

Michael Thorsten Leßing

Technologietransfer und „intra firm“-Diffusion von
wissensintensiven synergetischen
F&E-Prozesstechnologien
am Beispiel von Computational Chemistry Technologien

2008

Betriebswirtschaftslehre in den Naturwissenschaften

**Technologietransfer und „intra firm“ Diffusion von
wissensintensiven synergetischen
F&E-Prozesstechnologien
am Beispiel von Computational Chemistry Technologien**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften im Fachbereich Chemie und Pharmazie
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Michael Thorsten Leßing
aus Miltenberg

- 2008 -

Dekan:Prof. Dr. F. Ekkehardt Hahn

Erster Gutachter:.....Prof. Dr. Jens Leker

Zweiter Gutachter:.....Prof. Dr. Stefan Grimme

Dritter Prüfer:.....Prof. Dr. Andreas Heuer

Tag der mündlichen Prüfung:16.12.2008

Tag der Promotion:.....

Danksagung

Das Licht am Ende des Tunnels in dunkler Nacht sieht man nicht durch die eigene Taschenlampe sondern durch viele kleine und große Kerzen an dessen Ausgang. Auf dieser Seite möchte ich allen, die eine solche Kerze für die Erstellung dieser Arbeit trugen, von Herzen danken:

- Prof. Dr. Leker für die fürsorgliche Betreuung, den innovativen und aufgeschlossenen Geist am Institut, für das mir entgegengebrachte Vertrauen und die große Freiheit bei der Wahl und Bearbeitung meines Themas sowie für die hervorragende Infrastruktur und die helfende Hand wenn der Gedankenfluss ins Stocken geriet. Die unermessliche Geduld, die er mir entgegenbrachte, verdient besonderen Dank.
- Prof. Dr. Grimme für die Übernahme des Zweitgutachtens und die fruchtbaren Diskussionen bei Erstellung und Auswertung der Online-Fragebögen.
- Prof. Dr. Heuer für die Übernahme der Aufgabe des Dritten Prüfers sowie seine wertvollen Anregungen bei der Erstellung des Konzeptes für die empirischen Erhebungen.
- Prof. Dr. Hahn für die Betreuung im Graduiertenkolleg.
- Unserer Sekretärin Anne Große-Daldrup für die geduldige Beantwortung aller organisatorischer Fragen, die Aufrechterhaltung des Institutsbetriebs und für das Heben der Moral auch in Situationen der kollektiven Depression.
- Meiner Bürokollegin Andrea van der Velde, für die vielen interessanten Gespräche und Diskussionen nicht nur fernab der Forschung.
- Jan-Henning Trustorff für seine tatkräftige Unterstützung bei EDV-Problemen.
- Birgit Botterweck für die gemeinsamen Gänge zur benachbarten Tankstelle wenn die Köpfe mal wieder rauchten.
- Unseren studentischen Hilfskräften Stefanie Kristes, Verena Potysch und Nathalie Sick für die tatkräftige Unterstützung
- Allen anderen namentlich nicht genannten Kolleginnen und Kollegen aus dem Institut für betriebswirtschaftliches Management danke ich für die gute Arbeitsatmosphäre und gegenseitige Unterstützung auf dem Weg zu Dokortitel.
- Meiner Mutter, die mich immer wieder daran erinnert hat, dass die Arbeit noch nicht abgeschlossen ist.
- Meiner Frau ohne deren verbale und tatkräftige Unterstützung diese Arbeit wohl heute noch die „Unvollendete“ genannt würde und die mich im Rennen um den Dokortitel geschlagen hat, Mist!

VIELEN DANK!

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Zusammenfassung.....	IX
1. Einleitung	1
1.1 Technologietransfer von Computational Chemistry Technologien (CCT) – Problemstellung der Arbeit	1
1.2 Vorgehensweise der Arbeit	2
2. Computational Chemistry Technologien (CCT)	3
2.1 CCT – Definitionen.....	3
2.2 Computational Chemistry Technologien – Inhalte.....	4
2.3 Die Rolle von CCT.....	7
2.4 Beginn der industriellen Nutzung von CCT	9
2.5 Industrielle Modeller und ihre CCGs.....	10
2.6 Technologieentwicklung, -transfer und -adoption.....	11
2.7 Akzeptanz und Widerstand in der Industrie – Ausprägungen und Gründe.....	14
2.8 CCT-Charakteristika und Management-Aspekte.....	16
3. CCT als Prozessinnovationen bzw. Prozesstechnologien	19
3.1 Identifikation von CCT als Prozesstechnologien.....	19
3.2 Typologie von Prozessinnovationen	22
4. Theoretische Grundlagen	27
4.1 Hochschule-Industrie-Kooperationen.....	27
4.1.1 Definition und Formen des Technologietransfers.....	27
4.1.2 Unterschiede der Kooperationspartner: Motivationen, Aktionen, Organisationskultur.....	31
4.1.3 Vorteile und Ziele.....	32
4.1.3.1 Allgemein	32
4.1.3.2 Universität.....	32
4.1.4 Probleme, Nachteile, Barrieren von Kooperationen	37
4.1.5 Konsequenzen und Verbesserungsmöglichkeiten.....	39
4.1.6 Welche Forscher kooperieren?.....	40
4.1.7 Zukünftige Strategie.....	40

4.2	„Inter firm“-Diffusion und „intra firm“-Diffusion	41
5.	Empirischer Teil.....	48
5.1	Gesamtkonzeption der empirischen Erhebungen	48
5.2	Untersuchungsdesign der Fragebögen.....	49
5.2.1	Zielgruppen und Identifizierung von Individuen	49
5.2.2	Bias der Stichproben	50
5.2.3	Datenerhebung und Datenverarbeitung	51
5.2.4	Allgemeine Auswertungsergebnisse	53
5.2.5	Beschreibung der Stichproben und Antwortgesamtheiten sowie resultierende Probleme.....	53
5.2.6	Skalierung der Variablen.....	56
5.2.7	Zusammenfassung M ³ QA und M ³ QI	56
5.3	Ergebnisse Technologietransfer und Kooperation	57
5.3.1	Bezugsrahmen und Hypothesen.....	57
5.3.2	Deskriptive Analyse des Kontextkomplexes (Komplex 1).....	59
5.3.2.1	Akademischer Arbeitskreis.....	59
5.3.2.2	Persönliche Erfahrungen und Konferenzaktivitäten	61
5.3.2.3	Zusammenfassung des Kontextkomplexes	62
5.3.3	Befunde zum Komplex Einflussfaktoren (Komplex 2).....	63
5.3.3.1	Fachliches Kooperationsfeld und Kooperationsgründe.....	63
5.3.3.2	Forschungsagenda und Kooperationsbereitschaft.....	65
5.3.3.3	Negative Kooperationsaspekte.....	68
5.3.3.4	Kommunikation und Monitoring-Aktivitäten der Industrie	72
5.3.3.5	Korrelationen.....	74
5.3.3.6	Zusammenfassung des Komplexes Einflussfaktoren	76
5.3.4	Befunde zum Komplex Kooperations- und Technologietransfer-Realität (Komplex 3)	77
5.3.4.1	Kooperationspartner und Kontaktarten.....	78
5.3.4.2	Kooperationsintensität.....	79
5.3.4.3	Effizienz des Technologietransfers.....	84
5.3.4.4	Kooperationsstrategie	86
5.3.4.5	Zusammenfassung des Komplexes Realität.....	88
5.3.5	Befunde zum Zusammenhang zwischen Kontextfaktoren und Einflussfaktoren der Kooperationsrealität (Komplex A)	90

5.3.5.1	Zusammenhang der Kontextfaktoren mit Kooperationsfeld und Kooperationsgründen.....	90
5.3.5.2	Einfluss der Kontextfaktoren auf Forschungsagenda und Kooperationsbereitschaft.....	91
5.3.5.3	Einfluss der Kontextfaktoren auf negative Kooperationsaspekte	93
5.3.5.4	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Kommunikationsaktivität der Industrie	93
5.3.6	Befunde zum Zusammenhang zwischen Kontextfaktoren und Kooperationsrealität (Komplex B)	94
5.3.6.1	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Wichtigkeit der Kontaktarten.....	94
5.3.6.2	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Kooperationsintensität der Professoren.....	95
5.3.6.3	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Effizienz des Technologietransfers	96
5.3.6.4	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Kooperationsstrategie der Professoren.....	96
5.3.7	Befunde zum Zusammenhang zwischen den Einflussfaktoren und der Kooperationsrealität (Komplex C)	97
5.3.7.1	Einfluss des Kooperationsfeldes / der Kooperationsgründe auf die Kooperations- und Technologietransfer-Realität.....	97
5.3.7.2	Einfluss der Forschungsagenda und der Kooperationsbereitschaft auf die Kooperations- und Technologietransfer-Realität.....	100
5.3.7.3	Einfluss der negativen Kooperationsaspekte auf die Kooperations- und Technologietransfer-Realität	103
5.3.8	Multivariate Analyse der Kooperationsintensität.....	104
5.3.8.1	Binäre logistische Regression	105
5.3.8.2	Multiple Lineare Regression.....	107
5.3.9	Zusammenfassung Hochschul-Industrie-Kooperationen.....	109
5.4	Ergebnisse CCT-Ausbildung von Modellern und Chemikern	116
5.5	Ergebnisse „intra firm“-Diffusion und Akzeptanz.....	125
5.5.1	Bezugsrahmen und Hypothesen.....	125
5.5.2	Deskriptive Analyse des Kontextkomplexes.....	128
5.5.2.1	Unternehmens-Umfeld	128
5.5.2.2	Modelling-Umfeld	131
5.5.2.3	Modeller-Umfeld.....	132
5.5.2.4	Zusammenfassung des Kontextkomplexes	135
5.5.3	Befunde zum Komplex Einstellungen & Erwartungen	136

5.5.3.1	Das Management.....	136
5.5.3.2	Die Chemiker	138
5.5.3.3	Die Modeller.....	142
5.5.3.4	Zusammenhangsanalyse zum Komplex Einstellungen & Erwartungen	147
5.5.3.5	Zusammenfassung zum Komplex Einstellungen & Erwartungen.....	150
5.5.4	Befunde zum Komplex Diffusionsfortschritt.....	152
5.5.5	Befunde zum Zusammenhang zwischen Kontextfaktoren und den Einstellungen und Erwartungen der CCT-Akteure (Komplex A)	155
5.5.5.1	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Einstellungen und Erwartungen des Managements.....	156
5.5.5.2	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Einstellungen und Erwartungen der Chemiker	157
5.5.5.3	Einfluss der Kontextfaktoren auf die Einstellungen der Modeller	157
5.5.6	Befunde zum Einfluss der Kontextfaktoren auf den Diffusionsfortschritt (Komplex B).....	159
5.5.7	Befunde zum Einfluss der Einstellungen und Erwartungen auf den Diffusionsfortschritt (Komplex C).....	161
5.5.8	Diskriminanzanalyse	163
5.5.9	Zusammenfassung „intra firm“-Diffusion	166
6	Diskussion und Ausblick.....	171
6.1	F&E-Prozesstechnologie	171
6.2	Allgemeine Befunde	173
6.3	Hochschul-Industrie-Kooperationen.....	173
6.4	„Intra firm“-Diffusion.....	177
6.5	Ausbildungsergebnisse	180
6.6	Implikationen und Ausblicke	181
6.6.1	Management-Perspektive	181
6.6.2	Modelling-Perspektive	183
Anhang 1:	Fragebogen an die akademischen Modeller	185
Anhang 2:	Fragebogen an die industriellen Modeller	193
Anhang 3:	Einladungs-e-Mails für Hochschullehrer	200
Anhang 4:	Einladungs-e-Mails für industrielle Modeller	202
Anhang 5:	Unternehmen für den M ³ QI.....	204
Literaturverzeichnis	205
Lebenslauf	214

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich der Arbeitsweise von Modellern in Industrie und Hochschule	14
Tab. 2: Erweiterte Prozesstechnologie-Typologie in Anlehnung an Slack/Lewis.....	24
Tab. 3: Wissensinteraktions-Typen zwischen Universitäten und Unternehmen	28
Tab. 4: Relevanz der Interaktionsformen mit der Industrie für chemische Professoren.....	29
Tab. 5: Unterschiede zwischen akademischer und industrieller Forschung	31
Tab. 6: Kooperationsgründe und -motivation für akademische Forscher	33
Tab. 7: Vorteile von Hochschul-Industrie-Interaktionen aus akademischer Sicht	33
Tab. 8: Vorteile von Hochschul-Industrie-Kooperationen für Industrie	36
Tab. 9: Industrieinteresse an Interaktionen (aus akademischer Sicht)	36
Tab. 10: Relevanz von Kooperationsnachteilen/-barrieren für akademische Forscher.....	37
Tab. 11: Negative Einflüsse von engen Kooperationen auf Universitäten	38
Tab. 12: Zukünftige Kooperationsstrategie von akademischen & industriellen Forschern.....	40
Tab. 13: Vergleich Stichprobe und Antwortgesamtheit des M ³ QA	54
Tab. 14: Vergleich Stichprobe und Antwortgesamtheit des M ³ QI.....	54
Tab. 15: Zusammenfassung Untersuchungsdesign	56
Tab. 16: Anzahl Doktoranden (gesamt und nicht-national) im Arbeitskreis	60
Tab. 17: Beschäftigungsjahre der Professoren.....	61
Tab. 18: Anzahl jährlicher internationaler Konferenzteilnahmen	62
Tab. 19: Fachliches Kooperationsfeld der Industriekooperationen.....	63
Tab. 20: Hauptkooperationsgründe der Professoren	64
Tab. 21: Forschungsagenda und Forschungsinteresse der Professoren	66
Tab. 22: Industrielle „Awareness“ für Arbeitskreise.....	66
Tab. 23: Kooperationsbereitschaft ... (beurteilt durch die akademischen Forscher)	68
Tab. 24: Frequenz schlechter Erfahrungen bei Industriekooperationen	69
Tab. 25: Ablehnungsgründe für industrielle Kooperationen	69
Tab. 26: Nachteile von und Barrieren für Kooperationen (akademische Forscher)	71
Tab. 27: Nachteile von und Barrieren für Kooperationen (industrielle Modeller)	71
Tab. 28: Kommunikationsaktivität der Industrie bewertet durch	72
Tab. 29: Fit zwischen Ist- und Soll-Zustand der Monitoring-Intensität	73
Tab. 30: Maßnahmen zur Stärkung des Monitoring	74
Tab. 31: Korrelationstabelle für Variablen des Einflussfaktoren-Komplexes	74
Tab. 32: Relevanz von externen Kooperationspartnern für CCT-Transfer (Industrie)	78
Tab. 33: Wichtigkeit der Kontaktarten mit der Industrie (akademische Forscher).....	79
Tab. 34: Wichtigkeit der Kontaktarten mit akademischem Feld (industrielle Modeller)	79
Tab. 35: Anzahl aktueller Kooperationsprojekte mit der Industrie	80
Tab. 36: Trend: Anzahl an industriellen Kooperationsprojekten (letzte 5 Jahre)	81

Tab. 37: Höhe industrieller Anteil am akademischen Forschungsbudget.....	82
Tab. 38: Trend: Industrieller Anteil am Forschungsbudget (letzte 3 Jahre)	83
Tab. 39: Täglicher Zeitbedarf für Industriekooperationen (in % Gesamtforschungszeit)	83
Tab. 40: Bedeutung von CCT-Transfer-Vehikeln	85
Tab. 41: Effizienz des Transfers akademischen CCT-Wissens (Industrieantworten)	85
Tab. 42: Strategien zur Gewinnung neuer industrieller Kooperationspartner	87
Tab. 43: Zukünftige Kooperationsstrategie mit	88
Tab. 44: Korrelationstabelle Forschungsagenda/Kooperationsbereitschaft.....	101
Tab. 45: Korrelationstabelle negative Kooperationsaspekte/Kooperationsintensität	104
Tab. 46: Modellaufbau binäre logistische Regression.....	106
Tab. 47: Logistisches Regressionsmodell für Kooperationen (ja/nein).....	107
Tab. 48: Modellaufbau für multiple lineare Regression	108
Tab. 49: Lineares Regressionsmodell für Kooperationsanzahl	109
Tab. 50: Für Modeller wichtige Softskills	116
Tab. 51: Wichtige zweitrangige Ziele in PhD-Forschungsprojekten	117
Tab. 52: Vorbereitung der Studenten auf industriellen Modelling-Job.....	118
Tab. 53: Trend: Chance auf Industriestelle (während letzte 5 Jahre).....	119
Tab. 54: Verbleib ehemaliger Promotionsstudenten	119
Tab. 55: Korrelationstabelle Kooperationsaktivität/Studenten-Placement	120
Tab. 56: Wichtige Lerninhalte für Experimentalisten.....	121
Tab. 57: Ausbildungsrelevante Ausstattungsmerkmale des Arbeitskreises.....	121
Tab. 58: Trend: Studentenzahl, die CCT nutzen.....	122
Tab. 59: Zahl der Beschäftigten im Unternehmen.....	129
Tab. 60: Prozentuale F&E-Ausgaben	129
Tab. 61: Modelleranzahl im Unternehmen.....	131
Tab. 62: Beschäftigungsjahre in der aktuellen CCG	132
Tab. 63: Anzahl experimenteller Projekte	133
Tab. 64: Anzahl der Patente.....	134
Tab. 65: Nachhaltigkeit der Unterstützung & strategische Relevanz für F&E.....	137
Tab. 66: Erwartungen des Managements bzgl. Modelling-Potential.....	138
Tab. 67: Widerwillen / Widerstand der Chemiker bzgl. Einsatz von CCT	139
Tab. 68: Gründe des Widerstands / Widerwillens der Chemiker	140
Tab. 69: Realistische Erwartungen der Chemiker.....	141
Tab. 70: Ablehnung von Projektunterstützungs-Anfragen der Chemiker.....	143
Tab. 71: Gründe für die Ablehnung von Projektunterstützungs-Anfragen	143
Tab. 72: Modeller als „Project Cross Fertilizer“	144
Tab. 73: Maßnahmen / Mechanismen zur Erweiterung des Nutzerkreises	145

Tab. 74: Allgemeine Bewertung der industriellen Modelling-Situation.....	146
Tab. 75: Wettbewerbsvorteil durch CCT	147
Tab. 76: Anerkennung des Nutzens von CCT	152
Tab. 77: Anteil an Projekten mit Chemiker-Initiative	153
Tab. 78: Chemiker wenden sich erst spät an Modeller	154
Tab. 79: Unabhängige Variablen für das Diskriminanzmodell.....	164
Tab. 80: Gütemaße der errechneten Diskriminanzfunktion.....	164
Tab. 81: Standardisierte Diskriminanzkoeffizienten	165
Tab. 82: Mittelwerte und Gruppen-Centroide.....	165
Tab. 83: Positive und negative Aspekte der Hochschul-Industrie-Kooperation	183
Tab. 84: Positive und negative Aspekte der „intra firm“-Diffusion von CCT.....	184

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Spektrum der CCT-Simulationsmethoden	4
Abb. 2: S-Kurve der Diffusion	41
Abb. 3: Synthese Technologietransfer / „Intra Firm“-Diffusion von CCT.....	48
Abb. 4: Bezugsrahmen Kooperation und Technologietransfer	57
Abb. 5: Bezugsrahmen „intra firm“-Diffusion.....	125

Zusammenfassung

Computational Chemistry Technologien (CCT) stellen ein Bündel von Technologien dar, mit deren Hilfe chemische (sub)atomare oder molekulare Systeme, deren Eigenschaften, Verhalten und Reaktivität berechnet und damit vorausgesagt werden können. Damit stehen sie im Widerspruch zum bisherigen „trial and error“-Primat der rein experimentell ausgerichteten industriellen Forschung und Entwicklung (F&E). Diese Technologien erweisen sich als komplementärer Ansatz (zum Experiment) allerdings als ausgesprochen erfolgreich, v.a. wenn sie in die Lage versetzt werden, gemachte Experimente zu deuten und neue Experimente anzuleiten. CCT besitzen für Prozesstechnologien ein einzigartiges Eigenschaftsprofil, sie weisen zum Beispiel einen synergetischen „non-stand-alone“-Charakter auf, da sie auf das Feedback bzw. die Rückkopplung mit dem Experiment angewiesen sind. Dies bewirkt gleichzeitig ihre Anfälligkeit für Ablehnung und Widerstand sowie die Problematik ihrer Erfolgsmessung. CCT können als wissensintensive synergetische F&E-Prozesstechnologien angesehen werden, die nur wenige Parallelen zu bereits untersuchten Prozesstechnologien aufweisen. Aus diesem Grund fordert die vorliegende Arbeit die Etablierung und weitere Untersuchung dieser neuen Klasse von F&E-Prozesstechnologien.

Die Ver- und Ausbreitung von CCT in Form des Hochschul-Industrie-Technologietransfers sowie der „intra firm“-Diffusion von CCT innerhalb chemisch-pharmazeutischer Unternehmen bildeten den Gegenstand der empirischen Untersuchungen, die mit Hilfe von Online-Befragungen einer Gruppe von CCT-Hochschullehrern und einer Gruppe industrieller Modeller durchgeführt wurden. Dabei standen die Kooperationen zwischen den Hochschullehrern und den industriellen Modellen einerseits sowie letzteren und ihren industriellen experimentellen Kollegen andererseits im Mittelpunkt. Weiterhin wurden ausbildungsrelevante Aspekte untersucht, die vor allem die Grundeinstellung der experimentellen Chemiker zu Kooperationen beeinflussen können. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, Probleme und Ineffizienzen entlang der gesamten Technologietransferkette zu identifizieren und Lösungsvorschläge zu präsentieren.

Im Bereich Hochschul-Industrie-Kooperation existieren zwei Gruppen von Hochschullehrern, je nach ihrer Kooperationsintensität. Dabei konnten Faktoren und deren Ausprägungen identifiziert werden, die sich als charakteristisch für die jeweilige Gruppenzugehörigkeit erwiesen. Hochschullehrer, die bisher zur Gruppe der Nicht- oder Selten-Kooperierer gehören, erfahren starke Kooperations-Eintrittsbarrieren, wie zum Beispiel durch die eher geringen industriellen Monitoring-Aktivitäten oder die restriktive Kommunikationspolitik bezüglich industrieller Modelling-Aktivitäten und -Bedürfnissen. Auf akademischer Seite sollte die festgestellte hohe Kooperationsbereitschaft stärker als bisher in eine aktive Suche nach neuen industriellen Kooperationspartnern münden um die Eintrittsbarrieren zu senken.

Die „intra firm“-Diffusion kann als relativ weit fortgeschritten gelten, denn die meisten experimentellen Chemiker anerkennen die Bedeutung von CCT. Viele Chemiker ergreifen sogar die Initiative Modelling-Dienstleistungen in ihre experimentellen Projekte einzukaufen. Trotzdem hat die Mehrzahl der industriellen Modeller immer noch mit einem nicht unerheblichen Maß an Ablehnung und Widerstand gegenüber CCT zu kämpfen. Ein allgemeines Grundproblem besteht auch in der erst späten Einbeziehung von Modellen in experimentelle Projekte, die die Erfolgswahrscheinlichkeit des Modelling-Einsatzes schmälern kann. Mit Hilfe

der Beurteilung des Projekteintrittszeitpunktes lassen sich zwei Gruppen von industriellen Modellen unterscheiden, am interessantesten diejenige, die davon überzeugt sind Chemiker wendeten sich erst spät an Modeller. Mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse konnten Faktoren und deren Ausprägungen ermittelt werden, die für diese Gruppe charakteristisch sind.

Eine wichtige Strategie zur Verringerung des CCT-Widerstandes besteht in der Schaffung und Kommunikation von „in-house“ CCT-Erfolgsgeschichten. Diese werden dann von überzeugten experimentellen Chemikern über einen „Mund-zu-Mund-Prozess an skeptische Kollegen weitergegeben, womit eine Diffusion von Vertrauen und Akzeptanz einhergeht. Eine Informationsdiffusion alleine, ausgehend von den industriellen Modellen, scheint nicht ausreichend zu sein die noch vorhandene Skepsis zu verringern.

1. Einleitung

1.1 Technologietransfer von Computational Chemistry Technologien (CCT) – Problemstellung der Arbeit

Die Entwicklung und Einführung neuer Technologien in Unternehmen stellt einen wichtigen Innovationsmotor dar. Technologische Innovationen sind somit eine Notwendigkeit für Unternehmen, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten bzw. auszubauen. Dem Transfer von Technologien und Technologiewissen aus unternehmensexternen Quellen in eine Unternehmung sowie deren interne Diffusion kommt damit eine zentrale Rolle beim Aufbau der unternehmensinternen technologischen Kompetenz dar. Im Besonderen ist hier der Technologietransfer von der Hochschule in die Industrie interessant, auf den sich die vorliegende Arbeit konzentriert. Gegenstand des Interesses stellt in diesem Zusammenhang ein spezielles Spektrum eng verwandter Technologien, die unter dem Begriff „Computational Chemistry“ und „Molecular Modelling“-Technologien subsumiert werden können, dar, die im Forschung & Entwicklungs (F&E)-Bereich von pharmazeutischen und chemischen Unternehmen zum Einsatz kommen. Dabei handelt es sich um Technologien mit deren Hilfe z.B. neue Pharmawirkstoffe am Computer entworfen werden können, womit sie zunächst im Gegensatz zum traditionell experimentellen F&E-Ansatz „trial and error“ stehen. Aufgrund ihrer Stellung im F&E-Bereich der Unternehmen und weiterer interessanter Charakteristika, die Gegenstand dieser Arbeit sein sollen, stellen „Computational Chemistry Technologien“ (CCT) ein lohnendes Untersuchungsobjekt dar, da diese einzigartigen Charakteristika Ausmaß und Geschwindigkeit von Technologietransfer und -diffusion maßgeblich bestimmen können.

Technologietransfer von CCT im weiteren Sinne subsumiert alle Transferprozesse von CCT-Wissen von der Hochschule zu den „Endanwendern“ der Technologie, den experimentellen Chemikern. Technologieträger innerhalb des Unternehmens stellen allerdings die industriellen Modeller, die in Computational Chemistry Groups (CCG) organisiert sind, dar. Aus dieser Konstellation resultieren drei unterschiedliche Technologietransferstränge. Zunächst ist der Transfer von neugeneriertem CCT-Wissen von der Hochschule zu den unternehmensinternen CCG zu nennen. Dieser auch „inter firm“-Diffusion genannte Transfer wird in der vorliegenden Arbeit exemplarisch anhand der Hochschul-Industrie-Kooperationen untersucht und im nachfolgenden im engeren Sinne als Technologietransfer bezeichnet. Die „intra firm“-Diffusion als ein zweiter Transferstrang stellt die Übertragung des Wissens um Potential und Vorteile von CCT vom industriellen Modeller zum experimentellen Chemiker innerhalb des Unternehmens dar, mit dem Ziel diesen zur Nutzung von CCT zu bewegen. Zur Abrundung des hier skizzierten Bildes muss allerdings noch ein dritter Transferstrang erwogen werden, nämlich der Transfer von CCT-relevantem Wissen von der Hochschule auf die (angehenden) industriellen Modeller und experimentellen Chemiker während deren Ausbildung, der die nachfolgenden Transferprozesse erst ermöglicht und auch wesentlich vereinfachen kann.

Dabei verfolgt die vorliegende Arbeit mehrere Ziele. Erstens sollen CCT als ein Beispiel für F&E-Prozesstechnologien etabliert werden und damit gezeigt werden, dass diese sich aufgrund ihrer einzigartigen Charakteristika von bereits literaturbekannten Prozesstechnologien deutlich unterscheiden. Ein Versuch diese F&E-Prozesstechnologien in bestehende Prozesstechnologie-Typologien einzuordnen soll ebenfalls unternommen werden. Zweitens soll

mittels einer eingehenden Untersuchung der drei skizzierten Diffusionsprozesse ein möglichst umfassendes Bild des aktuellen Standes der Transferrealität von CCT resultieren, mit dem Hauptaugenmerk auf Probleme und Ineffizienzen aufgrund der vorliegenden Gegebenheiten und Einstellungen der Hauptakteure auf dem gesamten Transferpfad. Selbstverständlich sollen auch Lösungsmöglichkeiten für die resultierenden Konflikte und Probleme aufgezeigt werden.

1.2 Vorgehensweise der Arbeit

In einem ersten Schritt werden Computational Chemistry Technologien vorgestellt, ihre Rolle in der pharmazeutischen und chemischen F&E aufgezeigt und ein kurzer Abriss über die historische „inter firm“-Diffusion dieser Technologien gegeben. Außerdem werden die interessanten intrinsischen Eigenschaften dieser Technologien ausgeführt und das literaturgängige Wissen über deren Technologietransfer sowie Akzeptanz und Widerstand erörtert.

Im Anschluss werden CCT einer Technologietypologie unterzogen und als wissensintensive, synergetische F&E-Prozesstechnologien identifiziert.

Im Weiteren wird ein Abriss der für die nachfolgenden Betrachtungen relevanten Erkenntnisse der Managementliteratur bezüglich Technologietransfer im Allgemeinen und Industrie-Hochschul-Interaktionen sowie „intra firm“-Diffusion im Speziellen gegeben.

Der empirische Teil, der auf Online-Befragungen von akademischen und industriellen Modellen zurückgeht, gliedert sich in drei Abschnitte. Zunächst erfolgt die Analyse von Motivationen, Zielen, Erfahrungen und Problemen von Industrie-Hochschul-Kooperationen im CCT-Bereich. Im Anschluss wird die CCT-relevante Ausbildung von angehenden industriellen Modellen und experimentellen Chemikern näher betrachtet. Abschließend erfolgt die Darstellung von aktuellen Problemen und Lösungsansätzen bei der „intra firm“-Diffusion von CCT-Wissen zu den experimentellen Chemikern.

Die Arbeit endet mit einer Diskussion der erhaltenen Ergebnisse, Implikationen für die Theorie und Praxis sowie einem Ausblick auf in diesem Bereich zukünftige sinnvolle Forschungsaktivitäten.

2. Computational Chemistry Technologien (CCT)

In diesem Abschnitt erfolgen zunächst eine begriffliche Abgrenzung von CCT sowie eine kurze Einführung in die zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien hinter diesen sehr heterogenen theoretischen Technologien. Nach einer zusammenfassenden Erläuterung der Rolle, die CCT im Rahmen von Forschungsprojekten spielen können, wird auf die industrielle Historie dieser Technologien näher eingegangen. Akzeptanz und Widerstand für bzw. gegen diese Technologien sowie, damit zusammenhängend, relevante Aspekte CCT-spezifischer Technologietransfer- und -adoptionsprozesse werden im Anschluss erörtert. Abschließend erfolgt die Zusammenstellung wichtiger CCT-Charakteristika und Management-Aspekte, die für die zugrunde liegende Arbeit von Bedeutung sind.

2.1 CCT – Definitionen

Die Disziplin „Computational Chemistry“ leitet sich direkt von der theoretischen Chemie ab und kann als deren „praktischer Arm“ angesehen werden. Im Mittelpunkt der theoretischen Chemie steht die Entwicklung und Weiterentwicklung mathematischer und damit nicht-experimenteller Methoden, mit denen chemische Phänomene, wie z.B. Reaktionen berechnet und damit erklärt oder vorhergesagt werden können. Ist eine solche Methode hinreichend ausgearbeitet, wird sie mit Hilfe eines Computerprogramms automatisiert. Diese „Computational Chemistry“-Methode findet dann Anwendung auf chemische „real world problems“, um Eigenschaften von Molekülen und Materie zu berechnen. Beispiele für diese Eigenschaften sind Struktur, Energie und Wechselwirkungsenergien, Ladungen, Dipol- und Multipolmomente, Schwingungsfrequenzen, Reaktivität oder andere spektroskopische Daten. Allerdings findet der Begriff „Computational Chemistry“ zum Teil auch sehr allgemein für alle Gebiete mit einer Überlappung zwischen „Computer science“ und Chemie Verwendung. Hieraus ergibt sich, dass die Grenzen zwischen „theoretischer Chemie“ und „Computational Chemistry“ fließend sind.

Ein weiterer Begriff, der in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle spielt, ist **„Molecular Modelling“**. „Molecular Modelling“ ist wie „Computational Chemistry“ ein Sammelbegriff für theoretische Methoden und Computertechniken mit deren Hilfe Eigenschaften und Verhalten von Molekülen simuliert werden können. Diese Techniken finden in Chemie, Biologie und Materialwissenschaften für Molekülsysteme von kleinen organischen Molekülen bis hin zu komplexen biologischen Molekülen, wie Proteinen, Verwendung. Im Alltag der Experten werden die beiden Begriffe „Molecular Modelling“ und „Computational Chemistry“ oft gleichbedeutend gebraucht, wie durch das folgende Statement der Herausgeber der Sammelbände „Reviews in Computational Chemistry“ klar wird: „Some researchers use the terms 'molecular modeling' and 'computational chemistry' interchangeably, we subscribe to this usage of terminology“¹. Um Definitionsmissverständnisse zu vermeiden, findet in der vorliegenden Arbeit ausschließlich der Begriff „Computational Chemistry“ Technologien (CCT) Anwendung.

Ein weiterer Begriff, der je nach Perspektive als Teilgebiet von „Computational Chemistry“ oder aber als eigenständige Forschungsdisziplin gesehen wird, ist die **„Cheminformatik“**.

¹ Lipkowitz & Boyd 1990; vgl. Boyd 2002.

Diese beschäftigt sich mit der Entwicklung von *in silico* Techniken mit deren Hilfe wenige relevante Moleküle aus der Gesamtheit aller möglichen Moleküle (der gesamte „chemische Raum“ wird auf ca. 10^{62} Moleküle geschätzt) gefiltert werden können. Besonders hervorzuheben sind hier QSAR (quantitative structure and activity relationship) und QSPR (quantitative structure and property relationship), siehe auch weiter unten².

