für die restliche Dauer des Films eine Blickzeit von 0 Sekunden zu „Rot“ anzugeben. Jedoch kann die Blickdauer zu „Rot“ in diesem Fall nicht durch die anderen beiden Blickzeiten bestimmt werden, da das Kind abgelenkt war. Dabei ist nicht festzustellen, ob die Ablenkung auf Kosten der Blickdauer zu „Rot“ oder zu „Grün“ erfolgte.

##### **4.3.2.2.1 Blickdauer „Attention-Getter“**

Vor dem Hypothesentest wurden die Blickzeiten zu den „Attention-Gettern“ daraufhin analysiert, ob die Säuglinge ihren Blick vor den jeweiligen Testfilmen für mindestens 0.3 s auf die „Attention-Getter“, d. h. auf die Mitte, ausrichteten. Falls dieses nicht der Fall war, wurden die anschließenden Test-Trials nicht gewertet (d. h. als „fehlend“ klassifiziert), da nicht davon ausgegangen werden konnte, dass die Säuglinge die Wahl für die jeweiligen darauf folgenden

Filme aus der Mitte des Bildschirms heraus getroffen hatten. So sollte ausgeschlossen werden, dass die Säuglinge lediglich eine vorherige Blickrichtung beibehielten.

#### **4.3.2.2.2 Müdigkeitseffekte**

Weiterhin wurden potenzielle Müdigkeitseffekte geprüft, indem die gesamte Blickdauer zu den drei jeweiligen Sets in drei sukzessiven Wilcoxon-Tests verglichen wurde (vgl. Abb. 15, Kap. 4.2.4.2.5). Ein Set wurde dabei aus jeweils zwei aufeinander folgenden Test-Trials gebildet, die sich nur in der Seite der Präsentation der Videos unterschieden. Es zeigte sich eine bedeutsame Abnahme der Blickdauer von Set 1 ( $M_{Set1} = 6.83$ ,  $SD_{Set1} = 2.77$ ) zu Set 3 ( $M_{Set3} = 5.34$ ,  $SD_{Set2} = 1.67$ ;  $Z = -2.06$ ,  $p = .039$ ,  $r = -0.35$ ) bei mittlerer Effektstärke, so dass in die weiteren Analysen nur die Daten der ersten beiden Sets eingingen. Die Sets 1 und 2 ( $M_{Set2} = 5.66$ ,  $SD_{Set2} = 2.02$ ) unterschieden sich nicht voneinander ( $Z = -1.68$ ,  $p = .093$ ,  $r = -0.28$ ), ebenso wenig die Sets 2 und 3 ( $Z = -0.78$ ,  $p = .435$ ,  $r = -0.13$ ).

#### **4.3.2.2.3 Salienz der Stimuli**

Die gleichwertige Salienz der Stimuli wurde geprüft, indem die Blickdauer zum roten Objekt/Film mit der Blickdauer zum grünen Objekt/Film während des „Simultanen Familiarisierungs-Trials“ verglichen wurde. Ein Wilcoxon-Test erwies sich als nicht bedeutsam, d. h. die Säuglinge zeigten eine gleich lange Blickdauer zum roten ( $M_{SimRot} = 4.77$ ,  $SD_{SimRot} = 2.44$ ) wie zum grünen Video ( $M_{SimGrün} = 6.92$ ,  $SD_{SimGrün} = 3.58$ ;  $Z = -0.94$ ,  $p = .345$ ,  $r = -0.18$ ), bei einer sehr geringen Effektstärke.

#### **4.3.2.2.4 Farbpräferenz/Tonpräferenz**

Eine potenzielle Präferenz für eine Farbe („Rot“ vs. „Grün“) oder einen Ton („hoch“ vs. „tief“) wurde geprüft.

Zur Prüfung einer Farbpräferenz wurde die mittlere Blickdauer zu den Filmen in den Sets 1 und 2 für die jeweiligen Farben der Objekte („Rot“ vs. „Grün“) berechnet und ein Wilcoxon-Test mit den gebildeten Variablen („Sets 1 und 2 Rot“ vs. „Sets 1 und 2 Grün“) durchgeführt. Die Blickdauer auf die Farben „Rot“ ( $M_{Rot\ Sets\ 1\ und\ 2} = 5.86$ ,  $SD_{Rot\ Sets\ 1\ und\ 2} = 2.75$ ) und „Grün“ ( $M_{Grün\ Sets\ 1\ und\ 2} = 6.21$ ,  $SD_{Grün\ Sets\ 1\ und\ 2} = 2.69$ ) unterschied sich nicht voneinander ( $Z = -0.73$ ;  $p = .463$ ,  $r = -0.12$ ). Die Effektstärke war hier sehr gering.

Zur Prüfung einer Tonpräferenz wurde die mittlere Blickdauer zu den Filmen in den Sets 1 und 2 für die jeweilige präsentierte Tonhöhe („hoch“ vs. „tief“) berechnet (unter Berücksichtigung der

Gruppe, d. h. ob zunächst ein hoher oder tiefer Ton präsentiert wurde). Anschließend wurde ein Wilcoxon-Test mit den gebildeten Variablen („Sets 1 und 2 hoher Ton“ vs. „Sets 1 und 2 tiefer Ton“) durchgeführt. Die Blickdauer hinsichtlich der Filme, die zum tiefen Ton präsentiert wurden ( $M_{\text{tiefer Ton Sets 1 und 2}} = 6.99$ ,  $SD_{\text{tiefer Ton Sets 1 und 2}} = 2.27$ ), unterschied sich nicht von der Blickdauer zu den Filmen, die mit dem hohen Ton dargeboten wurden ( $M_{\text{hoher Ton Sets 1 und 2}} = 5.50$ ,  $SD_{\text{hoher Ton Sets 1 und 2}} = 2.48$ ;  $Z = -1.25$ ;  $p = .210$ ,  $r = -0.21$ ). Die Effektstärke deutete auf einen sehr kleinen Effekt.

#### 4.3.2.3 Hypothesentest

Zur Prüfung der Hypothese 4 wurden zunächst zwei Wilcoxon-Tests zwischen den AVen „Rot/hoher Ton“ und „Grün/hoher Ton“ bzw. „Rot/tiefer Ton“ und „Grün/tiefer Ton“ durchgeführt, die aus den ersten beiden Sets gebildet wurden. Ein Set wurde dabei wiederum aus jeweils zwei aufeinander folgenden Test-Trials gebildet, die sich nur in der Seite der Präsentation der Videos unterschieden (Set 1: Test-Trials 1 und 2; Set 2: Test-Trials 3 und 4). Der Hypothese entsprechend wurden die Blickzeiten auf die Objekte beider Farben während der Präsentation desselben Tons miteinander verglichen. Dadurch sollte die Lenkung der Aufmerksamkeit durch den Ton auf die Farbe geprüft werden. Die Vergleiche erwiesen sich nicht bedeutsam, bei sehr kleinen Effektstärken („Rot/hoher Ton“ vs. „Grün/hoher Ton“:  $Z = -0.47$ ;  $p = .636$ ,  $r = -0.08$ ; „Rot/tiefer Ton“ vs. „Grün/tiefer Ton“:  $Z = -0.25$ ;  $p = .802$ ,  $r = -0.04$ ). Da sich hier keine bedeutsamen Unterschiede zeigten, wurden alle weiteren Vergleiche zwischen diesen Variablen geprüft. Keiner der paarweisen Vergleiche erwies sich als bedeutsam, d. h. die Säuglinge zeigten keine unterschiedliche Blickdauer zu den Farben in Abhängigkeit vom Ton („Rot/hoher Ton“ vs. „Grün/tiefer Ton“:  $Z = -1.30$ ;  $p = .193$ ,  $r = -0.22$ ; „Rot/hoher Ton“ vs. „Rot/tiefer Ton“:  $Z = -0.03$ ;  $p = .975$ ,  $r = -0.01$ ; „Rot/tiefer Ton“ vs. „Grün/hoher Ton“:  $Z = -0.66$ ;  $p = .510$ ,  $r = -0.12$ ; „Grün/hoher Ton“ vs. „Grün/tiefer Ton“:  $Z = -1.21$ ;  $p = .227$ ,  $r = -0.20$ ). Die Effektstärken deuteten auf sehr kleine bis kleine Effekte. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 25 dargestellt.

Tab. 25: Deskriptive Statistik der Blickzeiten zu den Filmen in Abhängigkeit vom Ton in der PL und paarweise Vergleiche

	<b>Hoher Ton</b>	<b>Tiefer Ton</b>
	<b>M (SD)</b>	<b>M (SD)</b>
<b>Rot</b>	5.60 (2.86)	6.49 (2.68)
<b>Grün</b>	5.66 (2.84)	7.10 (2.95)

#### 4.3.2.4 Inter-Rater-Reliabilität

Es wurden zwei Maße der Beurteilerübereinstimmung hinzugezogen: Zum einen Cohen's Kappa für die Reliabilität der Beurteilung der kategorialen Variable „Blickrichtung“ („Vom Bildschirm abgewandt“, „Mitte“, „Rechts“, „Links“) und zum anderen der Intraklassenkorrelationskoeffizient für die Reliabilität der Beurteilung der intervallskalierten Variable „Blickdauer“; ICC Model 2 (vgl. Hirsh-Pasek & Golinkoff, 1999).

Insgesamt wurden neun randomisiert ausgewählte Videos von zwei Ratern ausgewertet (25 % der ursprünglichen Stichprobe) bzw. sieben Videos (38,9 %) der in der Stichprobe verbleibenden 18 Vps.

Die Analyse der Blickrichtung ergab Werte für Cohen's Kappa für die Kategorie „Blick rechts“ von  $\kappa = .84$  und für die Kategorie „Blick links“ von  $\kappa = .76$ . Diese Werte indizieren eine substanzielle bzw. fast vollkommene Übereinstimmung (vgl. Landis & Koch, 1977).

Für die einzelnen Test-Trials ergaben sich insgesamt sehr gute Werte für die Intraklassenkorrelationskoeffizienten der Variable „Blickdauer“ in Bezug auf die einzelnen Farben (ICC = .988 für Test-Trial 1 „Rot“, ICC = .999 für Test-Trial 1 „Grün“, ICC = .999 für Test-Trial 2 „Rot“, ICC = .989 für Test-Trial 2 „Grün“, ICC = .984 für Test-Trial 3 „Rot“, ICC = .894 für Test-Trial 3 „Grün“, ICC = .956 für Test-Trial 4 „Rot“ und ICC = .994 für Test-Trial 4 „Grün“). Da der ICC Werte zwischen +1 und -1 einnehmen kann, sind diese Werte als sehr hoch einzustufen.

Beide Werte, sowohl Cohen's Kappa als auch der Intraklassenkorrelationskoeffizient, indizieren für die vorliegenden Daten eine gute Inter-Rater-Reliabilität und eine Zuverlässigkeit der Beobachtung.

## 4.4 Diskussion Studien Säuglinge

In den vorliegenden Studien wurde untersucht, inwieweit eine kongruente Semiotik von Farben und Tönen (bzw. Tonhöhe) die Bildung einer kreuzmodalen Relation fördert. Das bedeutet, es wurde überprüft, inwiefern eine Prädisposition zum Aufbau dieser kongruenten Verbindungen vorliegt bzw. ob sogar die Wahrnehmung dieser Kongruenz bereits angeboren ist. Zudem ermöglichte das Design, die Rolle sozialer Signale in diesem Wahrnehmungsprozess zu beleuchten, d. h. der Frage nachzugehen, ob ein sozialer Kontext den Säuglingen ermöglicht, solche Verbindungen zu bilden.

Im weiteren Verlauf werden zunächst die Ergebnisse entsprechend der Hypothesen zusammengefasst und in den einzelnen Bedingungen diskutiert, bevor in einer generellen Diskussion die Fragestellungen vor einem erweiterten theoretischen Hintergrund erläutert werden. Abschließend werden die Schlussfolgerungen sowie Implikationen für die zukünftige Forschung dargestellt.

### 4.4.1 Überprüfung der Hypothesen und Diskussion der Ergebnisse in den Bedingungen

#### 4.4.1.1 Hypothese 1

Während der Habituation auf die kongruente Farb-Ton-Kombination „Rot/hoher Ton“ unter sozialen Signalen (Präsentation durch eine Hand) wird nicht nur eine Verbindung zwischen „Rot“ und dem hohen Ton gebildet, sondern auch eine Kategorie „Rot/hoher Ton“ über mehrere Ereignisse mit verschiedenen Objekten geformt. Diese Kategorie „Rot/hoher Ton“ wird in der Testphase von den anderen Farb-Ton-Kombinationen (Kategorien) unterschieden.

Die Hypothese 1 kann bestätigt werden, selbst wenn sich das erwartete Muster an Effekten unterschied: Die Säuglinge der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ haben eine Verbindung zwischen der Farbe Rot und dem hohen Ton gebildet, die sie über drei verschiedene Objekte hinweg generalisierten. Dieses zeigte sich daran, dass die Säuglinge während der Testphase das „Unbekannte“ Test-Trial nicht bedeutsam länger ansahen als das „Bekannte“ Test-Trial. Es handelte sich um einen kleinen Effekt. Diese beiden Trials unterschieden sich nicht in ihrer Farb-Ton-Kombination, sondern es wurde in dem „Unbekannten“ Test-Trial lediglich ein neues Objekt präsentiert, während das „Bekannte“ Test-Trial ein Ereignis aus der Habituationsphase

darstellte. Die Säuglinge verhielten sich so, als wenn sie die Information bestehend aus Farbe und Ton aus den in der Habituationsphase präsentierten Ereignissen mit verschiedenen Objekten abstrahiert und eine kategoriale Repräsentation „Rot/hoher Ton“ gebildet hatten.

Angenommen wurde ferner, dass sich die Bildung einer Kategorie in einer Diskriminierung aller weiteren Test-Trials äußern würde. Diese Annahme hat sich nicht bestätigt. Als einziges Ereignis wurde entgegen der Erwartungen ausschließlich die bimodale Änderung diskriminiert, d. h. das Trial „Grün/tiefer Ton“ vom „Bekanntem“ Test-Trial bedeutsam unterschieden. Die Effektstärke deutete auf einen großen Effekt hin. Dieser Befund kann auf unterschiedliche Weise interpretiert werden. Eine vorerst nahe liegende Möglichkeit ist sicherlich, dass die Säuglinge in der sozialen „Hand“-Bedingung lediglich das gänzlich abweichende Ereignis diskriminierten, das am leichtesten von der gebildeten Kategorie zu unterscheiden war – da in beiden Modalitäten eine Veränderung zu bemerken war. Zudem entspricht jedoch das Ereignis „Grün/tiefer Ton“ auch gemäß der semantisch basierten Hypothese einem kongruenten Ereignis, ebenso wie das Ereignis „Rot/hoher Ton“. Denkbar wäre demnach, dass die Säuglinge die zugrunde liegende Kongruenz wahrnahmen, und ebenso die unterschiedliche Konnotation der Kongruenz. Es könnte demzufolge eine kongruente saliente Information positiver Semantik („Grün/tiefer Ton“) von einer kongruenten salienten negativen Semiotik („Rot/hoher Ton“) unterschieden worden sein.

Diese Frage kann allein mit den Daten der sozialen Bedingung (das Objekt wurde von einer Hand dargeboten) „Rot/hoher Ton“ nicht abschließend beantwortet werden. Im Zusammenhang mit den anderen Bedingungen, insbesondere der nicht sozialen Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“, eröffnen sich jedoch neue Interpretationsmöglichkeiten. Diese werden in Verbindung mit der Hypothese 3 zur Sprache kommen.

#### 4.4.1.2 Hypothese 2

Die Verbindung „Grün/tiefer Ton“ wird in der Habituationsphase unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand) von den Säuglingen weniger sicher und eindeutig gebildet als die Verbindung „Rot/hoher Ton“, da die Farbe „Grün“ eine geringere Saliens als „Rot“ aufweist (z. B. Franklin u. a., 2010). Dieses äußert sich sowohl in Parametern der Habituationsphase als auch der Testphase:

- a. Während der Habituationsphase erweist sich das Ereignis „Hand Rot/hoher Ton“ als salienter gegenüber dem Ereignis „Hand Grün/tiefer Ton“.
- b. In der Testphase wird in der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ sichtbar, dass die Kategorie „Grün/tiefer Ton“ nicht gebildet wurde, d. h. bis auf die bekannte Farb-Ton-Kombination mit einem neuen Objekt keine anderen Farb-Ton-Kombinationen unterschieden werden. Eventuell zeigt sich ein reiner Farbeffekt, d. h. die Farbe „Rot“ wird aufgrund ihrer Saliens im Trial mit unimodaler oder bimodaler Änderung („Rot/tiefer Ton“ bzw. „Rot/hoher Ton“) länger betrachtet.

Die Hypothese 2a konnte nicht bestätigt werden: Während der Habituationsphase unterschieden sich die Säuglinge in den Bedingungen „Hand Grün/tiefer Ton“ und „Hand Rot/hoher Ton“ weder in der Anzahl der Trials, die sie zum Erreichen des Habituations-Kriteriums benötigten, noch in der kumulierten Habituationszeit. Es zeigte sich jedoch eine mittlere Effektstärke für die Variable „kumulierte Habituationszeit“ entsprechend der Hypothese, der sich möglicherweise in einer größeren Stichprobe deutlicher herausstellen würde. Eine Analyse mit dem Programm G\*Power 3 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) bestätigte, dass eine Stichprobengröße von lediglich 20 Probanden ausreichend wäre, um ein statistisch bedeutsames Ergebnis ( $\alpha = .05$ ) zu erreichen. Diese Vermutung bleibt jedoch anhand der vorliegenden Daten nicht bestätigt. In der generellen Diskussion (s. Kap. 4.4.2.1) wird dieser Befund noch einmal aufgegriffen und im Zusammenhang mit den Daten der Habituations-Phasen der anderen Bedingungen diskutiert werden.

Die Hypothese 2b kann dagegen als bestätigt angesehen werden. Die Säuglinge der Bedingung „Grün/tiefer Ton“ diskriminierten nicht ein einziges Test-Trial von dem „Bekanntes“ Test-Trial, d. h. keine andere Farb-Ton-Kombination und auch nicht das andere Objekt in der bekannten Farb-Ton-Kombination („Unbekanntes“ Test-Trial). Allerdings zeigte sich eine starke Tendenz, das neue Objekt mit der habituierten Verbindung „Grün/tiefer Ton“ zu diskriminieren, und die Effektstärke implizierte einen großen Effekt. Das deutet darauf hin, dass die Säuglinge während

der Habitierungsphase keine Kategorie der Verbindung „Grün/tiefer Ton“ gebildet hatten, sondern nur die speziellen Ereignisse der Habitierung gelernt hatten und nicht über weitere Objekte in derselben Farb-Ton-Relation generalisierten. Der erste Aspekt der Hypothese 2b hat sich damit bestätigt: Die Kategorie „Grün/tiefer Ton“ wurde nicht gebildet. Die Säuglinge hatten zwar habituiert, schienen jedoch keine kategoriale Repräsentation aufgebaut zu haben, da sie zwischen zwei Kategorienzugehörigen diskriminierten und damit keine perzeptuelle Kategorisierung zeigten (vgl. Quinn u. a., 2001; für die Unterscheidung zwischen perzeptueller Diskriminierung und perzeptueller Kategorisierung). Sie zeigten im Grunde eine Präferenz für das Bekannte bzw. ein neues Exemplar einer bekannten Kategorie, welche möglicherweise darauf hindeutet, dass sich die Säuglinge in der Testphase noch in einer anfänglichen Phase der Verarbeitung befanden, in der sie Objekte der bekannten Kategorie bevorzugen (vgl. Balaban & Waxman, 1997; Cohen, 2004; Houston-Price & Nakai, 2004).

Die Säuglinge der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ unterschieden zudem in der Testphase keine weitere Farb-Ton-Kombination mit großem Effekt. Das spricht ebenfalls für eine nicht geformte Kategorie „Grün/tiefer Ton“. Allerdings zeigte sich während der Testphase eine marginale Tendenz, das inkongruente Test-Trial „Rot/tiefer Ton“ zu diskriminieren, die Effektstärke wies hier auf einen mittleren bis starken Effekt hin. Eine größere Stichprobe könnte hier zu einem signifikanten Ergebnis führen. Diese Tendenz spricht wie erwartet für die Unterscheidung der salienteren Farbe Rot, d. h. dass die Säuglinge nach der Habituation auf einen grünen Stimulus (zusammen mit einem tiefen Ton) einen roten Stimulus unterscheiden würden, da hier lediglich eine Farbänderung erfolgte. Aufgrund der kleinen Stichprobe soll ebenso die Tendenz der Säuglinge betrachtet werden, die Verbindung „Rot/hoher Ton“ zu diskriminieren. Eine Stichprobe von lediglich 22 Vps wäre gemäß einer Analyse des Programms G\*Power (Faul u. a., 2007) für die Erreichung eines bedeutsamen Unterschiedes ( $\alpha = .05$ ) in Bezug auf die bimodale Änderung „Rot/hoher Ton“ notwendig, und eine Stichprobe von 42 Vps für die Unterscheidung der unimodalen Änderung „Rot/tiefer Ton“. Diese beiden Ergebnisse erlangten in der vorliegenden Stichprobe kein Signifikanzniveau von 5%. Jedoch wiesen die mittleren bis hohen Effektstärken darauf hin, dass sich diese Tendenzen in einer größeren Stichprobe möglicherweise deutlicher herausstellen würden, was auf eine Unterscheidung der Farbe Rot hindeutete. In der generellen Diskussion (s. Kap. 4.4.2.1) wird der Aspekt einer möglicherweise höheren Salienz von Rot gegenüber Grün genauer betrachtet werden.

### 4.4.1.3 Hypothese 3

Die Verbindung „Rot/hoher Ton“ wird in der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung entweder gar nicht oder weniger sicher und eindeutig aufgebaut als in der sozialen „Hand“-Bedingung. Dieses könnte sich auf verschiedene Weise äußern:

- a. Während der Habituationsphase erweist sich das Ereignis „Hand Rot/hoher Ton“ als salienter gegenüber dem Ereignis „Tablett Rot/hoher Ton“.
- b. In der Testphase wird in der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ sichtbar, dass die Kategorie „Rot/hoher Ton“ nicht gebildet wurde, d. h. bis auf die bekannte Farb-Ton-Kombination mit einem neuen Objekt keine anderen Farb-Ton-Kombinationen unterschieden werden.

Hypothese 3a konnte nicht bestätigt werden. Während der Habituationsphase der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ zeigten die Säuglinge in keinem der drei Parameter („Anzahl der Habituations-Trials“, „kumulierte Habituationszeit“ oder „Mittel der ersten drei Habituations-Trials“) ein Blickverhalten, das sich von dem der Säuglinge der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ unterschied. Das Ereignis „Rot/hoher Ton“ schien in der sozialen „Hand“-Bedingung ebenso salient zu sein wie in der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung.

In der Testphase zeigten die Säuglinge aus theoretischer Sicht überraschende Blickpräferenzen: Das „Unbekannte“ Test-Trial wurde bedeutsam von dem „Bekanntes“ Test-Trial unterschieden, was indiziert, dass die Säuglinge keine Kategorie „Rot/hoher Ton“ über Objekte hinweg generalisiert gebildet hatten (siehe die Diskussion der Hypothese 2, Kap. 4.4.1.2). Im Rahmen der üblichen Interpretation von Studien zur Kategorienbildung würde an dieser Stelle keine Diskriminierung weiterer Kategorien, d. h. anderer Farb-Ton-Kombinationen, erwartet werden. Allerdings unterschieden die Säuglinge nicht nur das unbekanntes Objekt, sondern unerwarteter Weise ebenfalls die unimodalen Änderungen, d. h. die Test-Trials „Unimodal Farbe“ und „Unimodal Ton“ (bzw. die inkongruenten Ereignisse „Rot/tiefer Ton“ und „Grün/hoher Ton“) vom „Bekanntes“ Test-Trial. Mit diesen Befunden ist die Hypothese 3b nicht so einfach zu bestätigen bzw. zu verwerfen.