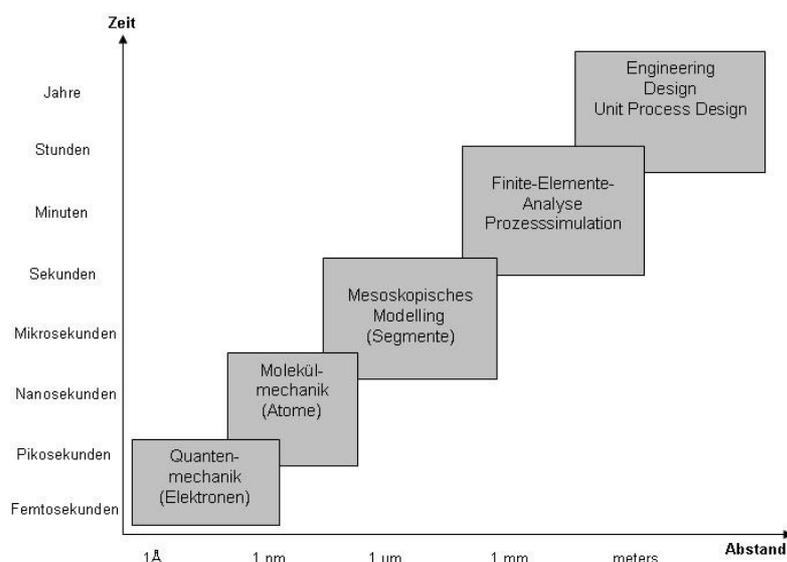
2.2 Computational Chemistry Technologien – Inhalte

Vom theoretischen Standpunkt betrachtet, erscheint es widersinnig, CCT als einen geschlossenen Technologieblock zu diskutieren, da die unter diesem Begriff zusammengefassten Technologien nicht unterschiedlicher sein könnten, wie im Nachfolgenden noch näher erläutert werden soll. Allerdings wird dieses äußerst heterogene Technologie-Sammelsurium in der industriellen Praxis unter dem gemeinsamen Dach von „Computational Chemistry Groups“ (CCG) zusammengefasst, da die Ziele die mit Hilfe dieser Technologien erreicht werden sollen sehr ähnlicher Natur sind. Da der Fokus der vorliegenden Arbeit eher im industriellen Umfeld liegt, soll der Versuch unternommen werden, CCT annäherungsweise als quasi homogene Technologiegruppe widerzuspiegeln.

Es existieren mehrere Möglichkeiten die einzelnen CCT zu klassifizieren und damit voneinander abzugrenzen, zunächst einmal auf der Basis ihrer theoretischen Grundlagen. Dabei unterscheidet man „ab initio“-Methoden, atomistische, mesoskopische und makroskopische Methoden sowie die statistischen Methoden.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Zeitdimensionen und Größenordnungen von subatomaren, atomaren und molekularen Systemen und deren Prozessen, die mit den nachfolgend näher beschriebenen CCT beschreibbar und damit simulierbar sind.

Abb. 1: Spektrum der CCT-Simulationsmethoden³



² Vgl. Gasteiger & Engel 2004; vgl. Leach & Gillet 2003; vgl. Jensen 2007 S. 547-561.

³ In Anlehnung an Knapman & Warde 2000, S. 4.

„**Ab initio**“-Methoden („von Beginn an“), stellen Methoden dar, mit denen die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Materie mit Hilfe der nicht-klassischen, und damit der Quantenmechanik folgenden Eigenschaften ihrer kleinsten Bausteine, der Elektronen, Neutronen und Protonen Erklärung finden sollen. Im Mittelpunkt dabei steht die Lösung der Schrödinger-Gleichung.

Die Schrödinger-Gleichung ist eine partielle Differentialgleichung und beschreibt die zeitliche Entwicklung des Zustandes eines Quantensystems. Sie wird auch die „Bewegungsgleichung der Quantenmechanik“ genannt. Im zeitunabhängigen Fall (der im nachfolgenden angenommen wird) besteht sie aus dem Hamilton-Operator H , der Wellenfunktion ψ und der Gesamtenergie E des Systems.

$$\hat{H}\Psi = E\Psi \quad (\text{Gleichung 1})$$

Der (bekannte) Hamilton-Operator H der Schrödinger-Gleichung beschreibt die kinetischen und potentiellen Energien der beteiligten Teilchen (Elektronen und Atomkerne). Er wirkt auf die (unbekannte) Wellenfunktion ψ . Im Fall von Gleichung 1 wird ψ auch Eigenfunktion, E auch Eigenwert genannt. Die Wellenfunktion beschreibt den quantenmechanischen Zustand eines Elementarteilchens oder eines Systems von Elementarteilchen (z.B. Elektronen, Protonen, Neutronen) im Raum. Sie ist keine Meßgröße, kann aber dahingehend interpretiert werden, dass das Betragsquadrat von ψ , also $\psi\psi^*$, die Wahrscheinlichkeitsdichte der beteiligten Teilchen des Systems abbildet, und somit deren Aufenthaltswahrscheinlichkeit. Im allgemeinen Fall der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung beschreibt diese die zeitliche Entwicklung des/der Teilchen und somit die Veränderung der Aufenthaltswahrscheinlichkeit. Die Wellenfunktion enthält eine alle Informationen über die physikalischen Eigenschaften eines Systems. Die Ästhetik dieser bahnbrechenden Gleichung liegt also darin begründet, dass die Wellenfunktion, einem Orakel gleich, mit Hilfe eines Operators „befragt“ werden kann. Die Frage ist bekannt, es gilt also nun noch das „richtige“ Orakel zu finden und zu befragen, um die „richtige“ Antwort zu erhalten. Wenn ψ bekannt ist, können alle Eigenschaften eines Systems relativ einfach als Erwartungswert über den jeweiligen Operator berechnet bzw. „erfragt“ werden. So also z.B. die Energie eines Systems über den Hamilton-Operator, der Impuls über den Impuls-Operator oder der Ort über den Orts-Operator.⁴

Einen etwas einfacheren Weg als die elektronische Struktur von Molekülen „von Beginn an“ zu berechnen, schlagen die **semiempirischen Methoden** ein, die zwar, wie die *ab initio* Methoden auch auf den Hartree-Fock-Formalismus zurückgreifen, allerdings zusätzliche Näherungen verwenden sowie den Einsatz von empirisch ermittelten Parametern zulassen. Diese Methoden werden vor allem dann wichtig, wenn es um die Berechnung von großen Molekülen geht, wo die vollständige Hartree-Fock-Berechnung zu zeitaufwendig wäre.⁵

Ebenfalls zu den *ab initio* Methoden werden oft die „**Density Functional Theory**“ (**DFT**)-**Methoden** gezählt, obwohl viele der bekanntesten Funktionale Parameter verwenden, die aus empirischen Daten abgeleitet wurden oder aber das Resultat komplexerer Berechnungen darstellen. In DFT-Methoden wird die Gesamtenergie eines Systems nicht als Wellen-

⁴ Vgl. Cramer 2002, S. 95-120 und 153ff.; vgl. Jensen 2007 S. 80ff.; vgl. Grant & Richards 1995 S. 5-31.

⁵ Vgl. Cramer 2002, S. 95-120 und 121-151; vgl. Jensen 2007, S. 115-117., vgl. Grant & Richards 1995 S. 19f.; vgl. Zerner 1991.

funktion, sondern in Form der gesamten ein-Elektronen-Dichte ausgedrückt. DFT-Methoden haben den Vorteil, dass damit sehr akkurate und schnelle Berechnungen selbst für große Systeme ausgeführt werden können, um den Preis, dass es keine Möglichkeit gibt die Form des verwendeten Funktionals systematisch zu verbessern.⁶

Atomistische Methoden

Im Gegensatz zu den „ab initio“-Methoden beruhen die atomistischen Methoden nicht auf der Quantenmechanik, sondern auf der klassischen Newtonschen Mechanik. Hier stellen individuelle Atome das niedrigste Informationsniveau dar (siehe Abbildung 1). Ursprünglich zielte der Begriff „Molecular Modelling“ ausschließlich auf solche Molekülmechanik-Methoden, findet aber heute allgemeinere Verwendung (wie bereits diskutiert). Sollen große Moleküle wie zum Beispiel Proteine oder DNA-Stränge untersucht werden, für die die komplexen quantenmechanischen Berechnungen zu aufwendig sind, kann die Berechnung der Energie eines Systems mit Hilfe von Molekülmechanik-Simulationen erfolgen. Der Energieausdruck wird dabei von einfachen klassischen Gleichungen dominiert, wie zum Beispiel harmonischen Oszillatorgleichungen für die Bindung benachbarter Atome, die damit so behandelt werden als wären sie über Sprungfedern miteinander verbunden.

$$E_{total} = E_{bonds} + E_{angle} + E_{dihedral} + E_{electrostatic} + E_{vanderWaals} \quad (\text{Gleichung 2})$$

Die molekulare potentielle Energie setzt sich zusammen aus den Energiebeiträgen, die die Abweichung der Bindungslängen, Bindungswinkel und Torsionswinkel von den Gleichgewichtswerten beschreiben nebst den van-der-Waals- und elektrostatischen Interaktionen. Der Parametersatz, der aus Gleichgewichts-Bindungslängen, -Bindungswinkeln, Partialladungen, Federkonstanten und van-der-Waals-Parametern besteht wird allgemein als „Force Field“ bezeichnet. Diese Parameter müssen allerdings entweder empirisch abgeleitet oder quantenmechanisch errechnet werden. Kraftfelder finden Anwendung zur Identifizierung von stabilen Molekülgeometrien aber auch zur Untersuchung dynamischer Prozesse molekularer Systeme, wenn den Atomen zuvor Geschwindigkeiten zugeordnet wurden (die z.B. der Temperatur des Systems entsprechen). Mit Hilfe von atomistischen Methoden können unterschiedliche Arten biologischer Aktivität untersucht werden wie zum Beispiel Enzymkatalyse, Proteinfaltung, Konformationsänderungen bei der Bildung eines Enzym-Substrat-Komplexes, molekulare „Erkennung“ von Proteinen oder DNA.⁷

Gewichtiger Nachteil dieser Methoden stellt allerdings deren Unfähigkeit dar, molekulare Eigenschaften vorherzusagen, die zum Beispiel auf elektronisch angeregte Zustände zurückgehen.

Mesoskopische Methoden

Mesoskopische Methoden stellen ein Bindeglied zwischen der mikroskopischen Skala der Chemiker und der makroskopischen Skala der Chemieingenieure dar. Die kleinste Informati-

⁶ Vgl. Cramer 2002, S. 233ff.; vgl. Jensen 2007, S. 232-267; vgl. Bartolotti & Flurchick 1995.

⁷ Vgl. Cramer 2002, S. 17-61; vgl. Jensen 2007, S. 22-79; vgl. Grant & Richards 1995, S. 32-45; vgl. Hill et al. 2000.

onseinheit solcher Modelle stellen nicht mehr einzelne Atome dar, sondern wesentlich größere Basiseinheiten, Segmente also, wie zum Beispiel die einzelnen Monomere eines Polymers oder eine chemisch homogene Region in einer Mischung (siehe Abbildung 1). Zwar gehen die Informationen auf atomarer Ebene auf dieser Weise verloren, allerdings ist das Verhalten mesoskopischer Strukturen von entscheidender Bedeutung für so langsam ablaufende Prozesse wie die Bildung von Mizellen (Aggregate von Waschmittelmolekülen), Kolloidbildung, Bildung kristalliner Domänen in semikristallinen Polymersystemen, rheologische Eigenschaften und Mischbarkeit von Polymeren, Polymermorphologie, Diffusion. Die Untersuchung genau dieser Strukturen führt also zum Verständnis des Verhaltens und der Eigenschaften von „bulk material“.⁸

Makroskopische Methoden

Der Vollständigkeit halber seien noch die makroskopischen Methoden kurz erwähnt. Mit Hilfe von Techniken wie CAD/CAM (Computer-Assisted Design/Computer-Assisted Manufacturing), Finite-Elemente-Analyse und chemischer Prozesssimulation (siehe Abbildung 1) können Prozesse im industriellen Maßstab, wie zum Beispiel ein Produktionsprozess mit komplizierter chemischer Umsetzung simuliert werden. Diese Methoden sind aber nicht mehr Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Statistische Methoden

Diese Methoden dienen dem Auffinden von Mustern in großen experimentellen und theoretischen Datensätzen. Dabei können Korrelationen identifiziert werden zwischen einer zu beobachtenden Eigenschaft die für den Forscher interessant ist und wichtigen chemischen und strukturellen Charakteristika (molekulare Deskriptoren). Diese Korrelationen können entweder qualitativer (Faustregeln) oder quantitativer Natur sein. Im pharmazeutischen Bereich sind vor allem QSAR- (Quantitative Structure Activity Relationships), bei denen es sich bei der zu beobachtenden Eigenschaft um eine Form der biologischen Aktivität (z.B. wie gut ein kleines Molekül das aktive Zentrum eines Enzyms blockieren und damit die von dem Enzym katalysierte Reaktion unterbinden kann). Zur Verfügung stehende molekulare Deskriptoren sind zahlreich und können u.a. das Molekulargewicht, atomare Konnektivitäten, spezielle Oberflächen und Ladungsverteilungen umfassen.⁹

Die Komplexität und Vielfalt dieser Technologien erlaubt an dieser Stelle lediglich eine stark fokussierte Auswahl zu präsentieren, die lediglich einen oberflächlichen Eindruck über die dieser Arbeit zugrunde liegenden Technologien vermitteln soll.

2.3 Die Rolle von CCT

CCT bietet im Gegensatz zur in der Vergangenheit vorherrschenden Vorgehensweise „Versuch und Irrtum“ einen rationalen und strategischen Ansatz zur Problemlösung in der chemischen und pharmazeutischen F&E. Durch die Fokussierung und Interpretation von Experimenten ermöglichen CCT eine bessere Entscheidungsfindung auf technischer Basis. Damit

⁸ Vgl. Knapman & Warde 2000, S. 49ff.

⁹ Vgl. Gasteiger & Engel, 2004; vgl. Leach & Gillet 2003; vgl. Oprea & Waller 1997.

soll die Effizienz der F&E-Prozesse gesteigert werden. Die unterschiedlichen Aufgaben und Rollen, die CCT hierbei übernehmen bzw. spielen werden im Nachfolgenden kurz skizziert. Zum Einsatz kommen CCT zum Beispiel bei der Entwicklung und Überprüfung von Hypothesen für Reaktionsmechanismen, also beim Einblick in molekulare Prozesse, der mit Hilfe experimenteller Ansätze entweder nur schwer oder gar nicht möglich wäre. Das Ableiten von einfachen Designregeln und leicht zu handhabenden Modellen als Hilfestellung und Anleitung für experimentelle Chemiker gehört ebenso zu den Aufgaben von CCT wie das Erstellen eines Rankings von potentiell interessanten chemischen Substanzen oder Formulierungen nach strukturellen Merkmalen oder geforderten Eigenschaften. Auch beim Schutz geistigen Eigentums können CCT von Bedeutung sein, denn sie helfen nicht nur Patentansprüche, die aus Experimenten bzw. empirischen Beobachtungen resultieren, zu erweitern, um damit eine bessere Patentabdeckung zu erzielen, sondern sie können ebenfalls bei der Verteidigung von eigenen Patentpositionen gegenüber Wettbewerbern helfen. CCT können auch eine Rolle bei der Verfahrensentwicklung in der Produktion spielen. Besonders in frühen Stadien der Prozessentwicklung können diese Technologien wertvolle thermophysikalische und –chemische Daten als Input für weitere Simulationen oder Experimente liefern. Bei den bisher beschriebenen Rollen wirkt CCT direkt und messbar auf das F&E-Geschehen ein. Es existieren allerdings auch zwei elementare Wege, wie CCT weniger direkt das Ergebnis von F&E-Projekten beeinflussen kann. Zum einen helfen CCT bei der Eliminierung von so genannten Dead-ends, das sind Forschungspfade für die CCT vorhersehen kann, dass das von den experimentellen Chemikern gewünschte Produkte oder der chemische Prozess physikalisch oder thermodynamisch unmöglich ist. Kann dies bereits früh in einem Projekt gezeigt werden, werden somit signifikante zeitliche und finanzielle Ressourcen gespart, die dann in sinnvollere Projekte fließen können. Zum anderen stimuliert die Anwendung von fortschrittlichen Computergraphiken zur Visualisierung von Molekülmodellen kreative Denkprozesse. Diese Visualisierungstools sind für die Kommunikation von hochkomplexen Konzepten und Informationen an experimentelle Chemiker und das Management unverzichtbar geworden. CCT wird damit zu einem Testfeld für die chemische Kreativität der Forscher und hilft somit neue, oftmals überraschende und viel versprechende Forschungspfade zu identifizieren, die ohne CCT unerkannt geblieben wären.¹⁰

Damit bleibt festzuhalten, dass CCT nicht nur eine das Experiment begleitende und interpretierende Rolle übernimmt, in dem Sinne, dass sie die molekularen Prozesse hinter bereits empirisch gesicherten Ergebnissen erklären, sondern auch nach vorne gewandte Vorhersagen, zum Beispiel für ein rationales Design von Chemikalien und Wirkstoffen ermöglichen. Hier können zum Beispiel besonders gefährliche oder teure Experimente zunächst auf deren Sinnhaftigkeit hin untersucht und die vorhanden Ressourcen schließlich fokussiert eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang ist der theoretische Ansatz eher als komplementär zum Experiment zu sehen. Allerdings können diese Technologien auch supplementären Charakter annehmen, dann nämlich wenn mit deren Hilfe, wie oben bereits erwähnt, neue kreative Forschungspfade beschritten werden können, die ein rein experimenteller Ansatz nicht identifiziert hätte.

¹⁰ Knapman & Warde 2000, Westmoreland et al. 2002, Thompson 1999.

2.4 Beginn der industriellen Nutzung von CCT

Die pharmazeutische Industrie stellte von Anfang an einen Vorreiter in der Adoption von molekularen Simulationstechnologien auf industrieller Ebene dar. Die Gründe für diese Pionierrolle sind vielschichtig.¹¹ Aufgrund der hohen Verantwortung der pharmazeutischen Unternehmen für ihre Wirkstoffe ist die detaillierte Aufklärung der molekularen Mechanismen potentieller Wirkstoffe unausweichlich. Dies schlägt sich in den wesentlich höheren F&E-Ausgaben (relativ zum Umsatz) dieser Branche nieder und begünstigt die Entfaltung von Technologien, die, wie CCT, einen Beitrag zu dieser molekularen Aufklärung leisten können. Die zunehmende Schere zwischen der Entwicklungszeit neuer Wirkstoffe und der effektiven Patentnutzungsphase dieser Wirkstoffe, die vor allem in den 80er Jahren zum Problem wurde, befeuerte zusätzlich die Euphorie für neue und viel versprechende Technologien. Ein weiterer eher technischer Grund besteht in der Tatsache, dass der Aufbau biologischer Moleküle auf vergleichsweise wenige chemische Elemente begrenzt ist, im Besonderen auf Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Chlor und somit die Entwicklung entsprechender Methoden schneller möglich war als für komplexere Moleküle in anderen chemischen Disziplinen.

Obwohl es bereits erste Bestrebungen gab, computergestützte Verfahren zu implementieren, begannen pharmazeutische CCGs in den späten 1970ern und frühen 1980ern durch die Einführung von interaktiven Computergraphiken eine größere Rolle zu spielen. Da nun diese grafischen Methoden zur Visualisierung von Molekülmodellen zur Verfügung standen, wurden diese CCGs auch vermehrt von den synthetischen Chemikern als deren potentielle Kunden wahrgenommen.¹²

Die Adoption von CCT in Nicht-Pharmaunternehmen erfolgte dann mit einem zeitlichen Abstand von fünf bis zehn Jahren. Dabei waren petrochemische Unternehmen unter den ersten und enthusiastischsten Adoptoren dieser Technologien.¹³ Die Zeitspanne der späten 1980er bis zu den frühen 1990ern wurde dann zu einer industriellen Wachstumsphase für diese Technologien, begleitet von stabilen ökonomischen Verhältnissen innerhalb der Industrie. Die hohen und zum Teil übertriebenen Erwartungen, CCT könne schnelle Erfolge generieren, ließen eine Vielzahl größerer zentraler CCGs entstehen, die auch intensiv Technologieentwicklung betrieben. In dieser Zeit wurden auch Erwartungen geäußert, Modelling sei in der Lage das Experiment ganz zu ersetzen. Zu diesen stark überzogenen Erwartungen trugen vor allem die verbesserten Computergraphiken bei, die nach Mitte der 1980er Jahre verfügbar waren, mit deren Hilfe attraktive Molekülvisualisierungen generiert werden konnten. Gegen diese überzogenen Erwartungen musste CCT in den frühen und mittleren 1990er Jahren in einigen Sektoren heftig ankämpfen.

Die unvermeidbare Phase der Ernüchterung fiel unglücklicherweise mit dem einsetzenden konjunkturellen Abschwung der chemischen Industrie in den 1990er Jahren zusammen. Die Asienkrise, die im Juli 1997 begann, traf die chemische Industrie, besonders die petrochemische Industrie hart. Aufgrund geringer Kosteneinsparungspotentiale begann eine Welle von M&A-Aktivitäten in der chemischen und pharmazeutischen Industrie. So verschmolz zum

¹¹ Knapman & Warde 2000, S. 9.

¹² Westmoreland et al. 2002, S. 51.

¹³ Knapman & Warde 2000, S. 41.

Beispiel die damalige Degussa-Hüls mit der SKW zu Degussa, Dow Chemical und Union Carbide fusionierten, die großen petrochemischen Unternehmen Totalfinaelf, Exxon Mobile und BP Amoco gingen aus Mergern hervor und aus der komplizierten Verschmelzung von Rhône-Poulenc und Hoechst entstanden Aventis, Rhodia und Celanese, um nur einige Beispiele zu nennen. Der Restrukturierungsprozess folgte dem Darwin'schen Prinzip: Aktivitäten ohne begründete Daseinsberechtigung verschwanden. Auch Modelling-Aktivitäten waren von dem Diktat der Kosteneinsparungen unmittelbar betroffen. Besonders in der petrochemischen Industrie führte die Konsolidierung aufgrund des niedrigen Ölpreises dazu, dass relativ große zentrale CCGs im Zuge der Kürzung der Mittel für Grundlagenforschung entweder verkleinert oder ganz wegrationalisiert wurden, da sie durch das Senior Management als „unnötiger Luxus“ angesehen wurden.

Die verbliebenen CCGs mussten sich einer neuen Realität beugen, wobei kostspielige und langwierige Entwicklungen von neuen Methoden und Softwarecodes zum größten Teil eingestellt wurden. Eine gesteigerte Fokussierung der Modeller auf vorhandene Projekte für die die Anwendung von CCT absehbar einen Mehrwert bringen konnte, zusammen mit der Forderung nach ständiger Rechtfertigung der eigenen Existenz war die Folge. Modeller wurden nunmehr anhand ihres Beitrags zu experimentellen Projekten beurteilt:¹⁴

„[...] Und dann habe ich damals, das war 1986, ein gutes Angebot von der Ciba bekommen. Da wurde ein Modeller gesucht, der die Leitung der Modelling-Gruppe übernehmen sollte und da habe ich eine recht große Modelling-Gruppe gehabt. Aber dann wurde da ständig umorganisiert. [...] Allmählich werde ich ziemlich geduldet mit dem Zeugs was ich da mache. Da verdienen die kein Geld. Ich muss meine Existenzberechtigung unter Beweis stellen. Das wird gemessen einzig und allein in Fränkli. Wie viele Fränkli mache ich pro Monat, pro Quartal. Und das ist oft ziemlich frustrierend. Aber wie gesagt, zwischendurch war mal eine phantastische Zeit, wo wirklich so eine Art Aufbruchstimmung bei der Ciba war.“¹⁵

2.5 Industrielle Modeller und ihre CCGs

Die Anerkennung und Akzeptanz von CCT wuchs in der Vergangenheit. Die American Chemical Society identifizierte 1996 Computational Chemistry in ihrem Bericht „Technology Vision 2020 – The U.S. Chemical Industry“ als Schlüsseltechnologie für die chemische Industrie, um gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen zu meistern¹⁶. In seinem Abschlussbericht „Applications of Molecular and Materials Modelling“ im Jahre 2002 stellte das International Technology Research Institute fest, dass etwa zwischen ein und fünf Prozent der Forscher in der chemischen und materialbasierten Industrie „computational scientists“ waren, sowie einige Experten deren Wachstum auf 25 % in den nächsten 10 bis 15 Jahren erwarteten.¹⁷ In der pharmazeutischen Industrie lag die Modellerzahl jeweils zwischen drei und zehn Prozent der Anzahl synthetisch organischer Chemiker in den untersuchten Unternehmen.¹⁸

¹⁴ Knapman & Warde 2000, S. 21f. und S. 46f.; Westmoreland et al. 2002, S. 40.

¹⁵ Interview mit Professor Dr. Heinrich R. Karfunkel, Quantenchemiker bei Novartis, Basel, 31.01.1998, (www.quantum-chemistry-history.com/Karfunk1.htm).

¹⁶ Oleson 1990, S. 34ff.

¹⁷ Westmoreland et al. 2002, S. 107.

¹⁸ Westmoreland et al. 2002, S. 53.

CCGs funktionieren im Allgemeinen im Service-Modus, analog zu industriellen Analytik-Abteilungen, und stellen damit Dienstleister dar, die interne Kunden (experimentelle Chemiker) und deren Projekte akquirieren und für diese gegen interne Verrechnung Simulationen durchführen. Damit stellen dann die zahlenden Kunden ein Erfolgsmaß für das Modelling dar.¹⁹ Es ist die Aufgabe der Modeller an solchen experimentellen Projekten teilzunehmen, in denen ein CCT-Beitrag von Vorteil sein kann. Welche Projekte das schließlich sind, entscheidet der Modeller selbst, in dem er sich auf die Suche nach interessanten Projekten beibt und die Chemiker des entsprechenden Projektes davon überzeugt, dass Modelling für ihr Projekt einen sinnvollen Beitrag leisten kann. Je nach Akzeptanzgrad kommt er auch durch die Annahme von Unterstützungsanfragen von Seiten der Chemiker zu Projektbeteiligungen. Der Experte wird für begrenzte Zeit Mitglied eines Projektteams, das aus unterschiedlichen Experten wie organischen Chemikern, Biologen, etc. zusammengesetzt ist. Von jedem Modeller wird erwartet, dass er ein bis zwei Großprojekte unterstützt, obwohl er auch andere Verpflichtungen haben kann.²⁰ Dabei lassen sich zwei Typen von Modellern unterscheiden. Der Support-Modeller leistet hauptsächlich Projektunterstützung, wohingegen der Development-Modeller, der vor allem in Pharmaunternehmen anzutreffen ist, neben seiner Unterstützungsfunktion, auch neue Software und Anwendungen entwickelt. Diese beiden Modellertypen stellen allerdings lediglich zwei Extreme eines kontinuierlichen Aufgabenspektrums dar, das von verschiedenen Modellern in unterschiedlicher Weise abgedeckt wird.

2.6 Technologieentwicklung, -transfer und -adoption

Eine sehr wichtige strategische Frage, die Unternehmen beantworten müssen, wenn es um die Notwendigkeit geht, neue Technologien zu etablieren ist das klassische „make or buy“?²¹ Die „in-house“-Entwicklung neuer Methoden bietet zwar das höchste Maß an Exklusivität für das jeweilige Unternehmen, die zeit- und kapitalintensive Entwicklung, Validierung und Unterhaltung von „in-house“-Software, sowie der notwendige Business-Fokus der CCGs im Fall von CCT, lässt allerdings ein umfassendes „make“ kaum zu. Nur in den größten chemischen und pharmazeutischen Unternehmen mit extensiven Modelling-Aktivitäten findet Methodenentwicklung und -validierung statt und dies ausschließlich in den Fällen, wo die zu lösenden Probleme spezifisch für die jeweilige Industrie sind und durch die Lösung ein absehbarer nachhaltiger Wettbewerbsvorteil resultiert. Selbst in der pharmazeutischen Industrie, in der erfolgreiche Produkte zu einem hohen Mittelrückfluß führen, stellt es eine Herausforderung dar, die Ausgaben für ein solches Projekt zu rechtfertigen, wenn das Unternehmen nicht über eine Reihe von CCT-Erfolgsgeschichten oder über ein weitsichtiges Management verfügt. Allerdings lassen sich regionale Unterschiede ausmachen. Während in den USA die Unternehmen kaum Software entwickeln, gibt es in Europa vereinzelt Unternehmen, die CCT-Programme entwickeln, wie zum Beispiel „Dissipative Particle Dynamics (DPD)“ durch Unilever entwickelt wurde. Demgegenüber findet in Japan eine extensive „in-house“ Entwicklung statt, mit dem Ziel unabhängiger von den US-Softwarehäusern zu werden.²²

Da industrielle Modeller primär Nutzer von Simulationstechnologien sind, werden neue Techniken zumeist erst dann adoptiert, wenn sie als „Standard“ gelten und damit Teil eines

¹⁹ Westmoreland et al. 2002, S. 110.

²⁰ Westmoreland et al. 2002, S. 53.

²¹ Ford & Farmer 1986; Gietzmann 1995.

²² Westmoreland et al. 2002, S. 112.

kommerziellen und leicht zu bedienenden Programmpaketes sind und darüber hinaus über intensive Validierungsstudien verfügen.²³ Spezialisierte Softwarehäuser, wie z.B. Accelrys²⁴ bieten der Industrie solche modularisierten und standardisierten Systemlösungen an. Ein weiteres Geschäftsmodell dieser Softwarehäuser stellen die so genannten „Konsortien“ dar, in denen Gruppen von akademischen und kommerziellen Forschern sowie industriellen Modellern zur Entwicklung und Validierung neuer Simulationsmethoden auf jeweils einem Forschungsfeld, wie z.B. im Polymerbereich zusammenarbeiten. Die Mitgliedschaft in einem solchen Konsortium sichert den Unternehmen die resultierende Software, dient aber vor allem den Softwarehäusern dazu, die industriellen Kunden zu binden.²⁵

Neben den Technologietransfer-Vehikeln „Kauf kommerzieller Software“ und „Teilnahme an Softwarekonsortien“ existieren noch die „Ausgründung von kleinen Start-ups“ und die „Einlizenzierung von Software“. Gemein haben diese Vehikel, dass sie Simulationsmethoden in die breite industrielle Anwendung bringen und damit eher einen geringen Exklusivitätsgrad erreichen.

Allerdings existiert auch eine zweite Klasse von Vehikeln, die den Unternehmen eine höhere Exklusivität der Methoden verspricht. Zu diesen Vehikeln, die allesamt eine direkte oder indirekte Interaktion zwischen Hochschule und Industrie voraussetzen, zählen:²⁶

- Hochschul/Industrie-Kooperationen
- Akademische Auftragsforschung
- Einstellung von Personal mit Modelling-Expertise und/oder eigenem Modelling-Code
- Austausch von Personal (z.B. „visiting scientists“) zwischen Hochschule und Industrie
- industriefinanzierte Post-Docs in Hochschulgruppen
- Studentische Industriepraktika
- „Sabbaticals“ industrieller Forscher in der Hochschule

Die wichtigste Technologieadoptionsart stellt die Einstellung bzw. den Austausch von Personal dar. Dies führt auch dazu, dass, obwohl die wichtigsten chemischen und pharmazeutischen Unternehmen international aufgestellt sind, ihre Expertise oft regionale akademische Stärken widerspiegeln.²⁷ Enge Kooperationen zwischen industriellen und akademischen Experten sind oft vorhanden, nicht zuletzt da die industriellen Modeller aus dem akademischen Umfeld stammen. Die Verwendung und Weiterentwicklung von akademischen Codes in Kooperation mit jenen Hochschulgruppen wird oft, wenn es um neue Methoden geht, als eine Alternative zur Kooperation mit kommerziellen Software-Häusern gesehen, um das Exklusivitätsniveau der resultierenden Software zu steigern.²⁸ Oftmals werden sogar Kooperationen mit dem akademischen Umfeld vorgezogen, um zeitnah vom „state of the art“ zu profitieren und daraus einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil zu generieren.

Kommerzielle Software startet typischerweise als akademischer Code und wird dann an einem bestimmten Punkt der Entwicklung von einem kommerziellen Software-Haus übernommen, das die Weiterentwicklung, Vermarktung und den technischen Support sicherstellt.

²³ Westmoreland et al. 2002, S. 46.

²⁴ www.accelrys.com

²⁵ Westmoreland et al. 2002, S. 112.

²⁶ Westmoreland et al. 2002, S. 109.

²⁷ Westmoreland et al. 2002, S. 44.

²⁸ Knapman & Warde 2000, S. 97.

Zumeist kommt es zu einer enormen zeitlichen Verzögerung mit der neue wissenschaftliche Konzepte Eingang in marktgängige Software finden. Dies liegt darin begründet, dass die Anforderungen der breiten Masse industrieller Experten an neue Software vergleichsweise hoch sind. Notwendig ist eine robuste, effiziente, verlässliche, leicht zu handhabende Software zur problemlosen Erstellung der Input-Daten, Interpretation der Output-Daten und mit ansprechenden graphischen Benutzeroberflächen zur schnellen Visualisierung und Kommunikation der Resultate. Zudem ist die Schnittstelle zwischen der Hochschule und den Softwarehäusern äußerst ineffizient, denn die akademische Entwicklung endet üblicherweise an einem Punkt, an dem das wissenschaftliche Interesse erloschen, der Weg bis zur wirtschaftlichen Nutzbarmachung allerdings noch sehr kostenintensiv und weit ist. Somit entsteht in der Transfergemeinschaft Hochschule – Softwarehaus – Industrie eine ernstzunehmende Lücke an dieser Schnittstelle.²⁹ Aufgrund des kommerziellen Charakters der Softwarehäuser kann auch nur derjenige wissenschaftliche Fortschritt in kommerzielle Software integriert werden, der einen entsprechend breiten und damit rentierlichen Markt erschließt.

Kooperationen und Personalaustausch mit dem akademischen Umfeld können diesen Problemen entgegenwirken und eröffnen den Unternehmen die Möglichkeit, durch die gezielte Adoption von verbesserten oder neuen CCT-Methoden einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen. Aufgrund des Service-Charakters der CCGs können akademische Theoretiker aber auch in Konkurrenz zu den industriellen Modellern treten, und somit den computergestützten Support für experimentelle Projekte übernehmen. Aus diesem Grund müssen die Serviceleistungen der CCGs möglichst kostengünstig und vielseitig sein, um für die „Einkäufer“ der experimentellen Projekte interessant zu bleiben. Dies wird an folgender Aussage von Prof. Dr. Heinrich R. Karfunkel deutlich:

„Jedes Labor hat ein beschränktes Budget. Ich stehe vor diesem Riesendilemma: Wie kann ich billiger anbieten? Und mir ist bewusst, ich muss die Hochschule schlagen, ich muss die billigste Lösung finden. [...]. Man hat natürlich einen Vorteil bei vertraulichen Arbeiten, da zögert man mit Hochschulen zu kooperieren. Aber bei Fragestellungen ganz allgemeiner Natur ist die Hochschule eine echte, harte Konkurrenz für die Modeller in der Industrie.“³⁰

Allerdings ist die Kooperation zwischen Hochschule und Industrie nicht frei von ernst zu nehmenden Hürden, denn beide Problemlösungsstrategien sind äußerst unterschiedlich, wie folgende Tabelle zusammenfassend verdeutlicht:

Diese unterschiedlichen Ansätze werden im Abschnitt 4.1.2 weitergehend erörtert. Nachdem wir nun unterschiedliche literaturgängige Faktoren, die den Technologietransfer beschleunigen bzw. abbremsen können, erörtert haben, sollen im nachfolgenden Abschnitt Faktoren diskutiert werden, die Qualität und Geschwindigkeit der weiteren Ausbreitung und Nutzung von CCT innerhalb eines Unternehmens beeinflussen können.

²⁹ Westmoreland et al. 2002, S. 112.

³⁰ Interview mit Professor Dr. Heinrich R. Karfunkel, industrieller Quantenchemiker bei Novartis, Basel, 31.01.1998, www.quantum-chemistry-history.com/Karfunk1.htm).

Tab. 1: Vergleich der Arbeitsweise von Modellern in Industrie und Hochschule³¹

Industrie	Hochschule
Hohe Komplexität der Probleme und deren ganzheitliche Lösung erfordert eine Vielzahl an Modelling-Techniken und Expertise	Fokussierung auf einen Aspekt des Problems möglich um vorhandene Expertise und Tools zu nutzen
Multidisziplinärer Ansatz, gewöhnlich Arbeit im Team	zumeist individuelle Arbeit
Lösung von 80% des Problems reicht oft aus um „dead ends“ zu eliminieren	Hohe Maß an Exaktheit und vertieftes Verständnis für Publikationen notwendig
Schnelle Problemlösung notwendig	Mehr Zeit verfügbar
Manuelle und zeitraubende Erstellung der Input-Dateien nicht möglich	Input-Dateien werden oft per Hand vorbereitet
Robuste, validierte Methoden und Code notwendig	Fehlersuche und Validierung von Code kritisch für die Ausbildung von Studenten/Post Docs
Verfügbarkeit von kommerzieller Software unerlässlich zur Erstellung von Input-Dateien und zur Visualisierung der Ergebnisse für Kollegen und Manager mit unterschiedlichem fachlichem Hintergrund	Kommunizieren der Resultate an Fachleute mit demselben Hintergrund

2.7 Akzeptanz und Widerstand in der Industrie – Ausprägungen und Gründe

Wie bereits erwähnt, erfolgte in manchen Unternehmen eine Reduktion oder Eliminierung von Modelling-Aktivitäten. Dies ging zumeist mit einer Verringerung der F&E-Ausgaben für die Grundlagenforschung einher. Im Allgemeinen ist das Investment in CCT also eng mit der Unterstützung der Grundlagenforschung verknüpft.³² Aber auch einige CCT-spezifische Gründe gab es für Unternehmen ihre Modelling-Bemühungen zu beschneiden. Diese Gründe beruhen auf der irrigen Annahme CCT stelle die schnelle und kostengünstige Lösung für alle F&E-Probleme dar. Westmoreland et al. identifizieren die folgenden „Credibility Destroyers“:³³

Erstens, Modelling-Aktivitäten sollten ein sehr spezifisches und relevantes Problem lösen, für dessen Lösung CCT aber nicht geeignet waren. Zweitens, Methoden wurden benötigt, die noch nicht ausgereift waren. Drittens, Modeller verfügten nicht über die notwendige Expertise auf dem gefragten Gebiet oder es wurde von Chemikern ohne spezielle Modelling-Ausbildung erwartet die Simulationen durchzuführen. Viertens, die übersteigerten Erwartungen an CCT, wie bereits erwähnt, waren fatal, wenn es den Modellern nicht gelang, diese Erwartungen auf ein gesundes Maß zu reduzieren und fünftens der späte Projekteintritt von Modellern. Besonders letzterer Punkt scheint heutzutage immer noch problematisch zu sein.

Westmoreland et al. stellen fest, dass viele (möglicherweise die meisten) Chemiker immer noch glauben, CCT sei bestenfalls dazu geeignet bereits durchgeführte Experimente zu interpretieren. Aus diesem Grund werden Modeller oft erst nach wiederholten experimentellen Fehlschlägen um Projekt-Unterstützung gebeten. Modeller treten somit in das Projekt ein, wenn bereits Zeit, Geld und Geduld der Projektteilnehmer und v.a. der Vorgesetzten überstrapaziert sind.³⁴

³¹ in Anlehnung an Westmoreland et al. 2002, S.42.

³² Westmoreland et al. 2002, S. 40.

³³ Westmoreland et al. 2002, S. 45.

³⁴ Westmoreland et al. 2002, S. 113.

Wenn die überzogenen Erwartungen mit einem späten erfolglosen Projekteintritt der Modeller einhergingen und entsprechende Enttäuschungen resultierten, konnte es durchaus vorkommen, dass dem Modelling die Schuld für den Abbruch des Projektes zugeschoben wurde. Das folgende Zitat von Bruce Gelin (1997) fasst diese Situation zusammen:

“Modelling and simulation have not turned out to be the revolutionary breakthrough that some companies advertised them to be in their enthusiastic youth. But neither are they the villain that they are sometimes made out to be. It is widely accepted that modelling and simulation are useful, especially toward the optimisation phases of a drug discovery process.”³⁵

Westmoreland et al. konstatieren, dass die Schnittstellen Modeller-Chemiker in den besuchten Unternehmen in Art und Qualität sehr unterschiedlich ausgeprägt waren, nicht nur zwischen den Unternehmen, sondern auch innerhalb eines Unternehmens.³⁶ Dr. Bernd Beck von Boehringer Ingelheim formuliert es in einem Vortrag in 2004 folgendermaßen:

„Nach über 20 Jahren Molecular Modelling:

- Notwendigkeit zum Einsatz dieser Methoden steht außer Frage
- Akzeptanz bei den Synthesechemikern sehr unterschiedlich“³⁷

„Chemiker sind von der Venus und Modeller vom Mars“, das ist der prägnante Titel eines Vortrags von Michael Bodkin, einem Modeller von Eli Lilly. Treffender lässt sich der Unterschied zwischen den beiden Parteien kaum beschreiben. Zwei extrem unterschiedliche Denkansätze prallen hier aufeinander, der Chemiker, der nur experimentelle Ergebnisse als endgültige Wahrheit akzeptiert und der Modeller, der mit Hilfe theoretischer Ansätze die Ergebnisse von Experimenten deuten aber auch vorhersagen kann. Aus dieser Unterschiedlichkeit erwächst im besten Fall Skepsis, im schlimmsten Falle aber offener oder verdeckter Widerstand. Verschärft wurde dieses Problem vor allem in der Anfangsphase des Modelling, als viele Enthusiasten vom Ersatz des Experiments und damit auch der synthetischen Chemiker durch CCT sprachen.

In dem entsprechenden Vortrag zeigt Michael Bodkin wie die unterschiedliche Akzeptanz von CCT sich in der Praxis manifestiert:³⁸ Nicht ohne Ironie teilt Bodkin experimentelle Projekte in fünf Klassen ein, die im Laufe der Zeit gewachsen sind und sich nach Art und Umfang der Beteiligung von CCT, in diesem Fall CADD (computer-assisted drug design), deutlich unterscheiden. „Dinosaurier-Projekte“ sind dabei diejenigen ohne jegliche CADD-Beteiligung, sei es aus mangelnder Akzeptanz oder mangelnder Vorstellungskraft seitens der experimentellen Projektchemiker. Die nächsthöhere Stufe bilden Projekte, in denen Modelling nur betrieben wird, um lästige Projektanforderungen zu erfüllen und/oder um Publikationen „aufzuhübschen“. Die Syntheseprioritäten (Art und Reihenfolge von Experimenten und Synthesewegen) dieser „CADD is a tick-box“-Projekte sind bereits festgelegt. „CADD-

³⁵ Knapman & Warde 2000, S. 11.

³⁶ Westmoreland et al. 2002, S. 53.

³⁷ Vortrag von Dr. Bernd Beck, Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG, „Molecular Modelling in der pharmazeutischen Forschung“, Workshop Dechema e.V., Frankfurt), 28.09.2004, (www.dechema.de/data/dechemaneu/_AK%20Molmod%20Prozesstechnik/WS%20Molmod/Beck_Boehringer%20Ingelheim.pdf)

³⁸ Vortrag von Dr. Michael Bodkin, Eli Lilly, „Chemists are from Venus, Modellers are from Mars“, Cutting Edge Approaches to Drug Design IV, März 2004, (www.rscmodelling.org/CEAtDD/bodkin.ppt.)

assisted projects“ sind Projekte die gelegentlich Computermodelle nutzen, vor allem dann, wenn unüberwindbare experimentelle Probleme auftauchen. Eine kontinuierliche Rolle kommt CADD in diesen Projekten nicht zu. Wiederum eine Stufe höher spricht man von „CADD-guided projects“, wenn Modelle regelmäßig genutzt werden und experimentelle Resultate von CADD interpretiert werden. Die Modelle beeinflussen die Syntheseprioritäten und auch die Chemiker sind bereit computergestützte Basistools kennen zu lernen und zu nutzen. Den „Königsweg“ für das Modelling stellen die „CADD-driven projects“ dar, denn hier wird massiv Expertise eingekauft, womit das experimentelle Projekt unter der Leitung eines Modellers steht. Zunächst erfolgen in einem Vorprojekt die notwendigen Simulationen, die dann in die entsprechenden Computermodelle münden. Diese Modelle legen dann die Syntheseprioritäten für die experimentellen Chemiker fest. Somit lässt sich mit der Projektbeteiligung von CCT noch nicht auf den Akzeptanzgrad dieser Technologien schließen, dies lässt sich ausschließlich am Grad der Einbindung in das jeweilige Projekt ablesen.

Im Nachfolgenden sollen noch einige Faktoren genannt werden, die zur Akzeptanz von CCT innerhalb eines Unternehmens beitragen können.

Wiederum sind es Westmoreland et al., die feststellen, dass die Empfänglichkeit der synthetischen Chemiker für CCT tendenziell bei jüngeren Mitarbeitern höher war.³⁹ Joseph Golab, Ph.D. von BP Amoco (2000) drückte es wie folgt aus:

„The younger workforce, who have used modelling as part of their PhDs, expect to have access to these tools in the companies that they join. They know the value of modelling through their own experience. They know that it works“.⁴⁰

Die Akzeptanz steigern vermögen auch unternehmensinterne CCT-Erfolgsgeschichten. Diese können bewirken, dass die Nutzung von CCT durch die experimentellen Projektleiter von deren Vorgesetzten, die ebenfalls Chemiker sind, in den Projekten aktiv gefördert und in manchen Fällen sogar gefordert wird.

2.8 CCT-Charakteristika und Management-Aspekte

Wie bereits diskutiert, stellen Computational Chemistry Technologien ein Sammelbecken unterschiedlicher Simulationstechnologien dar, die in den CCGs gebündelt und den synthetischen Chemikern als Dienstleistungen angeboten werden. Diese theoretisch begründeten F&E-Technologien sind „non stand alone“ Technologien, d.h. enge Kooperationen und ein intensiver Austausch zwischen industriellen Modellern und experimentellen Chemikern sind unabdingbar für ihre sinnvolle und effektive Anwendung in der Praxis. Dafür sind Koordination, Integration, Teaming und Partnerschaft von entscheidender Bedeutung. Echte Durchbrüche sind am wahrscheinlichsten an der Schnittstelle und aus der Synergie mit dem Experiment zu erwarten. CCT können also als synergetische F&E-Technologien charakterisiert werden.

³⁹ Westmoreland et al. 2002, S. 53.

⁴⁰ Knapman & Warde 2000, S. 91.

Einen ebenfalls erfolgskritischen Faktor stellt die frühzeitige Involvierung von Modellern in experimentelle Projekte dar, d.h. es sollten zumindest „pockets of acceptance“ unter den experimentellen Forschern existieren.⁴¹

Die oben dargestellten Charakteristika führen allerdings zu einer gesteigerten Anfälligkeit des Erfolgs von CCT für die Haltung der experimentellen Chemiker bezüglich CCT, genauer gesagt für deren Abneigung und Widerstand gegenüber CCT, was die Akzeptanz dieser Technologie in der industriellen Anwendung negativ beeinflussen kann. Erschwerend kommt hinzu, dass die Verwendung von CCT oft einen „intangible impact“ auf Forschungsprojekte hat, d.h. der Wert eines Modelling-Beitrags kann oftmals kaum quantifiziert werden, wie z.B. bei der Eliminierung von „dead-ends“ oder dem Aufzeigen kreativer Problemlösungsmöglichkeiten.

Ein weiteres Charakteristikum von CCT ist die große Nähe zur akademischen Forschung. Starke Bindungen zu externen akademischen Forschern auf diesem Gebiet sind von großem Wert, um nahe des aktuellen Standes der Technik zu bleiben. Der industrielle Erfolg von CCT zeigt eine Korrelation mit der Existenz von räumlich nahe gelegenen akademischen, theoretisch-chemischen Exzellenzzentren.⁴² CCT können damit als wissensintensive, synergetische F&E-Technologien bezeichnet werden.

Die Protagonisten dieser Technologien, die Modeller, sind oft in mehreren experimentellen Projektteams gleichzeitig eingebunden, während typische synthetische Chemiker und Biologen zu gegebener Zeit lediglich Mitglied eines Teams sind. Westmoreland et al. konstatieren, dass diese Besonderheit Modeller in die Lage versetzt, hilfreiche Ideen von einem Projektteam zum nächsten zu „transportieren“. Als Multiprojektmitglied fällt Modellern somit die einzigartige Rolle als technische „Gate Opener“ bzw. „Project Cross Fertilizer“ zu.⁴³

Modeller können als individuelle Technologieträger bezeichnet werden, denn jeder einzelne Experte ist spezialisiert auf eine bestimmte Kombination einiger CCT. Die Komplexität industrieller Probleme erfordert aber zumeist die ganze Breite des CCT-Spektrums. Somit sind eine kritische Modeller-Masse im Unternehmen, die dieses Spektrum an unterschiedlichen CCT-Tools und -Methoden abdecken kann, sowie starke Interaktionen zwischen den einzelnen Modellern, von elementarer Bedeutung.⁴⁴

Die Akzeptanzproblematik sowie die synergetische Natur der Technologien erfordern von den industriellen Modellern einen bestimmten Satz an Softskills, um die erfolgreiche Arbeit ihrer CCTs sicherzustellen. Zu diesen Softskills zählen Westmoreland et al. Kommunikationsfähigkeit, Überzeugungskraft und Innovationsfreude.⁴⁵

Aus den obigen Ausführungen folgt bereits, dass das kulturelle Unternehmensumfeld und die Natur der Forschungsprogramme den Unterschied zwischen Erfolg und Niederlage von CCT ausmachen können. Eine innovative, kooperative, team-orientierte und multidisziplinäre Kul-

⁴¹ Westmoreland et al. 2002, S. 113.

⁴² Westmoreland et al. 2002, S. 113.

⁴³ Westmoreland et al. 2002, S. 55.

⁴⁴ Westmoreland et al. 2002, S. 110.

⁴⁵ Westmoreland et al. 2002, S. 110f.

tur ist notwendig, um eine gleichberechtigte Partnerschaft zwischen Theorie, Simulation und Experiment zu ermöglichen. Vorzüge und Erfolge von CCT müssen anerkannt und im Unternehmen kommuniziert werden. Die Existenz von integrierten und relevanten Forschungsprogrammen, in denen die Modeller eine essentielle Rolle spielen können, muss ebenfalls gewährleistet sein.⁴⁶

Dem Management obliegt dabei eine besondere Verantwortung, denn dessen naturgemäß hohe Erwartungen müssen realistisch bleiben, um die erforderliche Zeit für eventuell notwendige kulturelle Veränderungen innerhalb des Unternehmens sowie für den Aufbau von internen CCT-Kompetenzzentren, den CCGs, zu gewähren. Ein elementares Problem stellt dabei die Erfolgsmessung der CCGs bzw. der Modeller dar, denn wie bereits erwähnt, haben CCT oft einen „intangibile impact“.⁴⁷ Professor Dr. Heinrich R. Karfunkel veranschaulicht diese Problematik:

„Es kann sein, dass ich ein Simulationsergebnis erhalte und eine Aussage mache, die die Forschungsrichtung beeinflusst. Aber wie will man dies bei einem Endprodukt, das in drei Jahren entsteht, beurteilen? Ja, die Modeller haben auch einen Beitrag geleistet, aber der ist nicht messbar.“⁴⁸

Im Falle von CCGs, die im Service-Modus operieren, kann die Anzahl zahlender Kunden (experimentelle Chemiker) zumindest einen Erfolgsindikator darstellen.⁴⁹

Einen Grund für die frühen Enttäuschungen bezüglich der Leistungsfähigkeit von CCT stellen die damit verbundenen Erwartungen an eine schnellere und kostengünstigere Entwicklung von z.B. neuen Wirkstoffen dar. Die Erkenntnis, dass oftmals die am wenigsten tangiblen Beiträge die wichtigsten sein können, musste sich zunächst durchsetzen.⁵⁰ In diesem Zusammenhang stellt John van Drie, Ph.D., fest:

“If the expectation is to do things faster or more cheaply, you might be frustrated with the lack of impact. If the expectation is that MMM should help make better decisions, the impact is indisputable”⁵¹

Abschließend bleibt festzuhalten, dass CCT das Potential besitzt, den Unternehmen, die diese Technologien erfolgreich integrieren und auf intelligente und effiziente Weise nutzen, einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen.⁵²

⁴⁶ Westmoreland et al. 2002, S. 113.

⁴⁷ Westmoreland et al. 2002, S. 114.

⁴⁸ Interview mit Professor Dr. Heinrich R. Karfunkel, industrieller Quantenchemiker bei Novartis, Basel, 31.01.1998, www.quantum-chemistry-history.com/Karfunk1.htm

⁴⁹ Westmoreland et al. 2002, S. 110.

⁵⁰ Westmoreland et al. 2002, S. 114.

⁵¹ Veröffentlichtes Interview mit Dr. John van Drie, Vertex Pharmaceuticals Inc.

⁵² Westmoreland et al. 2002, S. 113.

3. CCT als Prozessinnovationen bzw. Prozesstechnologien

3.1 Identifikation von CCT als Prozesstechnologien

Wie bereits diskutiert, handelt es sich bei den CCT um ein breites Spektrum wissensorientierter, synergetischer F&E-Technologien, die in unternehmensinternen CCGs zu Dienstleistungen für experimentelle Chemiker integriert werden. Zunächst soll festgestellt werden, um welche Art von Technologien es sich hierbei handelt bzw. wie diese Technologien mit Hilfe der Managementliteratur typologisch eingeordnet werden können. Dabei soll gezeigt werden, dass eine Klassifizierung von CCT als wissensintensive, synergetische F&E-Prozesstechnologien erfolgen kann und damit anhand einzigartiger Charakteristika von bisher betrachteten Technologien abgegrenzt werden müssen.

Die Management-Literatur unterscheidet zwischen Produkt- und Prozesstechnologien bzw. Produkt- und Prozessinnovationen. Problematisch an diesen Unterscheidungen ist, dass die dahinter stehenden Definitionen keine starren Gebilde darstellen, sondern je nach Autor und Ziel der entworfenen Studien unterschiedlich ausgeprägt sind.

Eine ursprüngliche Unterscheidung liefern Abernathy und Utterback, die in einem wichtigen Beitrag ein integriertes Modell für Produkt- und Prozessinnovationen entwickeln, und eine Produktinnovation als „[...] eine neue Technologie oder eine Kombination von Technologien, die kommerziell eingeführt wird, um das Bedürfnis eines Nutzers oder eines Marktes zu befriedigen“ definieren. Ein Prozess wird hier einem Produktionsprozess zur Herstellung von Produkten oder Dienstleistungen gleichgesetzt. Produktinnovationen haben demnach einen Marktfokus und sind eher kundenorientiert, wohingegen Prozessinnovationen einen internen Fokus haben und effizienzorientiert sind.⁵³ Produktinnovationen sind demnach in der Lage die Nachfrage zu steigern, wohingegen Prozessinnovationen die Kosten senken, die Qualität erhöhen, die Flexibilität vergrößern und selbstverständlich die Produktivität steigern sollen.⁵⁴

Beide Innovationsarten können aber als komplementär erachtet werden, wobei erfolgreiche Unternehmen simultane Innovationsaktivitäten im Produkt- und im Prozessbereich aufweisen.⁵⁵ Welche Art von Innovationsaktivität bevorzugt wird, hängt stark von Firmengröße und Marktstruktur ab.⁵⁶

Interessant sind die Definitionen von Produkt- und Prozessinnovationen der OECD, denn hier lässt sich ein zeitlicher Wandel der Begrifflichkeiten feststellen.

In ihrer ersten Ausgabe des Oslo-Manuals 1992 definierte die OECD technologische Produkt- oder Prozess-(TPP)-Innovationen wie folgt:

„TPP-Innovationen sind implementierte, technologisch neue Produkte und Prozesse und signifikante technologische Verbesserungen von Produkten und Prozessen. Eine TPP-Innovation wurde implementiert, wenn sie auf dem Markt eingeführt wurde (Produktinnovati-

⁵³ Utterback & Abernathy, 1975; vgl. Ettlé & Reza 1992; vgl. Knight 1967; vgl. auch Lim et al. 2006.

⁵⁴ Vgl. Pisano, 1997; Lager, 2002.

⁵⁵ Mantovani, 2006; Kim & Mauborgne 1997, 2004.

⁵⁶ Mansfield, 1981; Link, 1982.

on) oder in einem Produktionsprozess (Prozessinnovation) verwendet wird. TPP-Innovationen umfassen unterschiedliche wissenschaftliche, technologische, organisationsbezogene und betriebswirtschaftliche Aktivitäten.“⁵⁷

Gemeinsam ist den bisherigen Ansätzen die Beschränkung der Begrifflichkeit „Prozessinnovation“ auf Produktionsprozesse.

In der zweiten Ausgabe 1997 wurde die Produktdimension um eine Service- oder Dienstleistungsdimension erweitert⁵⁸ und in der dritten Ausgabe 2005 wurden auch Marketing- und Organisationsinnovationen explizit berücksichtigt.⁵⁹

Die Begrifflichkeiten des Oslo-Manuals von 2005⁶⁰ sollen nun näher betrachtet werden, um eine zweifelsfreie Einordnung von CCT zu ermöglichen:

1. Produktinnovationen

Das Oslo-Manual definiert eine Produktinnovation als die Einführung eines Gutes oder einer Dienstleistung, neu oder signifikant verbessert gegenüber seinen Eigenschaften oder seiner angestrebten Verwendung. Dies beinhaltet signifikante Verbesserungen bezüglich technischer Spezifikationen, Komponenten und Material, dazugehöriger Software, Benutzerfreundlichkeit oder anderer funktioneller Charakteristiken.

Dienstleistungs-Produktinnovationen können signifikante Verbesserungen, in Art und Weise wie sie erbracht werden (Effizienz oder Geschwindigkeit), die Addition neuer Funktionen oder Eigenschaften zu bereits existierenden Dienstleistungen oder die Einführung neuer Dienstleistungen umfassen. Beispiele sind signifikante Verbesserungen bei Internet-Banking, z.B. wesentlich vereinfachter oder schnellerer Zugriff, die Einführung von home pick-up und drop-off Service für Kunden von Mietwagenanbietern.

Charakteristisch hier bleiben der bereits erwähnte Marktfokus und die damit verbundene direkte Kundenorientierung von Produktinnovationen.

2. Prozessinnovationen

Eine Prozessinnovation ist, gemäß des Oslo Manuals 2005, die Implementierung einer neuen oder signifikant verbesserten Produktions- oder Logistik-Methode. Dies beinhaltet signifikante Veränderungen von Technik, Ausstattung und/oder Software.

a) *Produktions-Methoden* umfassen die Techniken, Ausrüstung und Software, die benötigt werden, um Güter und Dienstleistungen zu erstellen. Beispiele neuer Produktionsmethoden sind die Implementierung neuer Automatisierungsausrüstung auf einer Produktionsstraße oder die Einführung von CAD-Systemen für die Produktentwicklung.

⁵⁷ Vgl. Oslo Manual 1992.

⁵⁸ Vgl. Oslo Manual 1997.

⁵⁹ Vgl. Oslo Manual 2005.

⁶⁰ Vgl. Oslo Manual 2005, S. 48f.

b) *Logistik-Methoden* betreffen die gesamte Logistik eines Unternehmens und umfassen Ausrüstung, Software und Techniken für den Einkauf, die Distribution von eingekauften Gütern im Unternehmen und die Auslieferung von Endprodukten. Ein Beispiel für neue Logistik-Methoden ist die Einführung eines Barcode- oder RFID Waren-tracking-Systems.

c) *Prozessinnovationen* beinhalten neue oder signifikant verbesserte Methoden für die Erstellung oder Erbringung von Dienstleistungen. Sie können signifikante Veränderungen in Ausrüstung und Software umfassen, die in dienstleistungsorientierten Unternehmen verwendet werden oder in den Prozessen und Techniken angewandt werden um Dienstleistungen auszuliefern. Beispiele sind GPS tracking Geräte für Transportdienstleistungen, ein neues Reservierungssystem in einem Reisebüro, neue Projektmanagement-Techniken in einem Beratungsunternehmen).

d) *Prozessinnovationen* beinhalten auch neue oder signifikant verbesserte Techniken, Ausrüstung und Software von Hilfs-Supportaktivitäten, wie Einkauf, Buchführung, Datenverarbeitung, Instandhaltung. Die Implementierung von neuen oder signifikant verbesserten Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ist eine Prozessinnovation wenn sie dazu dient, die Effizienz und/oder Qualität einer Hilfs-Supportaktivität zu steigern.

Trotz dieser umfassenden OECD-Definitionen gestaltet sich eine Einteilung von CCT schwierig. Die Nutzung dieser Technologien beschränkt sich auf den F&E-Bereich von chemischen und pharmazeutischen Unternehmen, um experimentelle Ansätze bei der Suche nach neuen und der Optimierung von bereits vorhandenen Wirk- oder Effektsubstanzen zu unterstützen, die später zu neuen Produkten führen können. Aus dieser Tatsache resultieren für CCT zwei Arten von „Mittelbarkeit“. Erstens die Mittelbarkeit von Forschungsaktivitäten die bei Neuprodukt-Forschungsprojekten – wo CCT bevorzugt zum Einsatz kommt – im besten Fall über mehrere Entwicklungsstadien wie Scale-Up, Validierung, Produktion und mit starker zeitlicher Verzögerung zum Neuprodukt führt. Bereits aufgrund dieses Umstandes wird klar, dass es sich bei CCT nicht um Produktinnovationen handeln kann, denn es fehlt neben der Marktfokussierung auch die direkte Kundenorientierung, die Technologien fließen also nicht in die resultierenden Produkte mit ein, sondern dienen nur dem Zweck der Produktgenerierung bzw. -verbesserung. Die zweite Art der Mittelbarkeit von CCT resultiert aus deren komplementärem und synergetischem Charakter zum maßgeblichen experimentellen Forschungsansatz, womit CCT nur einen mittelbaren Einfluss auf die Ergebnisse, nämlich über diese experimentelle Forschung nehmen kann.

Aus beiden Mittelbarkeiten lässt sich ableiten, dass CCT eine Dienstleistung innerhalb des F&E-Prozesses leisten, die wiederum als Dienstleistungen für den nachgelagerten Produktionsprozess bezeichnet werden können. CCT und damit auch alle anderen F&E-Technologien sind also weiter von der Produktion entfernt als neue oder signifikant verbesserte Produktionsmethoden (siehe oben: 2a), aber wesentlich näher als die oben erwähnten neuen oder signifikant verbesserten Techniken für Hilfs-Supportaktivitäten, wie z.B. Einkauf oder Instandhaltung (siehe oben: 2d).

Um zu prüfen ob es sich bei CCT um Prozesstechnologien im Sinne des Oslo-Manuals handeln kann, muss zunächst der darin angeführte Begriff der „Produktion“ auf den unternehme-

rischen F&E-Bereich übertragen werden. Darin sind Produktionsmethoden u.a. Techniken zur Erstellung von Gütern und Dienstleistungen.

Eine Möglichkeit, eine im Sinne der OECD befriedigende Einteilung zu erhalten, besteht nun darin, wie oben bereits kurz skizziert, die Generierung und Optimierung von Wirk- oder Effektsubstanzen mittels CCT als Dienstleistung für das „Dienstleistungsunternehmen“ F&E-Department im Sinne der obigen Definition 2c anzusehen. Die F&E-Aktivitäten wären damit als Dienstleistungen für die nachgelagerten Unternehmensbereiche Entwicklung, Produktion, Marketing, Vertrieb, etc. zu bezeichnen. Damit stellen CCT neue oder verbesserte Methoden zur Erstellung von F&E-Dienstleistungen dar. Mit Hilfe dieser generalisierten Sichtweise können CCT im Sinne der OECD-Definitionen als Prozessinnovationen und damit als Prozesstechnologien identifiziert werden. Es handelt sich also bei CCT um wissensintensive, synergetische F&E-Prozesstechnologien.

Aufgrund der eingeführten Verallgemeinerungen kann die oben entworfene Argumentationskette nicht endgültig tragen. Eine lohnenswerte Definition für Prozesstechnologien findet sich im „Blackwell Encyclopedic Dictionary of Operations Management“: „Process technologies are the machines, equipment and devices which contribute to an operation transforming materials and information and customers in order to add value“. Diese Definition distanziert sich von den Begriffen „Produkt“ bzw. „Dienstleistungen“ in so weit dass Prozesstechnologien mehr aus dem Blickwinkel des Prozesses und weniger aus der Perspektive des Ergebnisses beleuchtet werden. Dieser Logik folgend wären CCT Methoden, bzw. Softwareprogramme mit deren Hilfe z.B. strukturelle Informationen von Enzymen dazu genutzt werden, um Molekülstrukturen zu generieren, die die Funktion dieser Enzyme beeinflussen können. Eine Wertschöpfung resultierte hierbei also durch die Transformation von Informationen, womit CCT eindeutig der Prozessdimension zugeordnet werden können.

3.2 Typologie von Prozessinnovationen

Die obige Definition bildet den Ausgangspunkt für die von Nigel Slack und Michael Lewis ausgearbeitete Typologie von Prozesstechnologien.⁶¹ Die Beschreibung von Prozessen beruht dabei auf einem Input-Transformation-Output-Modell.⁶² Dabei besteht ein Prozess aus Transformationen, die einen oder mehr Input in den entsprechenden Output umwandeln.

Ziel der nachfolgenden Ausführungen ist es, zunächst einen Überblick über die von Slack und Lewis entworfene Prozesstypologie zu geben. Im Anschluss wird diese dahingehend untersucht, ob und inwiefern F&E-Prozesstechnologien im Allgemeinen und CCT im Speziellen einen festen Platz darin einnehmen können bzw. wie eine Abgrenzung von strukturell andersartigen Prozesstechnologien mit Hilfe einfacher Kriterien bzw. Dimensionen erfolgen kann.

Die Autoren skizzieren vier Elemente mit deren Hilfe unterschiedliche Prozesstechnologien charakterisiert werden können. Allerdings sind für die nachfolgenden Betrachtungen lediglich drei der vier Elemente interessant.

⁶¹ Vgl. Slack & Lewis 2005, S. 6.

⁶² Vgl. z.B. Slack et al. 2004.

Im ersten Element werden Leistungsmerkmale von Prozesstechnologien definiert, um den potentiellen Beitrag dieser Technologien zur Befriedigung von Marktbedürfnissen abschätzen und damit einen Wettbewerbsvorteil aufbauen zu können. Dies sind zum Beispiel Produkt- oder Service-Qualität, Effizienz und Kosten sowie Flexibilität. Die Chancen von Prozesstechnologien sind nicht auf den traditionellen Kostenfaktor beschränkt, sondern die meisten von den in der Slack/Lewis-Studie aufgeführten Autoren untersuchten Technologien haben einen Effekt auf mehrere der genannten Leistungsmerkmale.

Das zweite Element definiert die drei Input-Dimensionen (wie oben bereits erwähnt). Neben dem materiellen Input (z.B. Rohstoffe, Edukte) und dem immateriellen Informations-Input (z.B. Auftragsinformationen) werden auch Kunden zur „Weiterverarbeitung“ bzw. Transformation, wie z.B. in modernen Personenbeförderungssystemen als eigene Input-Kategorie, erachtet. Damit erhalten wir die drei Input-Dimensionen *Material*, *Information*, *Kunde*, die eine zentrale Rolle in der Definition von Prozesstechnologien spielen. Natürlich können Prozesstechnologien auch mehr als eine Input-Dimension integrieren, wie zum Beispiel die Check-In-Schalter der Flughäfen, die nicht nur die Fluggäste (Kunden) „verarbeiten“, sondern auch deren Flugziel und Sitzwunsch (Informationen) sowie Anzahl und Art des Reisegepäcks (Material).

Für die jeweiligen Input-Dimensionen existieren unterschiedliche Transformationsarten. Handelt es sich um einen *Material*-Input, kann der betrachtete Prozess diesen entweder physisch transformieren (z.B. Gießen von Metallen, Extrudieren von Polymeren), örtlich verlagern (z.B. mittels Containerschiff oder Warehousing-System) oder aber den Besitzstatus verändern (z.B. Getränkeautomat).