Dieser Widerspruch soll im Folgenden erläutert werden, woran sich der Versuch einer Interpretation anschließt: Die Unterscheidung der bekannten Farb-Ton-Kombination mit einem neuen Objekt („Unbekanntes“ Test-Trial) von der bekannten Farb-Ton-Kombination mit einem Objekt aus der Habituationsphase („Bekanntes“ Test-Trial) entspricht der Annahme, dass die Säuglinge keine kategoriale Repräsentation der Verbindung formten (vgl. Casasola, 2005; Quinn

u. a., 2001), sondern zwischen Kategorienmitgliedern unterschieden. Die Ausbildung einer kategorialen Repräsentation der Ereignisse der Habituationsphase würde erwarten lassen, dass die Säuglinge neue Ereignisse einer neuen Kategorie präferierten, nicht neue Ereignisse der alten Kategorie. Diese sollten weniger Aufmerksamkeit auf sich ziehen (vgl. Quinn u. a., 2001). Dieses schien hier nicht der Fall zu sein. Im Rahmen der Forschung zum Lernen von räumlichen Relationen konnte ebenfalls gezeigt werden, dass die präsentierten Objekte vor der Relation enkodiert werden (vgl. z. B. Casasola, 2005), möglicherweise, da die Relations-Konzepte weniger auffällig sind als die Objekte in der Situation. In der vorliegenden Studie wurden jedoch von den Säuglingen der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ sowohl die Objekte kodiert als auch die Verbindung („Rot/hoher Ton“), oder die einzelnen visuellen bzw. auditiven Komponenten. Darauf deuteten die Unterscheidungen des „Unbekannten“ Test-Trials als auch der Test-Trials mit unimodalen Änderungen („Unimodal Farbe“ und „Unimodal Ton“) hin.

Möglicherweise ist dieses Ergebnis nicht im Rahmen der üblichen Interpretation einer nicht erfolgten Enkodierung der Verbindung auszulegen. Wie bereits beschrieben, müssen beim Habituations-Paradigma viele Faktoren berücksichtigt werden (s. Kap. 2.3.2). Speziell auf diesem neuen Gebiet der Entwicklung der Semantik von Farben und Tönen scheint es angemessen, alternative Erklärungsmöglichkeiten in Betracht zu ziehen. In der Zusammenschau der Ergebnisse der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ wird deutlich, dass Säuglinge in diesem Alter sehr wohl in der Lage sind, alle Ereignisse bzw. Farb-Ton-Kombinationen nach der Habituation auf das Ereignis „Rot/hoher Ton“ zu unterscheiden – aber sie diskriminierten in den Bedingungen jeweils nur bestimmte Kategorien bzw. Ereignisse. Das lässt darauf schließen, dass sie auf Hinweisreize der Habituation reagierten, d. h. wahrscheinlich auf die Präsenz oder Abwesenheit sozialer Signale. Möglicherweise deutet dieses Ergebnis auf die Unterscheidung aller Details der Verbindungen. In der generellen Diskussion (s. Kap. 4.4.2.2) wird dieser Punkt vertieft erörtert werden.

#### 4.4.1.4 Hypothese 4

Die Säuglinge zeigen in der „Preferential Looking“-Studie eine längere Blickdauer zu kongruenten Farb-Ton-Kombinationen („Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“) mit sozialen Hinweisreizen (Präsentation durch eine Hand) als zu inkongruenten Kombinationen („Rot/tiefer Ton“ bzw. „Grün/hoher Ton“), d. h. ihre Aufmerksamkeit wird durch den präsentierten Ton auf die jeweilige kongruente Farbe gelenkt.

Hypothese 4 konnte nicht bestätigt werden. Die Säuglinge zeigten keine längere Blickdauer zu den Farben in Abhängigkeit vom präsentierten Ton. Der Vergleich zwischen den Farben während der Präsentation desselben Tons erwies sich nicht als bedeutsam. Ebenso zeigte sich kein weiterer Vergleich zwischen den Blickzeiten zu den Filmen der farblichen Objekte bedeutsam, während denen unterschiedliche Töne präsentiert wurden. Die Effektstärken wiesen hier auf kleine Effekte hin.

Der Mittelwerts-Vergleich zwischen den kongruenten Verbindungen („Rot/hoher Ton“ und „Grün/tiefer Ton“) wies die größte Effektstärke von allen Vergleichen auf, wobei die Blickzeit zur Verbindung „Rot/hoher Ton“ geringer war als zu der Relation „Grün/tiefer Ton“. Der Effekt ist allerdings ebenfalls nur als klein zu beurteilen, wodurch ihm eine geringe praktische Relevanz beizumessen ist. Eine Analyse mit dem Programm G\*Power 3 (Faul u. a., 2007) ergab, dass 44 Versuchspersonen nötig wären, einen Unterschied auf dem 5%-Niveau zwischen diesen beiden Blickzeiten zu erreichen. Die Daten legen nahe, dass keine Farb-Ton-Relation vor einer anderen bevorzugt wurde.

## 4.4.2 Generelle Diskussion

In diesem Abschnitt werden die Befunde der Säuglingsstudien in Bezug auf die einzelnen Fragestellungen vor dem Stand der aktuellen Forschung diskutiert.

### 4.4.2.1 Fragestellung A – Aufbau einer kreuzmodalen Relation zwischen kongruenten Farben und Tönen, Einfluss der Konnotation bzw. Salienz

**Fördert eine konvergierende erwachsene Semantik („Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“, s. Abb. 6) unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand) den Aufbau einer kreuzmodalen Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe? Das bedeutet, führt die semiotische Kongruenz zu einer salienteren Verbindung aufgrund ihrer gemeinsamen amodalen Information, so dass die Verbindung sicher in einer Habituation gebildet wird?**

**Ein weiterer Aspekt dieser Fragestellung betrifft die Äquivalenz der Kongruenz: Fördert eine konvergierende erwachsene Semantik unterschiedlicher Konnotation (negativ: „Rot/hoher Ton“ bzw. positiv: „Grün/tiefer Ton“) gleichermaßen den Aufbau einer kreuzmodalen Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand)? Oder ist die Kombination „Rot/hoher Ton“ salienter als die Kombination „Grün/tiefer Ton“, trotz der kongruenten zugrunde liegenden Information, mit der Folge, dass die Verbindung zwischen „Grün“ und einem tiefem Ton schlechter gebildet wird als die Relation „Rot/hoher Ton“?**

Zur Beantwortung des ersten Aspekts dieser Frage soll zunächst die Bedingung „Rot/hoher Ton“ betrachtet und mit den Studien von Bahrick (1992, 1994) in Beziehung gesetzt werden. Während Bahrick (1992, 1994) den Aufbau einer Verbindung zwischen arbiträr gewählten Farben/Formen und Tonhöhe unter einer mechanistischen Darbietung untersuchte, und damit primär die Bildung einer Verbindung zwischen physikalischen Variablen analysierte, orientierte sich die vorliegende Studie im Gegensatz dazu am semantischen Gehalt der Töne und Farben und untersuchte die kreuzmodale Verarbeitung vorsprachlicher Bedeutung.

Ähnlich wie bei Bahrick (1992, 1994) bildeten die Säuglinge dieser Bedingung eine kreuzmodale Verbindung zwischen den Stimuli, allerdings das bereits sicher mit vier Monaten. In der Testphase diskriminierten die Säuglinge die bimodale Änderung, was ebenfalls eine Kategorienbildung indiziert. Dagegen zeigten die Säuglinge der Studie von Bahrick (1994) erst sicher eine Verbindungsbildung mit sieben Monaten, während mit drei Monaten bereits gewisse

Sensitivitäten auszumachen waren (Bahrick, 1992). Möglicherweise förderten Eigenschaften der in dieser Studie geprüften Kombination „Rot/hoher Ton“ den Relationsaufbau, z. B. die zugrunde liegende kongruente Semantik. Jedoch unterschieden sich die Studien ebenfalls in der unterliegenden Methodik, weshalb der Befund der vorliegenden Studie nicht direkt mit den Ergebnissen von Bahrick (1992, 1994) vergleichbar ist. Daher sollen die eingesetzten Verfahren im Folgenden genauer betrachtet werden:

In dem von Bahrick (1994) verwendeten anspruchsvolleren „Wechsel“-Verfahren, in dem zwei Farb/Form-Ton-Kombinationen während der Habituation präsentiert wurden, zeigten die Säuglinge keine Bildung der Relation zwischen den arbiträr gewählten Farben/Formen und Tönen vor dem Alter von sieben Monaten. Die frühere Studie von Bahrick (1992) ist methodisch der vorliegenden Studie auf den ersten Blick ähnlicher, da nur eine Farb/Form-Ton-Kombination während der Habituation dargeboten wurde, jedoch präsentierte Bahrick (1992) in der Testphase keine bimodale Änderung, sondern lediglich eine unimodale Änderung. Letztere diskriminierten jedoch bereits drei Monate alte Säuglinge. Im Gegensatz dazu wurden in der vorliegenden Studie die unimodalen Änderungen von der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ nicht unterschieden, lediglich die bimodale Änderung. Sicherlich mag ein Grund für diese divergierenden Ergebnisse wiederum in der unterschiedlichen Methodik der beiden Studien gesehen werden. Die vorliegende Studie war für die Kinder kognitiv anspruchsvoller, da Bahrick (1992) in der Habituationsphase ein einzelnes Objekt einer bestimmten Farbe und Form präsentierte, während in der vorliegenden Studie drei verschiedene Objekte derselben Farbe dargeboten wurden. Daher wurde den Säuglinge der vorliegenden Studie die Bildung einer Kategorie bzw. eine Generalisierung der Farb-Ton-Verbindung über Objekte hinweg abverlangt, während in der Studie von Bahrick (1992) lediglich eine einzelne bestimmte Relation gebildet werden musste. Es läge also zunächst nahe, anzunehmen, dass die höheren Anforderungen an die Informationsverarbeitung bzw. Enkodierung oder Erinnern der Säuglinge in der vorliegenden Studie dazu geführt haben könnten, dass die Test-Trials der unimodalen Änderungen nicht unterschieden wurden. Jedoch reicht insbesondere unter Einbezug der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ diese Erklärung nicht mehr aus, da in dieser Bedingung die unimodalen Änderungen sehr wohl diskriminiert wurden (s. Kap. 4.4.2.2). Somit muss ebenfalls die unterschiedliche Fokussierung der Studien (die vorliegende Studie und Bahrick (1992, 1994), d. h. die potenziell den Stimuli zugrunde liegende kongruente Semantik, für die Erklärung der divergierenden Ergebnisse in Betracht gezogen werden. Möglicherweise haben die Säuglinge genau das kongruente Ereignis entgegen gesetzter Konnotation unterschieden, und die unimodalen Änderungen nicht diskriminiert, da es sich um semantisch inkongruente Ereignisse

handelte. Dieser Aspekt kann allein mit den Befunden dieser Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ nicht beantwortet werden und wird daher unter Einbezug der nicht sozialen Präsentation („Tablett“-Bedingung) der Farb-Ton-Kombination „Rot/hoher Ton“, d. h. in der Diskussion der Fragestellung B, nochmals zur Sprache kommen und genauer erläutert werden (s. Kap. 4.4.2.2).

Im Folgenden soll zunächst die Bildung der Relation „Grün/tiefer Ton“ unter sozialen Signalen (das Objekt wurde ebenfalls durch eine Hand dargeboten) betrachtet und im Hinblick auf den zweiten Gesichtspunkt der Fragestellung A mit der Bedingung „Rot/hoher Ton“ verglichen werden.

Die Säuglinge der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ verhielten sich, als hätten sie keine Kategorie gebildet. In dieser Gruppe zeigte sich lediglich ein starker Effekt, die bekannte Farb-Ton-Kombination mit dem neuen Objekt zu diskriminieren.

Der zweite Aspekt der Fragestellung A, ob die beiden kongruenten Relationen „Rot/hoher Ton“ sowie „Grün/tiefer Ton“ gleichermaßen den Aufbau einer Verbindung fördern, kann somit in der Zusammenschau der Ergebnisse der Testphase der Bedingungen „Hand Rot/hoher Ton“ und „Hand Grün/tiefer Ton“ verneint werden. Eine potenziell kongruente Semiotik der auditiven und visuellen Stimuli war nicht ausreichend für den Aufbau einer Kategorie: Die möglicherweise kongruente Kategorie „Rot/hoher Ton“ wurde von den Säuglingen der sozialen „Hand“-Bedingung gebildet, eine potenziell kongruente Kategorie „Grün/tiefer Ton“ in der sozialen „Hand“-Bedingung dagegen nicht. Die Farbe Rot in Verbindung mit dem hohen Ton schien einen Kategorienaufbau zu erleichtern bzw. erwiesen sich diese Stimuli als prädisponiert für die Bildung dieser Verbindung. Im Folgenden soll eine Erklärungsmöglichkeit betrachtet werden, d. h. ob die Verbindung „Rot/hoher Ton“ eventuell eine höhere Salienz aufwies als die Verbindung „Grün/tiefer Ton“, und ob diese durch die höhere Salienz der Farbe Rot determiniert war.

In der Literatur konnte häufig eine höhere Salienz von Rot gegenüber Grün nachgewiesen werden (z. B. Adams, 1987; Franklin u. a., 2010). Wenn man potenzielle Operationalisierungen von Salienz betrachtet, so kann allerdings anhand der vorliegenden Daten der „Hand“-Bedingung nicht bestätigt werden, dass Rot letztendlich auch bei der gleichzeitigen Präsentation mit einem Sinus-Ton salienter wirkte als eine Verbindung von Grün mit einem Sinus-Ton. Während der Habituationsphase unterschieden sich die Säuglinge der Bedingungen „Hand Rot/hoher Ton“ und „Hand Grün/tiefer Ton“ in keinem Parameter auf dem 5%-Niveau („Anzahl der Habituations-Trials“, „kumulierte Habituationszeit“, „Mittlere Blickdauer zu den ersten drei Habituations-Trials“). Es wurde jedoch ein Effekt von mittlerer Stärke dafür

ausgewiesen, dass die Säuglinge der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ eine längere Blickdauer zu den Habituation-Trials („kumulierte Habitationszeit“) zeigten als die Säuglinge der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ (dieselbe Variable zeigte überraschend einen starken Effekt im Vergleich der nicht sozialen Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ und der sozialen Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“. Die Diskussion erfolgt im nächsten Absatz.). Offen bleibt, ob sich mit einer größeren Stichprobe hier ein statistisch bedeutsamer Unterschied zeigen würde. Auch nach der Habituation auf die Verbindung „Hand Grün/tiefer Ton“ wurden in den Test-Trials die Kombinationen mit Rot („Hand Rot/hoher Ton“ bzw. „Hand Rot/tiefer Ton“) nicht bedeutsam unterschieden, selbst wenn auch hier mittlere bis starke Effekte ausgewiesen wurden und sie damit anhand einer größeren Stichprobe möglicherweise nachweisbar wären. Dieser Effekt der Farbe Rot schien jedoch nicht so stark ausgeprägt, dass er sich in dieser kleinen Stichprobe zeigen würde. Im Falle eines Effekts der stärkeren Saliens der Farbe Rot allein wäre im Einklang mit der bisherigen Literatur eine längere Blickdauer während der Habituation- und Test-Trials zu den Kombinationen mit Rot zu erwarten gewesen. Im Rahmen dieser Studie wurden allerdings die Farben im Kontext eines auditiven Stimulus präsentiert, so dass die Ergebnisse darauf schließen lassen, dass die Saliens von Rot gegenüber Grün bei gleichzeitiger Präsentation mit einem Sinus-Ton nicht so stark ausgeprägt ist, als dass sie den Effekt entsprechend der Grundlagen des Habituation-Paradigmas überlagern würden. Dieser war wie folgt: Für die Habituation wird angenommen, dass während der Habitationsphase im günstigen Fall eine Kategorie geformt wird. In der Testphase deutet ein Anstieg der Blickzeit zu anderen Kategorien lediglich darauf hin, dass eine Veränderung bemerkt und diskriminiert wurde. Da in der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ keine Kategorie gebildet wurde, wurde keine weitere Farb-Ton-Kombination von der bekannten Verbindung unterschieden.

Die bessere Bildung der Verbindung „Rot/hoher Ton“ gegenüber der Verbindung „Grün/tiefer Ton“ unter dem Einfluss sozialer Signale in der „Hand“-Bedingung ist demnach voraussichtlich nicht auf eine generell höhere Saliens der Farbe Rot allein zurück zu führen. Der Vergleich der Habituation-Parameter spricht ebenfalls nicht für eine höhere Saliens der Verbindung „Hand Rot/hoher Ton“ generell.

Allerdings zeigte sich im Vergleich der nicht sozialen Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ und der sozialen Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ ein unerwarteter bedeutsamer Unterschied mit mittlerem bis starkem Effekt in einer Variable der Habitationszeit („kumulierte Habitationszeit“). Es stellt sich die Frage, ob eine längere Blickzeit der Säuglinge der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ während der Habituation möglicherweise einen Saliens-Effekt der Verbindung „Rot/hoher Ton“ widerspiegelt in Kombination mit anderen Faktoren, da die Saliens der Relation

„Rot/hoher Ton“ allein sich als nicht ausreichend salient gegenüber der Verbindung „Grün/tiefer Ton“ herausgestellt hat, jedoch immerhin auch eine mittlere Effektstärke aufwies. Diese Faktoren könnten zusammen genommen eine längere Blickzeit nach sich ziehen. Ein möglicher Aspekt für ein höheres Interesse der Säuglinge an der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung wäre, dass die Säuglinge zwar die Bewegung bereits aus ihrer Umwelt kannten, jedoch diese Form der Bewegung eben gerade deswegen nicht ohne eine ausführende Person erwartet wird. Die hier verwendete „looming-forward“-Bewegung wird von Müttern als eine der häufigsten Bewegungen während der Objektbenennungen (Matatyaho & Gogate, 2008) Im Grunde wurde in der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung eine Bewegung präsentiert, die so dem Säugling nicht bekannt ist, da sie in seiner Umwelt eher nicht vorgekommen ist. Die Videos der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung sind aufgrund des schwarzen Hintergrunds recht dunkel, und die Bewegung des Objekts erfolgte auf einem Tablett, das nicht sehr auffällig ist – es wäre möglich, dass die Säuglinge nach der Ursache der Bewegung suchten. Möglicherweise werden in der Habituationsphase der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ also Neuigkeitseffekte deutlich, die sich zusammen mit einer höheren Saliens der Kombination „Rot/hoher Ton“ (im Vergleich zu „Grün/tiefer Ton“) in einer längeren Blickdauer, d. h. möglicherweise in einer größeren Aufmerksamkeit, äußerten.

Diese Überlegungen stehen im Einklang mit Befunden entsprechend derer Säuglinge bereits ein Verständnis von physikalischen Grundlagen aufweisen. So zeigten sich bereits Viermonatige überrascht (d. h. eine längere Blickdauer), wenn eine Hand scheinbar ein Objekt bewegte, ohne es zu berühren (Leslie, 1982), ebenso wie sich 4,5-Monatige überrascht zeigten, wenn ein Objekt ohne tragende Unterstützung nicht fällt (Needham & Baillargeon, 1993). Zudem handelte es sich in der „Tablett“-Bedingung um eine Art der Bewegung, die im Grunde von Menschen durchgeführt wird, hier nun aber von einem unbelebten Objekt durchgeführt wurde – falls die Säuglinge das Tablett wahrgenommen hatten – was einen weiteren Überraschung auslösenden Faktor für die Säuglinge hätte darstellen können. Mandler (1992) nimmt bereits für die frühe Kindheit die Konzepte von „Wirkung/Handlungsfähigkeit“ und „Belebtheit“ an (Übers. d. Verf.; „agency“ und „animacy“), die so zu den „konzeptuellen Primitiva“ (Übers. d. Verf.; Mandler, 1992, S. 587) gehören, d. h. zu den frühesten Bedeutungen bzw. Repräsentationen. Somit könnten sowohl Neuigkeitseffekte als auch Verletzungen physikalischer Grundprinzipien oder der Konzepte „Handlungsfähigkeit“ und „Belebtheit“ zu einer stabileren längeren Blickzeit zur Farb-Ton-Kombination „Rot/hoch“ in der „Tablett“-Bedingung verglichen mit der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ geführt haben. Die Relation „Rot/hoher Ton“ scheint in Verbindung mit anderen Faktoren salienter zu sein als die Relation „Grün/tiefer Ton“.

Möglicherweise besteht in der geringeren Salienz auch der Grund dafür, dass die Säuglinge der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ keine Kategorie aufgebaut haben: Hier könnte die kurze Blickzeit der Habituationsphase einen Einfluss ausgeübt haben, in dem Sinne, dass die Verarbeitungszeit für den Aufbau der mentalen Repräsentation der Kategorie nicht ausreichend war. Die Gruppen unterschieden sich nicht in der Anzahl der Trials, bis sie habituiert waren, lediglich in ihrer kumulierten Habituationszeit. Daraus kann geschlossen werden, dass die Säuglinge zwar zu Beginn der Trials in beiden Bedingungen Interesse zeigten, aber ihren Blick in der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ schneller abwandten. Auf eine anfänglich gleiche Orientierungsreaktion in den Bedingungen folgte also eine geringere Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit in der Bedingung „Grün/tiefer Ton“. Eine ausreichende Familiarisierungszeit wird allerdings als notwendig für eine vollständige Enkodierung und den Aufbau einer internen Repräsentation angesehen (Cohen, 2004; Houston-Price & Nakai, 2004). Die Säuglinge der Bedingung „Grün/tiefer Ton“ hatten zwar habituiert, aber eventuell dennoch nicht genügend Zeit, eine Repräsentation der Kategorie aufzubauen.

Im Folgenden soll ein weiterer Aspekt diskutiert werden, der mit diesem Studiendesign beleuchtet werden sollte und in diese Fragestellung einfluss. Im Rahmen dieser Fragestellung wurde die Existenz einer frühen negativen Konnotation dieser Farbe bzw. Farb-Ton-Kombination und ihre Rolle als Warnsignal, wie sie für Erwachsene besteht, untersucht. Damit einhergehend sollte geprüft werden, ob die Farbe analog zu Erwachsenen eine vermeidende Wirkung nach sich zieht. Insgesamt weisen in der vorliegenden Studie weder behaviorale noch kognitive Faktoren auf eine Beeinträchtigung durch die Farbe Rot hin. Ein Vergleich der Blickpräferenzen als behavioraler Indikator impliziert nicht, dass die Farbe Rot eine Vermeidungsmotivation oder ein Vermeidungsverhalten nach sich zog. Im Gegenteil haben sich in der vorliegenden Studie behavioral eher längere Blickzeiten zu der Farbe „Rot“ in Kombination mit einem akustischen Stimulus (hoher Ton) gezeigt, verglichen mit „Grün“ (ebenfalls in Kombination mit einem akustischen Stimulus), wie im vorigen Absatz beschrieben wurde. Ein Vermeidungsverhalten gegenüber der roten Relation war demnach nicht erkennbar. Noch zeigte sich eine Beeinträchtigung der kognitiven Leistung, wie sie bei Erwachsenen in bestimmten Aufgaben nachgewiesen wurde (und welche durch Vermeidungsmotivation motiviert war). Die Säuglinge der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“ bildeten eine Kategorie, die Säuglinge der Bedingung „Hand Grün/tiefer Ton“ nicht. Dieses Ergebnis lässt auf eine bessere Verarbeitung der Verbindung „Rot/hoher Ton“ schließen, die möglicherweise durch eine längere Blickzeit bedingt war.