Transformationen von *Information* führen entweder zu analytischen Resultaten (z.B. Marktforschung, Finanzberichte) oder zu Transaktions-Ergebnissen (z.B. Geldautomaten, Online-Banking, Kommunikation, Besitzstand). Bei den analytischen Transformationen werden Inputrohdaten in aussagekräftige, strukturierte Informationen umgewandelt.

Kundenbezogene Prozesse können ebenfalls eine örtliche Verschiebung (z.B. mit öffentlichen Verkehrsmitteln) oder eine Veränderung des physiologischen (z.B. durch medizinische Prozesse wie Operationen, Dialyse) bzw. des psychologischen Zustandes (z.B. im Kino und in Freizeitparks) bewirken.⁶³

Das dritte Element unterscheidet zwischen „direkten“ und „indirekten“ Prozesstechnologien. Dabei bewirken direkte Prozesstechnologien klar und unverzüglich eine Veränderung des Zustands des zu transformierenden Inputs, die zum gewünschten Produkt und/oder Dienstleistung führt, dies sind also Prozesse die zur direkten Erstellung von Produkten und Dienstleistungen verwendet werden. Indirekte Prozesstechnologien sind Infrastruktur-Technologien und damit eine Voraussetzung für reibungslos und effizient ablaufende direkte Prozesse. ERP⁶⁴-Systeme, E-Commerce, Qualitätsmonitoring- oder Supply Chain Management-Systeme stellen Beispiele für indirekte Prozesstechnologien dar.⁶⁵ An dieser Stelle kann eine

⁶³ Vgl. Slack & Lewis 2005, S. 11ff.

⁶⁴ Enterprise Resource Planning bzw. Unternehmensressourcenplanung bezeichnet die unternehmerische Aufgabe, die in einem Unternehmen vorhandenen Ressourcen (wie zum Beispiel Kapital, Betriebsmittel oder Personal) möglichst effizient für den betrieblichen Ablauf einzuplanen. Der ERP-Prozess wird in Unternehmen häufig durch Software-ERP-Systeme unterstützt.

⁶⁵ Vgl. Slack & Lewis 2005, S. 15f.

Parallele zu den OECD-Definitionen gezogen werden, denn die hier skizzierten indirekten Prozesstechnologien entsprechen den Prozessinnovationen, die sich auf Hilfs-Supportaktivitäten beziehen (siehe oben: 2d).

Um der Klassifizierung von CCT in der Slack/Lewis-Typologie einen Schritt näher zu kommen, soll eine Dimensionsmatrix mit Hilfe der Dimensionen Input und Transformation erstellt werden. Die Erweiterung dieses Schemas um eine Dimension, die beschreibt, wo die jeweilige Transformation stattfindet, bzw. für welchen Unternehmensbereich diese relevant ist, erscheint aufgrund der Erkenntnisse der Oslo-Manual- und Slack/Lewis-Typologien sinnvoll. Letztere Dimension, die im Nachfolgenden als Output-Dimension bezeichnet wird, soll helfen CCT in der Typologie mit zu verankern. Zusammen mit den bereits erörterten Input- und Transformationsdimensionen lässt sich nun die nachfolgende Tabelle generieren. Wo sinnvoll, wurden die gegenseitigen Schnittpunkte der drei Dimensionen beziffert und im Nachfolgenden kurz mit Beispielen dargestellt. Was die Output-Dimension betrifft, sollen zunächst ganz im klassischen Sinne „Produktion“ (Erstellung von Produkten und Dienstleistungen) und „Logistik“ gemäß der Definition des Oslo-Manuals betrachtet werden.

Tab. 2: Erweiterte Prozesstechnologie-Typologie in Anlehnung an Slack/Lewis⁶⁶

Inputdimension	Material		Information	
Transformationsdimension	physisch	örtlich	transaktional	analytisch
Outputdimension				
Forschung & Entwicklung	1	2	3	4
Produktion (Produkte & Dienstleistungen)	5	6	7	8
Logistik	9	10	11	
Unternehmensweit	12	13	14	

Prozesstechnologiesegment 5 bezeichnet physische Materialtransformationen im Produktionsbereich. Hier kann neues Automatisierungsequipment für Produktionsstrassen als Beispiel angeführt werden, im Sinne von Slack/Lewis handelt es sich hier also um direkte Prozesstechnologien. Dahingegen sind in Segment 6 eher produktionsinterne Logistiktechnologien und damit indirekte Technologien vertreten. Transaktionale Informationstransformationen im Produktionsbereich (Segment 7) sind vor allem im Dienstleistungssektor zu finden, zum Beispiel können dies Online-Banking, Bankautomaten oder neue Reservierungssysteme in Reisebüros, aber auch spezielle Datentransfersysteme in der Produktion beinhalten (ebenfalls direkte Prozesstechnologien). Analytische Transformationen in der Produktion (Segment 8) sind die Basis so unterschiedlicher Prozesstechnologien wie Computer-Assisted Design (CAD) - Systemen für die Neuproduktentwicklung, Qualitätskontroll- und Produktfunktionstest-Technologien sowie, im Dienstleistungsbereich, Marktforschungstechnologien oder Financial-Reporting-Systeme. Hier stellt sich eine klare Trennung zwischen direkten und indirekten Prozessen schon wesentlich schwieriger dar, denn je nach Blickwinkel können zum Beispiel Qualitätskontrollsysteme sowohl als direkte oder als indirekte Prozesstechnologien angesehen werden.

⁶⁶ in Anlehnung an Slack, Lewis 2005.

Logistische Prozesstechnologien gehen mit einer Veränderung des Produktortes einher (z.B. Fördertechnologien für Zwischen- und Endprodukte, automatisierte Warehousing-Systeme, Segment 10), physische Transformationen in diesem Bereich existieren deshalb nicht (Segment 9). Bar-code- oder RFID-basierte Warenrückverfolgungssysteme können als Beispiel für Segment 11 gewertet werden, wobei diese Systeme zumeist transaktionale und analytische Elemente vereinen.

Neben diesen Prozesstechnologien, die den klassischen Bereichen „Produktion“ und „Logistik“ zugeordnet werden können, existieren eine ganze Reihe von Technologien, die unternehmensweit zum Einsatz kommen und sich damit einer Differenzierung nach Einsatzort entziehen. Zu diesen Technologien, die ausschließlich Informationen transformieren, gehören die von Slack und Lewis als indirekt bezeichneten und weiter oben bereits erwähnten Prozesstechnologien wie zum Beispiel E-Commerce, ERP- oder Supply Chain Management Systeme (Segment 14).

Es stellt sich nun die Frage, wo sich in den bisherigen Ausführungen Raum für Technologien wie CCT findet, der auch deren interessanten Charakteristika (siehe Abschnitt 2.8) Rechnung trägt. Und in diesem Zusammenhang: Ist es notwendig der Outputdimension „Forschung & Entwicklung“ hinzuzufügen, um die so klassifizierten Prozesstechnologien zum Beispiel von Prozesstechnologien innerhalb der Produktion abzugrenzen? An diesem Punkt der Diskussion sollte klar geworden sein, dass es sich bei CCT nicht um im Sinne der Management-Literatur „normale“ Prozesstechnologien handeln kann. Letztere helfen für gewöhnlich die Komplexität der mit ihnen durchzuführenden Arbeiten zu verringern („de-skill work“). Prozesstechnologien im F&E-Bereich, und im Besonderen CCT, provozieren allerdings eher eine Erhöhung der Komplexität womit eine erfolgreiche und effiziente Nutzung von speziellen Kenntnissen und Erfahrungen abhängig wird. Auch sollen F&E-Prozesstechnologien nicht nur helfen Kosten einzusparen, sondern auch zur Flexibilisierung und Kreativierung von F&E-Prozessen, wie dies CCT in besonderer Weise tut, beitragen. Somit erscheint es unumgänglich der Outputdimension neben „Produktion“, „Logistik“ und „Unternehmensweit“ in gleichwertiger Ausprägung auch „Forschung & Entwicklung“ hinzuzufügen, womit das Schema der untenstehenden Tabelle, zumindest was das Interesse der vorliegenden Arbeit betrifft, vervollständigt ist (kundenbezogene Prozesstechnologien mit der Inputdimension „Kunde“ bleiben aus diesem Grund hier unberücksichtigt).

Als ein Vertreter von F&E-Prozesstechnologien, die Materialinput physisch transformieren, soll die Kombinatorische Chemie genannt werden, zumeist robotergestützte Technologien zur effizienten Synthese einer Vielzahl an strukturell ähnlichen Molekülen mit dem Ziel einer raschen Identifizierung von zum Beispiel potentiellen Pharmawirkstoffen (Segment 1 in Tabelle 2). Mit Hilfe der Kombinatorischen Chemie können reale Substanzbibliotheken aufgebaut werden, ein speziell auf die Forschung zugeschnittenes Warehousing-System für diese Substanzen würde man zu den Prozesstechnologien des Segmentes 2 zählen. Transaktionale Transformationen sind zum Beispiel bei der Nutzung von F&E-Datenbanken für den Datenaustausch zwischen Forschern involviert (Segment 3). Und schließlich in Segment 4, CCT als F&E-Prozesstechnologien, die Informationsinput analytisch zum Zwecke des besseren Verständnisses molekularer Strukturen oder molekularen Verhaltens umsetzen. Eine Einteilung der F&E-Prozesstechnologien nach direkten oder indirekten Prozessen erscheint nur wenig sinnvoll, da Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten schon per Definition nur mit-

telbar zur Generierung oder Verbesserung von Produkten beitragen. Allerdings handelt es sich bei diesen Technologien nicht um bloße Infrastruktur-Technologien womit diese irgendwo zwischen direkten und indirekten Prozesstechnologien stehen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass CCT aufgrund ihres einzigartigen Eigenschaftsprofils, das sich in erheblichem Maße von denen bereits in der Management-Literatur bekannten Prozesstechnologien unterscheidet, eine neue Klasse von Prozesstechnologien, nämlich F&E-Prozesstechnologien repräsentieren muss.

4. Theoretische Grundlagen

4.1 Hochschule-Industrie-Kooperationen

Im folgenden Kapitel sollen die für die vorliegende Arbeit wichtigsten Erkenntnisse der Technologietransfer-Literatur unter besonderer Berücksichtigung von Hochschul-Industrie-Interaktionen dargestellt werden. Dazu werden zunächst die Begrifflichkeiten „Technologietransfer“ und „Hochschul-Industrie-Interaktionen“ definiert sowie die Bedeutung unterschiedlicher Formen des Transfers erörtert, bevor wir die wesentlichen Unterschiede in Forschungskultur und Motivation der beiden ungleichen Kooperationspartner Hochschule und Industrie beleuchten. Nach der Betrachtung der Vorteile und Ziele von Industrie-Hochschul-Interaktionen für beide Seiten erfolgt eine Diskussion der Nachteile von und Barrieren für diese Kooperationen sowie deren Gefahren für die strategische Ausrichtung der akademischen Forschung. Abschließend wird dargestellt, welche Art von akademischen Forschern Technologietransfer-Aktivitäten positiv gegenüberstehen und in direkter Konsequenz ihrer bisherigen Interaktionserfahrungen, welche zukünftigen Kooperationsstrategien akademische und industrielle Forscher wählen.

4.1.1 Definition und Formen des Technologietransfers

„The intensity and quality of industry-science relationships play an increasing role in determining returns on investment in research, in terms of competitiveness, growth, job creation and quality of life. They also determine the ability of countries to attract or retain mobile qualified labour.“⁶⁷ Die OECD schreibt damit den Industrie-Hochschul-Beziehungen eine wichtige Rolle für die Zukunft zu. Zunächst wollen wir aber den Begriff „Hochschul-Industrie-Technologietransfer“ näher definieren.

Für den Terminus „Technologietransfer“ existiert eine Vielzahl von Definitionen je nach Forschungsdisziplin und Forschungsinteresse.⁶⁸ Im Rahmen der Managementliteratur wird der Begriff hauptsächlich für den Austausch von Wissen und Informationen innerhalb einer oder zwischen unterschiedlichen Organisationen verwendet, so zum Beispiel für den Transfer von Personal zwischen zwei Divisionen oder zwischen zwei Unternehmen.⁶⁹ Da unser Hauptinteresse dem Hochschul-Industrie-Technologietransfer gilt, soll folgende Definition für die weiterführenden Betrachtungen genügen: Hochschul-Industrie-Technologietransfer als ein wichtiger Motor für das wirtschaftliche Wachstum meint im engeren Sinne den Prozess, mit dessen Hilfe aus von der Industrie finanzierter akademischer Forschung hervorgehendes geistiges Eigentum durch Nutzungsrechte auf ein oder mehrere Unternehmen übertragen oder aber patentiertes akademisches Wissen einlizenziert und eventuell kommerzialisiert wird.⁷⁰

Technologietransfer ist also häufig gleichzusetzen mit Wissenstransfer. Bei der Art wie dieses Wissen transferiert wird, nehmen informelle Kontakte⁷¹ zwischen den Transferpartnern und damit der informelle Transfer von Wissen eine Schlüsselstellung ein. So zum Beispiel

⁶⁷ OECD 2002.

⁶⁸ Bozeman, 2000.

⁶⁹ Siegel et al. 2004, Schmoch et al. 2000

⁷⁰ Friedman & Silberman, 2003; Nelsen 2004.

⁷¹ „informelle Kontakte“ sind als Formen des Wissensaustausches ohne einen vertraglich festgelegten Rahmen definiert, z.B. informelle Treffen, Telefongespräche.

nennen in der Studie von Siegel et al. über den Technologietransfer zwischen 5 US-Hochschulen und der Industrie die befragten industriellen Manager/Unternehmer neben Lizenzen diesen informellen Wissenstransfer als häufigsten Output von Technologietransferanstrengungen. Die Autoren schlussfolgern, dass persönliche Beziehungen im UITT wichtiger zu sein scheinen als vertragliche Beziehungen zwischen den Partnern.⁷² Dies bestätigt ebenfalls eine Studie in Großbritannien, die herausstellt, dass formale Mechanismen in Hochschul-Industrie-Beziehungen nur die Spitze des Eisbergs darstellen. In den Ländern mit restriktiven regulatorischen Rahmenbedingungen für UITT erfolgt die Masse der Industrie-Wissenschaft-Beziehungen über informelle und indirekte Kanäle. In Großbritannien zum Beispiel zeigen Innovationsstudien, dass obwohl nahezu die Hälfte der Produktionsunternehmen die Universitäten als wichtige Innovationsquelle schätzen, nur 10 % formelle Beziehungen mit diesen unterhalten.⁷³

Tab. 3: Wissensinteraktions-Typen zwischen Universitäten und Unternehmen⁷⁴

Typen der Wissensinteraktion	Persönlicher Kontakt (face-to-face)?	Transfer von implizitem Wissen? ⁷⁵
Einstellung von graduierten Studenten durch das Unternehmen	-	+
Konferenzen oder andere Events mit Beteiligung beider Parteien	+	+/-
Ausgründung von Firmen durch Universitätsmitglieder	+/-	+
Gemeinsame Publikationen	+	+
Informelle Treffen, Gespräche, Kommunikation	+	+
Gemeinsame Betreuung von Doktor- oder Masterarbeiten	+/-	+/-
Schulung von Firmenmitarbeitern	+	+/-
Austausch von Forschern zwischen Universitäten	+	+
Sabbatical-Zeiten für akademische Forscher	+	+
Kooperative Forschung, gemeinsame Forschungsprogramme	+	+
Vorlesungen von Firmenmitgliedern an Universitäten	+	+/-
Auftragsforschung und Beratung	+	+/-
Nutzung von Universitätseinrichtungen durch Unternehmen	-	-
Einlizenzierung von Universitätspatenten	-	-
Kauf von an Universitäten entwickelten Prototypen	-	-
Lesen von Publikationen, Patenten, etc.	-	-

Ein umfassendes Bild von möglichen Typen von Wissensinteraktion zwischen Universitäten und Unternehmen zeichnen Schartinger et al. 2002. Die Wissensinteraktionstypen wurden auf ihre Fähigkeit implizites Wissen⁷⁶ zu vermitteln und dem Grad an persönlichem Kontakt zwischen den Interaktionspartnern, der damit verbunden ist, untersucht (siehe Tabelle 3). Die Autoren legen dabei großen Wert auf die Weitergabe von implizitem Wissen, obwohl diese nur besonders langsam und normalerweise mit hohen Kosten verbunden erfolgen kann, aber von besonderer Bedeutung für den effektiven Wissensaustausch in Innovationsprozessen ist. Der Transfer von implizitem Wissen ist ausschließlich durch persönliche Interaktionen („face to face“) möglich.⁷⁷ Diese helfen so genanntes „soziales Kapital“, wie Ver-

⁷² Siegel et al. 2004.

⁷³ SPRU 2000.

⁷⁴ Schartinger et al. 2002, S. 305; Schmoch et al. 2000, S. 8.

⁷⁵ +: Interaktion involviert typischerweise Transfer von implizitem Wissen oder persönlichen Kontakt; +/-: unterschiedlicher Grad an implizitem Wissenstransfer bzw. persönlichem Kontakt; -: Interaktionen typischerweise ohne Transfer von implizitem Wissen bzw. persönlichen Kontakt

⁷⁶ Unter „implizitem Wissen“ versteht man intuitives, erfahrungsbezogenes und damit nur schwer artikulierbares Wissen. Vgl. Teece 2005.

⁷⁷ Schartinger et al. 2002.

trauen, aufzubauen, das kritisch ist in Kooperationssituationen, die durch eine hohe Ergebnisunsicherheit, die Involvierung von sehr sensiblem wettbewerbsrelevantem Wissen und einem geringen Ausmaß an exklusiver Nutzbarkeit der Forschungsergebnisse durch einen Partner gekennzeichnet sind. Steter informeller Wissensaustausch durch enge persönliche Beziehungen zwischen den Interaktionsparteien scheint damit unerlässlich für einen effizienten Technologietransfer.

Das Fraunhofer Institut für Systemforschung und Innovation führte im Zeitraum von 1995 bis 1997 zwei fragebogenbasierte Studien unter deutschen Hochschulprofessoren in den Technikfeldern Chemie und Biotechnologie, aber auch Produktionstechnik, Mikroelektronik und Software zum Thema „Interaktionen mit der Industrie“ durch.⁷⁸ Ziel dieser Studien war die Identifizierung der wichtigsten Kontaktformen mit der Industrie, von Vor- und Nachteilen dieser Interaktionen aus akademischer Sicht und von für industrielle Forscher relevanten Gründen für Universitätskontakte. Aufgrund der interessanten Ergebnisse wird während des vorliegenden Kapitels immer wieder auf die Ergebnisse von Schmoch zurückgegriffen.

Von den insgesamt 433 auswertbaren Fragebögen entfielen 101 Antworten auf akademische Forscher aus der Chemie, denen unser besonderes Interesse gilt.

Auch die Wertigkeit und Relevanz unterschiedlicher Interaktionsformen zwischen Hochschule und Industrie sollten die von Schmoch befragten Professoren beurteilen.⁷⁹ Die Befragten konnten jede der vorgegebenen Interaktionsformen mit Hilfe der vier-stufigen Lickert-Skala „große Bedeutung“, „mittlere Bedeutung“, „geringe Bedeutung“ oder „keine Bedeutung“ bewerten. Folgende Tabelle enthält die Ergebnisse der chemischen Forscher nach absteigender Wichtigkeit der Interaktionsformen geordnet. Die folgende Tabelle fasst die Antworten der 101 Chemieprofessoren zusammen.

Tab. 4: Relevanz der Interaktionsformen mit der Industrie für chemische Professoren⁸⁰

Rang	Interaktionsform	Bedeutungsindex ⁸¹
1	informelle Kontakte	66
	Personaltransfer in Industrie	63
	Kooperationsforschung ⁸²	60
2	Beratung/Gutachten	51
	Auftragsforschung ⁸³	50
	Diplom-/Doktorarbeiten	44
	Konferenzen	44
3	Publikationen	33
4	Wissenschaftler austausch ⁸⁴	29
	Seminarausrichtung ⁸⁵	25

⁷⁸ Meyer-Krahmer & Schmoch 1998.

⁷⁹ Die Auswahl der abgefragten Interaktionsformen geht auf Allesch et al. 1988 und Cohen et al. 1994 zurück.

⁸⁰ Schmoch 1997, S. 23.

⁸¹ Der Bedeutungsindex entspricht der Summe der prozentualen Antwortanteile der beiden höchstgerankten Kategorien, im vorliegenden Fall also den beiden Kategorien „große Bedeutung“ und „mittlere Bedeutung“.

⁸² Bei der „Kooperationsforschung“ handelt es sich um gemeinsam von der Industrie und der Hochschule durchgeführte Forschungsvorhaben, die entweder zum Teil oder hauptsächlich im Universitätslaboratorium durchgeführt werden. Die Resultate sind dabei für beide Parteien interessant, die Kosten werden hauptsächlich von der Industrie übernommen.

⁸³ Die „Auftragsforschung“ ist allein an den Bedürfnissen der Industrie ausgerichtet und dient der Lösung spezifischer technischer Probleme, findet ausschließlich im akademischen Labor statt und die Industrie bezahlt für deren Ergebnisse. Vgl. Konecny et al. 1995.

Auch bei der Untersuchung von Schmoch kommt den „informellen Kontakten“ eine herausragende Bedeutung zu, womit der Schluss nahe liegt, dass die akademischen Forscher offensichtlich Mitglieder von informellen Netzwerken sind, in denen sowohl akademische als auch industrielle Forscher ihre Forschungsprojekte und Ergebnisse diskutieren. Ohne Mühe entstehen solche informellen Netzwerke durch den Transfer von qualifizierten Hochschulabgängern in die Industrie, die als Ehemalige in Kontakt mit ihrem Herkunftslabor bleiben. Solche sozialen Netze bauen auf gemeinsame Normen der Austauschpartner auf und können dadurch so genanntes „soziales Kapital“ generieren. Die „Austauschwährung“ innerhalb dieser Netze sind Informationen.⁸⁶ Man geht davon aus, dass diese Netze für einen großen, wenn auch schwer messbaren, Teil des zwischen Industrie und öffentlicher Forschung ausgetauschten Wissens verantwortlich sind. Laut der Ergebnisse von Schmoch wird die Ausbildung und Bereitstellung von Personal von den chemischen Professoren als wichtiger erachtet als von der Gesamtstichprobe, was auf besonders enge diesbezügliche Kontakte zwischen Universitäten und Industrie in dieser Branche hinweist. Zweifellos stellt die Personalvermittlung in die Industrie eine der wichtigsten Formen des Technologietransfers zwischen Universitäten und der Industrie dar.⁸⁷

Die niedrige Einstufung von „Wissenschaftleraustausch“ und „Seminar ausgerichtet“ liegt in der Tatsache begründet, dass diese Formen aufgrund ihrer administrativen Probleme eher selten zum Einsatz kommen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Interaktionspartner sich eines großen Spektrums an sehr unterschiedlichen Transferkanälen bedienen. Dies wird auch im Falle der Technologietransfer-Vehikel für CCT deutlich (siehe Abschnitt 2.6). Allerdings erweisen sich diejenigen Mechanismen als besonders effizient, bei denen die Transferpartner in einen unmittelbaren persönlichen Kontakt treten, wie z.B. Kooperationsforschung oder informelle Kontakte.⁸⁸ Auch Konferenzen erhalten im Vergleich zu Publikationen ein höheres Ranking da hier informelle Diskussionen möglich sind. Interessant erscheint auch, dass die bei der Untersuchung von Schmoch befragten Professoren interaktive Kontaktformen mit wechselseitigem Wissensaustausch, also sogenannte „two-way interactions“⁸⁹ bevorzugten.

Die vergangenen empirischen Arbeiten zum Thema Hochschul-Industrie-Interaktionen lassen sich grob in fünf Kategorien einteilen: Neben der Analyse unterschiedlicher Interaktionsformen wurden Kooperationsvereinbarungen, akademische Erwartungen und Ziele für Kooperationen, mögliche negative Konsequenzen der Kooperationen für das Verhalten der akademischen Forscher sowie Kooperationsziele der Firmen untersucht.⁹⁰

⁸⁴ Der „Wissenschaftler austausch“ stellt einen temporären Austausch von Forschungspersonal zwischen Universitäten und Industrie dar, z.B. als „visiting professor“ an Universitäten für industrielle Forscher bzw. als „Sabbatical“ in der Industrie für akademische Forscher

⁸⁵ Die „Seminar ausgerichtet“ umfasst die Ausrichtung von oder Teilnahme an Fortbildungsseminaren über neueste Forschungsmethoden und -ergebnisse für industrielle Forscher, die einige Universitätsinstitute anbieten.

⁸⁶ Coleman, 1988; Siegel et al. 2004.

⁸⁷ Schmoch 1997, S. 9.

⁸⁸ Schmoch et al. 2000.

⁸⁹ Meyer-Krahmer & Schmoch 1998, S. 839.

⁹⁰ Carayol 2003.

4.1.2 Unterschiede der Kooperationspartner: Motivationen, Aktionen, Organisationskultur

Gemäß Dougherty sind die beiden ungleichen Partner – akademische und industrielle Forscher - aufgrund der sehr unterschiedlichen Kulturen Teile voneinander stark verschiedener „Gedankenwelten“ mit unterschiedlichen Sprachen und Organisationsroutinen, die den Technologietransfer negativ beeinflussen können.⁹¹ Einen Überblick über die unterschiedlichen Vorgehensweisen kann folgender Tabelle entnommen werden.

Tab. 5: Unterschiede zwischen akademischer und industrieller Forschung⁹²

	Industrie	Hochschule
Zweck	„Company business“ gegen die Konkurrenz voranbringen	Wissen über physikalische Welt voranbringen
Prioritäten	Beitrag zum „business“; Zeit und Pünktlichkeit oft wichtiger als Vollständigkeit, da „time to market“ entscheidend	Thema voranbringen, Komplexität und Qualität der Arbeit, Vollständigkeit wichtig
Wahl der Forschungsprobleme	Fit zwischen individueller Expertise und Bedürfnissen des Unternehmens	Problemwahl nach bisheriger Erfahrung
Vorherrschende Erfahrung	Produkte und Prozesse, die für Unternehmen interessant	Phänomene und Techniken
Veröffentlichung der Resultate	nur, wenn Informationen nicht wettbewerbsrelevant	wichtig, freier Informationsaustausch
Wissen und Technologie	geschützt, für strategischen Wettbewerbsvorteil	Öffentlich

Eines der Hauptziele der akademischen Forscher ist die Akkumulierung von Wissen zum Zwecke einerseits dieses an Studenten weiterzugeben, andererseits aber durch dessen Veröffentlichung in hochrangigen Zeitschriften, Präsentationen auf prestigeträchtigen Konferenzen sowie das erfolgreiche Einwerben von Drittmitteln die Anerkennung in ihrer „scientific community“ zu erlangen. Auch persönliche finanzielle Anreize sind Motivation für akademische Forscher, genauso wie der Wunsch nach zusätzlichen finanziellen Mitteln für ihre Studenten und Laborausüstung.⁹³ Das akademische Forschungsklima wird durch zwei gegensätzliche Realitäten bestimmt, zum einen der akademischen Freiheit und zum anderen der Abhängigkeit von zusätzlichen externen Ressourcen.⁹⁴

Industrielle Forschung richtet sich an der „time to market“ aus, denn der größte Vorteil aus Produkt- oder Prozessinnovationen resultiert wenn zum Beispiel das Produkt vermarktet ist noch ehe der Wettbewerb mit einem ähnlichen Produkt aufwarten kann. Man versucht Exklusivrechte für hochschulbasierte Technologien zu erlangen und damit die vollständige Kontrolle über neue Technologien zu erwerben um daraus einen strategischen Wettbewerbsvorteil zu erlangen.⁹⁵

⁹¹ Dougherty 1992.

⁹² Konecny 1995, S. 19.

⁹³ Merton 1957, Siegel et al. 2003, 2004.

⁹⁴ Lee 1998.

⁹⁵ Siegel et al. 2003, 2004.

Damit ergeben sich im Wesentlichen zwei Hauptunterschiede, zum einen der Umgang mit generiertem Wissen und zum anderen die zeitliche Forschungsdimension. Nelson 2001 untersuchte wie unterschiedlich die beiden Parteien die Rolle des von ihnen generierten Wissens sehen. Während für akademische Forscher die Veröffentlichung der Ergebnisse einen Teil ihres Auftrags darstellt, wird in der Industrie Technologie in Form von Eigentumsrechten geschützt, um daraus einen strategischen Vorteil zur Gewinnmaximierung zu erlangen. Die unterschiedlichen „Zeitkulturen“, denen die industriellen und akademischen Forscher ausgesetzt sind, auf der einen Seite begründet in der Notwendigkeit einer zeitnahen Problemlösung, auf der anderen Seite auf der Forderung nach Vollständigkeit und Qualität der Arbeit basierend, stellen den zweiten wesentlichen Unterschied dar. Somit steht der Bedarf nach kurzfristigen („short-term“) Problemlösungen auf der industriellen Seite der eher langfristig („long-term“) orientierten Grundlagenforschung auf der akademischen Seite unversöhnlich gegenüber.

Was die unterschiedlichen Problemlösungsstrategien und Arbeitsweisen von Hochschule und Industrie betrifft, siehe auch die Gegenüberstellung in Abschnitt 2.6.

4.1.3 Vorteile und Ziele

4.1.3.1 Allgemein

Bei der Analyse der Erfahrungen von Industrie- sowie von akademischen Forschern von Lee 2000 umfasste die Stichprobe der akademischen Forscher 427 Wissenschaftler aus den sechs Disziplinen Biologie, Chemie, Chemieingenieurwesen, Computerwissenschaften, Maschinenbau, Materialwissenschaften und Ingenieure. Die antwortenden akademischen Forscher waren zur Zeit der Erhebung oder kurz zuvor in Hochschul-Industrie-Kooperationen involviert und verfügten damit über entsprechende Erfahrungen. Die industrielle Stichprobe umfasste 140 Unternehmen, mit Aktivitäten in den Bereichen Informationstechnologie, Biotechnologie und Life Sciences, Werkstoffe, Fertigung, Chemikalien und Polymere. Auch die befragten industriellen Technologiemanager verfügten über Kooperationserfahrungen.

Lee stellte fest, dass „costs and benefits“ von Hochschul-Industrie-Kooperationen oft weder zeitlich noch räumlich in Relation stehen und ein monetärer „Return on Investment“ zumeist weder für die industrielle noch für die akademische Seite berechnet werden kann.⁹⁶ Aus diesem Grund müssen oft einfachere Systeme zur Messung von Vorteilen, sogenannte „behavioral outcomes“ (z.B. Grad an Zufriedenheit) genannt, Verwendung finden. Somit müssen individuelle Erfahrungswerte erhoben werden, da die entsprechende Forschung von Individuen betrieben wird, die nach subjektiven Vorteilen für ihr professionelles und persönliches Fortkommen suchen.

4.1.3.2 Universität

In der bereits erwähnten Studie von Lee stellt dieser die Frage nach Gründen und Motivationen für Hochschul-Industrie-Kooperationen mit Hilfe einer fünf-stufigen Skala⁹⁷ zunächst der Gruppe der akademischen Forscher.

⁹⁶ Lee, 2000.

⁹⁷ Die fünf-stufige Skala von Lee umfasst die Kategorien: „5: most important“; „4: very important“; 3: important“; 2: „somewhat important“; 1: „least important“.

Tab. 6: Kooperationsgründe und -motivation für akademische Forscher⁹⁸

Gründe & Motivationen	Mittelwert	Bedeutungsindex
Sichern von Geldmitteln für Forschungsassistenten und Laborausüstung	3,9	69
Neue Einblicke in eigene Forschung gewinnen	3,8	69
Testen der Anwendung der Theorie	3,7	65
Zusätzliche Mittel für Forschung	3,6	61
Unterstützung der universitären „Outreach Mission“	2,8	33
Zugang zu neuen Studentenjobs und -praktika	2,7	32
Sammeln praktischer Erfahrungen für die Lehre	2,6	26
Suche nach „Business Opportunities“ ⁹⁹	2,2	21

Die Resultate zeigen, dass das Interesse eines akademischen Forschers in Kooperationen mit der Industrie hauptsächlich darin besteht, seine eigene Forschungsagenda voranzubringen. Dies wird in den vier höchstklassifizierten Gründen deutlich. Ihre Rolle als Lehrende findet ebenfalls Eingang in die Antworten, stellen aber neben dem Sammeln praktischer Erfahrungen oder der Suche nach Berufseinstiegschancen für ihre Studenten nicht die Hauptgründe für Kooperationen dar. Das sogenannte „Entrepreneurship“ spielt für Kooperationen eher keine Rolle. Damit stellt die Ergänzung bzw. Bereicherung der akademischen Forschungsagenda die wichtigste Motivation für Kooperationen dar.

Lee kann auch zeigen, dass die persönliche Erwartungshaltung der akademischen Forscher an Hochschul-Industrie-Kooperationen sehr gut mit den tatsächlich individuell erfahrenen Vorteilen dieser Kooperationen übereinstimmt. Je größer die Lebensdauer eines Kooperationsprojektes, desto größer war der Nutzen, den akademische Forscher aus dem Projekt ziehen konnten, gleichgültig ob diese eher ihre eigene Forschung voranbringen wollten, neue Erkenntnisse für ihre Lehrtätigkeit suchten, oder unternehmerisch tätig werden wollten. Dies war vor allem für Projekte der Fall, die zumindest drei bis fünf Jahre andauerten.

Ähnliche Resultate erbrachte die Befragung durch Schmoch, hier sollten die Professoren unterschiedliche Vorteile von Hochschul-Industrie-Interaktionen anhand der bereits zuvor erwähnten vier-stufigen Skala bewerten. Das Ergebnis der Chemieprofessoren gibt nachfolgende Tabelle wider.

Tab. 7: Vorteile von Hochschul-Industrie-Interaktionen aus akademischer Sicht¹⁰⁰

Rang	Vorteil	Bedeutungsindex
1	Zusätzliche Forschungsmittel	89
2	Wissensaustausch	81
	Flexibilität industrieller Mittel ¹⁰¹	74
3	Zusätzliche Ausrüstung	63
	Referenzen für öffentliche Projekte ¹⁰²	45

⁹⁸ Lee 2000, S. 120.