In Bezug auf die frühe Kindheit wurde bislang lediglich eine Aversivität von Rot in bestimmten emotionalen Kontexten diskutiert, im Gegensatz zur vorliegenden Studie, die einen neutralen Kontext geschaffen hat. Die Befundlage ist hier jedoch uneindeutig (Franklin u. a., 2011; Maier u. a., 2009; s. Kap. 2.3.2). Eine Aversivität von Rot speziell in unangenehmen Kontexten, d. h. nach Präsentation eines unfreundlichen Gesichts, wurde von Maier u. a. (2009) für zwölfmonatige Kinder angenommen, sie wurde jedoch von Franklin u. a. (2011) nicht bestätigt. Letztere schlossen vielmehr lediglich auf eine Aufhebung der Präferenz von Rot, anstelle der aktiven Vermeidung der Farbe. In der vorliegenden Studie wurden die Stimuli dagegen in einem neutralen emotionalen Kontext präsentiert, jedoch ebenfalls nicht kontextfrei, sondern in der Verbindung mit einem auditiven Stimulus. Falls die Farbe Rot auch in einem neutralen Kontext ein vermeidendes Verhalten nach sich ziehen sollte, wurde diese durch die gemeinsame Präsentation des hohen Tons aufgehoben. Da bislang keine Studien zur Präferenz von reinen (Sinus-)Tönen vorliegen, sind über die Wirkung des Tons in Zusammenhang mit der Farbe keine fundierten Aussagen möglich. Allerdings zeigen Säuglinge eine Präferenz für hohe Töne in kindgerichteter Sprache (Fernald, 1985; Fernald & Kuhl, 1987; s. Kap. 2.3.3.2). Möglicherweise beeinflusst die starke Prägung auf hohe Töne in der frühen Kindheit die Wahrnehmung von Tonhöhe generell, wodurch eine potenziell aversive Wirkung der Farbe Rot abgeschwächt werden könnte.

Die Vergleichbarkeit der Studien zur Aversivität von Rot und der vorliegenden Studie ist allerdings ohnehin durch das unterschiedliche Untersuchungsalter der Säuglinge eingeschränkt. In der vorliegenden Studie wurden jüngere (viermonatige) Säuglinge untersucht, die Befunde von Maier u. a. (2009) und Franklin u. a. (2011) betreffen dagegen Einjährige. In dieser Zeit finden zum einen in der Sprachentwicklung große Veränderungen statt, und zum anderen haben die Säuglinge viele Erfahrungen mit Farben und deren Benennung gesammelt. Eine veränderte Reaktion auf Farben generell wäre nicht auszuschließen.

Zuletzt soll ein nicht semantischer alternativer Ansatz kurz betrachtet werden. Der Fokus der vorliegenden Arbeit lag zwar auf der Erforschung semantischer Faktoren, jedoch ist nicht ausgeschlossen, dass perzeptuelle und physikalische Parameter interagiert haben, wie z. B. die Farbparameter Helligkeit oder Sättigung mit der Ton-Frequenz. Die Farben waren nicht nach Helligkeit (oder Sättigung) kontrolliert, woraus sich ergeben könnte, dass Rot als potenziell hellere (oder stärker gesättigte) Farbe möglicherweise mit einem Ton höherer Frequenz kongruent gewesen wäre, woraus die erleichterte Verknüpfung hätte resultieren können. Wie der Literatur zu entnehmen ist, waren Farbtonpräferenzen von Säuglingen unabhängig von Variationen von Helligkeit und Sättigung, so dass diese als reine Farbtonpräferenzen angesehen

werden können (Teller u. a., 2005; Zemach u. a., 2007; Zemach & Teller, 2007). Daher ist es möglich, dass die Verknüpfung von Farbe und Ton in der frühen Kindheit ebenso unabhängig von diesen Parametern erfolgt, jedoch ist diese Alternative nicht auszuschließen. Allerdings würde sich selbst bei einem Einfluss dieser Parameter wiederum die Frage anschließen, weshalb trotz der Kongruenz lediglich die Farbe Rot und der hohe Ton miteinander verknüpft wurden, und nicht auch die Farbe Grün und der tiefe Ton als dunklere (oder weniger gesättigte) Farbe mit einem Ton niedriger Frequenz als eine ebenso kongruente Relation. Eine Prädisposition zur Verbindung der Farbe Rot mit dem hohen Ton bleibt gegeben, selbst wenn die Daten der vorliegenden Studie keinen direkten Schluss auf die Art der Ursachen zulassen. Weiterhin bleibt auch vor dem Hintergrund des perzeptuellen Ansatzes ebenfalls offen, aus welchem Grunde eine soziale oder nicht soziale Darbietung die Reaktion der Säuglinge auf die Relation „Grün/tiefer Ton“ verändert. Diese wird im folgenden Kapitel betrachtet.

#### **4.4.2.2 Fragestellung B – Einfluss sozialer vs. nicht sozialer Präsentation**

##### **Fördert eine soziale Präsentation der Objekte den Aufbau der kreuzmodalen Relation zwischen Farbe und Tonhöhe stärker verglichen mit einer nicht sozialen Präsentation („Hand“ vs. „Tablett“)?**

In der vorliegenden Studie wurde der soziale Gehalt der Präsentation dadurch operationalisiert, dass die Objekte in den Filmen auf unterschiedliche Art dargeboten wurden: In der sozialen Präsentation wurden sie durch eine Hand (sichtbar war maximal der Unterarm) vorwärts bewegt, im Gegensatz zu einem kaum sichtbaren Tablett in der nicht sozialen Präsentation (s. Kap. 4.2.4.1.4).

Die Säuglinge in der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ diskriminierten alle Details der Ereignisse, die sich von den Ereignissen unterschieden, welche während der Habituation dargeboten wurden. Gleichwohl diskriminierten die Säuglinge nicht das Ereignis, das eine bimodale Änderung präsentierte und damit zunächst leichter zu diskriminieren wäre. Genau dieses Ereignis unterschieden jedoch die Säuglinge der Bedingung „Hand Rot/hoher Ton“, das gleichzeitig ein Objekt ganz anderer Art, einer potenziell entgegen gesetzten Kategorie, darstellte.

Im weiteren Verlauf sollen zunächst Überlegungen vorgenommen werden, die den Aufbau einer Verbindung in der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung betreffen, bevor anschließend Erklärungsansätze für die unterschiedlichen Ergebnisse der sozialen bzw. nicht sozialen

Situation unter Einbezug ostensiver Signale und der Theorie der intersensorischen Redundanz hinzugezogen und erläutert werden.

Angenommen wurde, dass die dynamische Präsentation ohne soziale Signale („Tablett“-Bedingung) nicht ausreichend für den Aufbau einer Kategorie oder Verbindung wäre. Entgegen der Annahmen wurde jedoch bereits ebenso in einer lediglich bewegten „Tablett“-Darbietung eine Relation zwischen Farbe und Ton aufgebaut. Ein Grund dafür könnte darin gesehen werden, dass die Bewegung an sich bereits die Salienz des Objektes erhöht und bereits die Ambiguität der Situation reduziert, worauf sich der präsentierte akustische Reiz bezieht, d. h. auf das bewegte Objekt.

Ein weiterer Erklärungsansatz könnten darin liegen, dass die Säuglinge die Bewegung aus anderen sozialen Situationen wiedererkannten, in denen ihnen Objekte von ihrer Bezugsperson präsentiert und gleichzeitig benannt wurden. Unter Umständen haben die Säuglinge bereits aus anderen Situationen gelernt, dass diese Art der Bewegung eine Lernsituation anzeigt, in der ihnen die Bezugsperson in einer ihnen angemessenen Form Informationen vermittelt. Der Rahmen der Lernsituation war so eventuell bereits durch die Bewegung bezeichnet, mit der Folge, dass die Säuglinge bereits durch diese Bewegung eine Lernsituation antizipierten, was die Verbindungsbildung förderte. Allerdings zeigte sich in der vorliegenden Studie deutlich, dass die Beteiligung sozialer Signale zu einem anderen Lernen führt als ohne ihre Anwesenheit.

Diese Befunde könnten ebenfalls im Einklang mit der Forschung von Csibra und Kollegen gesehen werden, welche eine Beeinflussung der Diskriminierung von Ereignissen in Habituations-Studien gefunden haben, je nachdem, ob die Objekte in einem kommunikativen oder nicht kommunikativen Kontext präsentiert wurden (Chen, Volein, Gergely, & Csibra, in prep; Yoon, Johnson, & Csibra, 2008). Neun Monate alte Säuglinge erinnerten qualitativ andere Informationen über neu dargebotene Objekte in kommunikativen Kontexten verglichen mit nicht kommunikativen Situationen: Während der Familiarisierung sahen die Säuglinge Videos einer Person, die entweder von oben auf ein Objekt zeigte (kommunikativer Kontext) oder versuchte, dieses Objekt zu erreichen (nicht kommunikativer Kontext). Die Handlungen waren also beide objektgerichtet und unterschieden sich lediglich in ihrem kindgerichteten kommunikativen Gehalt, während sie sich in ihren sonstigen Hinweisreizen sehr ähnelten. Anschließend wurde in den Test-Trials entweder ein Video mit veränderter Position des Objekts präsentiert, ein Video ohne jegliche Änderung, oder ein Video mit einem neuen Objekt an der Position des alten Objekts aus der Familiarisierung. Alle Filme wurden jeweils mit einer Zeigegeste oder einer Geste des Erreichens dargeboten. Die Säuglinge diskriminierten eine Änderung der Position im Kontext des Erreichens (bzw. in der nicht kommunikativen Situation), dagegen unterschieden

sie eine Änderung der Art des Objekts im Kontext der Zeigegeste (bzw. kommunikativen Situation). Die Autoren vermuteten eine Neigung, aus kommunikativen Kontexten andere Information zu extrahieren als aus nicht kommunikativen Kontexten. Als ursächlich sahen Yoon u. a. (2008) entweder begrenzte Kapazitäten der frühkindlichen Informationsverarbeitung an oder ein Erinnern, das zu einer selektiven „Blindheit“ für Veränderungen führt. Die Erklärungen der Autoren sollen für den Vergleich mit der vorliegenden Studie genauer betrachtet werden: Nach Ansicht der Autoren reduzierte die kommunikativ-referenzielle Darbietung die Ambiguität der Situation und erleichterte die Enkodierung der Objekte in ihrer Identität ohne einen spezifischen linguistischen Input (Yoon u. a., 2008). Sie vermuteten weiterhin, dass das Gedächtnis geneigt ist, die jeweils relevanteste Information der Situation zu behalten, welche im Kontext der Zeigegeste eine andere wäre als im Kontext der Geste des Erreichens. Der Kommunikationsinhalt muss demnach auf der Wahrnehmung von Eigenschaften beruhen, die ein Wiedererkennen des Objekts und eine angemessene Generalisierung auf ähnliche Arten ermöglichen. Die kommunikativ-referenzielle Darbietung führte so sogar – im Gegensatz zum Kontext des Erreichens – zur Überwindung der raum-zeitlichen oder handlungsrelevanten Verarbeitung, die sich in früheren Studien als eine Art Standard-Verarbeitungs-Modus bewiesen hat: Säuglinge unter zehn Monaten differenzierten hinsichtlich manipulierbarer Objekte eher deren Position als deren Oberflächeneigenschaften oder deren Identität (z. B. Mareschal & Johnson, 2003; Xu, 1999; vgl. Yoon u. a., 2008). Der Wissenserwerb wäre nach Auffassung von Yoon u. a. (2008) nicht nur als Anreicherung oder Veränderung in bestimmten Bereichen zu sehen, sondern hinge stark vom sozialen Gegenüber ab. Die Handlungskontexte hatten einen Einfluss darauf, welche Information des Objekts die Säuglinge erinnerten, und es schien eine Bereitschaft vorzuliegen, aus kommunikativen Kontexten zu lernen (Yoon u. a., 2008).

In der vorliegenden Studie wurde vergleichbar eine nicht kommunikative Situation durch die Präsentation per Tablett geschaffen, welche die Aufmerksamkeit in diesem Fall möglicherweise stärker auf Details des Objekts bzw. der präsentierten Verbindung lenkte als auf die „Art“ des Objekts, die durch den semantischen Gehalt bestimmt wurde. Dahingegen beinhaltete die „Hand“-Bedingung der vorliegenden Studie soziale Signale, die ebenfalls dazu geeignet sind, zu referieren (z. B. Matatyaho & Gogate, 2008; s. Kap. 2.5) – ähnlich der Zeigegeste von Yoon u. a. (2008). Scheinbar förderte die „Hand“-Bewegung ebenso wie diese Zeigegeste ein Erkennen der Identität des Objekts, welche möglicherweise in diesem Fall durch die semantische Information der Farbe und des Tons bestimmt war. Die Zeigegeste gehört zu den sogenannten „ostensiven Signalen“ (S. 152), die von Csibra und Gergely (2009) einschließlich ihrer Bedeutung für das frühkindliche Lernen beschrieben werden.

Csibra und Gergely (2009) postulieren, dass menschliche Kommunikation speziell zur Vermittlung generischen Wissens („generic knowledge“, S. 148) geschaffen ist. In menschlicher Kommunikation würde effizient das kulturelle Wissen vermittelt, das sich durch Beobachtung allein schwer anzueignen wäre. Die Autoren nehmen weiterhin an, Säuglinge wären sensitiv für Signale seitens der „Lehrer“, d. h. Bezugspersonen, die dem Säugling zeigen, dass sie selbst die Adressaten der Kommunikation sind. Diese Signale werden von den Autoren ostensive Signale genannt. Weiterhin gehen die Autoren davon aus, die Säuglinge würden eine referenzielle Erwartung in ostensiven Kontexten aufbauen, und dass die Säuglinge in diesen ostensiv-referenziellen Kontexten beeinflusst werden, generalisierbare und artelevante Information zu erwarten.

Möglicherweise ist also vor dem Hintergrund der Theorie von Csibra und Gergely (2009) anzunehmen, dass die Säuglinge nur in der „Hand“-Bedingung der vorliegenden Studie die semantische Information entdecken konnten. Diese stellt evtl. ein generisches Wissen dar, auf das nur durch die referenzielle Präsentation aufmerksam gemacht werden konnte bzw. die auch der Säugling nur in der referenziellen Präsentation erkennen konnte. Die Daten der vorliegenden Studie können diese Vermutung jedoch nicht beweisen. Zudem muss im Vergleich zur Studie von Yoon u. a. (2008) einschränkend erwähnt werden, dass in der vorliegenden Studie zwar eine Hand, jedoch keine Person zu sehen war.

Dennoch soll eine letzte Überlegung im Rahmen dieser Theorie der ostensiven Signale vorgenommen werden: Wie bereits ausgeführt, nahmen Yoon u. a. (2008) an, der ursprüngliche Verarbeitungsmodus würde darin bestehen, die Position eines Objekts zu enkodieren – und eben dieser Modus würde durch die kommunikative Geste überwunden. Ostensive Signale führen zu einer anderen Verarbeitung von Informationen bzw. verändern deren Interpretation (Csibra & Gergely, 2009). In Bezug auf die vorliegende Studie kann sich die Vermutung anschließen, dass die Verarbeitung von Details ein möglicher Standard-Verarbeitungs-Modus im Zusammenhang mit „Rot“ oder hohen Tönen oder deren Kombination wäre. Dieser zeigte sich eventuell nur in der nicht kommunikativen „Tablett“-Situation - und wurde durch die referenzielle „Hand“-Präsentation überwunden. In Hinsicht auf Säuglinge liegt keine Evidenz vor, jedoch konnten differentielle Rot-Effekte auf die kognitive Leistung Erwachsener nachgewiesen werden (s. Kap. 2.1.2.2.2 und 2.1.2.2.3): Die Farbe Rot förderte die Verarbeitung lokaler Faktoren bzw. die Verarbeitung von Details (Mehta & Zhu, 2009) schwächte jedoch die Verarbeitung globaler Faktoren: Probanden fällten Ähnlichkeitsurteile bezüglich eines aus Quadraten zusammen gesetzten Dreiecks in Anwesenheit der Farbe Rot auf der Basis der lokalen Faktoren, d. h. der Quadrate, während ohne Anwesenheit der Farbe Rot globale Faktoren, d. h. die Dreiecke,

stärker beachtet wurden. In der vorliegenden Studie könnte also die Aufmerksamkeit der Säuglinge in der „Tablett“-Bedingung jeweils auf den lokalen Faktoren der Objekte, des Tons und der Farbe gelegen haben, und die Gesamtverbindung bzw. Kategorie als globaler Faktor wurde weniger beachtet. Ähnlich der Arbeiten von Mehta und Zhu (2009) könnte man in der vorliegenden Studie eine Förderung der Aufmerksamkeit auf Details durch die Farbe Rot annehmen, die eine Art Leistungsverbesserung nach sich zieht, jedoch lediglich im Sinne einer höheren Akkuratheit und Detailgenauigkeit. Möglicherweise stellt also die lokale oder detailgetreue, akkurate Verarbeitung in Gegenwart der Farbe Rot den Standard-Verarbeitungs-Modus dar, der durch die Präsentation in einem ostensiv-referenziellen Kontext überwunden wird. Letzterer könnte wiederum die globale Verarbeitung fördern. Wiederum muss betont werden, dass die Daten diese Vermutungen nicht belegen können.

Möglicherweise haben die Säuglinge ohne den ostensiv-referenziellen Kontext in der Bedingung „Tablett Rot/hoher Ton“ während der Habituation lediglich Repräsentationen der bestimmten präsentierten Ereignisse gebildet, und bewiesen damit Genauigkeit wie Detailtreue, jedoch keine kategoriale Repräsentation. Das bedeutet, dass eventuell die Einzelereignisse enkodiert, jedoch nicht die grundlegende Information der Kategorie abstrahiert wurden.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Bedingungen „Hand Rot/hoher Ton“ und „Tablett Rot/hoher Ton“ vor dem Hintergrund einer weiteren Theorie erläutert werden. Die Studie wurde ebenso in der Reichweite der Theorie der intersensorischen Redundanz (IRH; Bahrack & Lickliter, 2000; s. Kap. 2.4.1) geführt, mit der Annahme, die kongruente Semantik könne möglicherweise eine weitere amodale Information darstellen, welche die Verbindung der beiden Modalitäten förderte. Die IRH nimmt bislang verschiedene amodale oder redundant spezifizierte Informationen an, die in mehreren Modalitäten wahrgenommen werden, wie z. B. Rhythmus oder zeitliche Synchronie als globalste Form von amodaler Information. Farbe und Tonhöhe stellen dagegen modalitäts-spezifische Informationen dar, die nur in einer Modalität wahrgenommen werden können, in der visuellen oder auditiven. Modalitäts-spezifische arbiträre Verbindungen werden später von Säuglingen geformt als Verbindungen, die mit einer amodalen Information unterlegt sind (s. Kap. 2.4.1 und 2.4.2). Kreuzmodale Wahrnehmung Farbe und Ton). Die semantische Information könnte gemäß der Hypothesen der vorliegenden Arbeit eine der Farbe und dem Ton zugrunde liegende amodale Information darstellen, welche die Arbitrarität der Relation verringern würde und damit an einem früheren Zeitpunkt der frühkindlichen Entwicklung zu formen wäre als von Bahrack (1992, 1994) festgestellt.

Im Folgenden soll nochmals die Bedeutung der amodalen Information Synchronie für die Bildung einer Verbindung zwischen den auditiv-visuellen Modalitäten beschrieben werden (s.

Kap. 2.4.1), bevor eine Analogie zur potenziell amodalen Information der Semantik vor dem Hintergrund der Daten der vorliegenden Studie gezogen wird: Die synchrone Darbietung bimodaler Eigenschaften wirkt, um in einer Metapher der Theorie zu bleiben, als eine Art „Kleber“ zwischen den Informationen der Modalitäten (Bahrlick & Hollich, 2008), in deren Folge die redundant spezifizierte Information salienter wird und in den Vordergrund tritt. So konnte gezeigt werden, dass die bimodale synchrone Darbietung die Entdeckung der amodalen Information Rhythmus förderte, wohingegen die bimodale asynchrone Darbietung das Erkennen dieser Änderung in der amodalen Information verhinderte: Säuglinge diskriminierten eine Änderung im Rhythmus, den ein Hammer klopfte, zwar nach einer bimodal synchronen Habituationsphase. Dieselbe Information wurde jedoch nicht nach einer asynchronen Habituationsphase oder nach einer unimodalen Habituationsphase diskriminiert (Bahrlick & Lickliter, 2000; s. Kap. 2.4.1). Umgekehrt förderte eine asynchrone oder unimodale Darbietung die Entdeckung modalitäts-spezifischer Information und verhinderte die Entdeckung der amodalen Information: Die Säuglinge diskriminierten nach einer Habituation auf die asynchrone Darbietung dieses bimodalen Events anschließend eine modalitäts-spezifische Änderung in der visuellen Modalität (die Orientierung des Hammers, der den Rhythmus auf den Boden klopfte bzw. an die Decke), genauso wie diese nach einer unimodalen Habituationsphase unterschieden wurde (Bahrlick & Hollich, 2008; Bahrlick u. a., 2006; s. Kap. 2.4.1). Lediglich in Anwesenheit von Synchronie war die redundante Information der amodalen Information (Rhythmus) für die Säuglinge erkennbar, und die durch die Synchronie erhöhte Salienz der redundanten Information führte dazu, dass unimodale Änderungen nicht beachtet wurden (Orientierung des Hammers).

In der vorliegenden Studie erfolgte die Darbietung zwar in allen Fällen synchron. Es könnte sich jedoch die Vermutung anschließen, dass die soziale Präsentation („Hand“-Bedingung) möglicherweise zu einer Erhöhung der Salienz der redundant spezifizierten Information, d. h. der zugrunde liegenden kongruenten Semantik, führte, in deren Folge allein die Säuglinge der „Hand“-Bedingung das Ereignis diskriminierten, das sich in dieser amodalen Information unterschied. Lediglich die soziale Präsentation ermöglichte ein Erkennen der geänderten kongruenten Semantik in der Testphase und verhinderte gleichzeitig die Unterscheidung der unimodalen Änderungen. In Anwesenheit sozialer Signale wurde die Aufmerksamkeit der Säuglinge möglicherweise mehr auf die zugrunde liegende amodale Information gelenkt, während in der nicht sozialen Situation die Aufmerksamkeit mehr auf die unimodalen Eigenschaften der Ereignisse während der Habituation und anschließend die Änderungen der Testphase gelenkt wurde. Hier mag eingewendet werden, dass in den Test-Trials mit

unimodalen Änderungen ebenfalls eine veränderte Semantik resultierte, d. h. die kongruente Semantik in eine inkongruente wechselte, die ebenfalls von den Säuglingen hätte diskriminiert werden müssen. Dieser Einwand ist nicht von der Hand zu weisen. Dennoch bleibt die Annahme, dass die Säuglinge nach Erkennen der kongruenten emotionalen Semantik der Habituations-Ereignisse speziell die geänderte, aber ebenfalls kongruente Semantik der anderen Konnotation diskriminierten. Diese war möglicherweise aufgrund ihrer höheren Salienz leichter zu diskriminieren und stellte zum anderen ebenfalls wieder eine Kongruenz dar, jedoch entgegen gesetzter Natur. Da die Säuglinge der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung die emotionale Semantik während der Habituation nicht erkannten, lag ihre Aufmerksamkeit mehr auf den Details der präsentierten Verbindung, so dass sie die unimodalen Änderungen in der Testphase stärker als die bimodale Änderung beachteten – ähnlich wie die Säuglinge bei Bahrack u. a. (2006) in einer asynchronen Darbietung die Änderung der amodalen Information nicht bemerkten, dafür aber die unimodale visuelle Änderung. Die Zeit bis zur Habituation bzw. zur Verarbeitung für die unimodalen und bimodalen Ereignisse unterschied sich bei Bahrack u. a. (2006) nicht. Analog dazu manifestierte sich in der vorliegenden Studie ebenfalls keine unterschiedliche Verarbeitungszeit während der Habitationsphase für die soziale bzw. nicht soziale Bedingung („Hand“ vs. „Tablett“). In beiden Studien zeigte sich aber eine unterschiedliche Diskriminierung im Anschluss. Bahrack u. a. (2006) schlossen ebenfalls darauf, dass die Aufmerksamkeit jeweils auf anderen Eigenschaften lag bzw. die modalitäts-spezifische Information in der bimodalen Präsentation zu schwer zu abstrahieren war.

Die sozialen Signale in der „Hand“-Bedingung könnten in der vorliegenden Studie als eine Art „Kleber“ für die Information der emotionalen Semantik gewirkt haben, ähnlich wie Synchronie die Verbindung auditiv-visueller Signale generell ermöglicht. Da Semantik in referenziellen Kontexten erworben wird, wie sie in der „Hand“-Bedingung dargeboten (bzw. eine Objekt-Silben-Verbindung durch diese Art der Präsentation unterstützt wird; Gogate u. a., 2009; Matatyaho & Gogate, 2006, 2008), könnte sie von den Säuglingen der „Hand“-Bedingung möglicherweise eher erkannt worden sein.

Zuletzt soll kurz eine weitere Erklärung der Aufmerksamkeitslenkung in den Bedingungen „Hand Rot/hoher Ton“ oder „Tablett Rot/hoher Ton“ angeführt werden, die eine Verbindung zwischen Kognition mit weiteren motorischen Fähigkeiten in den Vordergrund stellt. In der „Tablett“-Bedingung waren keine weiteren und speziell menschlichen Agenten in den Videos zu sehen, welche die Aufmerksamkeit auf sich hätten ziehen können, so dass die Details des Objekts und der Verbindung möglicherweise stärker beachtet wurden. Insbesondere im Alter von vier Monaten beginnen die Säuglinge, sich parallel zu ihren steigenden Fähigkeiten des Greifens für

ihre eigenen Hände und die Hände anderer zu interessieren (vgl. Fogel, 2001). Möglicherweise lag demnach die Aufmerksamkeit der Säuglinge in der sozialen „Hand“-Bedingung während der Präsentation der Habituations-Ereignisse ebenfalls auf der Erkundung der Hand, weshalb die Exploration der Verbindung weniger stark erfolgte als in der Tablett-Bedingung, in der kaum Ablenkung vom Objekt und der Farbe/dem Ton angeboten wurde.

Die vorliegenden Daten lassen keine Schlussfolgerungen zu, inwieweit diese verschiedenen Interpretationsansätze zutreffen, sondern können lediglich einen Anstoß für zukünftige Forschung und Überlegungen bieten. Generell bietet die bislang geringe Forschung auf diesem Gebiet eine kaum ausreichende Grundlage für die Interpretation. Die Daten sprechen jedoch dafür, dass die Säuglinge der nicht sozialen „Tablett“-Bedingung ebenfalls die Relation zwischen Farbe und Ton gebildet hatten, dass jedoch andere Eigenschaften gelernt oder erinnert wurden als in der sozialen „Hand“-Bedingung.

#### **4.4.2.3 Fragestellung C – Angeborene Wahrnehmung der Kongruenz**

**Ist die Wahrnehmung der Kongruenz von Rot und hohen Tönen bzw. Grün und tiefen Tönen bzw. deren ähnliche semiotische Information angeboren, d. h. zeigen die Säuglinge anhand des „Preferential Looking“-Paradigmas ein Erkennen der Relationen „Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“ unter dem Einfluss sozialer Signale (Präsentation durch eine Hand)?**

Für diese Fragestellung wurde erstmals eine „Preferential Looking“-Studie entwickelt, die an das „Intermodale Preferential Looking“-Verfahren von Hirsh-Pasek und Golinkoff (1999) angelehnt war. In Hinblick auf die vorliegende Studie wurde dieses Verfahren für die Prüfung einer kongruenten Semantik von Farben und Tönen modifiziert. Erwartet wurde, dass der Ton die Aufmerksamkeit der Säuglinge auf das passende, kongruente farbliche Objekt lenken würde, d. h. sie diese Farbe länger ansehen würden als die zum Ton inkongruente Farbe.

Die Daten der „Preferential Looking“-Studie demonstrierten jedoch, dass keine Farb-Ton-Relation von den Säuglingen bevorzugt angesehen wurde.

Somit hat sich keine differentielle Aufmerksamkeit der Säuglinge für einen visuellen Stimulus in Abhängigkeit vom präsentierten Ton manifestiert. Werden die Ergebnisse der Habituations-Studien hinzugezogen, in denen nachgewiesen wurde, dass die vier Monate alten Säuglinge in der Lage sind, alle Stimuli bzw. Farb-Ton-Kombinationen zu unterscheiden, bedeutet dieser Befund, dass sich die relative Salienz der Stimuli nicht unterschied (Houston-Price & Nakai, 2004). Houston-Price und Nakai (2004) nehmen mehrere Interpretationsebenen einer

gerichteten bzw. präferierten Aufmerksamkeit an: Einerseits ein kreuzmodales Matching von kongruenten Stimuli, andererseits eine Präferenz aufgrund physikalischer Stimulusattribute oder des Bekanntheitsgrades der Stimuli. Aus dem Ergebnis der vorliegenden Studie kann demnach geschlossen werden, dass sich die Stimuli für die Säuglinge nicht in ihrem kreuzmodalen Matching unterschieden, d. h. keine auditiv-visuelle Kongruenz entsprechend der Hypothese 4 vorlag.

Weiterhin bedeutet dieses Resultat, dass die Stimuli für die Säuglinge weder eine höhere Salienz in anderen Attributen, wie in ihren affektiven oder physikalischen Eigenschaften, aufwiesen, noch in ihrem Bekanntheitsgrad (neue Stimuli würden bevorzugt angesehen werden; vgl. Houston-Price & Nakai, 2004). Die Salienz der Farbe Rot, wie sie in vielen Studien mit rein visueller Präsentation klar berichtet wurde (z. B. Adams, 1987; Franklin u. a., 2010), trat also in der vorliegenden Studie im Kontext einer kreuzmodalen Präsentation, d. h. im Zusammenhang mit Tonhöhe, nicht hervor. Die gleichzeitige Präsentation eines Tons übt demnach einen Einfluss auf die Blickpräferenzen aus, selbst wenn sich in dieser Stichprobe keine höhere Salienz einer bestimmten Farb-Ton-Verbindung manifestierte, wodurch sich eine Interaktion der beiden Modalitäten deutlicher gezeigt hätte. Die aufgehobene Präferenz von Rot steht im Einklang mit Studien, in denen die Farbe in Kontexten präsentiert wurde, allerdings waren diese emotionaler Art (s. Kap. 4.4.1.2 und 2.1.2.6.; Franklin u. a., 2011; Maier u. a., 2009). Wiederum stellt sich die Frage nach der genauen Wirkung der Töne auf die Blickpräferenzen und diesbezüglich nach der Rolle einer starken Präferenz für hohe Töne in kindgerichteter Sprache. Allerdings werden Sinus-Töne wahrscheinlich anders verarbeitet als Sprache, da sowohl Neugeborene als auch vier Monate alte Säuglinge Sprache gegenüber anderen Tönen bevorzugen (Colombo & Bundy, 1981).

Möglicherweise ist die Beeinflussung also genereller Natur, denn die Verarbeitung eines unbekanntem auditiven Inputs scheint die Verarbeitungsschnelligkeit des visuellen Inputs zu beeinflussen, und zwar stärker als ein bekannter auditiver Input, wie für Säuglinge im Alter von acht Monaten gezeigt werden konnte (Robinson & Sloutsky, 2007, 2008; Sloutsky & Robinson, 2008). Dieses galt für den Vergleich nicht linguistischer Stimuli ebenso wie für verbalen Input, wobei der Effekt bei nicht linguistischen Stimuli sogar noch stärker ausgeprägt war (Robinson & Sloutsky, 2008). Da anzunehmen ist, dass die Sinus-Töne den Säuglingen eher nicht bekannt sind, könnte eine Beeinträchtigung der Verarbeitungsschnelligkeit vermutet werden. Diese mag sich in einer Aufhebung der Rot-Präferenz niedergeschlagen haben, insbesondere in Verbindung mit der relativ kurzen Präsentationszeit der Stimuli (13 s). Wiederholt sei jedoch auf das unterschiedliche Untersuchungsalter der Säuglinge hingewiesen, welches sich auf die

Vergleichbarkeit der Studien auswirkt. In diesem Alter finden kontinuierliche Entwicklungs- und Lernprozesse hinsichtlich der kreuzmodalen Verarbeitung statt, mit der Folge, dass nicht ohne weiteres auf Säuglinge eines anderen Alters geschlossen werden kann. Dennoch ist eher davon auszugehen, dass die Beeinflussung bei jüngeren Kindern stärker ist. So konnte beispielsweise für die Verarbeitung des visuellen Inputs gezeigt werden, dass die simultane Präsentation von Wörtern im Alter von zehn Monaten einen größeren Einfluss auf die Verarbeitung ausübte als im Alter von 16 Monaten (Sloutsky & Robinson, 2008).

Dieselbe Beeinflussung der visuellen Verarbeitung könnte ihren Ausdruck bereits während der Familiarisierungsphase gefunden haben. Während der simultan zu einem Zeitungsrascheln präsentierten Filme zeigten die Säuglinge keine Präferenz für einen visuellen Stimulus. Wiederum mag der auditive Input verhindert haben, dass sich die bekannte Präferenz für die Farbe Rot zeigte. Diese Annahmen bleiben jedoch durch die vorliegenden Daten nicht bewiesen.

Die Fragestellung adressierte genauer den Aspekt, ob die Farb-Ton-Kombinationen „Rot/hohe Töne“ bzw. „Grün/tiefe Töne“ möglicherweise bereits vor dem Spracherwerb Bedeutung tragen im Sinne der erwachsenen Semiotik. Damit sollte die Existenz einer vorsprachlichen Proto-Semantik untersucht und Einblicke in die vorsprachliche Verarbeitung von Bedeutung gewonnen werden. Eine solche Proto-Semantik, die sich in spontanen Blickpräferenzen der Säuglinge der kongruenten Farb-Ton-Relationen (oder der inkongruenten Relationen als eine Reaktion auf eine neue, unbekanntere Verbindung) äußern sollte, konnte anhand der vorliegenden Daten nicht nachgewiesen werden. Die kongruenten Relationen wurden nicht bevorzugt angesehen und erwiesen sich damit weder als salienter noch als bekannter.

Möglicherweise ist vor dem Hintergrund dieser Fragestellung dennoch interessant, dass sich der größte Effekt genau für den Vergleich der Blickzeiten zwischen den kongruenten Verbindungen zeigte, selbst wenn sich dieser ebenfalls noch als klein erwies. Die kongruente Verbindung „Rot/hoher Ton“ wurde kürzer angesehen als die Relation „Grün/tiefer Ton“, d. h. sie mag in ihrer kreuzmodalen Kongruenz schneller erfasst worden sein als die Verbindung „Grün/tiefer Ton“. Unter Umständen hat sich hier nur ein kleiner Effekt gezeigt, da das Verfahren der „Preferential Looking“-Studie anspruchsvoller ist als das Verfahren der Habituation: Die Aufgabe war eventuell motorisch und kognitiv zu fordernd für die Säuglinge, als dass sich potenziell bestehende Effekte hätten zeigen können. Eine relativ kurze Präsentationszeit der Filme mag sich hier als ein weiterer erschwerender Faktor ausgewirkt haben. Diese Vermutung kann jedoch anhand der Daten der vorliegenden Studie nicht belegt werden.

#### 4.4.2.4 Einfluss von Temperament sowie kognitivem Entwicklungsstand

In den Habituations-Studien zeigte sich keine Beeinflussung der Blickdauern zu den Filmen der Testphase durch den kognitiven Entwicklungsstand (erfasst über die kognitive Skala der Bayley Scales) oder das Temperament der Säuglinge (erfasst mittels IBQ). Die Bildung einer Verbindung zwischen Farbe und Tonhöhe bzw. einer Kategorie und die Diskriminierung der Farb-Ton-Kombinationen schien damit unbeeinflusst vom Entwicklungsstand bzw. Temperament vier Monate alter Säuglinge zu sein. Dagegen zeigten sich während der Habituationsphase negative Korrelationen zwischen der Skala IBQ-D („Beruhigbarkeit“) und den Variablen „Anzahl der Habituations-Trials“ sowie „kumulierte Habituationszeit“. Je geringer die Beruhigbarkeit der Säuglinge ausgeprägt war, umso länger sahen sie den neuen Reiz an, und desto mehr Trials benötigten sie zum Erreichen des Habituations-Kriteriums. Scheinbar wendeten diese Säuglinge den Stimuli mehr Aufmerksamkeit zu, möglicherweise aufgrund einer langsamer abklingenden Aufregung durch die neue Situation.

Da die Daten der Testphase keinen Zusammenhang mit den Maßen zeigten, kann davon ausgegangen werden, dass die anfängliche Aufregung bzw. größere Aufmerksamkeit auf die Stimuli sich nicht weiter auf die Verbindungsbildung und die Diskriminierung der Testfilme auswirkte.

#### 4.4.3 Schlussfolgerungen

Insgesamt legen die Daten dieser Studie nahe, dass die beiden kongruenten Farb-Ton-Kombinationen unterschiedlich gut für eine Kategorienbildung geeignet waren. Die Habituation auf das Ereignis „Rot/hohes Ton“ im sozialen Kontext (das Objekt wurde durch eine Hand dargeboten) führte zur Bildung einer kreuzmodalen Verbindung und Kategorie, wohingegen die Habituation auf das Ereignis „Grün/tiefer Ton“ im sozialen Kontext (das Objekt wurde ebenfalls durch eine Hand dargeboten) keinen Kategorienaufbau erkennen ließ. Die Farbe Rot und der hohe Ton in dieser Kombination schienen entweder für eine Kategorie prädisponiert zu sein oder die Säuglinge wiesen eine erhöhte Lernbereitschaft oder Lernfähigkeit in Bezug auf diese Farb-Ton-Verbindung im Vergleich zur Kombination „Grün/tiefer Ton“ auf. Inwiefern es sich hierbei um eine Eigenschaft der Farb-Ton-Relation oder um eine Neigung des Lerners handelt, eröffnet sich im Rahmen der Befunde der nicht sozialen Präsentation (das Objekt wurde durch ein Tablett dargeboten) genauer.

Ein weiterer Fokus der Studien war die Untersuchung einer aversiven behavioralen oder kognitiven Wirkung der Farbe Rot (im Kontext eines hohen Tons) in der frühen Kindheit. Ein

solcher Effekt wurde nicht gefunden. Eine Prüfung der Blickzeit als behavioraler Indikator eines potenziell aversiven Effekts ergab keine kürzere Blickzeit im Hinblick auf die Relation „Rot/hoher Ton“ verglichen mit der Verbindung „Grün/tiefer Ton“. Die Kategorienbildung, ein kognitiver Indikator einer potenziellen Vermeidungsreaktion, erfolgte in der Bedingung „Rot/hoher Ton“, in der Bedingung „Grün/tiefer Ton“ dagegen nicht. Daher kann nicht von einer kognitiven Beeinträchtigung durch die Farbe Rot in Verbindung mit einem hohen Ton ausgegangen werden.

Des Weiteren beeinflusste die Anwesenheit sozialer Signale die kreuzmodale Kategorienbildung der Säuglinge. Die vorliegende Studie prüft als erste die Rolle sozialer Signale während des Aufbaus einer Verbindung zwischen auditiv-visuellen Stimuli. Sie beinhaltet einen Vergleich zwischen der Darbietung der Objekte durch eine Hand in einer „looming forward“-Bewegung (sozialer Kontext) und derselben Bewegung durch ein Tablett (nicht sozialer Kontext). Die Verbindung „Rot/hoher Ton“ wurde zwar in beiden Kontexten geformt, sowohl im sozialen (Präsentation durch eine Hand) als auch im nicht sozialen Kontext (Präsentation durch ein Tablett), jedoch wurden anschließend in der Testphase andere Farb-Ton-Verbindungen unterschieden. Die Diskriminierung von Test-Ereignissen deutet auf eine Verbindungsbildung in beiden Bedingungen hin. Im Anschluss wurden hingegen genau die umgekehrten Test-Ereignisse unterschieden: Während die Säuglinge unter sozialen Signalen lediglich die bimodale Änderung diskriminierten, welche in die entgegen gesetzte kongruente Konnotation resultierte („Grün/tiefer Ton“), unterschieden die Säuglinge ohne soziale Signale alle anderen Test-Ereignisse bis auf diese bimodale Änderung. Das bedeutet, sie unterschieden sowohl die Objektänderung in der alten Farb-Ton-Kombination als auch die unimodalen Änderungen in Farbe oder Ton.

Anders als zunächst angenommen, verringerte demnach eine Bewegung ohne soziale Signale („Tablett“-Bedingung) nicht die Sensitivität von Säuglingen gegenüber einer Verbindung von Farbe und Tonhöhe (in Bezug auf die Relation „Rot/hoher Ton“) verglichen mit derselben Bewegung einschließlich sozialer Signale („Hand“-Bedingung). Scheinbar veränderte sie jedoch die Empfänglichkeit für Informationen und mindert eventuell die Empfindlichkeit gegenüber emotional-semantischer Information.

Verschiedene Theorien können zur Erklärung in Betracht gezogen werden: Zum einen wurden die Befunde vor dem Hintergrund ostensiver Signale erläutert, welche Hinweise darauf darstellen, dass eine Lernsituation beginnt. Sie ziehen ein anderes Enkodieren oder Erinnern von Informationen nach sich. Die Identität der Objekte würde eher in Kontexten mit ostensiven Signalen beachtet werden. Unter Umständen bewirkten in der vorliegenden Studie die sozialen

Signale der „Hand“-Präsentation eine ähnliche Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Art des Objekts, d. h. auf die Kategorie oder deren semantische Information. Möglicherweise kann analog zur Studie von Yoon u. a. (2008) ebenfalls eine Überwindung eines Standard-Verarbeitungs-Modus der Farbe Rot durch die referenzielle „Hand“-Präsentation von einer lokalen auf eine globale Verarbeitung erwogen werden, wobei die lokale Verarbeitung der Verarbeitung der Details der Verbindung entspräche. Dagegen entspräche die globale Verarbeitung der Beachtung der Art der Verbindung und ihres semantischen sowie kongruenten Gehalts. Alternativ oder ergänzend könnte die Verarbeitung in Gegenwart der Farbe Rot und des hohen Tons generell stärker detailorientiert und akkurater sein, welche aber durch die referenzielle Präsentation der „Hand“-Bedingung aufgehoben wurde. Die Kongruenz bzw. Semantik bzw. die andere Art oder Kategorie des Objekts wäre wiederum nur in der sozialen „Hand“-Präsentation zu entdecken. Die Daten der vorliegenden Studie können diese Annahmen jedoch nicht belegen. Einschränkend sei gesagt, dass die sozialen Signale der vorliegenden Studie nicht deutlich ostensiv waren.

Zum anderen wurde eine veränderte Aufmerksamkeitslenkung gemäß der Theorie der intersensorischen Redundanz (IRH) in die Überlegungen einbezogen. Für den Fall, dass die Kombination der Farbe Rot und des hohen Tons eine kongruente amodale semantische Information trägt, wurde in Erwägung gezogen, dass es den Säuglingen nur in der sozialen Präsentation durch eine Hand möglich war, diese zu entdecken. Ähnlich wie Synchronie als amodale Information die Verbindung kreuzmodalen Inputs generell erst ermöglicht (zumindest in jungen Jahren bzw. für unerfahrene Wahrnehmende), könnten die sozialen Signale als eine Art „Kleber“ für die semantische Information gewirkt haben, mit der Folge, dass die Kongruenz der emotionalen Semantik bzw. die unterschiedlichen Kategorien lediglich in der „Hand“-Bedingung zu erkennen waren.

Die Farbe Rot und der hohe Ton schienen demnach für eine Verbindung prädisponiert zu sein bzw. mag eine Neigung seitens der Säuglinge bestanden haben, diese Information bevorzugt zu verbinden. Diese Neigung wurde durch die Anwesenheit sozialer Signale weiterhin beeinflusst in dem Sinne, welche Information aus der Verbindung bevorzugt extrahiert wurde.

Allerdings konnte kein spontanes kreuzmodales Matching von kongruenten Tönen und Farben festgestellt werden, so dass davon ausgegangen werden muss, dass eine Kongruenz in der Art der emotionalen Semantik Erwachsener von vier Monate alten Säuglingen nicht erkannt wurde. Eine vorsprachliche Proto-Semantik konnte anhand der vorliegenden Daten nicht nachgewiesen werden. Möglicherweise beeinflussen methodische Gründe dieses Ergebnis stark. Da das Verfahren der „Preferential Looking“-Studie motorisch und kognitiv anspruchsvoller als das der

Habituation für Säuglinge in diesem Alter ist, könnten sich eventuell bestehende Effekte aufgrund der Schwierigkeit der Methodik nicht abgebildet haben.

#### **4.4.4 Implikationen für zukünftige Forschung**

Zunächst sollen einige methodische Aspekte der Studien sowie Grenzen der Interpretation betrachtet werden. Im Anschluss werden Implikationen für theoretische Modelle dargestellt.

##### **4.4.4.1 Grenzen der Studien**

Insgesamt wäre es für die Interpretation der Ergebnisse sicherlich wünschenswert, wenn eine größere Stichprobe erhoben worden wäre. Die Befunde in den einzelnen Gruppen hätten sich so stärker herausgestellt und würden auf einer breiteren Datenbasis beruhen. Dennoch sind bereits in der vorliegenden Stichprobe starke Effekte zu beobachten.

Ferner wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße der Einfluss der Objekte nicht geprüft, welche während der Habituation präsentiert wurden. Alle Säuglinge sahen während der Habituation die beiden Objekte „Eckig“ und „Rolle“, während die Objekte „Haus“ oder „Rund“ jeweils der Hälfte der Probanden als drittes Objekt dargeboten wurden. Das Objekt „Haus“ war jedoch dem Objekt „Eckig“ ähnlicher als das Objekt „Rund“. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl wurde nicht getestet, inwiefern eine größere Ähnlichkeit der Habituations-Objekte die Ergebnisse veränderte, da die Resultate maximal auf einer Stichprobe von sieben Versuchspersonen beruhen würden und damit kaum reliabel wären. Somit bleibt ungeklärt, inwiefern eine Ähnlichkeit der Objekte den Aufbau der jeweiligen Verbindung bzw. Kategorie förderte bzw. eine Unähnlichkeit die Kategoriebildung hemmte. Möglicherweise ist also die Ähnlichkeit der Form ein weiterer Einflussfaktor für die Kategorienbildung, der in zukünftigen Studien geprüft werden könnte. Dennoch bildeten die Säuglinge der vorliegenden Studie eine Relation zwischen Farbe und Tonhöhe, selbst wenn der Hälfte der Probanden ein weniger ähnliches Objekt präsentiert wurde. Das lässt darauf schließen, dass dieser potenzielle Einflussfaktor eine untergeordnete Rolle spielte. Dafür spricht auch, dass dennoch unterschiedliche Effekte hinsichtlich der Bedingungen zu beobachten waren.