⁹⁹ Unter „Business Opportunities“ versteht der Autor z.B. Gelegenheiten für Beratungstätigkeiten oder das Starten eines eigenen Unternehmens.

¹⁰⁰ Schmoch 1997, S. 25.

¹⁰¹ Der Vorteil „Flexibilität industrieller Mittel“ spielt auf die Tatsache an, dass öffentliche Mittel nur für festgelegte Zwecke eingesetzt werden können, Industriegelder aber flexibler sind, z.B. für Dienstreisen mit informellem Charakter.

¹⁰² Mit „Referenzen“ sind Referenzen für die Einwerbung öffentlicher Fördermittel, z.B. für Projektanträge an die DFG, gemeint.

In Übereinstimmung mit der Untersuchung von Lee nennen die Professoren auch hier wieder das Erlangen oder Sichern von Forschungsmitteln als einen der wichtigsten Vorteile bzw. Kooperationsgründe. Allerdings beschränkt sich die Auswahl der Antworten in diesem Fall lediglich auf Vorteile für die Forschungsagenda der einzelnen Professoren und vernachlässigt Vorteile, wie das Sammeln von Erkenntnissen für die Lehre.

Wie bereits erwähnt, sind die akademischen Arbeitskreise heute mehr denn je angewiesen auf zusätzliche industrielle Forschungsmittel. An dieser Stelle von Interesse erscheint ein Blick auf die tatsächliche Industriedrittmittelquote, d.h. dem Anteil der Industriemittel an den gesamten zur Verfügung stehenden Forschungsgeldern der von Schmoch befragten akademischen Arbeitskreise. Für die grundlagenforschungsorientierten Disziplinen Chemie bzw. Biotechnologie lag diese Quote bei 11 bzw. 12 % und damit naturgemäß niedriger als der Stichprobendurchschnitt von 16%.¹⁰³ Ähnliche Zahlen lassen sich auch aus Berichten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ableiten. Hier nahm der relative Anteil von Industriegeldern am Gesamtforschungsbudget der Universitäten zwischen 1985 und 1995 von 5 auf 8 % zu, um im Jahre 2004 knapp 13 % zu erreichen.¹⁰⁴

Siegel et al. stellten fest, dass der Wissenstransfer in beiden Richtungen funktioniert, woraus sich weitere Interaktionsvorteile für akademische Forscher ergeben. Einige befragte akademische Forscher waren der Meinung, ihre Interaktionen mit Unternehmen hülften ihnen „bessere“ Grundlagenforschung zu betreiben unter anderem aufgrund neuer Ideen durch den Austausch mit industriellen Forschern.¹⁰⁵ Meyer-Krahmer & Schmoch leiten aus ihren Untersuchungen ab, dass Industrieunternehmen wichtige Produzenten von neuem Wissen darstellen, das für akademische Forscher von besonderem Interesse sein kann. Somit weisen sie darauf hin, dass der klassische Terminus „Technologietransfer“ von dem Begriff „Austausch von forschungsbezogenem Wissen und Erfahrung“ ersetzt werden sollte um den Fluss dieses Wissens in beide Richtungen zu würdigen.¹⁰⁶

Auch Zucker und Darby schlussfolgerten, dass so genannte „Star Scientists“ der Biotechnologie, die sich im Hochschul-Industrie-Technologietransfer engagierten, wissenschaftlich produktiver waren, während sie Unternehmen halfen ihre Technologien zu kommerzialisieren.¹⁰⁷ Auch eine Untersuchung von Louis et al. in den Life Sciences zeigte, dass akademische Entrepreneure eine höhere Publikationsrate aufwiesen und damit eine größere akademische Produktivität als akademische „Nicht-Entrepreneure“ aufwiesen. Auch zeigte sich, dass dieses „entrepreneurial behaviour“ der akademischen Forscher, also deren Bemühungen gemeinsam mit der Industrie die eigenen Forschungsergebnisse in potentiell marktfähiges Wissen oder Produkte weiterzuentwickeln, keinen negativen Einfluss auf deren Lehrtätigkeit hatte.¹⁰⁸

¹⁰³ Schmoch 1997, S. 19

¹⁰⁴ Berechnung auf Basis des Berichts „Forschung und Innovation in Deutschland 2006“, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2006.

¹⁰⁵ Siegel et al. 2004.

¹⁰⁶ Meyer-Krahmer & Schmoch, 1998.

¹⁰⁷ Zucker & Darby, 1996.

¹⁰⁸ Louis et al. 2001.

4.1.3.3 Industrie

„Akademische Forschung wird immer wichtiger für industrielle Aktivitäten“, zu dieser Schlussfolgerung kam die OECD im Jahr 2002 nicht ohne Grund. 73 % der Verweise auf wissenschaftliche Publikationen, die in US-Patenten aufgelistet waren, stammten 1994 aus der akademischen Forschung. Die Anzahl der Verweise von US-Patenten auf US-Forschungspublikationen nahezu verdreifachte sich in dem sechsjährigen Untersuchungszeitraum von 1988 bis 1994.¹⁰⁹ Je nach Industriesektor hätten zwischen 5 und 33 % der neuen Industrieprodukte nicht ohne direkten Input aus der aktuellen akademischen Forschung zur Marktreife entwickelt werden können. Auch die Technologietransfer-Effizienz legte in den 1990er Jahren an Fahrt zu, denn die Zeitspanne der Überführung einer akademischen Entwicklung in die industrielle Praxis verringerte sich im Durchschnitt vom sieben auf sechs Jahre.¹¹⁰

Für die Industrie sind Interaktionen mit dem akademischen Umfeld deshalb so wichtig, da diese die „absorptive capacity“, also die Fähigkeit von externen Quellen zu lernen und damit die innovative Leistungsfähigkeit der Firmen erhöhen.¹¹¹

Zucker und Darby stellten bei der Untersuchung von Biotechnologieunternehmen fest, dass nicht nur die Einstellung von, sondern auch die Kopublikation mit akademischen „star scientists“ einen signifikant positiven Effekt auf die Forschungsproduktivität (in Form der Anzahl an Patenten, der Anzahl an Projekten in den drei Phasen des pharmazeutischen F&E-Prozesses und der Anzahl an Produkten auf dem Markt) der Unternehmen hatte¹¹².

Cohen et al. fassten die Literatur über Motivationen und Anreize der beiden Partner, Kooperationen einzugehen, zusammen und betonten dabei Studien, die dokumentieren, dass Universitätsforschung Firmenumsatz, F&E-Produktivität und Patentierungsaktivität der Unternehmen steigern kann.¹¹³

Eine konkretere Analyse von Kooperationsvorteilen für die Industrie unternahm Lee, wobei die befragten 140 Unternehmensvertreter die Relevanz von acht möglichen Vorteilen auf einer fünf-stufigen Skala¹¹⁴ bewerten sollten. Das Industriespektrum der Stichprobe war breit gestreut und umfasste in der Reihenfolge abnehmender Präsenz Informationstechnologie, Biotechnologie & Life Sciences, „Materials“, Produktion, Chemie & Polymere, Transport etc. Die Tabelle 8 fasst die erhaltenen Ergebnisse in Form der nach absteigender Wichtigkeit sortierten Vorteile zusammen:

¹⁰⁹ Narin et al. 1997.

¹¹⁰ Mansfield 1998.

¹¹¹ OECD 2000; Cohen & Levinthal 1989, 1990.

¹¹² Zucker & Darby 1996, 2000.

¹¹³ Jaffe 1989, Cohen et al. 1997.

¹¹⁴ Die fünf-stufige Skala umfasst hier die Kategorien: „5: substantial“; „4: considerable“; 3: „moderate“; 2: „marginal“; 1: „not at all“.

Tab. 8: Vorteile von Hochschul-Industrie-Kooperationen für Industrie¹¹⁵

Vorteile für Industrie	Mittelwert	Bedeutungsindex
Zugang zu universitärer Forschung	4,0	77 %
neue Produkte / Prozesse entwickeln	3,7	61 %
Beziehung zu Universitäten unterhalten	3,6	54 %
Neue Patente entwickeln	3,4	53 %
Technische Probleme lösen	3,2	34 %
Produktqualität verbessern	2,4	23 %
Ausrichtung eigener F&E-Agenda	2,3	16 %
Studenten rekrutieren	1,8	6,4 %

Der Autor stellte fest, dass die Erwartung-Nutzen-Relation für industrielle Forscher nicht unbedingt linear war und der Nutzen aus Hochschul-Industrie-Kooperationen ein breites Spektrum annehmen kann, d.h. oft vorher nicht antizipierter Nutzen generiert wurde. So gaben zum Beispiel Firmen, deren Hauptkooperationsinteresse in der explorativen Forschung auf der Suche nach neuen Technologien bestand, an, dass auch ihre Produktentwicklung bzw. ihre Patentpositionen von der entsprechenden Kooperation profitierten.

Im Gegensatz dazu bewerteten bei Schmoch die an der Studie teilnehmenden akademischen Forscher das Interesse der industriellen Seite an Universitäts-Industrie-Interaktionen. Die entsprechenden Ergebnisse der befragten chemischen Forscher weist folgende Tabelle aus:

Tab. 9: Industrieinteresse an Interaktionen (aus akademischer Sicht)¹¹⁶

Rang	Industrieinteresse	Bedeutungsindex
1	Beobachtung wissenschaftlicher Entwicklung	83
2	Rekrutierung Personalnachwuchs	68
	technische Problemlösung	57

Eine Umfrage von Caloghirou et al. unter 312 Unternehmen aus sieben EU-Ländern, die an durch EU-Rahmenprogramme finanzierte Kooperationsprojekten mit Hochschulen teilnahmen, ergab, dass die Kooperationsintensität mit Universitäten mit den folgenden Zielen der befragten Industriellen positiv korreliert war (in absteigender Intensitätsreihenfolge: Zugang zu komplementären Ressourcen und Fähigkeiten und damit Verbreiterung der unternehmensinternen Wissensbasis, Profitieren von Forschungssynergien zur Kosteneinsparung oder Verbesserung der F&E-Produktivität, Verfolgen des neuesten Standes der Technologieentwicklung, Zugang zu finanziellen F&E-Mitteln, Aufteilen der F&E-Kosten.¹¹⁷

Zusammenfassend lässt sich also die Beobachtung und der Zugang zu universitärer Forschung, zur möglichst zeitnahen Identifikation von und Reaktion auf für das jeweilige Unternehmen relevanten Entwicklungen als für Industrielle wichtigste Vorteile von Hochschul-Industrie-Kooperationen nennen. Dabei spielt zwar auch die Rekrutierung von potentielltem Nachwuchs eine gewisse Rolle, sicherlich aber nicht die für die Kooperation ausschlaggebende.

¹¹⁵ Lee 2000, S. 122.

¹¹⁶ Schmoch 1997, S. 26.

¹¹⁷ Caloghirou et al. 2001.

4.1.4 Probleme, Nachteile, Barrieren von Kooperationen

In ihrer Umfrage unter akademischen Forschern und industriellen Managern/Unternehmern der Life Sciences sahen Siegel et al. 2004 das fehlende Verständnis für die kulturellen und wissenschaftlichen Normen und Zwänge der Hochschulen bzw. der Industrie des jeweils anderen Transferpartners als relevantes Hemmnis für einen effektiven Technologietransfer. Eine Hauptbarriere der Unternehmer bestand auch in der aggressiven Haltung von Universitäten in der Ausübung ihrer IP-Rechte. Unternehmensvertreter und akademische Forscher stimmten in ihrer Überzeugung überein, häufig seien Bürokratie und mangelnde Flexibilität wichtige Barrieren für einen effektiven UITT. Auch unzureichende Anerkennung/Rekompensationen (nur basierend auf Publikationen und Grants) für ihre Kooperationsbemühungen durch die Universität wurden von den befragten akademischen Forschern als Nachteile angeführt. Mehr Interaktionen und Verständnis der Partner untereinander wurde deshalb von den beiden Parteien gefordert.¹¹⁸

Hall et al. untersuchten 38 vom Advanced Technology Program (ATP) des National Institute of Standards and Technology (NIST) mitfinanzierte Industrieprojekte mit und ohne Universitätsbeteiligung. Dabei wurde gemessen, ob IP-relevante Fragestellungen unüberwindbare Hindernisse für eine Universitätsbeteiligung in diesen Projekten darstellten. Die Autoren stellen fest, dass die Wahrscheinlichkeit für die Existenz unüberwindbarer Hindernisse in den Projekten größer war, wenn das Projekt kürzer und damit die Forschungsergebnisse höheren IP-Charakter hatten, sowie die Industriepartner vorher bereits Kooperationserfahrungen mit Universitäten gesammelt hatten.¹¹⁹

Eine repräsentative Untersuchung von Nachteilen von bzw. Barrieren für Industriekontakte für akademische Forscher unternahm Schmoch, in dem er seine befragten Professoren die Bewertung einer Liste mit möglichen Nachteilen auf einer vier-stufigen Skala vornehmen ließ.

Tab. 10: Relevanz von Kooperationsnachteilen/-barrieren für akademische Forscher¹²⁰

Rang	Nachteile/Barrieren	Bedeutungsindex
1	Kurzfristigkeit der Industrieforschung („short-term orientation“)	69
2	uninteressante Themen	46
	Behinderung von Publikationen	43
3	Verwaltungsprobleme ¹²¹	27
4	Geringe industrielle Basis in BRD ¹²²	22
	Übervorteilung durch Industriepartner ¹²³	17

¹¹⁸ Siegel et al. 2004.

¹¹⁹ Hall et al. 2001.

¹²⁰ Schmoch 1997, S. 28.

¹²¹ Mit „Verwaltungsproblemen“ sind verwaltungstechnische Schwierigkeiten bei Industrieverträgen gemeint.

¹²² Die Nachteilsvariable „geringe industrielle Basis“ deckt die Klagen einiger Professoren ab aufgrund eines zu niedrigen Leistungsstandes der Industrie in ihrem Feld bisher nahezu erfolglos nach geeigneten Industriepartnern gesucht zu haben.

¹²³ Zu einer „Übervorteilung“ des akademischen Forschungspartners kann es durch die vertraglichen Vereinbarungen oder der Verwertung der Ergebnisse bei Auftrags- und Kooperationsforschung kommen.

In den meisten Untersuchungen werden damit die kulturell unterschiedlichen Zeitvorstellungen und -dimensionen der Forschungsaktivitäten als wichtigste Barrieren für Kooperationen ausgewiesen.

Eine Vielzahl von Autoren diskutieren langfristige negative Einflüsse von Industriekooperationen auf die akademische Grundlagenforschung, die eine Folge intensiver Kooperationsbemühungen sein können. Diese von Berens und Gray etwas irreführend „unintended consequences“¹²⁴ genannten Kooperationsrisiken wurden erstmals von Cohen et al. beschrieben, die feststellten, dass Kooperationen zu Publikationsbehinderungen führen und die Wahrscheinlichkeit für die Zurückhaltung von akademischen Forschungsergebnissen positiv mit der Konzentration auf angewandte Forschung korreliert. Auch wurden neben der Beeinträchtigung des Veröffentlichungsverhaltens schon früh Störungen beim Auswahlprozess der Forschungsagenda sowie eine Verringerung der Forschungsproduktivität erörtert.¹²⁵

In Bezug auf Publikationsbehinderungen stellten Blumenthal et al. in einer Umfrage unter mehr als 2000 akademischen Forschern der „Life Sciences“ allerdings fest, dass diese in Bezug auf in den letzten drei Jahren peer-gereviewte Artikel produktiver waren, wenn sie industrielle Drittmittel erhielten. Dies aber nur, wenn die Drittmittel zwei Drittel des Forschungsbudgets nicht überstiegen. Nichtsdestoweniger gab jeder fünfte Befragte an, dass die Veröffentlichung seiner Forschungsergebnisse mindestens einmal in den letzten drei Jahren um mehr als sechs Monate verzögert wurde. Bei der Auswahl ihrer Forschungsagenda spielte für die akademischen Forscher, die industrielle Drittmittel erhielten, auch „commercial considerations“ eine Rolle.¹²⁶

In seiner Befragung von knapp 1000 akademischen Forschern aus 123 US-Universitäten widmet sich Lee ebenfalls diesen negativen Einflüssen enger Kooperationen auf die Universitäten in dem er folgende Einflüsse auf einer fünf-stufigen Skala¹²⁷ evaluieren ließ:

Tab. 11: Negative Einflüsse von engen Kooperationen auf Universitäten¹²⁸

Art des Einflusses	Mittelwert	Bedeutungsindex
Druck kurzfristige Forschung zu betreiben	3,9	69
Verringerung des Ausmaßes an Grundlagenforschung	3,7	59
Verstärkter Interessenkonflikt durch die Mischung von Forschung und Business	3,3	36
Verlagerung der Hochschulmission	3,1	29
Verlust der akademischen Freiheit und Autonomie	2,9	25

Lee leitet aus diesen Ergebnissen ab, dass die akademischen Forscher am meisten einen schlechten Einfluss der Kooperation auf die eigene „research mission“, also die Durchführung von langfristiger Grundlagenforschung, befürchten müssen.¹²⁹

¹²⁴ Berens, Gray 2001.

¹²⁵ Gluck et al. 1987 ; Cohen et al. 1994.

¹²⁶ Blumenthal et al. 1996, 1997.

¹²⁷ Die fünf-stufige Skala umfasst hier die Kategorien: „5: almost certain“; „4: likely“; 3: „possible“; 2: „unlikely“; 1: „most unlikely“.

¹²⁸ Lee 1998, S.77.

¹²⁹ Lee 1998.

4.1.5 Konsequenzen und Verbesserungsmöglichkeiten

Einige Universitäten ziehen direkte Konsequenzen aus den bisherigen Kooperationen und den damit verbundenen Problemen für die akademischen Forscher.

Laut Nelson definieren die größten privaten US-Universitäten Technologietransfer als ein Nebenprodukt der Grundlagenforschung. Eine intensive Auseinandersetzung mit den bisherigen Technologietransfer-Erfahrungen und potentiellen Störungen der akademischen Werte führte zu einem Satz von anerkannten inneruniversitären Normen, die der Ausbildung, Grundlagenforschung und dem freien Wissensaustausch Vorrang vor dem Technologietransfer geben. Als Beispiel für die positive Wirkung dieser Normen hält Nelson folgendes fest:

„At the present time, for example, no major university will accept a sponsored research agreement from industry that allows the sponsor to restrict publication of results (or to delay it for any but a short period of time to get patents filed). Essentially all of the major universities insist on university ownership of intellectual property arising from such research, and insist on full payment of indirect costs ('overheads') by the sponsor.“¹³⁰

Die Verbesserungsmöglichkeiten der Technologietransfer-Situation nehmen ihren Ursprung naturgemäß in den bereits diskutierten Nachteilen von und Barrieren für Industrie-Hochschul-Kooperationen. Siegel et al. stellen unterschiedliche Lösungsansätze und -vorschläge der beiden Kooperationsparteien für die jeweils andere Seite gegenüber.¹³¹

Die Universitäten sollten mehr Flexibilität bei der Verhandlung von Technologietransfer-Vereinbarungen zeigen und eine „deal-making“-Mentalität entwickeln. Außerdem sollte ein Anreizsystem zur Förderung universitärer Technologietransfer-Bemühungen aufgebaut werden, der über das normale akademische Anreizsystem aus Publikationen und Drittmitteln hinausgeht, um die Technologietransfer-Anstrengungen der akademischen Forscher entsprechend finanziell und karrieretechnisch stärker zu würdigen.

Demgegenüber sollten Unternehmen ein proaktives Interesse zeigen den kulturellen Graben zwischen Hochschule und Industrie zu überbrücken. Die Befragten stellten als Maßnahmen die verstärkte industrielle Teilnahme an Konferenzen und Technologieausstellungen heraus. Außerdem sollten Unternehmen alle Möglichkeiten nutzen sich in vorhandene soziale Technologietransfer-Netzwerke zu integrieren und diese zu nutzen, z.B. über die Einstellung von akademischen Wissenschaftlern.

Zur Effizienzsteigerung des Technologietransfers werden auch regionale und überregionale Innovations-Kontaktforen vorgeschlagen, um auf informeller Ebene den Wissensfluss zwischen den beteiligten Akteuren in Gang zu setzen und die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft zu stimulieren.¹³²

¹³⁰ Nelson, 2004.

¹³¹ Siegel et al. 2003, 2004.

¹³² Schmoch et al. 2000.

4.1.6 Welche Forscher kooperieren?

Zur Beantwortung dieser Fragestellung soll die Untersuchung von Rahm angeführt werden, die mit der Befragung von mehr als 1000 akademischen Forschern aus 100 Top-Universitäten der Frage nachging, welche Art von Forscher Technologietransfer-Anstrengungen unternimmt. Dabei konnte zwischen 254 so genannten „university-bound researchers“, die nicht an Technologietransfer-Bemühungen interessiert waren (1. Gruppe) und 759 „spanning researchers“, die Technologietransfer-Aktivitäten mit der Industrie eingingen (2. Gruppe), unterschieden werden. Mit größerer Wahrscheinlichkeit ist die zweite Forschergruppe interdisziplinär aufgestellt, die Forscher besitzen eher ein Patent oder haben zumindest eines angemeldet, ergreifen persönliche Initiative zur Kontaktaufnahme mit industriellen Forschern und erachten ihre Kompetenz von den Unternehmen als anerkannt und genutzt. 75 % dieser Forscher übernehmen industriefinanzierte Beratungsfunktionen (nur 18 % unter den Forschern der 1. Gruppe) und 80 % (18 % der Forscher der 1. Gruppe) haben eigene Studenten in der Industrie, mit denen sie regelmäßig in Kontakt stehen. Sie sehen die Suche der Industrie nach neuen Technologien weniger als Gefahr für die strategische Grundlagenforschungsorientierung der Hochschulen und kritisieren die geringe Wertschätzung von Patenten oder Technologietransfer-Aktivitäten in der Beurteilung der Forscher und ihrer Aufstiegschancen im Hochschulsystem.¹³³

4.1.7 Zukünftige Strategie

Zur Ergründung der Konsequenzen, die industrielle und akademische Forscher aus ihren bisherigen Kooperationserfahrungen und den negativen Aspekten der Hochschul-Industrie-Interaktionen ziehen, scheint die Frage sinnvoll, welche zukünftige Strategie diese bezüglich Kooperationen wählen.

Lee folgte diesem Denkansatz und befragt seine akademischen und industriellen Forscher danach, ob sie planen die Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Kooperationspartner auszuweiten, konstant zu halten oder zu vermindern. Die Ergebnisse weist folgende Tabelle aus:

Tab. 12: Zukünftige Kooperationsstrategie von akademischen & industriellen Forschern¹³⁴

Zukünftige Strategie	in v. Hd. akademische Forscher	in v. Hd. industrielle Forscher
Zusammenarbeit expandieren	56 %	46 %
Zusammenarbeit konstant halten	38 %	45 %
Zusammenarbeit verringern	3 %	5 %
unsicher	3 %	4 %

Der Autor schließt aus diesen Ergebnissen, dass die Hochschul-Industrie-Kooperation ein nachhaltiges und erfolgreiches Forum des Wissensaustauschs darstellt, das den beiden Kooperationspartnern erlaubt ihre eigenen Ziele zu verfolgen während sie gleichzeitig zu dem gemeinsamen Ziel beizutragen.

¹³³ Rahm, 1994.

¹³⁴ Lee 2000, S. 131f.

4.2 „Inter firm“-Diffusion und „intra firm“-Diffusion

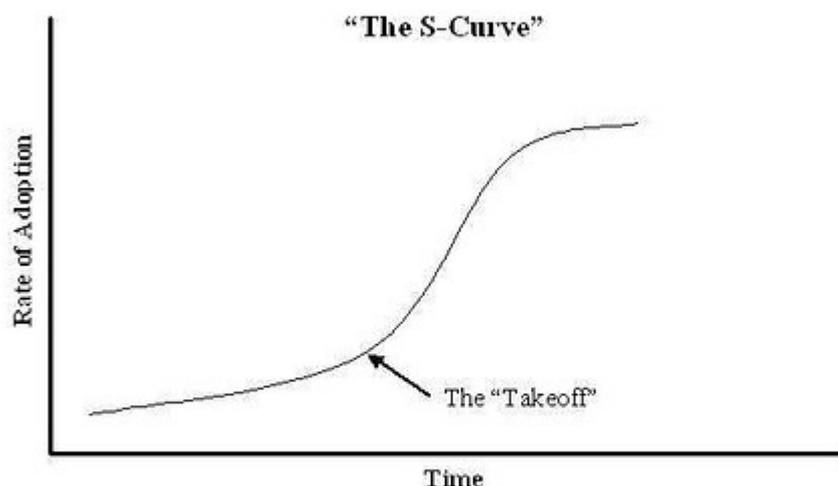
Die effiziente Suche und Adoption neuer Technologien ist in Zeiten verschärften globalen Wettbewerbs essentiell und trägt hauptsächlich zur Steigerung der Produktivität bei.¹³⁵ Die Diffusion von Technologien ist ein stark beforschtes Gebiet der Innovationsforschung. Die Literatur unterscheidet zwischen „inter firm“-Diffusion und „intra firm“-Diffusion. Dabei stellt die „inter firm“-Diffusion die erstmalige Adoption einer neuen Technologie durch ein Unternehmen dar. Die „intra firm“-Diffusion hingegen, also die Diffusion der Innovation innerhalb des Unternehmens, bezeichnet den Prozess des Austauschs der alten Technologie und entsprechender Anlagen/Ausrüstung gegen die neue Technologie.¹³⁶ Während die „inter firm“-Diffusion durch den Anteil an potentiellen Adoptoren die die neue Technologie bereits nutzen operationalisierbar wird, entspricht die „intra firm“-Diffusion den unterschiedlichen Nutzungsniveaus der neuen Technologie bei den individuellen Adoptoren.

Die entsprechende empirische Literatur untersucht also die Diffusion einer neuen Technologie in einem Industriesektor oder in einem bestimmten Unternehmen und interessiert sich für folgende Fragestellungen:

- Welche Faktoren bestimmen die Rate der „inter firm“-Diffusion?
- Welche Faktoren bestimmen die Rate der „intra firm“-Diffusion?
- Warum wird eine Technologie von einigen Unternehmen früher adoptiert als von anderen?

Frühe empirische Daten legten nahe, dass die Intensität mit der sich die Verwendung bzw. der Besitz einer neuen Technologie in einem Wirtschaftssystem ausbreitet eine Funktion der Zeit ist¹³⁷. Dieser Zeitpfad gleicht für gewöhnlich einer S-förmigen, auch logistische oder sigmoide, Kurve genannt, mit zunächst steigender und im späteren Verlauf wieder fallender Diffusionsrate, wie in Abbildung 2 dargestellt. So kommt es für gewöhnlich zu einer frühen Periode langsamer Adoption, nach dem sog. „Takeoff“ beginnt eine Phase in der die Diffusionsrate stark ansteigt und einer späten Periode der Annäherung an die Sättigung.¹³⁸

Abb. 2: S-Kurve der Diffusion



¹³⁵ Vgl. Baumol 1991.

¹³⁶ Baptista 1999.

¹³⁷ Mansfield 1961, 1968.

¹³⁸ Mansfield 1961; Davies 1979.

Allerdings sollte bei der Untersuchung der Diffusion verschiedener Technologien und dem Versuch der Verallgemeinerung der Ergebnisse nicht vergessen werden, dass jede Technologie ihren eigenen individuellen Diffusionsverlauf aufweist. Bereits Mansfield erkannte dies und wies darauf hin, dass „unterschiedliche Unternehmen und unterschiedliche Technologien zu unterschiedlichen Diffusionskurven“ führen.¹³⁹ In diesem Zusammenhang merkt Baptista an, dass die Faktoren, die die Diffusionsgeschwindigkeit beeinflussen von Technologie zu Technologie sehr unterschiedlich sind: „Diffusion will take place in very different ways for different technologies and industries“.¹⁴⁰

Die frühesten Versuche technologische Diffusionsprozesse zu modellieren beruhen überwiegend auf den so genannten „epidemischen Modellen der Informationsausbreitung“ und haben ihren Ursprung in der Analyse der Verbreitung von Infektionskrankheiten¹⁴¹. Die charakteristische S-Kurve kann durch diesen auch als „epidemic effect“ genannten Ansatz erklärt werden. Dabei wird zwischen „Hardware“ und „Software“ einer neuen Technologie unterschieden.¹⁴² Während die Technologiehardware alle physischen Objekte, wie Maschinen und Tools umfasst, steht die Software für die Informations- und Wissensbasis, die benötigt wird um diese effektiv zu nutzen. Zumindest ein Teil dieses Wissens beruht auf Erfahrungen und ist damit lediglich implizit vorhanden. Dieses implizite Wissen muss von Angesicht zu Angesicht transferiert werden (siehe Abschnitt 4.1.1) Die (Hardware-)Information über die Existenz einer neuen Technologie geht von einer so genannten „common source“ aus und „infiziert“ die potentiellen Nutzer dieser Technologie mit diesem Wissen. Nachdem einzelne Adoptoren diese Technologie übernommen haben, kommt es zu einem „word of mouth“-Informationsprozess zwischen diesen frühen Nutzern der Technologie und den (Noch-)Nicht-Nutzern. Diese direkte Kommunikation zur Übermittlung von Software-Wissen ist eine Voraussetzung für die Diffusion, denn viele potentiellen Nutzer würden ohne ausreichendes Softwarewissen eine neue Technologie nicht adoptieren. Nach diesem Modell beginnt die Diffusion zunächst langsam, da die frühen Adoptoren ihr Software-Wissen von einer Quelle (der „common source“) erhalten, mit steigender Nutzerzahl aber erhöht sich die Anzahl der Quellen und die „Infektionsrate“ der Nicht-Nutzer wird größer, bis fast alle dieser Nicht-Nutzer „infiziert“ worden sind und die Diffusionsrate wieder abflacht. Der epidemische Ansatz beruht also auf einem Informationsgradienten zwischen Adoptoren und (Noch-)Nicht-Adoptoren, der die Diffusion als einen Zustand des Ungleichgewichts auszugleichen sucht. Aus diesem Grund charakterisiert man diese Modelle auch als „self-propagating disequilibrium“ Modelle.¹⁴³

Allerdings gibt es auch eine Reihe von Kritikpunkten an diesen Modellen. Den potentiellen Adoptoren wird im Rahmen des epidemischen Ansatzes eine unrealistische Informationspassivität unterstellt. Weiterhin wird angenommen, dass die Technologie im Laufe der Diffusion nicht weiterentwickelt und verbessert wird, was wiederum die Diffusionsrate entscheidend verändern könnte. Außerdem wird vorausgesetzt, dass die Rentabilität aus der Technologieadoption im Laufe der Zeit konstant bleibt. Und schließlich trägt das epidemische Mo-

¹³⁹ Mansfield 1963.

¹⁴⁰ Baptista 1999, S. 124.

¹⁴¹ Griliches 1957.

¹⁴² Rogers 1995, S. 12.

¹⁴³ Geroski 2000.

dell nicht dem Umstand Rechnung, dass frühe Adoptoren von späteren Adoptoren verschieden sind und der Technologieadoption eine sehr individuelle Entscheidung vorausgeht.¹⁴⁴

Allerdings gibt es auch Rentabilitäts-basierte Ansätze, wie z.B. „rank effects“, „stock effects“ und „order effects“, die man auch als Gleichgewichtsmodelle bezeichnet. Die Adoptionsentscheidung beruht hierbei auf einem zu erwartenden „profit gain“ (finanziellen Vorteil) der aus Kosteneinsparungen resultiert.

Einer dieser Ansätze beruht darauf, dass potentielle Adoptoren individuell unterschiedliche Charakteristika aufweisen, wie z.B. Firmengröße oder F&E-Ausgaben. Diese Heterogenität der Unternehmen wird dann mit deren Adoptionswahrscheinlichkeit in Beziehung gesetzt. Dieser Ansatz wird Probit-Ansatz¹⁴⁵ oder „rank effect“¹⁴⁶ genannt, da die entsprechenden empirischen Untersuchungen Probitmodelle verwenden und ein Ranking der potentiellen Adoptoren nach ihren Charakteristika und damit dem finanziellen Nutzen, den sie aus der Technologieadoption ziehen können, resultiert. Zunächst werden nur die höchstgerankten Unternehmen adoptieren, da deren finanzieller Nutzen aus der Technologieadoption die Akquisitionskosten übersteigt. Mit im Zeitverlauf abnehmenden Akquisitionskosten adoptieren nach und nach auch niedriger gerankte potentielle Nutzer. Mit Hilfe des Probit-Ansatzes lässt sich zum Beispiel empirisch belegen, dass die Größe eines Unternehmens einen signifikanten und zumeist positiven Einfluss auf deren Adoptionsgeschwindigkeit hat.¹⁴⁷ Der Vorteil Diffusionsprozesse mit Hilfe eines Probit-Modells zu beschreiben, hängt laut Geroski damit zusammen, dass „it enables one to generate a long and fairly impressive list of firm specific potential determinants of diffusion speeds [...] and makes it possible (in principle at least) to identify a number of levers which policy makers can use to speed up (or slow down) the diffusion of particular technologies“.¹⁴⁸

Speziell für Prozesstechnologien etablierten Karshenas und Stoneman 1993 weitere Modelle. Der spieltheoretische Ansatz, auch „stock effects“ genannt geht davon aus, dass sich mit steigender Anzahl an Adoptoren die Rentabilität der Technologieadoption für (Noch-)Nicht-Adoptoren verringert. Mit Einführung der neuen Technologie erhöhen die Adoptoren zum Beispiel ihren Output, die Produktionskosten sinken, die Industriepreise ebenfalls und damit auch der finanzielle Nutzen weiterer Adoptionen. Ein ähnliches Modell ist der „order effects“-Ansatz, der davon ausgeht, dass sich mit fortschreitender Zeit seit der ersten Adoption der Vorteil einer Adoption für weitere potentielle Adoptoren schmälert. Die Verringerung der Rentabilität der Adoption beruht hier zum Beispiel auf der Besetzung strategisch wichtiger geographischer Positionen oder der Abschöpfung von besonders hoch qualifiziertem Personal.¹⁴⁹

Stock- und Order-Effekte können aber nicht immer nachgewiesen werden. In ihrer Untersuchung der Diffusionsprozesse von CNC-Maschinen in der britischen Industrie stellen Karshenas und Stoneman allerdings fest, dass zwar epidemische und rank-Effekte eine Rolle

¹⁴⁴ Baptista 1999.