Potenzielle Gender-Effekte wurden ebenfalls aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht geprüft. Bislang sind der Literatur in Bezug auf Farben zwar keine Hinweise auf solche Effekte zu entnehmen, jedoch wäre die Prüfung hinsichtlich der kreuzmodalen Verarbeitung wünschenswert, um die spärliche Evidenz zur Verarbeitung von Tonhöhe und kreuzmodaler Verarbeitung von Farbe und Ton in diesem Alter anzureichern.

Insgesamt weisen diese Säuglingsstudien einen starken Pilotcharakter in dem Feld der Farb- und Tonverarbeitung der frühen Kindheit auf, weshalb viele Interpretationsansätze lediglich Vermutungen bleiben, und speziell hinsichtlich der Semantik wenige Aussagen getroffen werden können. Generell bildet die geringe Literatur auf diesem Gebiet eine dünne Basis für die Interpretation der Ergebnisse, für deren Untermauerung weitere Forschung erstrebenswert wäre. Ein möglicher Kongruenzeffekt aufgrund der zugrunde liegenden Semantik ist ebenfalls erst dann als solcher sicher zu benennen, wenn die Rolle des Tons genauer beleuchtet wurde. Allein innerhalb der Hermeneutik der Studien wäre es interessant zu prüfen, inwieweit eine Habituation auf inkongruente Ereignisse („Rot/tiefer Ton“ oder „Grün/hoher Ton“) zu einer Verbindungs- und Kategorienbildung führen würde. Damit wäre genauer spezifiziert, inwieweit eine möglicherweise höhere Salienz des hohen Tons die Bildung einer Verbindung sogar mit der Farbe Grün erleichtert bzw. die salientere Farbe Rot den Aufbau einer Relation mit einem tiefen Ton unterstützt, obwohl es sich hier nicht um kongruente Ereignisse handelt. Perzeptuelle und semantische Faktoren könnten so getrennt voneinander analysiert werden.

Des Weiteren ist kritisch zu betrachten, dass die präsentierten Farben nicht hinsichtlich anderer Parameter wie Helligkeit und Sättigung kontrolliert wurden, weshalb deren Einfluss auf die Ergebnisse nicht genau zu bestimmen ist. Allerdings ist der Literatur zu entnehmen, dass Säuglinge Blickpräferenzen gegenüber Farben weitgehend unabhängig von diesen Farbparametern zeigten (Teller u. a., 2005; Zemach u. a., 2007; Zemach & Teller, 2007; s. Kap. 2.3.2.4.2), möglicherweise ist ihr Einfluss auf die vorliegende Studie also als gering zu betrachten. Da die Auswirkungen dieser Parameter auf die kreuzmodale Interaktion zwischen Farbe und Tonhöhe jedoch nicht bekannt sind, wäre eine Kontrolle dieser Faktoren sicher erstrebenswert.

Ferner kann eingewendet werden, dass sich die Bedingungen „Tablett“ und „Hand“ nicht nur in ihrem sozialen Gehalt unterscheiden, sondern gleichzeitig in einer Reihe von perzeptuellen Faktoren. Zum einen unterschieden sich die Videos in ihrer Helligkeit, da ein schwarzes Tablett gewählt wurde, im Vergleich zu der helleren Farbe einer menschlichen Hand. Allerdings ist hier nicht abzuschätzen, inwieweit sozialen Signalen, und eben nur sozialen Signalen, eben solche Eigenschaften inhärent sind und nun einmal die Natur sozialer Signale bestimmen. Die Forschung steht erst am Anfang der Untersuchung, inwieweit physikalische Variablen z. B. ostensive Signale ausmachen könnten (z. B. Axelsson u. a., 2012). Daher ist fraglich, inwiefern ein Tablett in derselben Farbe wie eine menschliche Hand zwar dieser ähnlicher gewesen wäre, aber gleichzeitig aufgrund der höheren Auffälligkeit Irritationen ausgelöst hätte. Beispielsweise wäre ein hautfarbenedes Objekt eventuell von Interesse für die Säuglinge gewesen, und zwar

mehr als eine menschliche Hand in der bekannten Farbe. Als zweites neues Objekt in dem Video hätte es damit die Ambiguität der Situation, worauf sich der simultan präsentierte Ton beziehen sollte, sogar vergrößert. Während die Geste eine Aufmerksamkeitslenkung auf das Objekt darstellt, könnte dieselbe Präsentation durch ein helles Objekt dagegen vom eigentlichen Objekt ablenken.

Offen bleibt zudem, wie die Säuglinge die Tablettbewegung wahrgenommen haben. Wie bereits in der generellen Diskussion erörtert wurde, ist unklar, ob das Tablett wahrgenommen wurde oder zu dunkel war, als dass die Säuglinge es erkennen konnten. Möglicherweise schlossen sie auf ein schwebendes Objekt oder nahmen die Situation als künstlich wahr. Es bleibt unklar, inwieweit die beobachteten Effekte auf die Bewegung ohne soziale Signale an sich zurückzuführen sind, oder andere Kognitionen der Säuglinge widerspiegeln, welche mit der Präsentation einer bekannten Bewegung in einem unbekanntem Rahmen verbunden sind. Eye-Tracking-Verfahren könnten hier Aufschluss geben über die Verteilung der Aufmerksamkeit während der Habituation.

Eine generelle Kritik trifft sicher die Methoden der Habituation und der PL, anhand derer allein nicht genau bestimmt werden kann, welche Objekte im Video von den Säuglingen erfasst wurden, sondern lediglich, ob ein Kind auf den Film geschaut hat oder nicht. Dadurch ist nur indirekt einzuschätzen und unterliegt der Interpretation, wodurch letztendlich die Ergebnisse determiniert wurden. Der Einsatz von Eye-Tracking-Verfahren, deren Verwendung für sehr junge Säuglinge zur Zeit optimiert wird, eröffnet hier genauere Untersuchungsmöglichkeiten für die nahe liegende Zukunft.

#### **4.4.4.2 Implikationen für theoretische Modelle**

Im Vergleich der sozialen und der nicht sozialen Bedingung („Hand“ vs. „Tablett“, beide „Rot/hoher Ton“) hat sich gezeigt, dass die Säuglinge jeweils andere Filme in der Testphase unterschieden, und zwar jeweils die gegenteiligen Test-Trials: In der „Hand“-Bedingung wurde die bimodale Änderung diskriminiert, wohingegen in der „Tablett“-Bedingung die unimodale Farb- und Tonänderung sowie der Film mit der bekannten Farb-Ton-Kombination aber einem neuen Objekt unterschieden wurde. Daraus wurde geschlossen, die semantische Information wäre möglicherweise lediglich in der „Hand“-Bedingung für die Säuglinge erkennbar gewesen. Eine Erklärungsmöglichkeit betraf die Theorie der intersensorischen Redundanz, die amodale Informationen annimmt, welche durch mehrere Sinnesmodalitäten wahrgenommen werden können, wie z. B. Rhythmus oder Synchronie. Diese Informationen werden durch Synchronie in den Vordergrund gestellt, so dass sie salienter werden. Zeitliche Synchronie stellt

dabei sowohl die grundlegendste amodale Information dar als auch den „Kleber“, der andere amodale Informationen verbindet (Bahrick & Hollich, 2008), wie z. B. Rhythmus nur in verschiedenen Modalitäten verbunden wird, wenn er zeitlich synchron ist.

In diesem Rahmen wurde erörtert, dass die semantische Information ebenfalls eine amodale Information darstellt, da sie durch beide Modalitäten erfassbar ist, und weiterhin, inwiefern die Entdeckung dieser Information durch die soziale Präsentation unterstützt oder erst ermöglicht wird (s. Kap. 4.4.2.2 für eine ausführlichere Darstellung). Die sozialen Signale würden so analog zur Synchronie den „Kleber“ speziell für die emotional-semantische Information darstellen. Eine Implikation für die Theorie der IRH besteht darin, die Semantik als weitere amodale Information neben den schon nachgewiesenen Dimensionen in Erwägung zu ziehen und soziale Signale als verbindendes Element zu untersuchen.

Ein weiterer Erklärungsansatz bezog sich auf ostensive Signale (z. B. Csibra & Gergely, 2009). Ähnlich wie diese Signale könnte die soziale Präsentation in der vorliegenden Studie („Hand“-Bedingung) die semantische Information der Farbe und des Tons für die Säuglinge hervorheben, da diese ein kulturelles generisches Wissen darstellt und ebensolches Wissen lediglich unter Ostension für die Säuglinge erkennbar wird. Säuglinge weisen demnach eine angeborene Bereitschaft auf, kommunikative Signale des Lehrenden so zu interpretieren, dass sie die Adressaten dieser Kommunikation wären und ebenso in ostensiven Situationen erwarten, Hinweise auf generalisierbare Information zu erhalten (s. Kap. 4.4.2.2 für eine ausführlichere Darstellung). In Bezug auf diesen Ansatz stellt sich die Frage, inwiefern diese in der Vorwärts-Bewegung („looming forward“) enthalten sind, d. h. ob die Bewegungen, welche die Verbindung zwischen Objekt und Silbe förderten (Gogate u. a., 2009; Matatyaho & Gogate, 2006, 2008) bereits eine Ostension beinhalteten. Insbesondere wird aufgeworfen, weshalb lediglich diese wenigen Bewegungen („looming forward“ sowie eine Schüttelbewegung) die Bildung der Verbindung förderten, und möglicherweise ostensiv waren, die anderen Bewegungen jedoch nicht, obwohl sie ebenfalls von einem Menschen ausgeführt wurden („Aufwärts“, „Rückwärts“), dafür aber im Vergleich dazu in der vorliegenden Studie bereits dieselbe Bewegung („looming forward“) den Relationsaufbau förderte, selbst wenn sie nicht sozial war. Hier bleibt offen, inwieweit eine referenzielle Darbietung die Anwesenheit sozialer Signale erfordert. Die Forschung steht erst am Anfang, die Determinanten der Ostension zu bestimmen (Axelsson u. a., 2012).



## 5 GESAMTDISKUSSION

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Untersuchung der Semantik von Farben und Tonhöhe sowie deren Ursprung bzw. Entwicklung. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studien an Erwachsenen und Säuglingen miteinander in Beziehung gesetzt und vor dem Hintergrund einer sich entwickelnden Semantik von Farben und Tönen betrachtet. Insbesondere wird die Entwicklung einer potenziellen kreuzmodalen Kongruenz beleuchtet. Aufgrund des explorativen Charakters beider Studien liegt der Anspruch hierbei allerdings nicht auf der Erstellung eines vollständigen Bildes. Vielmehr handelt es sich bei den Studien um erste Ansätze auf dem Gebiet der Semantik von bislang primär als perzeptuell betrachteten Dimensionen, welche eine Grundlage für weitere Forschung bieten. Für die Betrachtung einer angeborenen oder sich entwickelnden Semantik sollen die Ergebnisse der beiden Studien mit Erwachsenen und Säuglingen zunächst kurz wiederholt werden.

Ein zentrales Ergebnis der Fragebogen-Studie mit Erwachsenen war, dass Farben und Töne eine emotionale Semantik trugen, in der sich speziell die Farben Rot und Grün unterschieden, ebenso wie sich hohe und tiefe Sinus-Töne unterschieden. Die Farbe Rot war dabei vorrangig negativ besetzt, selbst wenn ebenfalls positive Bewertungen aufzufinden waren. Dagegen war die Farbe Grün ausschließlich positiv konnotiert. Analog haben sich die hohen Sinus-Töne (und speziell der höchste Ton) als Auslöser negativer Emotionen und Assoziationen gezeigt, während tiefe Töne (insbesondere der tiefste Ton) eine hauptsächlich positive Bedeutung trugen. Aufgrund dieser – emotionalen und semantischen – Konvergenzen sowie der Ähnlichkeit einiger semantischer Assoziationen hat sich eine zumindest teilweise deckungsgleiche Semantik von Rot und hohen Tönen einerseits sowie Grün und tiefen Tönen andererseits manifestiert. Die Farben Gelb und Blau bewegten sich im Mittelfeld und unterschieden sich nicht auffallend bezüglich ihrer emotionalen Semantik bzw. zeigten keine Konvergenz mit den Tönen. Für Rot hat sich die Signalwirkung hinsichtlich der Assoziationen bestätigt, und diese ließ sich erstmals ebenso für hohe Töne feststellen.

In den Studien mit vier Monate alten Säuglingen wurde in Folge dessen eine potenzielle Kongruenz der Farb-Ton-Kombinationen „Rot/hoher Ton“ sowie „Grün/tiefer Ton“ in der frühen Kindheit mittels des Habituations- und „Preferential Looking“-Verfahrens untersucht. Zusätzlich wurde der Einfluss sozialer Signale (einer menschlichen Hand, welche die Objekte präsentierte, im Gegensatz zu einem Tablett, welches die Objekte in der nicht sozialen Bedingung bewegte) auf die Bildung einer Verknüpfung zwischen der Farbe und dem Ton geprüft. Ein wesentlicher Befund der Säuglingsstudien war, dass die Farbe Rot und der hohe Ton für den Aufbau einer

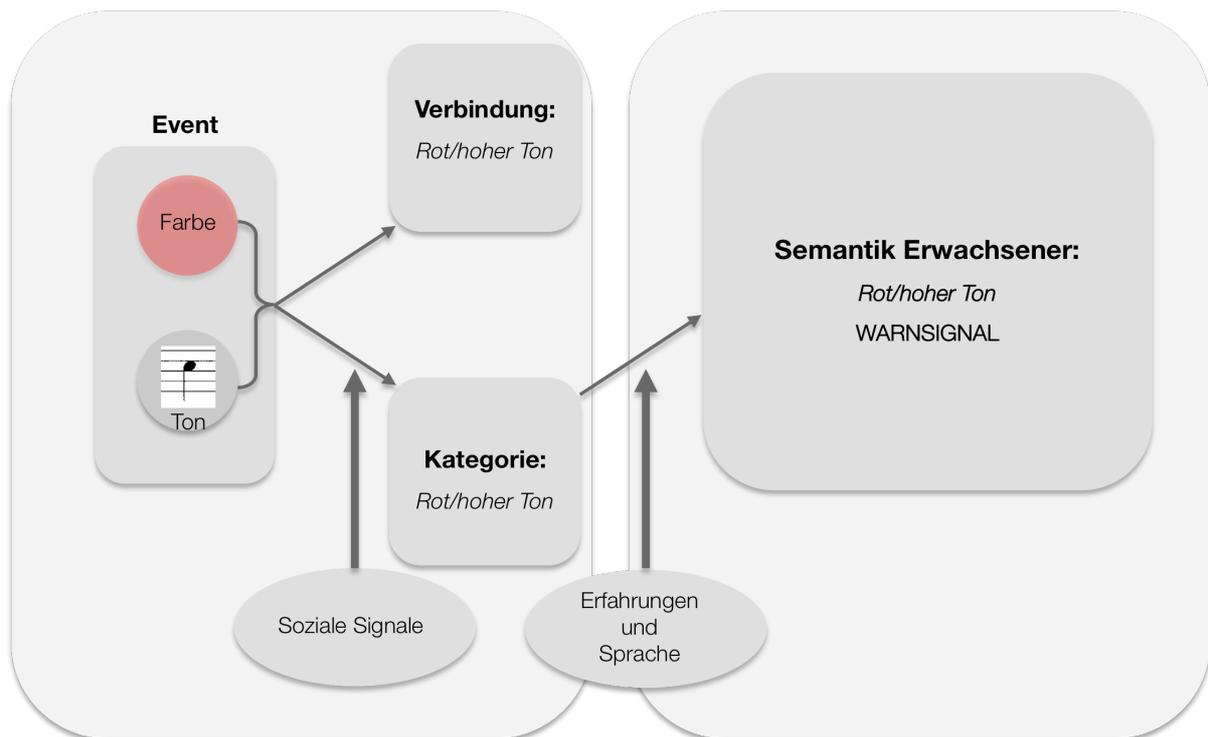
Verbindung und Kategorie prädisponiert zu sein schienen, wohingegen die Säuglinge keine Relation zwischen der Farbe Grün und einem tiefen Ton formten. Ein weiterer wichtiger Befund war die Beeinflussung der Kategorienbildung „Rot/hoher Ton“ durch die Anwesenheit sozialer Signale. Die Beeinflussung zeigte sich darin, dass im Anschluss an die Habituation andere, und zwar genau die entgegengesetzten, Farb-Ton-Kombinationen diskriminiert wurden, wenn die farbigen Objekte von einer Hand im Gegensatz zu einem Tablett präsentiert wurden. Dieses ließ auf ein anderes Lernen oder Erinnern in An- bzw. Abwesenheit sozialer Signale schließen. Ein drittes bedeutsames Resultat war, dass die Säuglinge kein spontanes Abstimmen von Farbe und Ton zeigten, d. h. dass sie ohne Lernphase keine Kongruenz der Farben und Töne in der „Preferential Looking“-Studie wahrnahmen.

Im Folgenden werden die Befunde der Säuglingsstudien vor dem Hintergrund einer potenziellen Kongruenz der Stimuli in der frühen Kindheit betrachtet, um daraufhin Aussagen über die Entwicklung einer kongruenten Semantik bis hin zum Erwachsenenalter zu treffen. Dabei werden die Säuglingsdaten als eine Art Anfangszustand der Semantik (bzw. der Wahrnehmung einer Semantik) betrachtet, da die Säuglinge noch sehr jung sind und vor diesem Alter kaum Untersuchungen dieser Art vorgenommen werden können. Die Erwachsenenendaten werden als eine Art Endzustand einer voll entwickelten Semantik angesehen.

Die Kategorienbildung von einer Farbe und einem Sinus-Ton hat sich in der frühen Kindheit als abhängig von der Art der Stimuli erwiesen: Eine Kongruenz der emotionalen Semantik, wie sie sich für Erwachsene gezeigt hat, war nicht ausreichend für die Bildung der Relation zwischen Farbe und Ton – eine Verbindung „Rot/hoher Ton“ wurde von den Säuglingen geformt, eine Relation „Grün/tiefer Ton“ dagegen nicht. Umgekehrt betrachtet ließ sich damit eine derartige Kongruenz in der frühen Kindheit für die Kombination „Grün/tiefer Ton“ nicht nachweisen, möglicherweise aber für die Relation „Rot/hoher Ton“, selbst wenn auch hier die Determinanten einer erleichterten Verbindungsbildung in Eigenschaften der einzelnen Stimuli zu finden sein könnten (s. Kap. 4.4.2).

In Bezug auf die Ursprünge der Semantik weisen diese Studien darauf hin, dass wahrscheinlich ausschließlich in kommunikativen Kontexten, d. h. in der „Hand“-Bedingung, emotional-semantische Informationen des Ereignisses „Rot/hoher Ton“ von den Säuglingen erkannt wurden. Sehr wahrscheinlich führte das Entdecken der Semantik zum Aufbau einer Kategorie „Rot/hoher Ton“. Dagegen formten die Säuglinge in nicht sozialen Kontexten, d. h. der „Tablett“-Bedingung, anscheinend keine Kategorie, lediglich eine Verbindung zwischen diesen Stimuli. Vermutlich bestand eine Prädisposition, die Farbe Rot und den hohen Ton miteinander zu verbinden, und in Anwesenheit sozialer Signale wurde eine proto-semantische Kategorie

geformt – das bedeutet, nur im sozialen Kontext schien eine frühe Form der Vermittlung emotionaler oder kultureller Information stattgefunden zu haben. Eine Semantik wird womöglich nur in sozialen Situationen erfassbar. Sie beruht allerdings vermutlich auf einer Anlage, diese Stimuli miteinander zu verknüpfen, die sich darin zeigte, dass auch ohne sozialen Kontext eine Verbindung gebildet wurde. Soziale Signale helfen dem Säugling anscheinend bereits, erste Informationen der Kategorie „Rot/hoher Ton“ zu extrahieren. Diese Bedeutung könnte im weiteren Verlauf des Lebens durch zusätzliche Erfahrungen mit der Farbe und dem Ton bzw. ihrer Kombination und durch den Einfluss der Muttersprache zu einer Semantik erweitert werden, welche sich in der vorliegenden Studie mit Erwachsenen gezeigt hat. Die Basis für die Farb- und Ton-Evaluationen, die in der vorliegenden Arbeit für Erwachsene gefunden wurden, würde demnach bereits in der frühen Kindheit liegen. Dabei liegt es nahe, dass als Warnsignal eine Reizkombination verwendet wird, die für Menschen bereits früh lernbar ist. Möglicherweise wurde gerade diese Kombination unbewusst von Erwachsenen für Warnsignale gewählt, da sie eine früh und sicher gelernte Verknüpfung darstellt. Hierzu müsste man voraussetzen, dass in einer natürlichen Umwelt ebenso das wiederholte Auftreten dieser Farb-Ton-Kombination zur Ausbildung einer Verbindung sowie Kategorie führt. Das Formen einer Kategorie „Rot/hoher Ton“ ist dabei sehr wahrscheinlich, da davon auszugehen ist, dass in einer natürlichen Umwelt soziale Signale präsent sein werden – wenn nicht in allen Fällen, dann in einem Großteil der Situationen des gemeinsamen Auftretens von der Farbe Rot mit einem hohen Ton. Womöglich bildet sich daher die Repräsentation dieser Farb-Ton-Kombination stark heraus und dominiert damit eventuell andere Farb-Ton-Kombinationen. Ein Vorteil dieser Assoziation wird - nicht nur in lebensbedrohlichen Situationen - sein, dass diese schnell zu verarbeiten ist, schneller als andere Verknüpfungen. Damit wäre diese Kombination sehr gut als warnendes Signal geeignet. Zur besseren Übersicht ist dieser Zusammenhang in Abbildung 16 dargestellt.



*Abb. 16: Ein schematisches Modell der Ausbildung einer vollständig entwickelten Semantik Erwachsener: Während des gemeinsamen Auftretens der Stimuli „Rot“ und „hoher Ton“ bilden Säuglinge in Anwesenheit sozialer Signale eine Kategorie „Rot/hoher Ton“. Individuelle Erfahrungen und Sprache prägen diese Kategorie bis ins Erwachsenenalter. Ohne soziale Signale bilden Säuglinge lediglich eine Verbindung zwischen Farbe und Ton, jedoch keine Kategorie. Ein weiterer Bezug von der Verbindung „Rot/hoher Ton“ zur erwachsenen Semantik wurde in dem Schaubild nicht hergestellt, da davon ausgegangen werden kann, dass Kinder in einer natürlichen Umwelt Erfahrungen mit der Farbe und dem Ton in sozialen Situationen sammeln werden.*

Bevor auf die Bedeutung von Erfahrungen und Sprache in der Entwicklung der Semantik etwas näher eingegangen wird, soll ein weiterer Aspekt betrachtet werden: die Konnotation der Ereignisse „Rot/hoher Ton“ bzw. „Grün/tiefer Ton“. Eine aversive Wirkung, wie sie der Farbe Rot für Erwachsene nachgewiesen werden konnte, wurde bislang weder für die Farbe noch in der vorliegenden Arbeit für die Verbindung „Rot/hoher Ton“ gefunden (s. Kap. 4.4.2). Im Gegenteil deuten die Daten der vorliegenden Studie eher auf eine möglicherweise evolutionär verwurzelte Prädisposition dieser Farbe oder dieses Tons (oder dieser Kombination) hin, positiv auf das Lernen zu wirken und dieses zu fördern, jedenfalls nicht zu schwächen. Daher könnte angenommen werden, dass die Verbindung „Rot/hoher Ton“ in der frühen Kindheit rein positiv besetzt ist. Dieses wird durch die Betrachtung der Konnotation der Farbe allein gestützt: Rot ist für Säuglinge ebenso wie für Kinder scheinbar eine positive Farbe (Zentner, 2001; s. Kap.

2.1.2.6 und 4.4.2). Unter Umständen könnte im Fall der Farbe Rot eine Entwicklung von einer positiven Salienz zu einem – unter anderem – negativ geprägten Signal vorliegen, die durch zunehmende Erfahrung, kulturelle Prägung und dem Einfluss der Muttersprache erfolgt. Dabei entwickelt sich Rot nicht zu einem rein negativen Signal, sondern behält auch in positiven Bereichen für Erwachsene eine starke Signalwirkung, z. B. in Bezug auf die Attraktivität in heterosexuellen Beziehungen (Elliot u. a., 2010) Möglicherweise besteht diese positive Konnotation ebenfalls für die Verbindung „Rot/hoher Ton“ (s. Kap. 4.4.2 für die Kongruenz der Konnotation bzw. der Rolle des Tons). Eine negative Konnotation könnte sich möglicherweise zusätzlich zu einer positiven Bedeutung entwickeln, oder diese überlagern, wobei ein Einfluss von Erfahrung, Kultur und Sprache denkbar wäre.

Erfahrungen mit farblichen Objekten wurden im Einklang mit dem Modell von Farbe und ihrer psychologischen Wirkungsweise (Elliot & Maier, 2007; Elliot u. a., 2007; s. Kap. 2.1.2 und 4.4.2) als eine Determinante für Farbpräferenzen nachgewiesen (s. Kap. 2.1.2.9.3 und 2.1.2.9.4). Denkbar wäre in diesem Zusammenhang, dass nicht nur die Präferenz einer Farbe durch Erfahrungen geprägt wird, sondern auch ihre Semantik – und eventuell sogar die eines Tons oder der Verbindung „Rot/hoher Ton“.

Die starke Bedeutung der Sprache generell im Erwerb von Kategorien stellen beispielsweise Gelman und Meyer (2011) heraus. Sprache vermittelt relevante Informationen für Kategorien, die zum einen nicht direkt perzeptuell erfassbar sind und zum anderen die Kategorie in ihrer Gesamtheit betreffen. So können Aussagen über eine Farbe getroffen werden, ohne ein spezielles Farbbeispiel zu adressieren (z. B. „Grün ist die Farbe der Hoffnung“). Dabei kann ebenso eine abstrakte Ebene mit einbezogen werden. Von einer Erweiterung der kindlichen Kategorien ist auszugehen, da die Kategorien Erwachsener Wissen und Theorien reflektieren (vgl. Gelman & Meyer, 2011). Für Erwachsene steht Grün beispielsweise als Farbe für den Erfolg (Moller u. a., 2009; s. Kap. 2.1.2), wobei es sich höchstwahrscheinlich um eine erworbene Kategorie handelt.

In Bezug auf die im Erwachsenenalter positiv geprägten tiefen Töne und die Farbe Grün können aufgrund der Säuglingsstudien kaum Aussagen getroffen werden. Offen bleibt, ob die Verbindung bereits im Säuglingsalter kongruent ist und damit die Ursache für die nicht erfolgte Verknüpfung. Im Rahmen des Bedeutungszuwachses der Kategorie „Rot/hoher Ton“ ließe sich vermuten, dass sich im Zuge ihrer Umdeutung von einem negativen Warnsignal eine weitere Verbindung hervortut, die rein positiv geprägt ist, wie vormals die Verbindung „Rot/hoher Ton“ – unter Umständen handelt es sich hierbei um die Farbe Grün und tiefe Töne. Möglicherweise sind diese aufgrund einer geringen Auffälligkeit und Vorprägung in der frühen Kindheit für eine

spätere positive Prägung durch Erfahrung oder Sprache besonders geeignet. Da in der vorliegenden Arbeit keine weiteren Farben und Töne getestet wurden und aufgrund der geringen Forschung in diesem Bereich können hier lediglich Vermutungen angestellt werden. Die Daten der vorliegenden Studien geben kaum Anhaltspunkte für eine weitere Argumentation.

Zusammengefasst deuten die Befunde der vorliegenden Arbeit auf eine Prädisposition zur Bildung einer Verknüpfung zwischen der Farbe Rot und hohen Tönen hin, welche den Ursprung einer weiteren Entwicklung zu einem Warnsignal darstellen könnte. Die frühe Lernbarkeit der Kategorie „Rot/hoher Ton“ wird durch die Anwesenheit sozialer Signale ermöglicht, die wahrscheinlich die Wahrnehmung einer emotional-semantischen Kongruenz der beiden Stimuli fördern. Farben und Töne scheinen also bereits für Säuglinge eine Proto-Semantik aufzuweisen, d. h. eine vorsprachliche Bedeutung, die der erwachsenen Semiotik ähnelt. In Bezug auf die Kategorie „Rot/hoher Ton“ ist allerdings ebenso ein Zuwachs an negativer Bedeutung denkbar, d. h. eine Anreicherung der frühkindlichen, möglicherweise positiv geprägten, Kategorie mit zusätzlichen negativen Inhalten, die durch Erfahrung und linguistischen Einfluss erfolgt. So gewinnt diese Kombination wahrscheinlich ihren Charakter als Warnsignal.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- Adams, R. J. (1987). An evaluation of color preference in early infancy. *Infant Behavior and Development*, 10(2), 143–150.
- Adams, R. J., & Courage, M. L. (1995). Development of chromatic discrimination in early infancy. *Behavioural Brain Research*, 67(1), 99–101.
- Attrill, M., Gresty, K., Hill, R., & Barton, R. (2008). Red shirt colour is associated with long-term team success in English football. *Journal of sports sciences*, 26(6), 577-582.
- Axelsson, E. L., Churchley, K., & Horst, J. S. (2012). The right thing at the right time: Why ostensive naming facilitates word learning. *Frontiers in Developmental Psychology*, 3, 88, 1-8.
- Ayama, M., & Ikeda, M. (1998). Brightness-to-luminance ratio of colored light in the entire chromaticity diagram. *Color Research & Application*, 23(5), 274–287.
- Bahrack, L. E. (1992). Infants' perceptual differentiation of amodal and modality-specific audio-visual relations. *Journal of Experimental Child Psychology*, 53(2), 180–199.
- Bahrack, L. E. (1994). The development of infants' sensitivity to arbitrary intermodal relations. *Ecological Psychology*, 6(2), 111–123.
- Bahrack, L. E. (2001). Increasing specificity in perceptual development: Infants' detection of nested levels of multimodal stimulation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79(3), 253–270.
- Bahrack, L. E., Hernandez-Reif, M., & Johnson, J. N. (1997). The effect of retrieval cues on visual preferences and memory in infancy: Evidence for a four-phase attention function. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67(1), 1–20.
- Bahrack, L. E., & Hollich, G. (2008). Intermodal perception. *Encyclopedia of Infant and Early Childhood Development*, 2, 164–176.
- Bahrack, L. E., & Lickliter, R. (in press). The role of intersensory redundancy in early perceptual, cognitive, and social development. In A. Bremner, D. J. Lewkowicz, & C. Spence (Hrsg.), *Multisensory development*. Oxford University Press: Oxford, England.
- Bahrack, L. E., & Lickliter, R. (2000). Intersensory redundancy guides attentional selectivity and perceptual learning in infancy. *Developmental Psychology*, 36(2), 190–201.
- Bahrack, L. E., & Lickliter, R. (2002). Intersensory redundancy guides early perceptual and cognitive development. In R. Kail (Hrsg.), *Advances in child development and behavior* (Bd. 30, S. 153–187). New York: Academic Press.
- Bahrack, L. E., Lickliter, R., Castellanos, I., & Vaillant-Molina, M. (2010). Increasing task difficulty enhances effects of intersensory redundancy: Testing a new prediction of the intersensory redundancy hypothesis. *Developmental science*, 13(5), 731–737.
- Bahrack, L. E., Lickliter, R., & Flom, R. (2004). Intersensory redundancy guides the development of selective attention, perception, and cognition in infancy. *Current Directions in Psychological Science*, 13(3), 99-102.
- Bahrack, L. E., Lickliter, R., & Flom, R. (2006). Up versus down: The role of intersensory redundancy in the development of infants' sensitivity to the orientation of moving objects. *Infancy*, 9(1), 73–96.

- Balaban, M. T., & Waxman, S. R. (1997). Do words facilitate object categorization in 9-month-old infants? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64(1), 3–26.
- Bargh, J. A., & Chartrand, T. L. (1999). The unbearable automaticity of being. *American psychologist*, 54(7), 462–479.
- Bayley, N. (1993). *Bayley Scales of Infant Development, Second Edition (Bayley II)*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Berlin, B., & Kay, P. (1991). *Basic color terms: their universality and evolution*. Berkeley, Calif. [u.a.]: University of California Press.
- Bernstein, I. H., Eason, T. R., & Schurman, D. L. (1971). Hue-tone sensory interaction: A negative result. *Perceptual and Motor Skills*, 33, 1327–1330.
- Bischel, A. (2008). *Die Genauigkeit von Lern- und Gedächtnisstrategien*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Bielefeld.
- Boring, E. G. (1942). *Sensation and perception in the history of experimental psychology*. Oxford, England: Appleton-Century.
- Bornstein, M. H. (1975). Qualities of color vision in infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 19(3), 401–419.
- Bornstein, M. H., Kessen, W., & Weiskopf, S. (1976). Color vision and hue categorization in young human infants. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 2(1), 115–129.
- Bortz, J., & Döring, N. (2005). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (3., überarb. Aufl., Nachdr.). Heidelberg: Springer Medizin.
- Boyatzis, C. J., & Varghese, R. (1994). Children's emotional associations with colors. *Journal of Genetic Psychology*, 155(1), 77–85.
- Burger, W., & Burge, M. J. (2006). *Digitale Bildverarbeitung*. Berlin: Springer.
- Burns, S. A., Smith, V. C., Pokorny, J., & Elsner, A. E. (1982). Brightness of equal-luminance lights. *JOSA*, 72(9), 1225–1231.
- Cabin, R. J., & Mitchell, R. J. (2000). To Bonferroni or not to Bonferroni: When and how are the questions. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 81(3), 246–248.
- Cacioppo, J. T., Gardner, W. L., & Berntson, G. G. (1997). Beyond bipolar conceptualizations and measures: The case of attitudes and evaluative space. *Personality and Social Psychology Review*, 1(1), 3–25.
- Casasola, M., & Bhagwat, J. (2007). Do novel words facilitate 18-month-olds' spatial categorization? *Child development*, 78(6), 1818–1829.
- Casasola, M. (2005). When less is more: How infants learn to form an abstract categorical representation of support. *Child Development*, 76(1), 279–290.
- Casasola, M., Bhagwat, J., & Burke, A. S. (2009). Learning to form a spatial category of tight-fit Relations: How experience with a label can give a boost. *Developmental psychology*, 45(3), 711–723.
- Catherwood, D., Crassini, B., & Freiberg, K. (1990). The course of infant memory for hue. *Australian Journal of Psychology*, 42(3), 277–285.
- Changizi, M. A., Zhang, Q., & Shimojo, S. (2006). Bare skin, blood and the evolution of primate colour vision. *Biology Letters*, 2(2), 217–221.

- Chen, M. L., Volein, A., Gergely, G., & Csibra, G. (in prep). Differential effects of communicative presentation on the encoding of visual features vs. numerosity of sets of objects in 9-month-old infants. *Poster presented on SRCD, March 31-April 2, Montréal, Canada; Article in preparation.*
- Cohen, L. B. (2004). Uses and misuses of habituation and related preference paradigms. *Infant and Child Development, 13*(4), 349–352.
- Cohen, L. B., Atkinson, D. J., & Chaput, H. H. (2004). *Habit X: A new program for obtaining and organizing data in infant perception and cognition studies. Version 1.0.* Austin, TX: The University of Texas.
- Collier, W. G., & Hubbard, T. L. (2001). Judgments of happiness, brightness, speed, and tempo change of auditory stimuli varying in pitch and tempo. *Psychomusicology, 17*(1), 36–55.
- Colombo, J., & Bundy, R. S. (1981). A method for the measurement of infant auditory selectivity. *Infant Behavior and Development, 4*, 219–223.
- Colombo, J., Shaddy, D. J., Anderson, C. J., Gibson, L. J., Blaga, O. M., & Kannass, K. N. (2010). What habituates in infant visual habituation? A psychophysiological analysis. *Infancy, 15*(2), 107–124.
- Crognale, M., Kelly, J. P., Weiss, A., & Teller, D. Y. (1998). Development of the spatio-chromatic visual evoked potential (VEP): a longitudinal study. *Vision Research, 38*(21), 3283–3292.
- Crozier, W. R. (1999). The meanings of colour: Preferences among hues. *Pigment & Resin Technology, 28*(1), 6–14.
- Csibra, G., & Gergely, G. (2009). Natural pedagogy. *Trends in Cognitive Sciences, 13*(4), 148–153.
- Cytowic, R. E. (2002). *Synesthesia: A union of the senses.* Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press.
- Davidson, R., Schwartz, G., Saron, C., Bennett, J., & Goleman, D. (1979). Frontal versus parietal EEG asymmetry during positive and negative affect. *Psychophysiology, 16*(2), 202–203.
- De Houwer, J., & Eelen, P. (1998). An affective variant of the Simon paradigm. *Cognition & Emotion, 12*(1), 45–62.
- Delk, J. L., & Fillenbaum, S. (1965). Differences in perceived color as a function of characteristic color. *The American journal of psychology, 78*(2), 290–293.
- Dobkins, K. B., Anderson, C. M., & Kelly, J. P. (2001). Development of psychophysically-derived detection contours in L- and M-cone contrast space. *Vision Research, 41*(14), 1791–1807.
- Doursat, R., & Petitot, J. (2005). Dynamical systems and cognitive linguistics: Toward an active morphodynamical semantics. *Neural Networks, 18*(5-6), 628–638.
- Eitan, Z., & Timmers, R. (2010). Beethoven's last piano sonata and those who follow crocodiles: Cross-domain mappings of auditory pitch in a musical context. *Cognition, 114*(3), 405–422.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & Emotion, 6*, 169–200.
- Ekman, P. (1994). All emotions are basic. *The nature of emotion: Fundamental questions, 15–19.*
- Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2007). Color and psychological functioning. *Current Directions in Psychological Science, 16*(5), 250–254.

- Elliot, A. J., Maier, M. A., Binser, M. J., Friedman, R., & Pekrun, R. (2009). The effect of red on avoidance behavior in achievement contexts. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 35(3), 365–375.
- Elliot, A. J., Maier, M. A., Moller, A. C., Friedman, R., & Meinhardt, J. (2007). Color and psychological functioning: The effect of red on performance attainment. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 154–168.
- Elliot, A. J., & McGregor, H. A. (2001). A 2x2 achievement goal framework. *Journal of personality and social psychology*, 80(3), 501.
- Elliot, A. J., & Niesta, D. (2008). Romantic red: Red enhances men's attraction to women. *Journal of Personality and Social Psychology*, 95(5), 1150–1164.
- Elliot, A. J., Niesta Kayser, D., Greitemeyer, T., Lichtenfeld, S., Gramzow, R. H., Maier, M. A., & Liu, H. (2010). Red, rank, and romance in women viewing men. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(3), 399–417.
- Fairchild, M. D. (2005). *Color appearance models*. New York: John Wiley and Sons.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175–191.
- Fernald, A. (1985). Four-month-old infants prefer to listen to motherese. *Infant behavior and development*, 8(2), 181–195.
- Fernald, A. & Kuhl, P. (1987). Acoustic determinants of infant preference for motherese speech. *Infant Behavior and Development*, 10(3), 279–293.
- Field, A. P. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*. London: SAGE Publications Ltd.
- Fogel, A. (2001). *Infancy: infant, family, and society*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Franklin, A., Bevis, L., Ling, Y., & Hurlbert, A. (2010). Biological components of colour preference in infancy. *Developmental Science*, 13(2), 346–354.
- Franklin, A., & Davies, I. R. L. (2004). New evidence for infant colour categories. *British Journal of Developmental Psychology*, 22(3), 349–377.
- Franklin, A., Gibbons, E., Chittenden, K., Alvarez, J., & Taylor, C. (2011). Infant color preference for red is not selectively context specific. *Emotion*, 4, 999-1002.
- Franklin, A., Pilling, M., & Davies, I. R. L. (2005). The nature of infant color categorization: Evidence from eye movements on a target detection task. *Journal of experimental child psychology*, 91(3), 227–248.
- Friedman, R. S., & Förster, J. (2010). Implicit affective cues and attentional tuning: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 136(5), 875–893.
- Gebert, P. (2011). *simple*. Unveröffentlichte Software. Bielefeld: Universität Bielefeld.
- Gelman, S. A., & Meyer, M. (2011). Child categorization. *WIREs Cognitive Science*, 2, 95–105.
- Gerend, M. A., & Sias, T. (2009). Message framing and color priming: How subtle threat cues affect persuasion. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4), 999–1002.
- Gogate, L. J., & Bahrack, L. E. (1998). Intersensory redundancy facilitates learning of arbitrary relations between vowel sounds and objects in seven-month-old infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 69, 133–149.
- Gogate, L. J., & Hollich, G. (2010). Invariance detection within an interactive system: A perceptual gateway to language development. *Psychological review*, 117(2), 496.

- Gogate, L. J., Prince, C. G., & Matatyaho, D. J. (2009). Two-month-old infants' sensitivity to changes in arbitrary syllable-object pairings: The role of temporal synchrony. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 35(2), 508–519.
- Goldstein, E. B. (2002). *Wahrnehmungspsychologie* (2. A.). Heidelberg: Spektrum-Akademischer Verlag.
- Grady, J. (2005). Primary metaphors as inputs to conceptual integration. *Journal of Pragmatics*, 37(10), 1595–1614.
- Graubner, B. (2009). *ICD-10-GM 2010 Systematisches Verzeichnis: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD)- German Modification*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Greenwald, A. G., McGhee, D. E., & Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring individual differences in implicit cognition: The implicit association test. *Journal of personality and social psychology*, 74(6), 1464-1480.
- Häcker, H., Stapf, K. H., & Becker-Carus, C. (1998). *Dorsch Psychologisches Wörterbuch* (13. Aufl.). Bern: Verlag Hans Huber.
- Hamer, R. D., Alexander, K. R., & Teller, D. Y. (1982). Rayleigh discriminations in young human infants. *Vision Research*, 22(5), 575–587.
- Hansen, T., Olkkonen, M., Walter, S., & Gegenfurtner, K. R. (2006). Memory modulates color appearance. *Nature Neuroscience*, 9(11), 1367–1368.
- Hautzinger, M., Bailer, M., Worall, H., & Keller, F. (1992). *Beck-Depressions-Inventar - BDI*. Bern: Huber.
- Hemphill, M. (1996). A note on adults' color-emotion associations. *Journal of Genetic Psychology*, 157(3), 275–280.
- Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. M. (1999). *The origins of grammar: Evidence from early language comprehension*. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press.
- Horn, W. (1983). *Leistungsprüfsystem L-P-S (2. erweiterte Auflage)*. Göttingen: Hogrefe.
- Houston-Price, C., & Nakai, S. (2004). Distinguishing novelty and familiarity effects in infant preference procedures. *Infant and Child Development*, 13(4), 341–348.
- Howell, D. C. (2009). *Statistical Methods for Psychology*. Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning.
- Hubbard, T. L. (1996). Synesthesia-like mappings of lightness, pitch, and melodic interval. *The American journal of psychology*, 109(2), 219–238.
- Hurlbert, A., & Ling, Y. (2007). Biological components of sex differences in color preference. *Current Biology*, 17(16), R623–R625.
- Hyde, D. C., Jones, B. L., Porter, C. L., & Flom, R. (2010). Visual stimulation enhances auditory processing in 3-month-old infants and adults. *Developmental Psychobiology*, 52(2), 181–189.
- Ilie, G., & Thompson, W. F. (2006). A comparison of acoustic cues in music and speech for three dimensions of affect. *Music Perception*, 23(4), 319–329.
- Jacobs, K. W., & Suess, J. F. (1975). Effects of four psychological primary colors on anxiety state. *Perceptual and Motor Skills*, 41(1), 207–210.
- Kaya, N., & Epps, H. H. (2004a). Relationship between color and emotion: A study of college students. *College student journal*, 38(3), 396–406.

- Kaya, N., & Epps, H. H. (2004b). Color-emotion associations: Past experience and personal preference. *Proceedings of the AIC 2004 Color and Paints, Interim Meeting of the International Color Association*, 31-34.
- Khan, S. A., Levine, W. J., Dobson, S. D., & Kralik, J. D. (2011). Red signals dominance in male rhesus macaques. *Psychological Science*, 22(8), 1001-1003.
- Knoblauch, K., Vital-Durand, F., & Barbur, J. L. (2001). Variation of chromatic sensitivity across the life span. *Vision Research*, 41(1), 23–36.
- Kraft, J. M., & Werner, J. S. (1999). Aging and the saturation of colors. 2. Scaling of color appearance. *JOSA A*, 16(2), 231–235.
- Kupfer, J., Brosig, B., & Brähler, E. (2001). *TAS-26. Toronto-Alexithymie-Skala-26*. Göttingen: Hogrefe.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh* (Bd. 77). New York: Basic Books.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
- Leinfellner, W. (2010). The role of creativity and randomizers in human cognition and problem solving. In A. Carsetti (Hrsg.), *Causality, Meaningful Complexity and Embodied Cognition*, Theory and Decision Library A, Vol. 46 (S. 249–264). Heidelberg: Springer.
- Leslie, A. M. (1982). The perception of causality in infants. *Perception*, 11(2), 173 – 186.
- Lewkowicz, D. J. (2000). The development of intersensory temporal perception: An epigenetic systems/limitations view. *Psychological Bulletin*, 126(2), 281–308.
- Lewkowicz, D. J., & Kraebel, K. (2004). The value of multisensory redundancy in the development of intersensory perception. In A. Calvert, C. Spence, B. E. Stein (Hrsg.), *The handbook of multisensory processes* (S. 655–678). Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press.
- Lichtenfeld, S., Maier, M. A., Elliot, A. J., & Pekrun, R. (2009). The semantic red effect: Processing the word red undermines intellectual performance. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(6), 1273–1276.
- Ling, Y., & Hurlbert, A. (2006). An extended model for color preference. *Journal of Vision*, 6(6), 250.
- Maier, M. A., Barchfeld, P., Elliot, A. J., & Pekrun, R. (2009). Context specificity of implicit preferences: The case of human preference for red. *Emotion*, 9(5), 734–738.
- Maier, M. A., Elliot, A. J., & Lichtenfeld, S. (2008). Mediation of the negative effect of red on intellectual performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34(11), 1530–1540.
- Mandler, J. M. (1992). How to build a baby: II. Conceptual primitives. *Psychological review*, 99(4), 587-604.
- Mareschal, D., & Johnson, M. H. (2003). The “what” and “where” of object representations in infancy. *Cognition*, 88(3), 259–276.
- Marks, L. (1982). Bright sneezes and dark coughs, loud sunlight and soft moonlight. *Journal of Experimental Psychology*, 8(2), 177–193.
- Marks, L. E. (1987). On cross-modal similarity: Auditory-visual interactions in speeded discrimination. *Journal of Experimental Psychology*, 13(3), 384–394.