¹⁴⁵ Davies 1979.

¹⁴⁶ Karshenas & Stoneman 1993, 1995.

¹⁴⁷ Mansfield 1968; David 1969, 1991; Metcalfe 1970; Nabseth & Ray 1974; Oster 1982; Levin et al. 1987; Karshenas & Stoneman 1993; Saloner & Shephard 1995; Colombo & Mosconi 1995; Astebro 2002.

¹⁴⁸ Geroski 2000, S. 614.

¹⁴⁹ Karshenas & Stoneman 1993.

spielen, für die Relevanz von stock- und order-Effekten allerdings keine Hinweise existieren, da diese einen signifikanten Einfluss auf die Kosten und damit den Output des Unternehmens voraussetzen. „It is possible that CNC is not sufficiently drastic to have such impacts.“¹⁵⁰

„Intra firm“-Diffusion

Das Wissen über „intra firm“-Diffusionsprozesse ist weit weniger umfangreich als dasjenige über inter-firm Diffusionsprozesse. Frühe Arbeiten zur „intra firm“-Diffusion beruhen auf der epidemischen Informationsverbreitung und „learning“ als treibende Diffusionskraft.¹⁵¹ Nach diesem Mansfield'schen Ansatz limitieren zunächst Risiko und Unsicherheit bezüglich technologischer Leistungsfähigkeit und Rentabilität der Adoption die „intra firm“-Diffusion, mit erstem Besitz und Nutzung derselben verringert sich dieses Risiko und die Diffusion schreitet voran. Das Ausmaß an „intra firm“-Technologietransfer ist damit eine monoton steigende Funktion der Zeit seit der ersten Adoption und man erhält, wie im „inter firm“-Fall eine S-förmige Diffusionskurve.

In einer Analyse der internen Diffusion von Spezialpressen in der Papierindustrie stellten Nabseth und Ray erstmals fest, dass auch die erwartete Rentabilität der Adoption eine wichtige Rolle in der Erklärung des beobachteten „intra firm“-Diffusionsprozesses spielen kann.¹⁵² Diese Schlussfolgerungen unterstützend, wiesen Battisti und Stoneman für einige Prozesstechnologien nach, dass der epidemische Ansatz alleine das entsprechende Diffusionsverhalten nur unzureichend zu erklären vermag.¹⁵³ Die Autoren schlußfolgerten: „epidemic learning is not the major factor in the „intra firm“-Diffusion process or at least not for a ‚hard‘, rather standard, process technology such as Computer Numerical Controlled machine tools (CNC)“. Mit Hilfe eines umfangreichen Datensatzes zur „intra firm“-Diffusion unterschiedlicher Technologien der britischen metallverarbeitenden Industrie aus dem Jahr 1993 zeigten die Autoren, dass das Ausmaß der Technologienutzung vor allem durch unternehmensspezifische Rentabilitätsabwägungen (Rentabilität einer Nutzungserweiterung gegen Kosten der Nutzung) und unternehmensspezifische Charakteristiken bestimmt wird, womit rentabilitätsbasierte Ansätze, wie „rank effects“ oder „stock effects“ erstmals für die Analyse von „intra firm“-Diffusionsprozessen Anwendung fanden. Für ihren Datensatz stellten Battisti und Stoneman zum Beispiel fest, dass die Firmengröße einen signifikant positiven Einfluss auf die „intra firm“-Diffusion von CNC-Maschinen hatte. Auch in Unternehmen die interne F&E betrieben, erfolgte im Vergleich zu nichtforschenden Unternehmen eine raschere „intra firm“-Diffusion.¹⁵⁴

Mit Hilfe desselben Datensatzes untersuchten die beiden Autoren die relative Wichtigkeit von „inter firm“- und „intra firm“-Diffusionsprozessen für das Ausmaß der Industrienutzung der neuen Technologien, gemessen am Anteil des mit Hilfe der neuen Technologie erzeugten Gesamtindustrieoutputs. Der Fortschritt der „intra firm“-Diffusion eines Unternehmens wurde dabei empirisch, für CNC zum Beispiel, mit Hilfe des die neue Technologie verwendenden Anteils des CNC-Maschinentool-Bestands approximiert. Die Autoren stellten fest, dass die

¹⁵⁰ Karshenas & Stoneman 1993, S. 523.

¹⁵¹ Mansfield 1963.

¹⁵² Nabseth & Ray 1974.

¹⁵³ Stoneman & Battisti 1997; Battisti 2000; Battisti & Stoneman 2001.

¹⁵⁴ Stoneman & Battisti 2003; Battisti & Stoneman 2005.

„inter firm“-Diffusion für alle vier untersuchten Prozesstechnologien im Jahr 1993 nahezu vollständig war (z.B. 82 % bei CNC), also nahezu alle potentiellen Nutzer diese Technologie adoptiert hatten, der unternehmensinterne Diffusionsstand allerdings eher gering ausfällt (CNC: durchschnittlich 22 %). Die Autoren folgerten, dass „inter firm“- und „intra firm“-Diffusion neuer Prozesstechnologien sehr unterschiedliche Zeitverläufe aufweisen. In frühen Adoptionsjahren ist demnach die „inter firm“-Diffusion die treibende Kraft für die Gesamtindustriediffusion, während die unternehmensinterne Diffusion erst langsam in Gang kommt. In späteren Jahren hingegen ist die „intra firm“-Diffusion von entscheidender Bedeutung für die Erklärung des Ausmaßes der Gesamtindustrienutzung.¹⁵⁵ Damit dehnen sich „intra firm“-Prozesse des Technologietransfers zumeist über einen langen Zeitraum hinweg, während dessen die neue sowie die alte Technologie koexistieren.

Es ist auffällig, dass die meisten Arbeiten, die die „intra firm“-Diffusionsrate und verschiedenste Faktoren, wie z.B. die Firmengröße, Zeitpunkt der Erstadoption, Anzahl der Maschinen, Marktkonzentration, -struktur und -anteil, die diese beeinflussen können, untersuchen, lediglich auf die Daten relativ weniger Prozesstechnologien, wie Geldautomaten (Automated Teller Machines), CNC, optische Scanner, Spezialpressen zurückgreifen.¹⁵⁶ Es bleibt festzuhalten, dass die Literaturdichte zur „intra firm“-Diffusion gering ist und sich die Erkenntnisse empirischer Arbeiten auf die Analyse einer sehr eingeschränkten Anzahl an untersuchten Technologien stützen. Dies liegt darin begründet, dass die Analyse von „intra firm“-Diffusionsprozessen zum Teil sensible firmeninterne Daten benötigt, die kaum verfügbar sind.

Geographische Nähe und „Networking“

Interpersonelle Kommunikation und „Networking“ zwischen unterschiedlichen Technologieadoptoren sowie Technologieadoptoren und -entwicklern dienen dem Austausch von Wissen und sind für den Diffusionsprozess von besonderer Bedeutung (siehe auch Abschnitt 4.1.1). Aus diesem Grund ist die geographische Nähe zwischen den Akteuren wichtig. In der Untersuchung der Diffusion von Prozesstechnologien in der britischen Metallindustrie stellte Thwaites fest, dass es auch zu regionalen Variationen in der Entwicklung und Adoption von neuen Technologien kommen kann.¹⁵⁷ Auch andere Autoren konstatierten regional unterschiedliche Diffusionsraten.¹⁵⁸

Netzwerkeffekte auf Adoption

Netzwerke können einen wichtigen Einfluss auf die Adoption neuer Technologien haben. Von einem Netzwerkeffekt spricht man im Allgemeinen, wenn der Wert eines Produktes, einer Dienstleistung oder einer Technologie für einen potentiellen Kunden/Nutzer abhängig davon ist, wie viele Nutzer diese(s) Produkt/Dienstleistung/Technologie bereits nutzen. Die entsprechenden Technologien werden in der Literatur als Technologien mit „network exter-

¹⁵⁵ Stoneman & Battisti 2003.

¹⁵⁶ Romeo 1975; Nabseth & Ray 1974; Schenk 1974; Globerman 1976; Antonelli 1985; Polo 1987; Levin et al. 1992; Karshenas & Stoneman 1993, Fuentelsaz et al. 2003; Battisti & Stoneman 2003, 2005;

¹⁵⁷ Thwaites 1982.

¹⁵⁸ Alderman & Davies 1990.

nalities“ bezeichnet.¹⁵⁹ Die Netzwerkliteratur unterscheidet dabei zwischen zwei Arten von Netzwerkeffekten. Der Netzwerkgrößen-Effekt besagt, dass der Vorteil für den Nutzer einer Technologie mit der Anzahl von Standorten, an denen die Technologie (bzw. das System) genutzt werden kann, größer wird. Steigt der Nutzervorteil auch mit der Anzahl der Personen im System, bringt also jeder neue Nutzer einen Vorteil für alle anderen Nutzer mit sich, spricht man vom „production scale economies“-Effekt.¹⁶⁰ Telefon-/Faxgeräte, das Internet bzw. e-business-Technologien sind Technologien bei denen beide Netzwerkeffekte eine Rolle spielen, wohingegen für Geldautomatenkunden eher der Netzwerkgrößeneffekt die dominante Rolle spielt. Saloner und Shephard quantifizierten die Beiträge der beiden Netzwerkeffekte für die Technologieadoption von Geldautomaten von 1972 bis 1979. Sie fanden heraus, dass Banken mit größeren potentiellen Netzwerken (in Bezug auf die Anzahl der Filialen) höhere Adoptionswahrscheinlichkeiten aufwiesen. In geringerem Ausmaß trug auch der „scale economies“-Effekt zur Erhöhung der Adoptionswahrscheinlichkeit bei.¹⁶¹

Erwartungen

Die Literatur weist darauf hin, dass potentielle Adoptoren von Technologien in ihrer Adoptionsentscheidung stark durch ihre Erwartungen bezüglich Timing und Wert zukünftiger Technologieverbesserungen beeinflusst werden. Im Falle hoher Erwartungen an die zukünftige Technologieentwicklung wird das Ausmaß der Adoption der aktuellen Technologie eher gering ausfallen. Mit Hilfe unterschiedlicher Modelle konnten verschiedene Autoren die Existenz von Erwartungseffekten auf die Diffusion innovativer Technologien belegen und damit im Umkehrschluss ableiten, dass Technologieerwartungen zum Verständnis von Diffusionsmustern von innovativen Technologien von enormer Wichtigkeit sind.¹⁶²

Komplementaritäten und Substitution

Neben der Diffusion von stand-alone-Technologien wird in der Literatur auch die Diffusion von multiplen Technologien untersucht. Es wird angenommen, dass Interdependenzen und Komplementaritäten zwischen multiplen Technologien eine wichtige Rolle für den Diffusionsprozess spielen.¹⁶³ Es handelt sich um komplementäre Technologien, wenn die Vorteile der gemeinsamen Einführung mehrerer Technologien größer sind als die Summe der Vorteile die von der einzelnen Einführung der Technologien herrühren. Auch ist es möglich, dass die Einführung einer neuen Technologie vorteilhafter ist, wenn schon eine andere ältere Technologie im Einsatz ist, auch in diesem Fall spricht man von Komplementarität. Andere Technologien machen sich gegenseitig obsolet, wie zum Beispiel eine neue die alte Technologie verdrängt, was man als vollständige oder partielle Substitute bezeichnet. Sehr interessant erscheint der Fall von partiellen Substituten, z.B. Mobiltelefone und feste Telefone. Dieser Art der Beziehung mehrerer Technologien ging Stoneman auf den Grund wobei seine Definition von Substitution auf dem Gewinnzuwachs durch Adoption basiert. Im Falle der Adop-

¹⁵⁹ Katz & Shapiro 1985, 1986; Saloner & Shepard 1995; Shy 1996; Economides, 1996, Belleflamme 1998, Choi & Thum 1998.

¹⁶⁰ In Analogie zum Gesetz der steigenden Skalenerträge („Economies of Scale“): Bei steigender Menge eines produzierten Gutes sinken die durchschnittlichen Produktionskosten. Damit sind „Economies of Scale“ eine Funktion der Produktmenge, wohingegen Netzwerkeffekte eine Funktion der Nutzermenge sind.

¹⁶¹ Saloner & Shephard, 1995.

¹⁶² Rosenberg 1976, Weiss 1994.

¹⁶³ Astebro 2002; Stoneman & Toivanen 1997; Colombo & Mosconi 1995; Stoneman & Kwon 1994.

tion zweier Prozesstechnologien, vergrößert die Einführung beider Technologien den Gewinn um mehr als bei einer Einzeladoption, aber weniger als die Summe der Gewinnzuwächse aus der Adoption beider Technologien alleine. Es zeigt sich dass im Fall partieller Substitute der Adoptions- oder Diffusionspfad nicht-ergodastisch ist, dies bedeutet, dass die optimale Technologiewahl zum Zeitpunkt t abhängig ist von der zum Zeitpunkt $t-1$ getroffenen Technologieadoptionsentscheidung und damit von den Technologiepreisen zum Zeitpunkt $t-1$. Dieses Phänomen bezeichnet man auch als Pfadabhängigkeit.¹⁶⁴

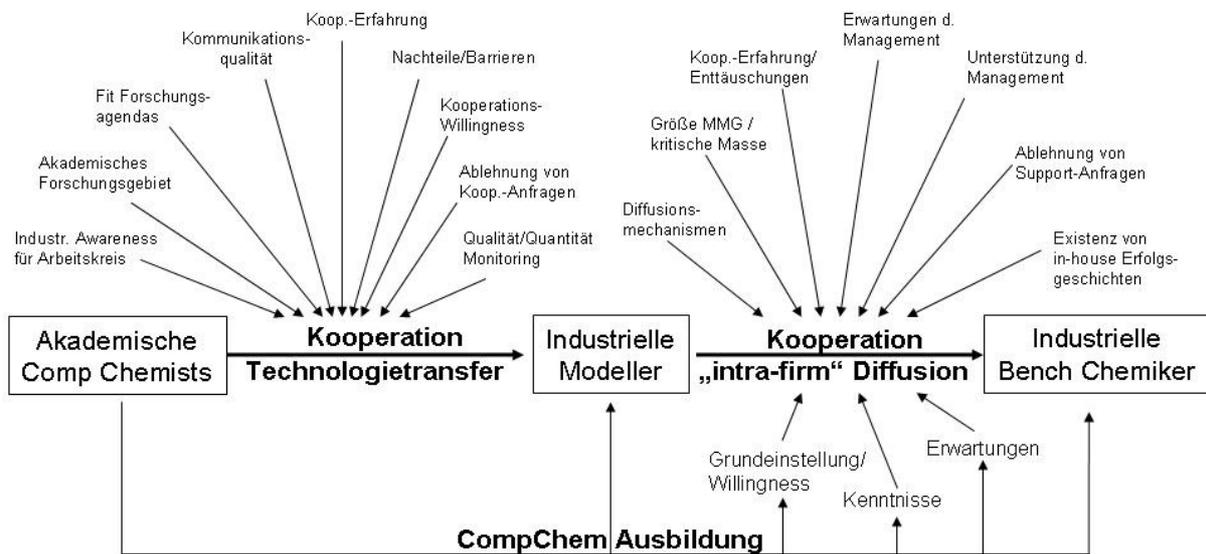
¹⁶⁴ Stoneman 2000.

5. Empirischer Teil

5.1 Gesamtkonzeption der empirischen Erhebungen

Im folgenden Unterabschnitt soll nun ausgehend von den bereits diskutierten Erkenntnissen der Literatur der Versuch einer Synthese der unterschiedlichen Aspekte und Faktoren, die den Technologietransfer sowie die „intra firm“-Diffusion charakterisieren und beeinflussen können, unternommen werden. Diese Synthese ist somit sowohl Ende, in Form einer Zusammenfassung des bisher Erörterten, als auch Anfang, da es die Grundlage für die Ausgestaltung der folgenden empirischen Untersuchung darstellt. Abbildung 3 gibt diese Zusammenfassung und Untersuchungsgrundlage in komprimierter Form wider:

Abb. 3: Synthese Technologietransfer / „Intra Firm“-Diffusion von CCT



Wie in der Einleitung bereits erörtert, verschreibt sich der empirische Teil dieser Arbeit drei unterschiedlichen kooperationsrelevanten CCT-Themenkomplexen. Zum einen wird die CCT-relevante Ausbildung sowohl der industriellen Modeller als auch der industriellen experimentellen Chemiker einen interessanten Untersuchungsgegenstand darstellen, denn Ausmaß und Qualität dieser Ausbildung wird die Grundeinstellung gegenüber CCT zu Kooperationen v.a. der Bench Chemiker entscheidend beeinflussen, sowie auch deren CCT-Kenntnisse steigern und Ergebniserwartungen realistisch halten, was wiederum positiv auf deren Kooperations-Willingness und damit auch auf die Kooperationen selbst wirken kann (siehe Abschnitt 5.4).

Zum zweiten soll der Technologietransfer im engeren Sinne, in Form der Hochschul-Industrie-Kooperation zwischen akademischen theoretischen Chemikern und industriellen Modellen auf Probleme und Ineffizienzen hin untersucht werden (siehe Abschnitt 5.3). Um dieses Ziel zu erreichen wurden mit Hilfe der vorangegangenen Betrachtungen Einflussfaktoren auf Quantität und Qualität dieser Kooperationen identifiziert, wie zum Beispiel der Grad an industrieller Awareness für einen akademischen Arbeitskreis, der Fit zwischen akademischer und industrieller Forschungsagenda oder aber Qualität und Quantität des industriellen Monitorings von akademischen CCT-Aktivitäten.

Der dritte Themenkreis, der Logik des zweiten folgend, zielt auf die Analyse von Quantität und Qualität der „intra firm“-Diffusion von CCT-Wissen zwischen industriellen Modellern und industriellen Experimentalisten ab, um auch hier Probleme und Ineffizienzen sichtbar zu machen (siehe Abschnitt 5.5). Auch in diesem Fall steht die Abfrage von Einflussfaktoren (und deren Ausschlag in die eine oder andere Richtung) auf Ausmaß und Geschwindigkeit der „intra firm“-Diffusion, wie zum Beispiel welche Diffusionsmechanismen im jeweiligen Unternehmen aktiv sind, ob es in-house CCT-Erfolgsgeschichten gibt und welche strategische Relevanz das Management CCT beimisst, im Mittelpunkt.

Aus diesen Fragestellungen resultiert die empirische Herangehensweise mit Hilfe von schriftlichen (Online-)Befragungen von akademischen theoretischen Hochschullehrern einerseits und industriellen Modellern andererseits bezüglich CCT-Ausbildung und deren Kooperationen untereinander. Zusätzlich wurde die Meinung der industriellen Experten benutzt, um die Kooperation mit deren experimentellen Kollegen zu beleuchten.

Da Quantität und Qualität der jeweiligen Kooperationen, sowohl des Hochschul-Industrie-Technologietransfers als auch der „intra firm“-Diffusion, für die mit Hilfe der vorliegenden Erhebungen Aussagen getroffen werden sollen, nur schwer zugänglich sind, wurde versucht, diese mit Hilfe indirekter Fragestellungen und deren Antwortausschlag anzunähern. Für das Ausmaß an Technologietransfer stehen so zum Beispiel die Anzahl an industriellen Kooperationsprojekten pro Hochschullehrer bzw. der industrielle Anteil am akademischen Forschungsbudget. Die Art der Kooperation bzw. die Effizienz des Technologietransfers hingegen symbolisieren dessen Qualität. Bei der „intra firm“-Diffusion stellen der CCT-Anerkennungs- bzw. CCT-Widerstandsgrad der Experimentalisten sowie der Anteil an Chemikern, die Modelling-Eigeninitiative ergreifen quantifizierbare Größen dar. Die Qualität der „intra firm“-Diffusion lässt sich mit Hilfe der Art und Weise der Einbindung von Modellern in experimentelle Projekte (siehe Abschnitt 2.7) sowie durch die Identifikation von aktiven Diffusionsmechanismen im jeweiligen Unternehmen beurteilen.

Die diskutierten Fragestellungen erfahren im Nachfolgenden ein Herunterbrechen in einzelne Bezugsrahmen und Hypothesen um deren Komplexität zu reduzieren. Dabei gehen die zu machenden Annahmen vom jeweils pessimistischsten Fall aus, was sich in den zu formulierenden Hypothesen niederschlägt. Zunächst aber soll das Exekutivprinzip der empirischen Erhebungen kurz dargelegt werden.

5.2 Untersuchungsdesign der Fragebögen

5.2.1 Zielgruppen und Identifizierung von Individuen

Die Zielgruppe für den Fragebogen M³QA (Molecular and Materials Modelling Questionnaire - Academia -) bildeten akademische Wissenschaftler und Hochschullehrer, die Forschung und Lehre in theoretischer Chemie, Computational Chemistry und/oder Molecular Modelling im weitesten Sinne, an europäischen Hochschulen und Forschungseinrichtungen betreiben. Ausgangspunkt für die Erstellung eines möglichst breiten Abbildes dieser Zielgruppe stellten dabei die 122 Mitglieder der „Arbeitsgemeinschaft der Theoretischen Chemie (AGTC)“ dar, Leiter von Forschergruppen, die zur Zeit der Erhebung in Deutschland, Österreich und der

Schweiz auf dem Gebiet der Theoretischen Chemie und/oder verwandter Gebiete tätig waren.¹⁶⁵

Als flankierende Maßnahme der Gewinnung von Studienteilnehmern für den M³QA wurde ein Bericht über Inhalt und Ziele des M³QA und, damit verbunden, eine Einladung zur Teilnahme an der entsprechenden Online-Studie im Internet-Informationsblatt „Info Theoretische Chemie“, herausgegeben von und für Mitglieder der AGTC und anderer interessierter theoretisch orientierter Wissenschaftler, lanciert.¹⁶⁶ Die ausgewählten Wissenschaftler werden nachfolgend vereinfachend als „Professoren“ bzw. „akademische Forscher“ bezeichnet.

Zielgruppe für den Fragebogen M³QI (Molecular and Materials Modelling Questionnaire - Industry -) stellten industrielle Computational Chemists bzw. Molecular Modeller, mit einem europäischen Tätigkeitsland internationaler chemischer und pharmazeutischer Unternehmen, dar, in der Folge vereinfachend als industrielle Modeller bezeichnet. Die Suche nach potentiellen Teilnehmern an der Studie erfolgte mit Hilfe von Internetrecherchen¹⁶⁷, Publikationen in wissenschaftlichen Journalen¹⁶⁸, Programmen von Konferenzen und Workshops¹⁶⁹, Fach- und Patentdatenbanken¹⁷⁰ sowie Stellenausschreibungen und E-Mail-Verkehr der Computational Chemistry List¹⁷¹. Diese Quellen halfen ebenfalls bei der Identifizierung weiterer Professoren und akademischer Forscher in diesen Wissenschaftsfeldern für den M³QA.

Die erhaltenen „Treffer“ für beide Fragebögen wurden dahingehend geprüft, ob die gefundenen Personen aktuell noch akademische Forscher- bzw. industrielle Modelling-Positionen bekleideten. Nach der Identifizierung von über 400 akademischen Forschern und über 200 industriellen Modellern wurde die Suche eingestellt.

5.2.2 Bias der Stichproben

Bei der Auswahl der Individuen für beide Stichproben, sowohl der Teilnehmer des M³QA als auch der Teilnehmer des M³QI, ist von einem multidimensionalen Bias auszugehen.

Erstens, ist die Datenlage nicht immer eindeutig, da v.a. industrielle Modeller nicht regelmäßig Spuren im Internet bzw. den Printmedien hinterlassen. Somit besteht die Wahrscheinlichkeit, dass unter den insgesamt 406 bzw. 215 Individuen der M³QA- bzw. M³QI-Stichprobe einige Personen nicht mehr im Modelling und/oder im jeweiligen Unternehmen/Forschungseinrichtung tätig waren, bzw. nur unregelmäßig Modelling-Aktivitäten nachgingen. Somit können „falsch Positive“ Treffer nicht ausgeschlossen werden, was sich in Form einer verminderten Rücklaufquote in die Antwortgesamtheit durchschlagen wird. In einigen Fällen wurden von den Betroffenen auch alternative Ansprechpartner im Unternehmen/Forschungseinrichtung vorgeschlagen.

¹⁶⁵ www.mpi-muelheim.mpg.de/AGTC/agtc.arbeitsgruppen.html

¹⁶⁶ www.mpi-muelheim.mpg.de/AGTC/agtc.infoc.html, Ausgabe 04/2005, S. 9-10

¹⁶⁷ Suchmaschinenuche: z.B. Molecular Modelling UND *Unternehmensname*

¹⁶⁸ z.B. Journal of Molecular Modeling, Nature Reviews in Drug Discovery

¹⁶⁹ z.B. Cutting Edge Approaches to Drug Design (CEAtDD), Darmstädter Molecular Modelling Workshop, Konferenz der World Association of Theoretical Oriented Chemists (WATOC)

¹⁷⁰ z.B. Medline, SciFinder, Espacenet

¹⁷¹ siehe www.ccl.net/chemistry/

Zweitens, wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit eine nicht unerhebliche Zahl interessanter Vollzeit-Modeller nicht identifiziert und müssen somit zur Gruppe der „falsch Negativen“ akademischen Forscher bzw. industriellen Modeller gezählt werden. Dieses „Fallen durch das Suchraster“ ist zum einen durch die Beschränkung der Stichprobengröße, aber zum anderen auch durch mangelnde Spuren der Individuen in den gescannten Medien begründet. Ebenfalls ist möglich, dass einzelne (v.a. chemische) Unternehmen mit wenigen Modellern mit geringer Publikationsfrequenz oder wenigen Konferenzteilnahmen, komplett unbeachtet blieben.

Drittens, resultiert direkt aus vorangegangenem Punkt ein Tätigkeitsfeld-Bias von Stichprobe und Antwortgesamtheit. Da Pharma-Unternehmen im Vergleich zu Chemie-Unternehmen zumeist über größere CCGs verfügen und damit auch ein umfassenderes Angebot an Konferenzen speziell für diese Experten existiert, konnten diese wesentlich leichter identifiziert werden. Damit besteht die Wahrscheinlichkeit, dass das Verhältnis Pharma-Modeller zu Nicht-Pharma-Modeller in der Stichprobe und damit auch in der Antwortgesamtheit größer ausfällt als dies der Realität entspricht.

Auch die Zielgruppe selbst, die Nutzung von Modellern als Adressaten der M³QI-basierten Erhebung auferlegt der Interpretierbarkeit der Untersuchungsergebnisse eine wichtige Einschränkung. Wird nachfolgend zum Beispiel der „erhöhte Widerwillen / Widerstand der (synthetischen) Chemiker gegen CCT“ diskutiert, so erfolgt diese Beurteilung ausschließlich durch Zielgruppenangehörige, also industriellen Modeller, und spiegelt lediglich deren Sichtweise wider. Somit ist eine gewisse Subjektivität, nicht nur durch die individuelle Sichtweise des einzelnen Experten, die durch höhere Fallzahlen gemindert werden kann, sondern auch durch die Gruppenzugehörigkeit „Modeller“ stetig präsent. Aus diesem Grund müsste also korrekterweise von „der Modeller beurteilt den Widerstand / Widerwillen der Chemiker gegen CCT als hoch“ gesprochen werden. Allerdings wird, um die notwendigen Ausführungen v.a. im Falle von Korrelationen nicht unnötig zu komplizieren dieser Umstand nicht ständig explizit erwähnt.

5.2.3 Datenerhebung und Datenverarbeitung

Die Datenerhebung erfolgte mit Hilfe des Online-Fragebogens M³QA für die akademischen Forscher bzw. mit Hilfe des M³QI. In einer ersten Phase wurden sowohl der M³QA als auch der M³QI zunächst mit Hilfe von jeweils zwei industriellen und akademischen Modellern getestet und die dabei resultierenden Anregungen bei den jeweiligen Endfassungen der beiden Fragebögen berücksichtigt (siehe Anhänge 1 und 2).

Die 406 identifizierten akademischen Forscher bzw. 215 industriellen Modeller erhielten zunächst eine Einladungs-e-Mail mit dem entsprechenden html-Link für den jeweiligen Fragebogen und einem universellen Passwort, das gewährleisten sollte, dass nur die angeschriebenen Personen Zugriff zu dem Fragebogen haben würden¹⁷². Nach der Willkommenseite und der Aufforderung zur Passworteingabe gelangten die Teilnehmer auf eine Seite mit Ausfüllinstruktionen. Im Gegensatz zu den industriellen Modellern wurde den akademischen

¹⁷² Die Einladungs-e-Mails wurden je nach Nationalität des Modellers in deutsch, englisch oder französisch versandt. Anhänge 3 und 4 enthalten den Wortlaut dieser e-Mails.

Forschern der Zugriff auf die nachfolgenden Fragebogenseiten nur gewährt, wenn sie ihre Identität, Institution und e-Mail-Adresse preisgaben. Den industriellen Forschern wurde auf der letzten Fragebogenseite die Möglichkeit gegeben freiwillige Angaben zu Person, Unternehmen und Position zu machen. Die vollständige Anonymität konnte durch die Verwendung von html-Formularen in Kombination mit einem CGI-Server¹⁷³ gewahrt werden. Dabei wurden die von den Teilnehmern in die html-Formulare eingetragenen Daten an den CGI-Server geschickt und serverseitig geprüft, gespeichert und weiterverarbeitet. Die resultierende e-Mail mit allen Antworten eines Teilnehmers, die nach vollständigem Ausfüllen an den Studienleiter gesandt wird, stammte somit vom CGI-Programm selbst und nicht vom antwortenden Modeller, womit die vollständige Anonymität der antwortenden industriellen Modeller gewahrt werden konnte.

Während der Fragenteil des M³QA acht html-Formulare, Sektionen A bis H, umfasste, musste der M³QI-Fragenteil aufgrund der größeren zeitlichen Restriktionen der entsprechenden Zielgruppe mit fünf Formularen, Sektionen A bis E, auskommen. Die Ausfülldauer belief sich auf ca. 20 Minuten für den M³QA, wohingegen für den M³QI 12 Minuten nötig waren.

Im Unterschied zum M³QA, bei dem es zu maximal drei elektronischen Kontakten mit den Teilnehmern kam (Einladung plus zwei Erinnerungen) wurden säumige potentielle Teilnehmer des M³QI maximal einmal erinnert. Grund hierfür ist die lediglich geringe Steigerungsfähigkeit der Rücklaufquote durch die zweite Erinnerung und den „Spam“-Charakter der Erinnerungs-e-Mail für die industriellen Modeller, die den Fragebogen bereits anonym beantwortet hatten. Die entsprechenden e-Mails wurden im Zeitabstand von ca. drei Wochen versandt.

Obwohl zeitlich durchaus anspruchsvoller als Papierumfragen, bietet der vorgestellte Online-Ansatz wesentliche Vorteile. Erstens, können die erhaltenen Daten vom CGI-Programm sofort in ein SQL-Datenbankverwaltungssystem¹⁷⁴ umgeleitet werden womit eine manuelle und damit potentiell fehlerbehaftete Dateneingabe vermieden wird. Zweitens, können bereits ausgefüllte Formularabschnitte jederzeit, im vorliegenden Fall nach jeder Seite bzw. Sektion, mit Anklicken eines Weiter-Buttons, in das SQL-Datenbanksystem transferiert und dort gespeichert werden. Somit werden auch teilausgefüllte Fragebögen erfasst und deren Daten zugänglich, die bei konventionellen Umfragen nicht zur Verfügung stehen würden. Außerdem kann mit Hilfe dieses Verfahrens der exakte Punkt, an dem ein Teilnehmer das Ausfüllen des Fragebogens abgebrochen hat, lokalisiert werden, was eine eventuell notwendige Fehlersuche und Problembhebung deutlich verbessert. Drittens, antworten Teilnehmer an Online-Umfragen wesentlich schneller (nach durchschnittlich 5,59 Tagen) während Antworten auf Papierumfragen wesentlich länger auf sich warten lassen (durchschnittlich 12,21 Tage)¹⁷⁵. Was die Rücklaufquote, also der Anteil der (vollständig) antwortenden Teilnehmer an allen Befragten, betrifft, gibt die Literatur keine eindeutige Aussage welche der beiden Fragebogenformen, Online oder Papier, vorteilhafter ist, allerdings hängt dies wohl stark von der zu untersuchende Population an. Da es sich in dem vorliegenden Fall um Computerexperten

¹⁷³ Das Common Gateway Interface (CGI) ist eine Art Standard für den Austausch von Daten zwischen einem Webserver und einer Software die Anfragen beantwortet. Ein serverseitiges Programm verarbeitet die Fragebogenantworten.

¹⁷⁴ zur Verarbeitung der Daten des M³QA und des M³QI fand eine MySQL-Datenbank (MySQL-Version 3) Verwendung.

¹⁷⁵ vgl. Ilieva et al. 2002.

handelt, also Zielgruppen, die alltäglich mit komplexen IT-Systemen und -Anwendungen arbeiten, erschien die Online-Form zusätzlich zu den oben genannten Vorteilen als Mittel der Wahl.

Generell liegen die Rücklaufquoten von Umfragen relativ niedrig, sodass bereits ein Wert von 30% als erstrebenswert angesehen werden muss. Viele Autoren gehen davon aus, dass die Rücklaufquoten in der Vergangenheit dramatisch gesunken sind und durch die enorme Schwemme an Spam-Mail noch weiter sinken werden (Sheehan 2001, Bickart & Schmittlein 1999).¹⁷⁶

Die Befragung der industriellen Modeller fand im Zeitraum Oktober bis Dezember 2005 statt, während die Befragung der akademischen Forscher in zwei Tranchen, die erste von April bis Juni 2005 sowie die zweite von März bis Mai 2006, realisiert wurde.

Eine „Belohnung“ der Teilnahme wurde mit der Übersendung der Studienergebnisse nach abgeschlossener Analyse anvisiert. Das Problem der Anonymität des Ausfüllers wurde dabei im Falle des M³QI von einigen industriellen Modellen durch das Verfassen einer Zusatz-e-Mail mit der Bitte um Zusendung der Ergebnisse umgangen.

5.2.4 Allgemeine Auswertungsergebnisse

Die erhaltenen Daten wurden auf Konsistenz und Mehrfachantworten geprüft. Von den insgesamt 406 eingeladenen akademischen Forschern beantworteten 154 den M³QA vollständig, während 37 ihn durchschnittlich nach der Hälfte abbrachen. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 37,9% für den M³QA. Von den insgesamt 215 identifizierten und eingeladenen industriellen Modellen aus 39 chemischen und pharmazeutischen Unternehmen resultierten 50 vollständig und 12 teilweise ausgefüllte Fragebögen. Damit ergibt sich für den M³QI eine Rücklaufquote von 23,3%. Die 25 der 50 M³QI-Ausfüller, die ihre Identität bzw. die ihres Unternehmens preisgaben, gehörten 16 verschiedenen Unternehmen an (siehe Anhang 5). Ein möglicher Unternehmens-Bias der M³QI-Antwortgesamtheit ist damit eher von untergeordneter Bedeutung.

Die nicht vollständig ausgefüllten Fragebögen wurden in beiden Fällen von der nachfolgenden Analyse ausgeschlossen, da, zum einen, kein zusätzlicher Kenntniserwerb möglich war, zum anderen, sich das Antwortverhalten der Abbrecher und Nicht-Abbrecher statistisch nicht unterschied.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte mit Hilfe der Statistik- und Analyse-Software SPSS, Version 13, und wird im Nachfolgenden detailliert erörtert.¹⁷⁷

5.2.5 Beschreibung der Stichproben und Antwortgesamtheiten sowie resultierende Probleme

Im Folgenden sollen die Stichproben sowie die Antwortgesamtheiten des M³QA und des M³QI näher charakterisiert werden. Dies dient der besseren Beurteilung der ausgewerteten

¹⁷⁶ Vgl. Kaplowitz et al. 2004; vgl. Deutskens et al. 2004; vgl. Cobanoglu & Cobanoglu 2003; vgl. Porter & Whitcomb 2003; vgl. Sax et al. 2003; vgl. Couper et al. 2001; vgl. Simsek & Veiga 2001; vgl. Sheehan 2001; vgl. Couper 2000; vgl. Schaefer & Dillman 1998; vgl. Schmidt 1997.

¹⁷⁷ Vgl. Bühl & Zöfel 2005, Backhaus et al. 2006.

Daten bezüglich ihrer Herkunft und der Verwendbarkeit und Übertragbarkeit der Auswertungsergebnisse.

Tab. 13: Vergleich Stichprobe und Antwortgesamtheit des M³QA

Tätigkeitsland	Stichprobe		Antwortgesamtheit	
- Deutschland	95	(23,4 %)	43	(27,9 %)
- Frankreich	43	(10,6 %)	17	(11,0 %)
- Italien	31	(7,6 %)	16	(10,4 %)
- Spanien	33	(8,1 %)	14	(9,1 %)
- Großbritannien	62	(15,3 %)	9	(5,8 %)
- Niederlande	22	(5,4 %)	9	(5,8 %)
- Schweden	22	(5,4 %)	6	(3,9 %)
- Norwegen	8	(2,0 %)	6	(3,9 %)
- Schweiz	14	(3,4 %)	5	(3,2 %)
- Österreich	15	(3,7 %)	4	(2,6 %)
- Belgien	14	(3,4 %)	4	(2,6 %)
- Finnland	9	(2,2 %)	4	(2,6 %)
- Ungarn	9	(2,2 %)	4	(2,6 %)
- Polen	13	(3,2 %)	4	(2,6 %)
- Tschechei	3	(0,7 %)	2	(1,3 %)
- Dänemark	4	(1,0 %)	2	(1,3 %)
- Griechenland	3	(0,7 %)	2	(1,3 %)
- Bulgarien	2	(0,5 %)	1	(0,6 %)
- Slowakei	2	(0,5 %)	1	(0,6 %)
- USA	1	(0,2 %)	1	(0,6 %)
- Portugal	1	(0,2 %)	0	(0 %)
Insgesamt	406	(100%)	154	(100 %)

Tab. 14: Vergleich Stichprobe und Antwortgesamtheit des M³QI

Tätigkeitsland	Grundgesamtheit		Stichprobe	
- Deutschland	60	(27,9 %)	20	(40,0 %)
- Großbritannien	35	(16,3 %)	5	(10,0 %)
- Schweiz	29	(13,5 %)	8	(16,0 %)
- Dänemark	11	(5,1 %)	3	(6,0 %)
- Schweden	10	(4,7 %)	4	(8,0 %)
- Niederlande	10	(4,7 %)	3	(6,0 %)
- Frankreich	7	(3,3 %)	-	-
- Belgien	5	(2,3 %)	-	-
- Norwegen	4	(1,9 %)	-	-
- Italien	3	(1,4 %)	1	(2,0 %)
- Malta	-	-	1	(2,0 %)
- USA	39	(18,1 %)	5	(10,0 %)
- unbekannt	2	(0,9 %)	-	-
Insgesamt	215	(100 %)	50	(100 %)
Tätigkeitsfeld				
- pharma	168	(78,1 %)	40	(80,0 %)
- non-pharma	47	(21,9 %)	10	(20,0 %)
Insgesamt	215	(100 %)	50	(100 %)

Betrachtet man die Tätigkeitsländer der akademischen Forscher und industriellen Modeller, so fällt auf, dass Stichproben und Antwortgesamtheiten bis auf wenige Ausnahmen dabei gut übereinstimmen. Die meisten Antworten stammen bei beiden Fragebögen aus Deutschland,

beim M³QI sogar überproportional viele¹⁷⁸. Bemerkenswert ist in beiden Fällen der hohe Anteil an britischen Professoren bzw. industriellen Forschern in den Stichproben (jeweils über 15%) im Vergleich zu den geringen britischen Quoten in den Antwortgesamtheiten. Bei den akademischen Forschern spielt möglicherweise eine Rolle, dass die Forschung auf dem Gebiet Computational Chemistry in den angelsächsischen Ländern stärker anwendungsorientiert ausgerichtet ist als zum Beispiel in Deutschland. Deshalb werden dort vermehrt Professoren starke Bindungen zur Industrie besitzen. Gerade diese akademischen Forscher sind es aber, die ihre Forschung und ihre Kooperationen als sensibler einstufen und deshalb der Teilnahme an Umfragen möglicherweise eher kritisch gegenüberstehen. Die direkte Folge wäre, dass zum Teil sehr intensiv kooperierende Forscher nicht in der Antwortgesamtheit enthalten sind.

Eine verbindliche Antwort auf die Frage wie viele aktive Hochschulprofessoren in dem untersuchten Wissenschaftsfeld mit der Industrie kooperieren ist auch aus folgendem Grund kaum möglich: Der Großteil des 20-minütigen M³QA bezog sich auf das individuelle Kooperationsverhalten und die entsprechenden Erfahrungen der einzelnen Forscher. Es ist anzunehmen, dass diejenigen Professoren mit nur geringer oder ohne relevante Kooperationserfahrung eher nicht an der Umfrage teilnahmen oder diese frühzeitig abbrachen. Mit Hilfe einer Split-Frage, wie z.B. „Kooperieren Sie mit der Industrie?“ zu Beginn des M³QA hätten die kooperationsrelevanten Fragen übersprungen und zumindest noch die Beantwortung der allgemeinen Fragen sichergestellt werden können.

Die im Vergleich zur Stichprobe überproportional starke Repräsentanz Deutschlands bei den Tätigkeitsländern der industriellen Modeller im M³QI schränkt hier die sinnvolle Auswertung nach Tätigkeitsländern stark ein. Aus diesem Grund wurden Tätigkeitsland-relevante Fragestellungen auf die artifizielle Differenzierung Deutschland / „Nicht-Deutschland“ reduziert. Auch einige außereuropäische Modeller internationaler Unternehmen mit dem Tätigkeitsland USA wurden als Vergleichsgruppe befragt und mit in die zu analysierende Antwortgesamtheit aufgenommen.

Bezüglich des Tätigkeitsfeldes spiegelt die Antwortgesamtheit die Verhältnisse der Stichprobe wider, denn 40 der 50 antwortenden industriellen Modeller stammen aus dem Pharmabereich¹⁷⁹. Eine Analyse der Umfrageergebnisse nach einzelnen Tätigkeitsfeldern ist deshalb, wie im Falle der Tätigkeitsländer, wenig sinnvoll. Somit erfolgt in analoger Weise lediglich eine Differenzierung zwischen Pharma- und „Nicht-Pharma-Feld“. Letzteres subsumiert alle Tätigkeitsfelder, die nicht dem Pharmabereich zugeordnet werden können. Zu beachten ist, dass 5 der 10 Nicht-Pharma-Antworten aus dem Agrochemie-Bereich stammten, einem dem Pharmabereich nahe stehenden Tätigkeitsfeld.

Ein zentrales Problem der erhaltenen Daten stellt die mit 50 vollständig ausgefüllten Fragebögen geringe Fallzahl dar, die die Möglichkeiten zur Anwendung weiterführender Analysen und multivariater statistischer Auswertungen stark einschränkt.

¹⁷⁸ Vgl. Frage 5, Sektion A, M³QI, Anhang 2: "Please select the country of your main professional activity."

¹⁷⁹ Vgl. Frage 4, Sektion A, M³QI, Anhang 2: "Please tick off the domain(s) of main scientific activity of your current modelling unit."

5.2.6 Skalierung der Variablen

Die Antwortmöglichkeiten einzelner Fragen der Erhebung wurden bewusst variiert, um das Interesse der akademischen Forscher bzw. industriellen Modeller aufrecht zu erhalten. Neben rein nominalen Daten, wie z.B. Tätigkeitsland und -feld der Modeller, wurden ebenfalls kategoriale Skalen, z.B. für die Größe des Arbeitskreises bzw. Unternehmensgröße verwendet. Wo möglich wurden metrische Daten erhoben, u.a. bei der Anzahl an Patenten, an Beschäftigungsjahren oder an Unterstützungsprojekten pro Modeller. Auch Rating-Skalen wurden oft eingesetzt, vor allem wenn Einschätzungen oder Urteile der akademischen Forscher bzw. industriellen Modeller abgefragt werden sollten. Hier kamen zwei Typen von Rating-Skalen zum Einsatz, einerseits Skalen mit fünf Punkten von „unwichtig“ bis „wichtig“ oder „lehne stark ab“ bis „stimme stark zu“, andererseits fanden bei Fragen, für die sich mittels der Ergebnisse des Fragebogenvortests sehr differenzierte Urteile vermuten ließen, zehnstufige Skalen Verwendung, wie z.B. bei der persönlichen Kooperationsbereitschaft oder der Beurteilung der Unterstützung durch das Management.¹⁸⁰ Die Endpunkte der Skalen sind jeweils semantisch differenziert. Nach vorherrschender Meinung können diese Skalen nicht nur als ordinal, sondern auch als intervallskaliert wahrgenommen werden, sollten die Befragten die Ausprägungen als etwa gleich groß wahrnehmen¹⁸¹.

5.2.7 Zusammenfassung M³QA und M³QI

Tab. 15: Zusammenfassung Untersuchungsdesign

	M ³ QA	M ³ QI
Zielgruppen	Europäische akademische Modeller	Europäische industrielle Modeller
Verfahren	Online-Fragebogen mit CGI-Server, passwortgeschützt, mit mysql-Datenbank-Unterstützung	
Durchführung	e-Mail-Einladung + Erinnerung auf deutsch, englisch, französisch	
Zeitraum	04-06/2005 u. 03-05/2006	10-12/2005
Stichproben	406	215
Größe der Antwortgesamtheiten	15	50
Anzahl Unternehmen/Länder in Antwortgesamtheiten	20 Länder	mind. 16 Unternehmen
Rücklaufquoten (vollständige Antworten)	37,9%	23,2%

¹⁸⁰ Matell & Jacoby konnten zeigen, dass die Validität und Reliabilität der Ergebnisse von der Anzahl der Skalenstufen unabhängig ist; vgl. Matell, Jacoby 1972.

¹⁸¹ Vgl. Backhaus et al. 2006, S.5

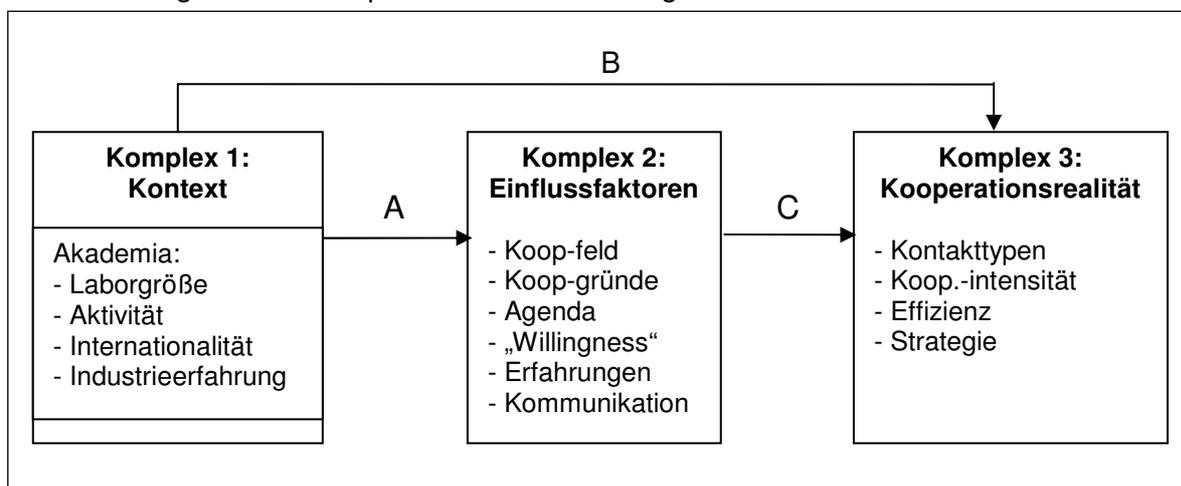
5.3 Ergebnisse Technologietransfer und Kooperation

5.3.1 Bezugsrahmen und Hypothesen

Das vorliegende Kapitel erläutert den Bezugsrahmen zum Untersuchungsschwerpunkt „intra firm“-Diffusion von CCT, der hauptsächlich auf Fragen des M³QI beruht.

Die Grundlage für den nachfolgenden Bezugsrahmen, der zur Erstellung der empirischen Erhebung dient, bildet der Technologietransfer-Teil der Gesamtkonzeption (siehe Abschnitt 5.1) und gießt diesen in eine empirisch nachvollziehbare Form. Die Darstellung der Befunde wird dabei immer wieder Bezug auf die folgende Abbildung nehmen.

Abb. 4: Bezugsrahmen Kooperation und Technologietransfer



Die Untersuchung von Akademia/Industrie-Kooperationen und des Technologietransfers von CCT beruht hauptsächlich auf dem Fragebogen M³QA bei dem führende akademische Wissenschaftler und Hochschulprofessoren die Zielgruppe darstellen. Allerdings werden zu Vergleichszwecken auch Resultate des M³QI verwendet.

Diese empirische Studie ist in sechs Untersuchungseinheiten, Komplexe genannt, untergliedert. Zunächst werden die drei Einzelkomplexe Kontext, Einflussfaktoren und Kooperationsrealität analysiert. Im Mittelpunkt steht dabei mit Komplex 3 die Kooperationsrealität der antwortenden Professoren. Hier soll neben der Relevanz unterschiedlicher Kooperationskontaktarten auch die -intensität und -strategie der Studienteilnehmer erfasst werden, genauso wie die Beurteilung der Effizienz von Technologietransfer-Prozessen. Aber auch Zusammenhänge dieser Faktoren untereinander werden berücksichtigt.

Komplex 2 erfasst die Faktoren, die einen positiven oder negativen Einfluss auf unterschiedliche Aspekte von Akademia/Industrie-Kooperationen bzw. von Technologietransfer-Prozessen bewirken können, wie zum Beispiel das fachliche Kooperationsfeld, die industrielle Nähe der Forschungsagenda der Professoren, die Kooperationsbereitschaft der beteiligten Akteure oder deren Kooperationserfahrungen und Kommunikationsfähigkeiten. Auch wird geprüft, ob und inwieweit sich die einzelnen Faktoren gegenseitig beeinflussen.

Der Kontextkomplex beschäftigt sich mit dem Umfeld der Professoren, um auf diese Weise grundlegende Informationen über deren Tätigkeitssituation zu extrahieren. Wichtige Punkte dabei stellen die Größe, Aktivität und Internationalität ihrer Arbeitsgruppen sowie bereits erworbene industrielle Erfahrungen dar. Auch in diesem Komplex wird auf mögliche Zusammenhänge zwischen den Kontextvariablen geprüft.

Neben den zunächst isoliert dargestellten drei Untersuchungskomplexen wird das Ziel verfolgt, die Beziehungen und Zusammenhänge zwischen diesen Komplexen zu untersuchen. Die in Abbildung 1 mit A, B und C bezeichneten Pfeile kennzeichnen die Untersuchungsrichtungen. Die Buchstaben stehen dabei symbolisch für angenommene Zusammenhänge. Zur Orientierung welche konkreten Problemstellungen hinter den Beziehungen bzw. Pfeilen in der Abbildung stehen, dienen die folgenden Fragen:

Komplex A:

- Welchen Einfluss haben vorhandene industrielle Berufserfahrungen auf die Ausrichtung der Forschungsagenda, der Kooperationsbereitschaft der Professoren und auf die industrielle „Awareness“ für den entsprechenden Arbeitskreis?
- Existiert ein Zusammenhang zwischen vorhandenen industriellen Berufserfahrungen und dem fachlichen Kooperationsfeld bzw. den Kooperationsgründen?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen Größe, Konferenzaktivität bzw. Internationalität des Forschungslabors und den Einflussfaktoren der Kooperationsrealität?

Komplex B:

- Welchen Einfluss haben vorhandene industrielle Berufserfahrungen auf die Art des Kontakts mit den industriellen Forschern und auf die Kooperationsintensität?
- Sind die Kooperationsstrategie und/oder die Bewertung der Effizienz des CC-Technologietransfers abhängig von industriellen Berufserfahrungen der Professoren?
- Welchen Einfluss haben Größe, Konferenzaktivität bzw. Internationalität des Forschungslabors auf Kooperationsintensität, -strategie und die Bewertung der Effizienz von Technologietransfer-Prozessen?

Komplex C:

- Ist die Kooperationsrealität eines Professors abhängig von dessen fachlichen Kooperationsfeld?
- Welchen Einfluss übt die Ausrichtung der Forschungsagenda auf die Kooperationsrealität aus?
- Welchen Einfluss haben schlechte Kooperationserfahrungen und Kooperationsablehnungen auf die Kooperationsintensität und -strategie der Professoren?
- Wie wirkt sich eine größere industrielle „Awareness“ auf die Kooperationsrealität aus?
- Kann eine positive Kooperationsrealität auf einen gesteigerten Kooperationswillen zurückgeführt werden?

Folgende übergeordnete Grundannahmen zu Zusammenhängen sollen diesem empirischen Teil als Anleitung dienen und gleichzeitig dessen Ziele abstecken:¹⁸²

Nur wenige Professoren der theoretischen Chemie und verwandter Gebiete kooperieren intensiv mit der Industrie. Im Idealfall sollten eine offene kooperative Forschung zum gegenseitigen Nutzen und häufige informelle Kontakte (E4) überwiegen. Dies wird vor allem bei Professoren der Fall sein, die in zahlreichen Kooperationsprojekten mit der Industrie (E1) involviert sind, täglich mehr Zeit in diese Projekte investieren (A32) und somit finanziell auch stärker von der Industrie profitieren (E9). In diesem Fall beurteilen die Professoren die Effizienz des Technologietransfers Hochschule-Industrie (G8) positiver und haben nachhaltigere Kooperationsstrategien (G12). Akteure, deren Kooperationsaktivitäten vor allem im Pharmabereich liegen (E5) und deren Forschungsagendas stärker auf die industriellen Bedürfnisse abgestimmt sind (F3, F6) zeigen einen ausgeprägten Willen zur Kooperation (F2) und ziehen die industrielle Aufmerksamkeit (B4) stärker auf sich, was wiederum zu einer höheren Kooperationsintensität führt. Diese Professoren werden aufgrund dieses starken Engagements in industrielle Kooperationen auch eher über schlechte Kooperationserfahrungen (E3) berichten und von Zeit zu Zeit auch Kooperationen ablehnen (E11). Professoren, die in der Vergangenheit bereits als industrielle Modeller gearbeitet haben (A1), weisen eine höhere Kooperationsintensität aus. Zwei Faktoren, die eine Anbahnung neuer Industrie-Akademie-Kooperationen problematisch machen, sind das unzureichende Monitoring der akademischen Aktivitäten durch die industriellen Modeller (B10, M³QI: B9,) , aber auch die fehlende Kommunikation der industriellen Bedürfnissen und damit verbunden der industriellen Aktivitäten an die Professoren (H19, M³QI: E18).

Dieses Geflecht von Zusammenhängen wurde auf die einzelnen Untersuchungskomplexe heruntergebrochen und z.T. mit Hilfe von Hypothesen operationalisiert, die in den entsprechenden Kapiteln kritisch geprüft werden.

5.3.2 Deskriptive Analyse des Kontextkomplexes (Komplex 1)

Dieses Kapitel gibt einen Überblick, in welchem institutionellen Umfeld die Professoren tätig sind. Dazu werden die Größe der akademischen Arbeitskreise in Form der Gesamtzahl an Doktoranden bzw. der Zahl an nicht-nationalen Doktoranden, sowie die Industrieerfahrungen, Anzahl an Beschäftigungsjahren und an Konferenzbesuchen mit aktiver Teilnahme näher betrachtet.

5.3.2.1 Akademischer Arbeitskreis

Zunächst sollten die Professoren die Gesamtzahl der Doktoranden in ihrem Arbeitskreis angeben.¹⁸³ Diese wird nachfolgend als Indikator für die Größe des Arbeitskreises gewertet.

¹⁸² Wenn nicht anderweitig vermerkt kodieren die Buchstaben-/Zahlenkombinationen in der Folge die entsprechenden Fragen des M³QA, wobei der Buchstabe für die entsprechende Fragebogensektion steht (siehe Anhang 1).

¹⁸³ Vgl. Frage 1, Sektion B, M³QA, Anhang 1: „How many PhD students do you actually have in your lab?“

Tab. 16: Anzahl Doktoranden (gesamt und nicht-national) im Arbeitskreis

Doktorandenanzahl (gesamt)	Anzahl Professoren (N = 153)	In v. Hd.	Doktorandenanzahl (nicht-national)	Anzahl Professoren (N = 152)	in v. Hd.
0	13	8,5%	0	58	38,2%
1	15	9,8%	1	41	27,0%
2	30	19,6%	2	23	15,1%
3	22	14,4%	3	9	5,9%
4	12	7,8%	4	10	6,6%
5	18	11,8%	5	1	0,7%
6	19	12,4%	6	6	3,9%
7	3	2,0%	7	3	2,0%
8	6	3,9%	8	0	0%
9	3	2,0%	9	1	0,7%
10	8	5,2%			
> 10	4	2,7%			
Mittelwert: 4,03	Std.-Abw.: 2,9	Median: 3	Mittelwert: 1,48	Std.-Abw.: 1,8	Median: 1

Die befragten Professoren beschäftigten durchschnittlich vier Doktoranden in ihren theoretischen Arbeitskreisen. Damit waren die Forschergruppen im Gegensatz zu vielen chemisch-experimentellen Arbeitskreisen eher klein. Interessant erscheint die relativ hohe Zahl an akademischen Forschern, die zur Zeit der Erhebung keine Doktoranden betreuten. Dies liegt im Auswahlverfahren der potentiellen Studienteilnehmer begründet, bei dem die Betreuung von Doktoranden kein auswahlrelevantes Kriterium darstellte. Es handelte sich bei diesen Professoren zum Beispiel um Nachwuchswissenschaftler oder Forscher kurz vor der Emeritierung.

Die Anzahl nicht-nationaler Doktoranden wurde ebenfalls erfasst,¹⁸⁴ zum einen als eine Art Indikator für die Internationalität des Arbeitskreises, zum anderen aber auch als Versuch die internationale Attraktivität des Forschungsinstituts abschätzen zu können. Allerdings lässt sich eine fehlende Internationalität bei den Studenten nicht gleich mit mangelnder Attraktivität oder Außenwirkung des Arbeitskreises gleichsetzen. Die Datenlage zeigt an, dass knapp 62% der Professoren mindestens einen ausländischen Studenten in ihrem Arbeitskreis beschäftigten. Der Mittelwert liegt bei knapp 1,5 ausländischen Studenten pro theoretischen Arbeitskreis. Wenig überraschend korreliert die Gesamtzahl der Doktoranden mit der Anzahl ausländischer Doktoranden in den untersuchten Arbeitskreisen sehr stark¹⁸⁵ und hoch signifikant¹⁸⁶ (PN: 0,841 mit $p=0,000$). Je größer also der Arbeitskreis, desto mehr nicht-nationale PhD-Studenten.

¹⁸⁴ Vgl. Frage 2, Sektion B, M³QA, Anhang 1: „How many of your PhD students are non-nationals?“

¹⁸⁵ Die Stärke des linearen Zusammenhangs kann unterschiedlich interpretiert werden. Wir folgen der Klassifizierung von Brosius 1998, S. 503, der nach dem absoluten Betrag der Korrelationskoeffizienten unterteilt in sehr schwache (0 bis 0,20), schwache (0,20 bis 0,40), mittelstarke (0,40 bis 0,60), starke (0,60 bis 0,80) und sehr starke Zusammenhänge (über 0,80). Im Nachfolgenden werden dieser Klassifikation folgend ausschließlich mindestens schwache Korrelationen betrachtet.

¹⁸⁶ Nach der üblichen Konvention wird ein Signifikanzniveau (auch Signifikanzgrenze) von höchstens 5% und mindestens 1% (Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen $p=0,05$ und $0,01$) zur Ablehnung der Nullhypothese als „signifikant“ festgelegt. Darüber hinaus werden jedoch auch Signifikanzniveaus zwischen 5 und 10% zugelassen, der Befund dann aber nur noch als „tendenziell signifikant“ bezeichnet. Als „sehr signifikant“ bezeichnet man Ergebnisse auf einem Signifikanzniveau zwischen 1 und 0,1% und „hoch signifikant“ solche mit höchstens 0,1%. Vgl. Schewe 1992, S. 171.

5.3.2.2 Persönliche Erfahrungen und Konferenzaktivitäten

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die persönlichen Erfahrungen und Konferenzaktivitäten der Professoren einen erheblichen Einfluss auf die Kooperationsrealität ausüben können, so steht zu vermuten, dass bereits vorhandene Industrieerfahrungen industrielle Kooperationen begünstigen. Aber auch die Anzahl der Beschäftigungsjahre und der aktiven jährlichen Konferenzteilnahmen können die Kooperationsquantität und -qualität beeinflussen.

1. Industrieerfahrungen

Auf die Frage, ob die akademischen Forscher bereits als Modeller für ein chemisches und/oder pharmazeutisches Unternehmen gearbeitet hätten¹⁸⁷, antworteten 83% von insgesamt 153 Professoren mit „nein“, aber immerhin 17% (dies entspricht 26 Personen) bejahten diese Frage. Stellt man einen Ländervergleich zwischen den sechs Ländern mit höchstem Anteil an der Antwortgesamtheit Deutschland, Frankreich, Italien, Spanien, Großbritannien und Niederlande an, fällt auf, dass von den 17 französischen und neun britischen Antworten keiner der Professoren über Industrieerfahrungen verfügte. In Deutschland waren 10 von 43 Professoren bereits in der Industrie tätig.

2. Beschäftigungsjahre

Tab. 17: Beschäftigungsjahre der Professoren

Beschäftigungsjahre	Anzahl Professoren (N = 151)	in v. Hd.
1: 0 bis 4,99	38	25,2%
2: 5 bis 9,99	38	25,2%
3: 10 bis 14,99	26	17,2%
4: 15 bis 19,99	19	12,6%
5: 20 bis 24,99	11	7,3%
6: 25 bis 29,99	8	5,3%
7: 30 bis 34,99	9	6,0%
8: >35	2	1,3%
Mittelwert: 11,4	Std.-Abw.: 9,3	Median: 9

Insgesamt 76 Professoren (50%) der Stichprobe waren weniger als zehn Jahre für ihr aktuelles Forschungsinstitut tätig. Dabei gaben sogar neun von ihnen „null“ Beschäftigungsjahre an, z.B. Nachwuchsforscher, die erst kürzlich ihren Forschungsplatz einnahmen. Bis zum Maximum von 40 Beschäftigungsjahren, das einmal genannt wurde, waren nahezu alle Erfahrungsniveaus vertreten. Die Anzahl der Beschäftigungsjahre ist mit einem PN-Wert¹⁸⁸ von

¹⁸⁷ Vgl. Frage 1, Sektion A, M³QA, Anhang 1: „Have you ever worked as modeller for a chemical/pharmaceutical company?“

¹⁸⁸ Die Auswahl des entsprechenden Korrelationskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit des Skalenniveaus der Variablen mit Hilfe folgender Rangfolge: Sind beide Variablen dichotom, findet der Phi-Koeffizient Anwendung (Werte zwischen -1 und 1, abgekürzt: Phi). Ist nur einer der beiden Variablen dichotom, wird der Kontingenzkoeffizient Cramer's V (Werte zwischen 0 und 1, abgekürzt: CV) verwendet. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 243 ff.. Im Falle mindestens einer ordinalskalierten Variable: (Rang-)Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho (Werte zwischen -1 und 1, abgekürzt: SR) und im Falle mindestens intervallskalierter und in der Grundgesamtheit gemeinsam (zweidimensional) normalverteilter Variablen: Pearson'scher Korrelationskoeffizient (Werte zwischen -1 und 1, abgekürzt: PN). Vgl. Brosius 1998, S. 497 ff.; Bühl & Zöfel 2005, S. 247 ff..

0,251 mit $p=0,002$ schwach positiv aber sehr signifikant mit der Gesamtzahl der Doktoranden korreliert, d.h. je länger ein Professor für seine aktuelle Forschungseinrichtung tätig war, desto höher war tendenziell die Anzahl seiner Doktoranden.

3. Anzahl aktiver Konferenzteilnahmen

Einen Indikator für die Außenwirkung der akademischen Forscher stellt die Anzahl internationaler Konferenzteilnahmen mit aktiver Beteiligung pro Jahr dar.¹⁸⁹

Alle befragten akademischen Forscher waren jährlich auf mindestens einer internationalen Konferenz vertreten. 72% der Befragten nahmen an höchstens drei solcher Konferenzen aktiv teil. Zwei Professoren besuchten sogar durchschnittlich zwölf Konferenzen pro Jahr. Die durchschnittliche Konferenzzahl weist weder eine Abhängigkeit von eventuell vorhandenen Industrieerfahrungen, noch von der Anzahl an Beschäftigungsjahren der Professoren im aktuellen Forschungsinstitut auf. Interessanterweise existiert aber ein schwach positiver Zusammenhang zwischen der Doktorandenanzahl des Arbeitskreises und der Anzahl der jährlichen Konferenzen. Dabei ist diese Korrelation stärker und signifikanter (PN: 0,240 mit $p=0,003$), verwendet man die Anzahl der nicht-nationalen PhD-Studenten anstelle der Gesamtzahl der Doktoranden. So scheinen Professoren mit einer höheren Außenwirkung in Bezug auf internationale Konferenzen auch mehr Doktoranden und vor allem mehr ausländische Doktoranden anzuziehen.

Tab. 18: Anzahl jährlicher internationaler Konferenzteilnahmen

Anzahl Konferenzen	Anzahl Professoren (N = 153)	in v. Hd.
1	31	20,3%
2	48	31,4%
3	31	20,3%
4	21	13,7%
5	11	7,2%
6	2	1,3%
7	1	0,7%
8	2	1,3%
>8	6	3,9%
Mittelwert: 2,99	Std.-Abw.: 2,1	Median: 3

5.3.2.3 Zusammenfassung des Kontextkomplexes

Der durchschnittliche Arbeitskreis der befragten Professoren besteht aus vier Doktoranden, über $\frac{3}{4}$ der Professoren haben zwischen einem und sechs Promotionsstudenten. Knapp 62% der befragten Professoren beschäftigt mindestens einen nicht-nationalen PhD-Studenten, im Durchschnitt entspricht dies 1,5 pro Professor. Je mehr Doktoranden, d.h. je größer der Arbeitskreis, desto mehr nicht-nationale Studenten arbeiten dort.

¹⁸⁹ Vgl. Frage 3, Sektion B, M³QA, Anhang 1: „Please indicate the average number of international conferences you attend with active participation per year.“

Immerhin 17% der befragten Professoren (entsprechend 26 Personen) verfügen über industrielle Modelling-Erfahrungen. 50% der akademischen Forscher sind weniger als zehn Jahre für ihr(e) aktuelle(s) Fakultät/Institut tätig. Ein Professor, der bereits länger in der aktuellen Forschungseinrichtung beschäftigt ist, hat tendenziell auch mehr Doktoranden. Ein Maß für die Außenwirkung der Professoren steht mit der durchschnittlichen jährlichen Anzahl an internationalen Konferenzbesuchen mit aktiver Beteiligung zur Verfügung. Alle befragten akademischen Forscher sind auf mindestens einer solchen Konferenz jährlich präsent. 72% nehmen an höchstens drei solcher Konferenzen aktiv teil. Die Anzahl an Promotionsstudenten und, mehr noch, an nicht-nationalen PhD-Studenten ist schwach positiv mit der Anzahl jährlicher Konferenzbesuche korreliert, nicht aber die Anzahl an Tätigkeitsjahren der akademischen Forscher.