- Marks, L. E. (2004). Cross-modal interactions in speeded classification. In G. A. Calvert, C. Spence, & B. Stein (Hrsg.), *The handbook of multisensory processes* (S. 85–105). Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press.
- Marks, L. E., Hammeal, R. J., & Bornstein, M. H. (1987). Perceiving similarity and comprehending metaphor. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 52(1), 1–92.
- Marks, L. E., Ben-Artzi, E., & Lakatos, S. (2003). Cross-modal interactions in auditory and visual discrimination. *International Journal of Psychophysiology*, 50(1-2), 125–145.
- Martino, G., & Marks, L. E. (1999). Perceptual and linguistic interactions in speeded classification: tests of the semantic coding hypothesis. *Perception*, 28(7), 903 – 923.
- Matatyaho, D. J., & Gogate, L. J. (2006). The role of motion in maternal bimodal naming to preverbal infants. *Proc. of the 5th International Conference on Development and Learning*.
- Matatyaho, D. J., & Gogate, L. J. (2008). Type of maternal object motion during synchronous naming predicts preverbal infants' learning of word-object relations. *Infancy*, 13(2), 172–184.
- Matatyaho, D. J., Mason, Z., & Gogate, L. J. (2007). Word learning by eight-month-old infants: The role of object motion and synchrony. *Berthouze, L., Prince, C. G., Littman, M., Kozima, H., and Balkenius, C. (2007). Proceedings of the Seventh International Conference on Epigenetic Robotics: Modeling Cognitive Development in Robotic Systems*, Lund University Cognitive Studies (Bd. 135). Lund: LUCS.
- Mehrabian, A. (1996). Pleasure-arousal-dominance: A general framework for describing and measuring individual differences in temperament. *Current Psychology*, 14, 261–292.
- Mehta, R., & Zhu, R. (2009). Blue or red? Exploring the effect of color on cognitive task performances. *Science*, 323, 1226–1229.
- Meier, B. P., & Robinson, M. D. (2004). Why the sunny side is up. *Psychological Science*, 15(4), 243–247.
- Meier, B. P., & Robinson, M. D. (2005). The metaphorical representation of affect. *Metaphor and Symbol*, 20(4), 239-257.
- Meier, B. P., Robinson, M. D., Crawford, L. E., & Ahlvers, W. J. (2007). When „light“ and „dark“ thoughts become light and dark responses: Affect biases brightness judgments. *Emotion*, 7(2), 366–376.
- Meier, B., Robinson, M., & Clore, G. (2004). Why good guys wear white: Automatic inferences about stimulus valence based on brightness. *Psychological Science*, 15(2), 82–87.
- Melara, R. D. (1989). Dimensional interaction between color and pitch. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(1), 69–79.
- Melara, R. D., & O'Brien, T. P. (1987). Interaction between synesthetically corresponding dimensions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116(4), 323–336.
- Moller, A. C., Elliot, A. J., & Maier, M. A. (2009). Basic hue-meaning associations. *Emotion*, 9(6), 898–902.
- Moran, M. D. (2003). Arguments for rejecting the sequential Bonferroni in ecological studies. *Oikos*, 100(2), 403–405.
- Nakagawa, S. (2004). A farewell to Bonferroni: The problems of low statistical power and publication bias. *Behavioral Ecology*, 15(6), 1044-1045.

- Needham, A., & Baillargeon, R. (1993). Intuitions about support in 4.5-month-old infants. *Cognition*, 47(2), 121–148.
- Olkkonen, M., Hansen, T., & Gegenfurtner, K. R. (2008). Color appearance of familiar objects: Effects of object shape, texture, and illumination changes. *Journal of Vision*, 8(5), 1-16.
- Palmer, S. E., & Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19), 8877-8882.
- Pantone Inc. (2005). *Pantone 4-color process guide / coated euro*. Carlstadt, NJ: Pantone.
- Pattabhiraman, T., & Cercone, N. (1990). Representing and using protosemantic information in generating bus route descriptions. In S. Ramani, R. Chandrasekar, & K. Anjaneyulu (Hrsg.), *Knowledge Based Computer Systems*, Lecture Notes in Computer Science (Bd. 444, S. 341–352). Heidelberg: Springer.
- Pauli-Pott, U., Mertesacker, B., & Beckmann, D. (2003). Ein Fragebogen zur Erfassung des «frühkindlichen Temperaments» im Elternurteil. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 31(2), 99–110.
- Pereverzeva, M., Hui-Lin Chien, S., Palmer, J., & Teller, D. Y. (2002). Infant photometry: Are mean adult isoluminance values a sufficient approximation to individual infant values? *Vision Research*, 42(13), 1639–1649.
- Pritzel, M., Brand, M., & Markowitsch, H. J. (2009). *Gehirn und Verhalten: Ein Grundkurs der physiologischen Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Quinn, P. C., Slater, A. M., Brown, E., & Hayes, R. A. (2001). Developmental change in form categorization in early infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 19(2), 207–218.
- Regan, B. C., Julliot, C., Simmen, B., Vienot, F., Charles-Dominique, P., & Mollon, J. D. (2001). Fruits, foliage and the evolution of primate colour vision. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, series, B*, 356, 229–283.
- Reilhac, G., & Jiménez, M. (2006). Amorçage de la couleur typique d'un objet lors d'une tâche de catégorisation. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 60(4), 285-293.
- Reisenzein, R. (1994). Pleasure-arousal theory and the intensity of emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(3), 525-539.
- Reuner, G., Rosenkranz, J., Pietz, J., & Horn, R. (Hrsg.). (2008). *Bayley II Scales of Infant Development. Second Edition - Deutsche Fassung. 2., korrigierte Auflage*. Frankfurt/M.: Pearson Assessment.
- Robinson, C. W., & Sloutsky, V. M. (2007). Visual processing speed: Effects of auditory input on visual processing. *Numerical Heat Transfer-Part A-Applications*, 52(7-8), 734–740.
- Robinson, C. W., & Sloutsky, V. M. (2008). Effects of auditory input in individuation tasks. *Developmental Science*, 11(6), 869–881.
- Robinson, C. W., & Sloutsky, V. M. (2010). Development of cross-modal processing. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(1), 135–141.
- Robinson, D. (online). *Replay Gain - A proposed standard*. Abgerufen von <http://replaygain.hydrogenaudio.org/>
- Rothbart, M. K. (1981). Measurement of temperament in infancy. *Child Development*, 52, 569–578.

- Rothbart, M. K. (1986). Longitudinal observation of infant temperament. *Developmental Psychology*, 22(3), 356-365.
- Rottenberg, J., Ray, R., & Gross, J. J. (2007). Emotion elicitation using films. In J. A. Coan & J. B. Allen (Hrsg.), *The handbook of emotion elicitation and assessment* (S. 9–28). New York: Oxford University Press.
- Schloss, K. B., Poggesi, R. M., & Palmer, S. E. (2011). Effects of university affiliation and “school spirit” on color preferences: Berkeley versus Stanford. *Psychonomic bulletin & review*, 18, 498-504.
- Shaver, P., Schwartz, J., Kirson, D., & O’Connor, C. (1987). Emotion knowledge: Further exploration of a prototype approach. *Journal of personality and social psychology*, 52(6), 1061-1086.
- Sherman, G. D., & Clore, G. L. (2009). The color of sin: White and black are perceptual symbols of moral purity and pollution. *Psychological Science*, 20(8), 1019–1025.
- Simpson, R. H., Quinn, M., & Ausubel, D. P. (1956). Synesthesia in children: Association of colors with pure tone frequencies. *Journal of Genetic Psychology*, 89(2), 95–103.
- Sloutsky, V., & Robinson, C. (2008). The role of words and sounds in infants’ visual processing: From overshadowing to attentional tuning. *Cognitive Science*, 32(2), 342–365.
- Spelke, E. (1979). Perceiving bimodally specified events in infancy. *Developmental Psychology November 1979*, 15(6), 626–636.
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 971-995.
- Stein, B. E., Burr, D., Constantinidis, C., Laurienti, P. J., Meredith, M. A., Perrault Jr, T. J., Ramachandran, R., u. a. (2010). Semantic confusion regarding the development of multisensory integration: A practical solution. *17*, 31(10), 1713–1720.
- Suttle, C. M., Banks, M. S., & Graf, E. W. (2002). FPL and sweep VEP to tritan stimuli in young human infants. *Vision Research*, 42(26), 2879–2891.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2001). *Using multivariate statistics*. Boston [u.a.]: Allyn and Bacon.
- Teller, D. Y., Civan, A., & Bronson-Castain, K. (2005). Infants’ spontaneous color preferences are not due to adult-like brightness variations. *Visual neuroscience*, 21(03), 397–401.
- Valdez, P., & Mehrabian, A. (1994). Effects of color on emotions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 394–409.
- Wagner, G., & Boynton, R. M. (1972). Comparison of four methods of heterochromatic photometry. *JOSA*, 62(12), 1508–1515.
- Webster, G. D., & Weir, C. G. (2005). Emotional responses to music: Interactive effects of mode, texture, and tempo. *Motivation and Emotion*, 29(1), 19–39.
- Weger, U. W., Meier, B. P., Robinson, M. D., & Inhoff, A. W. (2007). Things are sounding up: Affective influences on auditory tone perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14 (3), 517–521.
- Wilcox, R. R. (1987). New Designs in Analysis of Variance. *Annual Review of Psychology*, 38(1), 29–60.
- Woodward, A. L. (1999). Infants’ ability to distinguish between purposeful and non-purposeful behaviors. *Infant Behavior and Development*, 22(2), 145–160.

- Wu, R., & Kirkham, N. Z. (2010). No two cues are alike: Depth of learning during infancy is dependent on what orients attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107(2), 118–136.
- Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (1982). *Color science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae* (2. ed.). New York: Wiley.
- Xu, F. (1999). Object individuation and object identity in infancy: The role of spatiotemporal information, object property information, and language. *Acta Psychologica*, 102(2–3), 113–136.
- Yoon, J. M. D., Johnson, M. H., & Csibra, G. (2008). Communication-induced memory biases in preverbal infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(36), 13690–13695.
- Zemach, I. K., Chang, S., & Teller, D. Y. (2007). Infant color vision: Prediction of infants' spontaneous color preferences. *Vision Research*, 47(10), 1368–1381.
- Zemach, I. K., & Teller, D. Y. (2004). Infants' spontaneous hue preferences are not due solely to variations in perceived saturation. *Journal of Vision*, 4(8), 323–323.
- Zemach, I. K., & Teller, D. Y. (2007). Infant color vision: Infants' spontaneous color preferences are well behaved. *Vision Research*, 47(10), 1362–1367.
- Zentner, M. R. (2001). Preferences for colours and colour–emotion combinations in early childhood. *Developmental Science*, 4(4), 389–398.

## 7 ANHANG

### **Inhaltsverzeichnis**

Studie an Erwachsenen:

Anhang A: Informationsblatt für Probanden

Anhang B: Einverständniserklärung

Anhang C: Demographischer Fragebogen

Anhang D: Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Anhang E: Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Anhang F: Valenz der Assoziationen Töne

Studie an Säuglingen:

Anhang G: Informationsblatt für Probanden/ Einverständniserklärung

Anhang H: Demographischer Fragebogen

## ANHANG A: INFORMATIONSBLATT FÜR PROBANDEN (ERWACHSENE)



Universität Bielefeld

Cognitive Interaction Technology  
Exzellenzcluster



Universität Bielefeld • Postfach 10 01 31 • 33501 Bielefeld

Untersuchungsleiterin:  
Dipl.-Psych. Silke Fischer

Telefon: (0521) 106 - 12244  
Telefax: (0521) 106 - 12525  
E-Mail:  
fischer@techfak.uni-bielefeld.de

Raum-Nr.: Q2-144

Bielefeld, den

### Informationsblatt für Probanden

#### zu der Studie

#### „Wahrnehmung von Farben und Tönen“

Lieber Proband, liebe Probandin,

wir haben Sie gefragt, ob Sie an der Studie „Wahrnehmung von Farben und Tönen“ am Exzellenzcluster - Cognitive Interaction Technology (CITEC) der Universität Bielefeld teilnehmen möchten. Anhand dieses Informationsblattes erläutern wir Ihnen den Zweck und den Ablauf der Studie näher.

#### Teilnahme

Die Teilnahme an der Untersuchung ist **freiwillig**. Sie können **jederzeit und ohne Angabe von Gründen** Ihre Einwilligung widerrufen, ohne dass dies mit Nachteilen für Sie verbunden wäre.

#### Kurzbeschreibung der Studie

Das Hauptziel dieser Fragebogen-Studie ist es, zu untersuchen wie verschiedene Farben und Töne auf Menschen wirken und inwiefern sich die Wahrnehmung von Farben sowie Tönen von Mensch zu Mensch unterscheiden kann.

Insbesondere geht es in dieser Untersuchung um Assoziationen, die unterschiedliche Farben bzw. Töne bei Menschen auslösen können. Mit Assoziationen sind Einfälle gemeint, die Sie haben, wenn Sie eine bestimmte Farbe sehen bzw. einen bestimmten Ton hören. Diese Einfälle können bei jedem Menschen anders sein. Es gibt daher keine falschen oder richtigen Assoziationen.

Bankverbindung: Universitätskasse Bielefeld, WestLB AG Düsseldorf, BLZ 300 500 00, Konto-Nr. 61 036  
Umsatzsteuer-Nr.: 305/5879/0433 – Finanzamt Bielefeld Innenstadt  
Dienstgebäude: Universität Bielefeld, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld  
Öffentliche Verkehrsmittel: Stadtbahnlinie 4 ab Jahnplatz und ab Hauptbahnhof – Richtung Lohmannshof



Wir bitten Sie, zunächst alle Ihre Einfälle zu den einzelnen Ihnen vorliegenden Farben bzw. Tönen spontan aufzuschreiben – bitte bewerten Sie Ihre Einfälle nicht, und überlegen Sie nicht, ob Sie einen Einfall, den Sie haben, aufschreiben sollen, oder nicht. Denn uns interessiert an diesem Punkt des Projektes insbesondere die Bandbreite der individuellen Erfahrungen mit Farben bzw. Tönen. Am hilfreichsten ist es für uns, wenn Sie alle Ihre Ideen ganz spontan nennen.

In weiteren Schritten bitten wir Sie, auf einer 5-stufigen Bewertungsskala für jede Farbe bzw. Ton anzugeben, wie stark Sie jede einzelne Idee mit dieser Farbe bzw. Ton verbinden und wie positiv, negativ oder neutral Sie diese von Ihnen genannten Assoziationen und jede Farbe bzw. jeden Ton empfinden.

Schließlich bitten wir Sie, jeweils vorgegebene Begriffe anhand einer 5-stufigen Skala zu bewerten, wie positiv, negativ oder neutral diese auf Sie wirken, und anzugeben, wie stark Sie die Begriffe mit der jeweiligen Farbe bzw. dem jeweiligen Ton verbinden.

Nachdem Sie den Fragebogen über Farben und Töne bearbeitet haben, bitten wir zuletzt noch, an einer kurzen neuropsychologischen Untersuchung teilzunehmen.

Die gesamte Untersuchung wird ca. 2 Stunden dauern.

Für Ihre Teilnahme an dieser Untersuchung bekommen Sie einen Geldbetrag als Aufwandsentschädigung.

#### **Datenschutz**

Die Bestimmungen des Datenschutzes werden eingehalten. Alle Untersuchungsergebnisse werden streng vertraulich behandelt. Die psychologische Schweigepflicht bleibt gewahrt. Die Einzelergebnisse werden anonymisiert verwaltet und weiterverarbeitet.

Wissenschaftliche Ergebnisse der Untersuchung werden möglicherweise in psychologischen Fachzeitschriften veröffentlicht. Durch die Anonymisierung der Daten ist eine Identifikation Ihrer Person nicht möglich.

Für weitere Fragen zu der Studie stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

PD Dr. Martina Piefke

Dr. Katharina Rohlfing

Dipl.-Psych. Silke Fischer

## ANHANG B: EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG (ERWACHSENE)



Universität Bielefeld

Cognitive Interaction Technology  
Exzellenzcluster



Universität Bielefeld • Postfach 10 01 31 • 33501 Bielefeld

Untersuchungsleiterin:  
Dipl.-Psych. Silke Fischer

Telefon: (0521) 106 - 12244  
Telefax: (0521) 106 - 12525  
E-Mail:  
fischer@techfak.uni-bielefeld.de

Raum-Nr.: Q2-144

Bielefeld, den

### EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

#### Zur Teilnahme an der Studie „Wahrnehmung von Farben und Tönen“

Hiermit erkläre ich, Frau/ Herr \_\_\_\_\_, mich bereit, an der Fragebogenstudie „*Wahrnehmung von Farben und Tönen*“ am Exzellenzcluster – Cognitive Interaction Technology (CITEC) der Universität Bielefeld teilzunehmen. Ich bin mündlich und schriftlich umfassend über Inhalt, Zweck und Umfang der Untersuchung informiert worden und habe keine weiteren Fragen zu der Studie. Die Teilnahme an der Studie ist **freiwillig**, und ich kann die Untersuchung **jederzeit** ohne Angabe von Gründen abbrechen, ohne dass mir dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

Frau PD Dr. Piefke, Frau Dr. Rohlfig (Projektleiterinnen) und Frau Dipl.-Psych. Silke Fischer (Untersuchungsleiterin) verpflichten sich, die eingesehenen und erhobenen Daten **anonym** und **streng vertraulich** zu behandeln und unterliegen der Schweigepflicht.

Ich erkläre mich bereit, dass die Ergebnisse meiner Untersuchung von dem Exzellenzcluster – Cognitive Interaction Technology (CITEC) der Universität Bielefeld in **anonymisierter** Form für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden.

\_\_\_\_\_  
Ort

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift (Probandin/Proband)

\_\_\_\_\_  
Dipl.-Psych. Silke Fischer

Bankverbindung: Universitätskasse Bielefeld, WestLB AG Düsseldorf, BLZ 300 500 00, Konto-Nr. 61 036  
Umsatzsteuer-Nr.: 305/5879/0433 – Finanzamt Bielefeld Innenstadt  
Dienstgebäude: Universität Bielefeld, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld  
Öffentliche Verkehrsmittel: Stadtbahnlinie 4 ab Jahnplatz und ab Hauptbahnhof – Richtung Lohmannshof



## ANHANG C: DEMOGRAPHISCHER FRAGEBOGEN (ERWACHSENE)

PROBANDENCODE: \_\_\_\_\_ Untersuchungsdatum: \_\_\_\_\_

---

### Anamnesebogen

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_ Geschlecht: \_\_\_ Händigkeit: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_ Geburtsort: \_\_\_\_\_ Familienstand: \_\_\_\_\_

Anschrift: : \_\_\_\_\_

---

#### Schulbildung:

Hauptschule  Realschule  Gymnasium  andere Schulart: \_\_\_\_\_

Schulabschluß: \_\_\_\_\_

#### Berufsausbildung:

Berufsschule: \_\_\_\_\_ Lehre: \_\_\_\_\_ Studium: \_\_\_\_\_

Derzeitige Berufstätigkeit: \_\_\_\_\_ frühere Berufstätigkeit: \_\_\_\_\_

---

#### Gesundheit:

Kopfverletzungen (mit zeitlicher Zuordnung): \_\_\_\_\_

Medizinische Erkrankungen (mit zeitlicher Zuordnung): \_\_\_\_\_

Psychiatrische Erkrankungen (mit zeitlicher Zuordnung): \_\_\_\_\_

Neurologische Erkrankungen (mit zeitlicher Zuordnung): \_\_\_\_\_

Sehbeeinträchtigungen: \_\_\_\_\_

Hörbeeinträchtigungen: \_\_\_\_\_

Farbenfehlsichtigkeit: \_\_\_\_\_

Nikotinkonsum: \_\_\_\_\_ Alkoholkonsum: \_\_\_\_\_ Koffeinkonsum: \_\_\_\_\_

Andere Substanzen: \_\_\_\_\_

Einnahme von Medikamenten:

Regelmäßig: \_\_\_\_\_

Gelegentlich: \_\_\_\_\_

---

#### Sprachen

Muttersprache(n): \_\_\_\_\_

Mehrsprachig aufgewachsen? \_\_\_\_\_

Weitere Sprachen: \_\_\_\_\_

Sonstige Bemerkungen

Forschungsprojekt: „Wahrnehmung und Lernen bei Kindern und Erwachsenen“

## ANHANG D: FRAGEBOGEN ZUR WAHRNEHMUNG VON FARBEN

Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

### **„Wahrnehmung und Lernen bei Kindern und Erwachsenen“ Fragebogen**

















Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

Vielen Dank bis hierhin für Ihre freien Assoziationen!

Im Folgenden sind zunächst verschiedene Begriffe vorgegeben. Bitte bewerten Sie, wie *positiv*, *negativ* oder *neutral* jeder Begriff für Sie besetzt ist, indem Sie die Zahl ankreuzen, die Ihre Empfindung am besten trifft. Benutzen Sie bitte dabei die angegebene Skala von -5 (sehr negativ) über 0 (neutral) bis +5 (sehr positiv):

Anschließend sind für jede Farbe verschiedene Begriffe vorgegeben. Bitte bewerten Sie wiederum anhand der 5-stufigen Bewertungsskala, wie stark Sie ganz persönlich diese Begriffe mit der jeweiligen Farbe verbinden.

Auch hierbei gibt es keine richtigen oder falschen Antworten, entscheiden Sie bitte ganz spontan!

Bitte blättern Sie um und beginnen Sie mit der Bewertung der Begriffe.

Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Emotionalitätsskala Begriffe</b>												
	Die Begriffe bewerte ich folgendermaßen:											
	Stark negativ					Neutral					Stark positiv	
1 Gift	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
2 Wüste	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
3 Kälte	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
4 Schleim	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
5 Stopp	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
6 Sonnenblume	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
7 Zitrone	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
8 Hitze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
9 Neid	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
10 Leidenschaft	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
11 Dürre	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
12 Meer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
13 Kirsche	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
14 Sand	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
15 Wut	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
16 Wald	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
17 Ampel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
18 Zorn	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
19 Helligkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
20 Sonne	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
21 Gras	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
22 Kühle	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
23 Himmel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
24 Erdbeere	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
25 Feuer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
26 Polizei-grün	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
27 Hoffnung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
28 Eifersucht	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
29 Tiefe	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
30 Natur	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
31 Liebe	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
32 Blut	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
33 Papiermülltonne	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
34 Verletzung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
35 Hochwasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
36 Traurigkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
37 Übelkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
38 Einsamkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
39 Eiter	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
40 Schimmel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
41 Banane	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
42 Die Grünen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
43 Mais	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
44 Frosch	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
45 Eis	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
46 Wasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
47 Betrunkenheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	
48 Gefahr	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	

Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit der Farbe „Grün“</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit der Farbe:												
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark	
1	Gift	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Ampel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Schimmel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Natur	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Hoffnung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Frosch	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Schleim	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Wald	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Die Grünen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Übelkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Polizei-grün	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Gras	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit der Farbe „Blau“</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit der Farbe:												
	Sehr wenig					Weder noch						Sehr stark
1	Einsamkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Kühle	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Meer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Betrunkenheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Himmel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Wasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Kälte	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Tiefe	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Eis	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Hochwasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Papiermülltonne	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Traurigkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit der Farbe „Gelb“</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit der Farbe:												
	Sehr wenig					Weder noch						Sehr stark
1	Wüste	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Sand	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Sonne	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Dürre	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Banane	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Helligkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Sonnenblume	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Eifersucht	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Zitrone	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Eiter	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Mais	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Neid	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit der Farbe „Rot“</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit der Farbe:												
		Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark
1	Erdbeere	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Kirsche	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Wut	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Blut	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Feuer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Verletzung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Hitze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Liebe	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Leidenschaft	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Stopp	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Gefahr	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Zorn	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Fragebogen zur Wahrnehmung von Farben

Code:  
Reihenfolge: 1

Bitte beantworten Sie nun noch die beiden folgenden Fragen:

1. Ist jede Farbe für Sie untrennbar mit bestimmten Zahlen oder bestimmten Buchstaben verknüpft?

Ja                       Nein

2. Ist jede Farbe für Sie untrennbar mit bestimmten Tönen oder Melodien verknüpft?

Ja                       Nein

Würden Sie uns Ihren Namen und Ihre Kontaktdaten wie Telefonnummer oder E-Mail für eventuelle Rückfragen nennen?

Name: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

EIGENE ANMERKUNGEN ZU DIESER ERHEBUNG/ DIESEM FRAGEBOGEN:

Geschafft!

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme an unserer Fragebogenstudie!



Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

Bitte geben Sie nun an, wie intensiv Sie jeweils folgende Emotionen während des Tons empfunden haben:

<b>Emotionen zu Ton 1</b>											
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark
Belustigung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Ärger	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Angst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Verwirrtheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Verachtung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Abscheu	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Peinlichkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Furcht	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Schuld	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Glück	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Interesse	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Freude	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Liebe	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Stolz	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Traurigkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Scham	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Überraschung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Unzufriedenheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
<b>Haben Sie andere Emotionen empfunden? Wenn ja, welche (bitte angeben)? Und in welcher Stärke?</b>											
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Bitte geben Sie nun noch an, wie *positiv*, *negativ* oder *neutral* Sie den **Ton** insgesamt wahrnehmen.

**Emotionalitätsskala zu Ton 1**

-5      -4      -3      -2      -1      0      1      2      3      4      5  
 stark negative      neutral      stark positive  
 Emotionen      Emotionen



Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

Bitte geben Sie nun an, wie intensiv Sie jeweils folgende Emotionen während des Tons empfunden haben:

<b>Emotionen zu Ton 2</b>											
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark
Belustigung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Ärger	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Angst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Verwirrtheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Verachtung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Abscheu	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Peinlichkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Furcht	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Schuld	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Glück	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Interesse	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Freude	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Liebe	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Stolz	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Traurigkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Scham	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Überraschung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Unzufriedenheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
<b>Haben Sie andere Emotionen empfunden? Wenn ja, welche (bitte angeben)? Und in welcher Stärke?</b>											
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Bitte geben Sie nun noch an, wie *positiv*, *negativ* oder *neutral* Sie den Ton insgesamt wahrnehmen.

**Emotionalitätsskala zu Ton 2**

-5      -4      -3      -2      -1      0      1      2      3      4      5  
 stark negative      neutral      stark positive  
 Emotionen      Emotionen







Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

Bitte geben Sie nun an, wie intensiv Sie jeweils folgende Emotionen während des Tons empfunden haben:

<b>Emotionen zu Ton 4</b>											
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark
Belustigung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Ärger	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Angst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Verwirrtheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Verachtung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Abscheu	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Peinlichkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Furcht	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Schuld	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Glück	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Interesse	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Freude	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Liebe	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Stolz	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Traurigkeit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Scham	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Überraschung	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Unzufriedenheit	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
<b>Haben Sie andere Emotionen empfunden? Wenn ja, welche (bitte angeben)? Und in welcher Stärke?</b>											
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Bitte geben Sie nun noch an, wie *positiv*, *negativ* oder *neutral* Sie den Ton insgesamt wahrnehmen.

**Emotionalitätsskala zu Ton 4**

-5      -4      -3      -2      -1      0      1      2      3      4      5  
 stark negative      neutral      stark positive  
 Emotionen      Emotionen

Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

Vielen Dank bis hierhin für Ihre freien Assoziationen!

Im Folgenden sind zunächst verschiedene Begriffe vorgegeben. Bitte bewerten Sie, wie *positiv*, *negativ* oder *neutral* jeder Begriff für Sie besetzt ist, indem Sie die Zahl ankreuzen, die Ihre Empfindung am besten trifft. Benutzen Sie bitte dabei die angegebene Skala von -5 (sehr negativ) über 0 (neutral) bis +5 (sehr positiv):

Anschließend sind für jeden einzelnen Ton verschiedene Begriffe vorgegeben. Bitte bewerten Sie wiederum anhand der 5-stufigen Bewertungsskala, wie stark Sie ganz persönlich diese Begriffe mit dem jeweiligen Ton verbinden. Beginnen Sie dabei bitte wieder mit dem ersten Ton.

Auch hierbei gibt es keine richtigen oder falschen Antworten, entscheiden Sie bitte ganz spontan!

Bitte blättern Sie um und beginnen Sie mit der Bewertung der Begriffe.

Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Emotionalitätsskala Begriffe</b>												
Die Begriffe bewerte ich folgendermaßen:												
	Stark negativ					Neutral					Stark positiv	
1	Vogel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Gewehr	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Schelle	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Wasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Hacke	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Ballade	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Zirkus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Musik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Anruf	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Katze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Fabrik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Telefon	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
13	Krieg	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
14	Konzert	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
15	Muschel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
16	Donner	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
17	Sirene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
18	Fluss	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
19	Münze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
20	Applaus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
21	Bohrer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
22	Elefant	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
23	Hafen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
24	Gitarre	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
25	Unfall	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
26	Radio	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
27	Kröte	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
28	Husten	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
29	Hammer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
30	Kiesel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
31	Gebrüll	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
32	Biene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
33	Pfeife	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
34	Krach	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
35	Hörfunk	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
36	Fußball	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
37	Alarm	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
38	Klavier	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
39	Drill	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
40	Klingel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
41	Brand	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
42	Schiff	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
43	Jubel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
44	Hengst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
45	Granate	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

10

Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit Ton 1</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit dem Ton:												
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark	
1	Vogel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Gewehr	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Schelle	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Wasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Hacke	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Ballade	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Zirkus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Musik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Anruf	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Katze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Fabrik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Telefon	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
13	Krieg	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
14	Konzert	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
15	Muschel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
16	Donner	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
17	Sirene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
18	Fluss	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
19	Münze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
20	Applaus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
21	Bohrer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
22	Elefant	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
23	Hafen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
24	Gitarre	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
25	Unfall	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
26	Radio	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
27	Kröte	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
28	Husten	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
29	Hammer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
30	Kiesel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
31	Gebrüll	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
32	Biene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
33	Pfeife	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
34	Krach	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
35	Hörfunk	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
36	Fußball	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
37	Alarm	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
38	Klavier	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
39	Drill	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
40	Klingel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
41	Brand	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
42	Schiff	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
43	Jubel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
44	Hengst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
45	Granate	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit Ton 2</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit dem Ton:												
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark	
1	Vogel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Gewehr	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Schelle	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Wasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Hacke	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Ballade	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Zirkus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Musik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Anruf	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Katze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Fabrik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Telefon	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
13	Krieg	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
14	Konzert	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
15	Muschel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
16	Donner	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
17	Sirene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
18	Fluss	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
19	Münze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
20	Applaus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
21	Bohrer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
22	Elefant	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
23	Hafen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
24	Gitarre	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
25	Unfall	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
26	Radio	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
27	Kröte	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
28	Husten	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
29	Hammer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
30	Kiesel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
31	Gebrüll	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
32	Biene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
33	Pfeife	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
34	Krach	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
35	Hörfunk	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
36	Fußball	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
37	Alarm	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
38	Klavier	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
39	Drill	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
40	Klingel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
41	Brand	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
42	Schiff	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
43	Jubel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
44	Hengst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
45	Granate	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit Ton 3</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit dem Ton:												
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark	
1	Vogel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Gewehr	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Schelle	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Wasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Hacke	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Ballade	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Zirkus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Musik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Anruf	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Katze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Fabrik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Telefon	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
13	Krieg	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
14	Konzert	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
15	Muschel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
16	Donner	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
17	Sirene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
18	Fluss	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
19	Münze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
20	Applaus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
21	Bohrer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
22	Elefant	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
23	Hafen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
24	Gitarre	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
25	Unfall	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
26	Radio	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
27	Kröte	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
28	Husten	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
29	Hammer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
30	Kiesel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
31	Gebrüll	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
32	Biene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
33	Pfeife	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
34	Krach	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
35	Hörfunk	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
36	Fußball	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
37	Alarm	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
38	Klavier	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
39	Drill	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
40	Klingel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
41	Brand	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
42	Schiff	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
43	Jubel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
44	Hengst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
45	Granate	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

Fragebogen zur Wahrnehmung von Tönen

Code:  
Reihenfolge: 1

<b>Ich verbinde mit Ton 4</b>												
Die Begriffe verbinde ich in folgender Stärke mit dem Ton:												
	Sehr wenig					Weder noch					Sehr stark	
1	Vogel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	Gewehr	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
3	Schelle	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
4	Wasser	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	Hacke	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
6	Ballade	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
7	Zirkus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
8	Musik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
9	Anruf	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
10	Katze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
11	Fabrik	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
12	Telefon	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
13	Krieg	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
14	Konzert	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
15	Muschel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
16	Donner	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
17	Sirene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
18	Fluss	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
19	Münze	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
20	Applaus	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
21	Bohrer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
22	Elefant	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
23	Hafen	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
24	Gitarre	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
25	Unfall	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
26	Radio	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
27	Kröte	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
28	Husten	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
29	Hammer	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
30	Kiesel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
31	Gebrüll	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
32	Biene	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
33	Pfeife	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
34	Krach	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
35	Hörfunk	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
36	Fußball	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
37	Alarm	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
38	Klavier	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
39	Drill	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
40	Klingel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
41	Brand	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
42	Schiff	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
43	Jubel	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
44	Hengst	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
45	Granate	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5



## ANHANG F: VALENZ DER ASSOZIATIONEN TÖNE (ERWACHSENE)

Assoziationen	Valenz
Alarm	-
Anruf	+
Applaus	+
Ballade	+
Biene	0
Bohrer	0
Brand	-
Donner	0
Drill	-
Elefant	+
Fabrik	-
Fluss	+
Fussball	0
Gebuell	-
Gewehr	-
Gitarre	+
Granate	-
Hacke	0
Hafen	+
Hammer	0
Hengst	0
Hoerfunk	+
Husten	-
Jubel	+
Katze	+
Kiesel	0
Klavier	+
Klingel	0
Konzert	+
Krach	-
Krieg	-
Kroete	0
Muenze	+
Muschel	+
Musik	+
Pfeife	0
Radio	+
Schelle	0
Schiff	+
Sirene	-
Telefon	+
Unfall	-
Vogel	+
Wasser	+
Zirkus	0

## ANHANG G: INFORMATIONSBLATT FÜR PROBANDEN/ EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG (SÄUGLINGS)

1

### **Einwilligungserklärung der Eltern für die Teilnahme an einer Studie zur Wahrnehmungsentwicklung ihrer Kinder**

Ihr Kind wird gebeten, an einer Forschungsstudie zur Entwicklung der Wahrnehmung von Objekten teilzunehmen. Die Studie wird durchgeführt von Frau Dipl.-Psych. Silke Fischer, Emergentist Semantics Group, CITEC, Universität Bielefeld unter der Leitung von Frau PD Dr. Katharina Rohlfing, Emergentist Semantics Group, CITEC, Universität Bielefeld, und Frau PD Dr. Martina Piefke, CITEC, Universität Bielefeld. Die Studie wird finanziert von dem Center of Excellence – Cognitive Interaction Technology (CITEC). Wir erhoffen uns von den Ergebnissen der Studie, etwas darüber zu erfahren, wie Säuglinge und Kleinkinder die Ereignisse in ihrer Umwelt verarbeiten und verstehen. Ihr Kind wurde als möglicher Teilnehmer unserer Studie ausgewählt, weil es zu der Altersgruppe gehört, für die wir uns interessieren. Ihr Kind wird eines von etwa 100 Kindern sein, die ausgewählt wurden, an dieser Studie teilzunehmen. Wir bitten Sie, dieses Formular zu lesen und eventuelle Fragen zu stellen, bevor Sie sich einverstanden erklären, an der Studie teilzunehmen.

#### **Ziel unserer Studie**

Das Ziel unserer Studie ist es zu untersuchen, wie Kinder ihre sichtbare und klangliche Welt verarbeiten und sie verstehen. Weiterhin sind wir daran interessiert, welche Auswirkungen Sprache auf diese Prozesse hat. Aus diesem Grund zeigen wir den Kindern einige Gegenstände auf Video und nehmen auf, wie lange das Kind jede Szene anschaut. Wir untersuchen jeweils 15 einsprachige Kinder, die in Deutschland aufwachsen, in den folgenden Altersgruppen: 4 Monate, 8 Monate, 12 Monate, 14 Monate, 18 Monate, 24 Monate (Das heißt, wir testen 15 Kinder im Alter von 4 Monaten, weitere 15 Kinder im Alter von 8 Monaten usw.).

#### **Beschreibung der Studie**

Falls Sie sich entschließen, an der Studie teilzunehmen, wird Ihr Kind kurze, auf Video aufgezeichnete Ereignisse sehen. Genauer gesagt wird Ihr Kind zwei oder mehr Videos von einem Objekt mit bestimmter Farbe sehen, das eventuell mit einem bestimmten Ton kombiniert ist. Die Dauer des Blickkontakts von Ihrem Kind mit jedem einzelnen Ereignis wird auf Video aufgezeichnet. Wir werden diese Ereignisse so häufig wiederholen, bis Ihr Kind das Interesse an ihnen verliert und eine geringere Blickdauer zeigt. Danach werden wir neue Ereignisse präsentieren und die Blickdauer Ihres Kindes auf diese Ereignisse messen. Die Testeinheit dauert ungefähr 3-8 Minuten. Sie werden zu keiner Zeit während der Sitzung von Ihrem Kind getrennt werden. Darüber hinaus werden wir die Sitzung abbrechen, falls Ihr Kind aus irgendeinem Grund zu unruhig wird, um fortfahren zu können. Sie können die Sitzung ebenfalls zu jeder Zeit und aus jeglichem Grund abbrechen, ohne benachteiligt zu werden.

Nach der Testsitzung werden wir Sie bitten, einen Fragebogen auszufüllen, in dem Vokabeln erfasst werden, die Ihr Kind versteht und/oder produziert.

#### **Nutzen, Risiko und mögliche Unannehmlichkeiten**

Obwohl die Teilnahme an dieser Forschungsstudie keinen direkten Nutzen für Sie oder Ihr Kind hat, helfen Sie uns zu verstehen, wie Säuglinge und Kleinkinder ihre Welt organisieren und verstehen. Unsere Erfahrungen zeigen, dass Kinder an den Videoszenen, die wir ihnen zeigen, interessiert sind. Die Prozedur beinhaltet keinerlei Risiko jenseits dessen, welches Sie und Ihr Kind im alltäglichen Leben haben. Wir werden jeglichen Versuch unternehmen, die Situation für Sie und Ihr Kind so angenehm wie möglich zu gestalten. Falls Ihr Kind müde wird oder das Interesse verliert, werden wir die Sitzung abbrechen. Ebenso können Sie die Teilnahme zu jeder Zeit entweder vorübergehend oder dauerhaft abbrechen.

#### **Vertraulichkeit**

Jegliche Information aus dieser Studie, die Sie oder Ihr Kind betrifft, wird vertraulich behandelt. Veröffentlichungen zu dieser Studie werden keinerlei Informationen beinhalten, die Sie oder Ihr Kind identifizieren könnten.

*Einverständniserklärung, Version 2.0*

Mit Ihrem Einverständnis werden von Ihrem Kind während der Testsitzungen Videoaufnahmen gemacht werden, die es uns ermöglichen, Daten im Nachhinein auf Ihre Genauigkeit hin zu untersuchen und uns so eine dauerhafte Aufnahme der erhaltenen Daten liefern. Die Bänder werden in unserem Forschungslabor aufbewahrt, so dass nur die Forscher Zugang zu ihnen haben. Nur für den Fall, dass Sie zustimmen, könnten die Audio- und Videoaufnahmen von Ihrem Kind zu Trainings- und Lehrzwecken gebraucht werden, aber alle Informationen über Ihr Kind werden ausgeblendet, um nicht den Namen bekannt zu geben. Bitte beachten Sie, dass jemand, der Ihr Kind zu dem Zeitpunkt der Aufnahme kennt, Ihr Kind aus Audio- und Videoaufnahmen wieder erkennen könnte. Sie können uns zu jeder Zeit kontaktieren und verlangen, dass wir Ihre Videobänder aus dem Archiv entfernen. Diskretion wird in dem Maße aufrechterhalten werden, wie es das Gesetz erlaubt.

Die Videobänder werden in unserem Forschungslabor aufbewahrt. Die Räume sind verschließbar und nur für Mitglieder unseres Forschungsteams zugänglich. Die Leiterin der Forschungsgruppe ist die Hauptperson, die Zugriff zu den Bändern hat. Forschungsassistenten sehen und hören Ihre Aufzeichnungen, haben jedoch keinen Zugriff zu Ihrem vollständigen Namen.

Das Ziel der Studie ist, Durchschnittswerte zu erhalten: Wir sind daran interessiert herauszufinden, wie Kleinkinder desselben Alters neue Wörter erlernen. Zu diesem Zweck werden am Ende der Studie die Daten aller Kinder gemittelt und als Gruppenwert berichtet.

Auf Ihre Anfrage hin löschen wir Ihre Bänder für den Fall, dass Sie die Teilnahme abbrechen und wünschen, dass die bis dahin gemachten Bänder gelöscht werden.

**Entlohnung/Aufwandsentschädigung**

Als Zeichen unserer Anerkennung wird ihr Kind ein Spielzeug oder ein Buch geschenkt bekommen.

**Freiwilligkeit der Teilnahme**

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Ihre Entscheidung über die Teilnahme wird Ihre zukünftigen Kontakte zur Universität Bielefeld in keiner Weise beeinflussen. Wenn Sie sich zu einer Teilnahme entschließen, steht es Ihnen jederzeit frei, Ihr Einverständnis zurück zu ziehen und Ihre Teilnahme zu beenden, ohne Nachteile befürchten zu müssen.

**Fragen zur Studie**

Falls Sie jetzt Fragen zur Forschung haben, bitte fragen Sie. Wenn Sie später Fragen zur Forschung und/oder zu damit verbundenen Themen haben, kontaktieren Sie bitte Frau Dipl.-Psych. Silke Fischer, unter der Nummer 0521/106-12244 oder per E-Mail [fischer@techfak.uni-bielefeld.de](mailto:fischer@techfak.uni-bielefeld.de). Frau Fischer freut sich, Ihre Fragen zu beantworten.

**Einverständniserklärung**

Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie, dass Sie die Informationen in dieser Einverständniserklärung gelesen haben und dass Sie Gelegenheit hatten, Fragen zur Studie zu stellen. Des Weiteren bestätigen Sie mit Ihrer Unterschrift, dass Sie einverstanden sind und Ihrem Kind erlauben, an der Studie teilzunehmen sowie dass Sie wissen, dass Sie jederzeit Ihre Meinung ändern und Ihr Einverständnis zurück nehmen können. Ihnen wurde eine Kopie dieser Vereinbarung ausgehändigt.

Name des Kindes

\_\_\_\_\_

Name des Elternteils

\_\_\_\_\_

Unterschrift des Elternteils

\_\_\_\_\_

Datum

\_\_\_\_\_

Unterschrift des Experimentators

\_\_\_\_\_

Datum

\_\_\_\_\_

**Einverständniserklärung für die Nutzung der Audio- und Videoaufzeichnungen**

Ich stimme zu, dass von meinem Kind und mir **Audio- und Videoaufnahmen** während der Studie gemacht werden, die eine anschließende Analyse seiner Blickbewegungen erlauben.

Ja       Nein

Ich stimme zu, dass die Audio- und Videoaufnahmen zu **Forschungszwecken** zeitlich unbegrenzt aufbewahrt und benutzt werden, und ich weiß darüber Bescheid, dass die Aufnahmen von mir selbst und von meinem Kind benutzt werden. Ich weiß, dass ich auch dann an der Studie teilnehmen kann, wenn ich nicht damit einverstanden bin, dass meine Aufzeichnungen zu Lehr-, Trainingszwecken genutzt werden und diese Aufzeichnungen gelöscht werden sollen.

Ja       Nein      Unterschrift: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

## ANHANG H: DEMOGRAPHISCHER FRAGEBOGEN (SÄUGLINGE)

1/2

### Demographische Daten

Diese Daten werden aus statistischen Gründen erhoben, ihre Angabe ist freiwillig. Die Speicherung Ihrer in der Studie erhobenen Daten erfolgt jedoch selbstverständlich anonym. Vielen Dank für Ihre Angaben!

Name des Kindes: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Geschlecht: männlich  weiblich

Ihr Name: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

---

#### 1. Schulbildung der Mutter (Abschluss)

Hauptschulabschluss   
Realschulabschluss   
Abitur/Fachabitur   
Fachhochschulabschluss   
Hochschulabschluss   
Promotion

#### 2. Schulbildung des Vaters (Abschluss)

Hauptschulabschluss   
Realschulabschluss   
Abitur/Fachabitur   
Fachhochschulabschluss   
Hochschulabschluss   
Promotion

---

Bitte beantworten Sie nun noch einige Fragen zu Ihrem Kind:

3. Ist Ihr Kind früher geboren? Ja  Nein

Falls ja, würden Sie sein Geburtsgewicht angeben und den eigentlichen Geburtstermin?

Geburtsgewicht (ca.): \_\_\_\_\_

Geburtstermin: \_\_\_\_\_

**4. Seh- und Hörvermögen**

a. Ist das **Sehvermögen** Ihres Kindes normal ausgeprägt?

Ja                       Nein

b. Ist das **Hörvermögen** Ihres Kindes normal ausgeprägt?

Ja                       Nein

**5. Farbenfehlsichtigkeit (Familie)**

Wurde bei einem Familienmitglied Farbenblindheit oder Farbenfehlsichtigkeit festgestellt (z.B. sogenannte Rot-Grün-Blindheit)?

Diese Frage betrifft sowohl die **Eltern** als auch die **Großeltern** des Kindes.

Ja                       Nein

**6. Sprachen**

Wächst Ihr Kind einsprachig auf, mit Deutsch als Muttersprache?

Ja                       Nein

Falls nicht, wie viel Prozent deutsch hört Ihr Kind? \_\_\_\_\_ %

Welche andere(n) Sprache(n), zu welchem Anteil? \_\_\_\_\_ %

\_\_\_\_\_

**7. Hat Ihr Kind Geschwister (Geschlecht, Alter)?**

1 \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_

---

Sind Sie daran interessiert, an weiteren Studien der Universität Bielefeld teilzunehmen, und damit einverstanden, dass wir zu diesem Zwecke Ihre Kontaktdaten speichern?

Ja                       Nein

**Vielen Dank für das Ausfüllen des Fragebogens!**

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbständig verfasst wurde und alle von mir genutzten Hilfsmittel angegeben wurden.

Ich versichere, dass aus anderen Quellen entnommene Daten und Konzepte gekennzeichnet sind.

Die Arbeit hat in der gegenwärtigen oder einer anderen Fassung keiner anderen Fakultät vorgelegen.

Bielefeld, den 12.06.12

---