5.3.3 Befunde zum Komplex Einflussfaktoren (Komplex 2)

Dieser zweite Hauptkomplex beschäftigt sich mit den Faktoren, die die Kooperations- und Technologietransfer-Realität sowohl negativ als auch positiv beeinflussen können. Hierzu gehören, neben allgemeinen Faktoren, wie das fachliche Tätigkeitsfeld der Kooperationen und die Kooperationsgründe, auch die Forschungsagenda und die Kooperationsbereitschaft der Professoren. Des Weiteren sollen negative Kooperationsaspekte sowie die Kommunikationsaktivitäten der Kooperationsparteien untersucht werden.

5.3.3.1 Fachliches Kooperationsfeld und Kooperationsgründe

Zunächst soll untersucht werden auf welche industriellen Fachgebiete die von den akademischen Forschern bereits eingegangenen Industriekooperationen hauptsächlich entfielen und welche Hauptgründe die Forscher dazu bewegen Kooperationen einzugehen.

Tab. 19: Fachliches Kooperationsfeld der Industriekooperationen

Kooperationsfeld	Anzahl Professoren (N = 106 Fälle)	in v. Hd. der Fälle
Pharma	72	67,9%
Katalyse	33	31,1%
Nanotechnologie	23	21,7%
Polymere	12	11,3%
Chemikalien für Elektronik	8	7,5%
Spezialchemie	6	5,7%
Agrochemie	5	4,7%
Pigmente/Farbstoffe	5	4,7%
Lebensmittelchemie	5	4,7%
Detergenzien	2	1,9%

Zunächst wurden die Professoren gebeten, anzugeben, auf welche fachlichen Tätigkeitsfelder ihre Industriekooperationen für gewöhnlich entfielen.¹⁹⁰ Dabei waren Mehrfachantworten möglich. Mit 68% der erhaltenen Antworten waren dabei Kooperationsprojekte im Pharmabereich am stärksten vertreten. Weit weniger häufig wurden Kooperationen auf den Gebieten Katalyse, Nanotechnologie und Polymere genannt. Eine lediglich untergeordnete Rolle spiel-

¹⁹⁰ Vgl. Frage 5, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „In which industrial domain(s) do fall your cooperation projects mainly?“

ten u.a. chemische Anwendungen für die Elektronik und die Spezialchemie. Allerdings ist zu beachten, dass Tabelle 19 lediglich knapp 70% aller Professoren erfasst, die den M³QA vollständig ausgefüllt haben. Eine relativ hohe Zahl von 17 Forschern machte alternative Kooperationsfelder, wie petrochemische, molekularbiologische und Software-Anwendungen, geltend. Weiterhin lieferten rund 20% der Professoren keine näheren Angaben über das fachliche Tätigkeitsfeld ihrer Industriekooperationen. Dies entspricht vermutlich vor allem denjenigen Forschern, die über keine Kooperationserfahrung verfügten.

Darüber hinaus sollten die Professoren mit Hilfe einer fünf-stufigen Skala von „1: unwichtig“ bis „5: wichtig“ aus einer Liste von sechs vorgegebenen Kooperationsgründen die für sie relevanten hauptsächlichen Kooperationsgründe identifizieren¹⁹¹. Ziel dabei war es, die einzelnen Gründe miteinander vergleichbar zu machen. Somit ergibt sich für jeden Kooperationsgrund eine prozentuale Verteilung auf die fünf möglichen Antwortkategorien, wobei jedoch ein unmittelbarer Vergleich der einzelnen Gründe schwierig ist. Bedient man sich des Mittelwertes dieser prozentualen Verteilung, der sich für jeden der untersuchten Gründe ermitteln lässt, besteht das Problem, dass unterschiedliche Verteilungen denselben Wert ergeben (z.B. ein- und zweigipflige Verteilungen um den Mittelwert). Aus diesem Grund wird in der folgenden Auswertung neben dem Mittelwert als Kenngröße auch die Summe der Prozentanteile der Antworten in den Kategorien vier und fünf, also den Kategorien die die höchste Relevanz bezeichnen, als so genannter Bedeutungsindex, ausgewiesen. Zwar liegt das methodische Problem dieser Darstellung darin, dass bei scheinbar eng benachbarter Indizes die Verteilung zwischen den Kategorien vier und fünf sehr verschieden sein kann, allerdings lässt sich unter Verwendung beider Kenngrößen, also des Mittelwertes und des Bedeutungsindex, eine aussagekräftigere Beschreibung der Verteilungen erreichen.¹⁹² Die Kooperationsgründe, geordnet nach absteigender Relevanz, sowie die dazugehörigen Mittelwerte und Bedeutungsindizes können Tabelle 20 entnommen werden. Neben den Kennzahlen in den Spalten 3 und 4 weist die Tabelle in der Spalte 2 auch die Gesamtzahl der akademischen Forscher aus, die den jeweiligen Grund bewertet haben.

Tab. 20: Hauptkooperationsgründe der Professoren

Kooperationsgründe	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Test der praktischen Anwendung eigener Forschung und Theorie	138	4,1	79
zusätzliche Mittel für Mitarbeiter und Ausrüstung	138	3,6	59
Zugang zu Studentenjobs und -praktika	128	3,3	48
verstärkte Außenwirkung der Universität	130	2,7	30
Sammeln praktischer Erfahrungen für die Lehre	131	2,6	27
Suche nach „business opportunities“	127	2,4	22

Mit einem Mittelwert von 4,1 und einem Bedeutungsindex von 79 war den akademischen Forschern das „Austesten der praktischen Anwendung ihrer Forschung und ihrer Theorien“ der mit Abstand wichtigste Grund eine Industriekooperation einzugehen. Als relevant wurde

¹⁹¹ Vgl. Frage 1, Sektion F, M³QA, Anhang 1: „What are your primary reasons to cooperate?“

¹⁹² Vgl. Schmoch 1997, S. 9 f.

auch der finanzielle Aspekt von Industriekooperationen erachtet und damit die Möglichkeit dieses zusätzliche Budget in Mitarbeiter und Ausrüstung zu investieren. Aus Kooperationen ergeben sich immer wieder Möglichkeiten für die Professoren ihre Studenten in Form von Praktika oder auch Festanstellungen in die Industrie zu vermitteln. Diese Chance wurde ebenfalls als relativ bedeutender Kooperationsgrund bewertet. Die Steigerung der Außenwirkung universitärer Forschung sowie das Sammeln praktischer Lehrerfahrungen spielten wohl auch eine gewisse Rolle, wurden aber eher nicht als Hauptgründe für Kooperationen angesehen. Die Suche nach „Business Opportunities“ wurde lediglich von einer geringen Professoreanzahl als wichtiger Kooperationsgrund gewertet. Ähnliche Ergebnisse verzeichnete Lee in seiner Befragung von akademischen Forschern. Allerdings ist bei ihm das „Sichern von Geldmitteln“ an Rang 1 (ebenfalls in der Studie von Schmoch) während der „Test der praktischen Anwendung“ an dritter Stelle folgt. Auch der „Zugang zu Studentenjobs“ wird von den Befragten Lees mit einem Bedeutungsindex von 32 als weit weniger wichtig erachtet als von den akademischen Modellen in der vorliegenden Untersuchung (siehe Abschnitt 4.1.3.2).

5.3.3.2 Forschungsagenda und Kooperationsbereitschaft

Die akademische Forschungsagenda bzw. deren Grad an Nähe zur Industrie sollte einen wichtigen Einflussfaktor für die Kooperationsrealität und die Kooperationsbereitschaft der Professoren darstellen.

Zunächst bewerteten die teilnehmenden Professoren auf einer zehn-stufigen Skala, inwieweit industrielle CCT-Bedürfnisse eine Rolle bei der Etablierung und Weiterentwicklung ihrer Forschungsagendas spielen.¹⁹³ 59% der Befragten gaben an, dass industrielle CCT-Bedürfnisse entweder keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss (Antwortkategorien 0 bis 3) auf die Etablierung und Weiterentwicklung ihrer Forschungsagendas hatten (siehe Tabelle 21, 2. Spalte). Eine gewichtige Rolle spielen die industriellen Modelling-Bedürfnisse lediglich bei 15% der Professoren, die mindestens die Kategorie 7 wählten. Somit weist die vorliegende Antwortgesamtheit auf ein hohes Maß an Unabhängigkeit der Professoren bei der Wahl der Forschungsagendas von der Industrie hin.

Fragt man allerdings nach dem Grad an Übereinstimmung bzw. Fit zwischen den Forschungsinteressen der Professoren und den Bedürfnissen industrieller Modeller ergibt sich eine größere Nähe zur Industrie.¹⁹⁴ Abgesehen von den 44 unentschiedenen Professoren (30%) ergibt sich eine zweigipflige Verteilung mit einerseits 32% der Befragten, die höchstens Antwortkategorie 4 angaben und damit eher keinen oder einen geringeren Fit zwischen ihren Forschungsinteressen und den industriellen Bedürfnissen konstatierten (siehe Tabelle 21, 4. Spalte). Andererseits sahen 39% der Professoren diesen Fit durchaus als überdurchschnittlich hoch an (mindestens Antwortkategorie 6). Die Beurteilung dieser Übereinstimmung zwischen den eigenen Forschungsinteressen und den industriellen Bedürfnissen fällt also individuell sehr unterschiedlich aus.

¹⁹³ Vgl. Frage 6, Sektion F, M³QA, Anhang 1: „On a scale from 0 to 10, to which degree do industrial modelling needs play a role in the establishment of your research agenda? (0: very unimportant – 10: very important)“

¹⁹⁴ Vgl. Frage 3, Sektion F, M³QA, Anhang 1: „On a scale from 0 to 10, how would you evaluate the fit between your research interests and the needs of industrial computational chemists? (0: no fit – 10: strong fit)“

Tab. 21: Forschungsagenda und Forschungsinteresse der Professoren

Antwortkategorien	Rolle der Industrie bei Forschungsagendawahl (N = 145)	in v. Hd.	Fit Forschungsinteresse - Industriebedürfnisse (N = 148)	in v. Hd.
0 (sehr unwichtig / kein Fit)	34	23,4%	4	2,7%
x	14	9,7%	8	5,4%
xx	21	14,5%	10	6,8%
xxx	17	11,7%	16	10,8%
xxxx	14	9,7%	9	6,1%
xxxxx	14	9,7%	44	29,7%
xxxxxx	9	6,2%	10	6,8%
xxxxxxx	12	8,3%	18	12,2%
xxxxxxxx	7	4,8%	20	13,5%
xxxxxxxxx	3	2,1%	4	2,7%
10 (sehr wichtig / starker Fit)	0	0%	5	3,4%
	Mittelwert: 3,1 Std.-Abw.: 2,6	Median: 3	Mittelwert: 5,2 Std.-Abw.: 2,4	Median: 5

Ein Umstand, der unmittelbar mit der industriellen Nähe zu den akademischen Forschungsagendas zusammenhängt, ist der Bekanntheitsgrad der akademischen Arbeitskreise in der Industrie bzw. das Ausmaß an industrieller „Awareness“, die dem akademischen Forscher und seinem Labor zuteil wird. Aus diesem Grund wurden die Professoren gebeten, diese „Awareness“ für ihren Arbeitskreis, wiederum mit Hilfe einer zehnstufigen Skala, abzuschätzen.¹⁹⁵

Tab. 22: Industrielle „Awareness“ für Arbeitskreise

Industrielle „Awareness“	Anzahl Professoren (N = 151)	in v. Hd.
0 (keine „Awareness“)	25	16,6%
x	29	19,2%
xx	18	11,9%
xxx	21	13,9%
xxxx	9	6,0%
xxxxx	17	11,3%
xxxxxx	7	4,6%
xxxxxxx	9	6,0%
xxxxxxxx	9	6,0%
xxxxxxxxx	3	2,0%
10 (hohe „Awareness“)	4	2,6%
Mittelwert: 3,3	Std.-Abw.: 2,8	Median: 3

Insgesamt erweist sich die industrielle „Awareness“ für die Arbeitskreise als eher niedrig. 17% der Laboratorien wurden von der Industrie nicht wahrgenommen und die Zahl derer, die von einer sehr geringen bis geringen „Awareness“ der Industrie ausgingen (Werte zwischen 1 und 3 auf der Skala) ist mit 45% sehr ausgeprägt. Lediglich 21% der Professoren bezeich-

¹⁹⁵ Vgl. Frage 4, Sektion B, M³QA, Anhang 1: „On a scale from 0 to 10, how would you classify the level of industry awareness for your lab? (0: no awareness – 10: high awareness)“

neten die industrielle „Awareness“ für ihren Arbeitskreis mit Werten von mindestens 6 auf der Skala als überdurchschnittlich hoch bis sehr hoch.

In diesem Zusammenhang sind auch der Kooperationswille und die -bereitschaft der beteiligten Kooperationspartner von Bedeutung. Zu diesem Zweck wurde neben der Kooperationsbereitschaft der Professoren,¹⁹⁶ auch deren Einschätzung der Kooperationsbereitschaft der industriellen Modeller erhoben.¹⁹⁷

Was die Kooperationsbereitschaft der akademischen Forscher betrifft, bescheinigten sich lediglich 18% der Professoren eine eher unterdurchschnittlich ausgeprägte Kooperationsbereitschaft (Werte von höchstens 4 auf der Skala), wohingegen 48% einen Wert von mindestens sieben und damit ein hohes Maß an Kooperationsbereitschaft angaben. Die Antwortkategorie 5 als mittlere Kooperationsbereitschaft war mit 28% am stärksten vertreten und fasst vermutlich all jene Professoren zusammen, die industrielle Kooperationen am neutralsten bewerten und vor einer Kooperationsentscheidung genau das Für und Wider eines solchen Schrittes abwägen. Insgesamt erweist sich der Kooperationswille der Professoren mit einem Mittelwert von 6,2 als durchaus überdurchschnittlich.

Was die Beurteilung der Kooperationsbereitschaft der industriellen Modeller durch die befragten Professoren betrifft, ergibt sich ein weniger positives Gesamtbild. Lediglich 14% der Antworten der akademischen Forscher entfielen auf die Antwortkategorien von mindestens 7 und bescheinigen somit den industriellen Modellen einen starken Kooperationswillen. 56% der Professoren waren der Meinung, die Kooperationsbereitschaft der Industrie sei eher gering. Mit einem Mittelwert von 3,5 beurteilen die akademischen Forscher diese Kooperationsbereitschaft damit eher als unterdurchschnittlich. Allerdings ist zu beachten, dass die Bewertung dieser Kooperationsbereitschaft durch die akademischen Forscher höchst subjektiv ist. Zur Objektivierung des Sachverhaltes wäre die Beurteilung der eigenen Kooperationsbereitschaft und derer akademischer Forscher durch die industriellen Modeller z.B. mit Hilfe des M³QI interessant gewesen. Diese Fragestellungen konnten aber aufgrund des M³QI-Schwerpunktes „intra firm“-Diffusion und der Restriktionen bezüglich des zeitlichen Umfangs der industriellen Erhebung nicht weiter verfolgt werden.

Die Hauptkooperationsgründe der akademischen Forscher hängen von ihren Forschungsinteressen und ebenfalls von ihrer Kooperationsbereitschaft ab. Nannten die Professoren den „Test der Anwendbarkeit ihrer Forschung und Theorie“ als Hauptgrund, so war ihr Kooperationswille eher hoch (SR: 0,255 mit p=0,003) und der Fit zwischen ihren Forschungsinteressen und den industriellen Bedürfnissen (SR: 0,209 mit p=0,015) war größer. Interessanterweise gilt dies ebenfalls für den Hauptgrund „Suche nach Business Opportunities“, der ebenfalls einen gesteigerten Kooperationswillen (SR: 0,393 mit p=0,000) und einen größeren Fit (SR: 0,246 mit p=0,006) voraussetzt. Von Bedeutung ist die schwach negative aber hoch signifikante Korrelation zwischen dem Hauptgrund „Sammeln praktischer Erfahrung für die Lehre“ und der industriellen „Awareness“ für den Arbeitskreis. Dies bedeutet, dass für Pro-

¹⁹⁶ Vgl. Frage 2, Sektion F, M³QA, Anhang 1: „On a scale from 0 to 10, how would you evaluate your willingness to cooperate with industrial partners? (0: no intent to cooperate – 10: strong intent to cooperate)“

¹⁹⁷ Vgl. Frage 4, Sektion A, M³QA, Anhang 1: „On a scale from 0 to 10, how would you evaluate industry's willingness to cooperate with academic simulation experts? (0: no intent to cooperate – 10: strong intent to cooperate)“

fessoren, die verstärkt von der Industrie wahrgenommen wurden, dieses Sammeln von Wissen und Erfahrung für die Lehre einen höchstens zweitrangigen Kooperationsgrund darstellte.

Tab. 23: Kooperationsbereitschaft ... (beurteilt durch die akademischen Forscher)

Antwortkategorien	... der Professoren (N = 148)	in v. Hd.	... der Industriemodeller (N = 147)	in v. Hd.
0 (sehr niedrig)	4	2,7%	13	8,8%
x	2	1,4%	20	13,6%
xx	7	4,7%	26	17,7%
xxx	9	6,1%	23	15,6%
xxxx	5	3,4%	14	9,5%
xxxxx	42	28,4%	19	12,9%
xxxxxx	8	5,4%	11	7,5%
xxxxxxx	16	10,8%	11	7,5%
xxxxxxxx	29	19,6%	7	4,8%
xxxxxxxxx	7	4,7%	1	0,7%
10 sehr hoch	19	12,8%	2	1,4%
	Mittelwert: 6,2 Std.-Abw.: 2,5	Median: 6	Mittelwert: 3,5 Std.-Abw.: 2,4	Median: 3

5.3.3.3 Negative Kooperationsaspekte

Dieses Unterkapitel befasst sich mit den negativen Aspekten und Problemen bei Industrie-Akademia-Kooperationen, denen sich industrielle Modeller, vor allem aber akademische Forscher ausgesetzt sehen. Dies umfasst schlechte Kooperationserfahrungen der Professoren, Kooperationsablehnungen und deren Gründe sowie Nachteile von und Barrieren für Kooperationen beider Kooperationsparteien. Zum Abschluss werden von den Professoren genannte Verbesserungsvorschläge zusammengefasst.

Zunächst soll der Frage nachgegangen werden, ob und wie oft die befragten akademischen Forscher bereits schlechte Erfahrungen mit industriellen Kooperationen gemacht haben.¹⁹⁸

Während 63% der Professoren bisher von schlechten Erfahrungen mit Industriekooperationen verschont blieben, machten immerhin 37% bereits mindestens einmal schlechte Erfahrungen. Aufgrund der relativ hohen Zahl von 27 Professoren, die bereits mehrmals oder öfter auf schlechte Erfahrungen zurückblicken, weist der Mittelwert von 0,6 trotz der hohen Zahl an Professoren ohne schlechte Erfahrungen darauf hin, dass schlechte Erfahrungen keine Seltenheit sind, zumindest auf die Anzahl der Professoren gerechnet, denn im Durchschnitt macht mindestens jeder zweite akademische Forscher demnach eine schlechte Erfahrung bei Industriekooperationen.

Je besser die Übereinstimmung zwischen den Forschungsinteressen der Professoren und den industriellen CCT-Bedürfnissen, desto mehr schlechte Erfahrungen machen diese. So zumindest lässt sich die schwach positive aber hoch signifikante Korrelation der beiden Variablen mit einem SR-Wert von 0,267 mit $p=0,001$ deuten. Dies spricht dafür, dass bei einem

¹⁹⁸ Vgl. Frage 3, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „Have you ever made bad experience with industrial cooperation?“

guten Fit die Kooperationsintensität der Professoren hoch ist und damit auch die Wahrscheinlichkeit steigt, schlechte Erfahrungen zu machen.

Tab. 24: Frequenz schlechter Erfahrungen bei Industriekooperationen

Schlechte Erfahrungen	Anzahl Professoren (N = 142)	in v. Hd.
0: Nie	90	63,4%
1: Ja, einmal	25	17,6%
2: Ja, mehrmals	25	17,6%
3: Ja, oft	2	1,4%
Mittelwert: 0,6	Std.-Abw.: 0,83	Median: 0

Die Mehrzahl von 134 Professoren (82 und damit 61%) lehnen **Kooperationsangebote** der Industrie nicht ab.¹⁹⁹ Die restlichen 52 Professoren, die bereits Kooperationsangebote der Industrie abgelehnt haben, wurden in einer offenen Frage nach den Ablehnungsgründen gefragt. Die genannten Gründe der 42 erhaltenen Antworten sind in Tabelle 25 zusammenfassend dargestellt. Zu beachten ist, dass auch Mehrfachantworten vorkamen.

Die Frequenz schlechter Kooperationserfahrungen besitzt einen schwach positiven, aber sehr signifikanten Einfluss auf die Antwort der Frage, ob es vorkommt, dass industrielle Kooperationsangebote abgelehnt werden (CV: 0,327 mit näherungsweise $p=0,003$). Je größer der schlechte Erfahrungsschatz der Professoren, desto wahrscheinlicher ist es, dass sie bereits industrielle Kooperationsangebote abgelehnt haben.

Tab. 25: Ablehnungsgründe für industrielle Kooperationen

Ablehnungsgrund	Anzahl Professoren (N = 42)	in v. Hd. der Fälle
uninteressante Probleme / außerhalb Expertisenfeld	24	57,1%
fehlende Zeit des Labors / inkompatible Zeitfenster	10	23,8%
keine Einigung über Kosten / „insufficient funding“	7	16,7%
Publikationseinschränkungen / „non-disclosure“	5	11,9%
CCT ungeeignet für Problem / Probleme mit Technikstand unlösbar	2	4,8%
industrieller Input (manpower, computing) zu gering	2	4,8%
unrealistische Erwartungen der Industrie	2	4,8%
zu viele formale Obligationen	1	2,4%

Was die Ablehnungsgründe betrifft, lehnten 57% der oben genannten 42 Professoren Kooperationen mit der Industrie ab, da die zu bearbeitende Fragestellung von den Forschern als wissenschaftlich uninteressant beurteilt wurde oder sich außerhalb des Forschungs- und Expertiseschwerpunktes des entsprechenden Forschers befand. Zeitbezogene Faktoren

¹⁹⁹ Vgl. Frage 11, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „Does it happen that you refuse a cooperation proposal?“

stellten den zweithäufigsten Ablehnungsgrund dar, entweder in Form mangelnder Zeitkapazitäten auf Seiten des Arbeitskreises oder aber in Form der Unvereinbarkeit der eher kurzfristig orientierten industriellen mit der eher langfristig orientierten akademischen Zeitdimension. Immerhin 17% der Befragten gaben eine unzureichende finanzielle Vergütung oder Uneinigkeiten in der Kostenfrage an. Veröffentlichungsbeschränkungen nannten 12% der Professoren als Ablehnungsgrund.

Um eine eingehendere und objektivere Untersuchung der Kooperationsprobleme zu ermöglichen, wurden die Professoren aufgefordert mit Hilfe einer vorgegebenen Liste eine Beurteilung der Relevanz unterschiedlicher Nachteile von und Barrieren für Kooperationen mit der Industrie jeweils auf einer fünf-stufigen Skala von „1: unwichtig“ bis „5: wichtig“ vorzunehmen.²⁰⁰ Tabelle 26 enthält die abgefragten Nachteile und Barrieren in der Reihenfolge absteigender Wichtigkeit.

Als mit Abstand wichtigster Nachteil wurde mit einem Bedeutungsindex von 74 die kurzfristige Orientierung der Industrie genannt. Weitere wichtige Barrieren bzw. Nachteile stellen die mangelnde Übereinstimmung zwischen den Forschungsagendas der akademischen Forscher und der industriellen Modeller, sowie Geheimhaltungsbestimmungen, die die Publikationsrechte der Professoren beschneiden, dar. Aber auch uninteressante Kooperationsthemen nannten die akademischen Forscher als Barrieren für Kooperationen mit der Industrie. Administrative Probleme und unfaire Vertragsbedingungen spielten dagegen eher eine untergeordnete Rolle.

Von Interesse erscheint ein Vergleich zwischen den oben genannten Ablehnungsgründen von Kooperationen und der resultierenden Gewichtung der Nachteile und Barrieren. Die beiden Rangfolgen zeigen im Wesentlichen sehr ähnliche Resultate. Die unterschiedlich großen Zeitfenster zur Lösung von Problemen werden in beiden Fällen hervorgehoben und sind damit ein hauptsächliches Problem von Industrie-Akademia-Kooperationen. Aber auch der fehlende Fit der Forschungsagendas und damit verbunden das Angebot wissenschaftlich uninteressanter Themenstellungen sowie Publikationseinschränkungen werden in beiden Fällen als wesentliche Probleme genannt. Es zeigt sich eine große Übereinstimmung in der Gewichtung der unterschiedlichen Nachteile mit den Befragungsergebnissen von Schmoch (siehe Abschnitt 4.1.4).

Weiterführend soll auf einige Korrelationen der Nachteile und Barrieren untereinander eingegangen werden. So bestehen mittelstark positive Zusammenhänge zwischen der Relevanz der kurzfristigen Orientierung der Industrie und der Bedeutung des fehlenden Fits zwischen den Forschungsagendas (SR: 0,410 mit $p=0,000$) bzw. zwischen der Wichtigkeit von Restriktionen bei Publikationen und von administrativen Problemen (SR: 0,444 mit $p=0,000$). Auf die ebenfalls mittelstark positive Korrelation zwischen den Bedeutungen des fehlenden Fits der Forschungsagendas einerseits und uninteressanter Kooperationsthemen andererseits als Kooperationsbarrieren wird im Nachfolgenden noch näher eingegangen (siehe Abschnitt 5.3.3.5 Korrelationen).

²⁰⁰ Vgl. Frage 4, Sektion F, M³QA, Anhang 1: „What are serious disadvantages of, or barriers to interaction between universities and industrial firms you have experienced?“

Tab. 26: Nachteile von und Barrieren für Kooperationen (akademische Forscher)

Nachteile und Barrieren für Professoren	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
kurzfristige Orientierung der Industrie	133	4,1	74
fehlender Fit zwischen den beiden Forschungsagendas	132	3,6	61
Restriktionen bei Publikationen	127	3,6	54
uninteressante Themen	126	3,3	44
administrative Probleme	126	3,0	33
unfaire Vertragskonditionen	119	2,6	20

Aber auch industrielle Modeller wurden im Rahmen des M³QI zu Nachteilen von und Barrieren für Kooperationen mit akademischen Forschergruppen befragt.²⁰¹ In Kooperationen scheint der Schutz des geistigen Eigentums, bzw. die Patentierung der Ergebnisse für die industriellen Modeller das größte Problem darzustellen. Kaum weniger wichtig sind Nachteile aufgrund sehr unterschiedlicher Zeitdimensionen, ein Problem das von den befragten Professoren ebenfalls als äußerst wichtig eingestuft wurde. Aber auch administrative Probleme, der Abfluss von Wissen durch die Einbeziehung der Professoren und die finanzielle Entschädigung der Forschergruppen sind hier von Bedeutung.

Tab. 27: Nachteile von und Barrieren für Kooperationen (industrielle Modeller)

Nachteile und Barrieren für industrielle Modeller	Modeller insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Geistiges Eigentum / IP	49	4,0	69
Zeit als kritischer Faktor	49	3,7	57
Administrative Probleme	49	3,4	53
Abfluss von Wissen	49	3,3	49
Finanzielles Engagement	49	3,2	47

In einer offenen Frage wurden die Professoren nach konkreten Verbesserungsvorschlägen für die aktuelle Kooperationssituation gefragt.²⁰² Die insgesamt 43 Antworten beschäftigten sich mit allen bereits diskutierten Problembereichen. So schlugen einige Professoren eine weniger kurzfristig ausgeprägte Ergebnisorientierung der Industriepartner vor, um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die akademischen Partner oft keine schnellen Problemlösungen anbieten können. Was die finanzielle Vergütung der Professoren in industriellen Kooperationen betrifft, sei folgende Aussage stellvertretend angeführt:

„Industry should be prepared to pay the real cost of contract research and not just seek a convenient and cheap source of expertise and computing resources.“

Auch wurde die Empfehlung gegeben, administrative Barrieren und bürokratischen Aufwand innerhalb der Universitäten abzubauen. Erwähnung fand auch eine offenere und professionellere Handhabung von sensiblen IP²⁰³-relevanten Fragestellungen. Durchaus selbstkritisch wurde z.T. die Notwendigkeit gesehen eine größere Anzahl an Industriekontakten zu knüpfen und auch aktiver nach Kooperationsmöglichkeiten zu suchen. Am zahlreichsten waren

²⁰¹ Vgl. Frage 7, Sektion B, M³QI, Anhang 2: „Where do you see disadvantages of, or barriers to the cooperation of your modelling unit with academia?“

²⁰² Vgl. Frage 5, Sektion F, M³QA, Anhang 1: „What could be made better in this context according to your experience?“

²⁰³ Intellectual Property

allerdings Vorschläge, die auf eine verstärkte Kommunikation sowie auf mehr Informations- und Wissensaustausch zwischen industriellen und akademischen Modellen abzielten. So wurde zum Beispiel mehrmals die Einrichtung eines (physischen oder virtuellen) Forums industrieller und akademischer Forscher zur Kontaktpflege und zum Informationsaustausch zwischen beiden Parteien vorgeschlagen. Ein großer Teil der Professoren weist somit auf fehlende Kontaktmöglichkeiten – stellvertretend hier die Aussage eines Befragten:

„More contacts necessary, it is difficult to meet industrial scientists in conferences.“

– und eine sich daraus ergebende geringe Kommunikationstiefe zwischen den Parteien hin.

Diese Wege zur Verbesserung der Kooperationssituation wurden ebenfalls von Siegel et al. und Schmoch diskutiert, vor allem auch die Einrichtung von „Innovations-Kontaktforen“ zur Steigerung des Wissensflusses zwischen den Partnern (siehe Abschnitt 4.1.5).

5.3.3.4 Kommunikation und Monitoring-Aktivitäten der Industrie

Um zu bewerten, ob dieser Mangel an Kommunikation auch auf ein restriktives Informations- und Kommunikationsverhalten der industriellen Modeller zurückzuführen ist, wurden die Professoren gebeten, die Aussage “Die Industrie kommuniziert ihre Modelling-Aktivitäten und -Bedürfnisse nicht ausreichend” auf einer fünf-stufigen Skala zu bewerten.²⁰⁴

Eine Ablehnung dieser Aussage erfolgte lediglich durch 5,4% der Befragten, während 75% der Meinung waren, die diesbezügliche Kommunikation der Industrieseite sei inadäquat. Ist das Informationsverhalten der Industrie tatsächlich derart restriktiv, werden sinnvolle Informationen über die Tätigkeit von industriellen Modellen fast ausschließlich denjenigen Professoren zugänglich sind, die bereits in Industriekooperationen involviert sind. Dies könnte zu hohen Kooperations-Eintrittsbarrieren für (noch) nicht-kooperierende Forscher führen. Die Folge wäre dann, dass sich ein bestehendes Kooperationsgefälle zwischen bereits kooperierenden und (noch) nicht-kooperierenden akademischen Forschern weiter verfestigen würde und kooperationswillige Professoren nur geringe Chancen hätten interessante Industriepartner zu finden, ein so genannter „lock-in“-Effekt.

Tab. 28: Kommunikationsaktivität der Industrie bewertet durch ...

Kommunikation nicht ausreichend	... die Professoren (N = 148)	in v. Hd.	... die Industrie (N=50)	in v. Hd.
1: lehne stark ab	1	0,7%	1	2,0%
2: lehne ab	7	4,7%	19	38,0%
3: teils, teils	29	19,6%	17	34,0%
4: stimme zu	92	62,2%	9	18,0%
5: stimme stark zu	19	12,8%	4	8,0%
	Mittelwert: 3,8 Std.-Abw.: 0,74	Median: 4	Mittelwert: 2,9 Std.-Abw.: 0,99	Median: 3

²⁰⁴ Vgl. Aussage 9, Sektion H, M³QA, Anhang 1: „Industry does not adequately communicate its modelling activities and needs.“

Um einen direkten Vergleich anstellen zu können, erfolgte eine Bewertung genau derselben Aussage im Rahmen des M³QI durch die industriellen Modeller²⁰⁵. Dabei fällt auf, dass 40% die Aussage ablehnten, wohingegen ihr lediglich 26% zustimmten. Die Diskrepanz bei der Bewertung dieser Aussage durch die beiden Kooperationsparteien wird durch die unterschiedlichen Mittelwerte beider Verteilungen sichtbar. Während die befragten Professoren mehrheitlich der Meinung waren, die Industrie kommuniziere ihre CCT-Aktivitäten und -Bedürfnisse nicht ausreichend, gab es unter den industriellen Modellen eine eindeutige Tendenz die obige, negative Aussage abzulehnen. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass immerhin über ein Viertel der industriellen Modeller dieser Aussage zustimmte, was durchaus als Indiz dafür gesehen werden kann, dass die Kritik an der CCT-bezogenen Kommunikationsaktivität der Industrie nicht ganz unberechtigt ist.

Es ist anzunehmen, dass ein effizientes Monitoring des akademischen Umfeldes seitens der industriellen Modeller entscheidend dazu beitragen kann, potentiell relevante (und damit auch neue) akademische Kooperationspartner zu identifizieren, selbst wenn den akademischen Forschern kaum Informationen über industrielle CCT-Bedürfnisse und -Aktivitäten vorliegen. Um das Ausmaß der Monitoring-Aktivitäten der industriellen Modeller abschätzen zu können, wurden diese im Rahmen des M³QI aufgefordert, den Fit zwischen Ist- und Soll-Zustand der Monitoring-Intensität in ihrer jeweiligen CCG auf einer zehn-stufigen Skala zu beurteilen.²⁰⁶ Der resultierende Mittelwert von 6,3 offenbart eine relativ hohe Diskrepanz zwischen gegenwärtigem Ist- und idealem Soll-Zustand. Somit beurteilen die industriellen Modeller die Monitoring-Intensität ihrer CCGs von externen CCT-Entwicklungen als klar unzureichend.

Tab. 29: Fit zwischen Ist- und Soll-Zustand der Monitoring-Intensität

Industrielle Monitoring-Intensität	Anzahl Modeller (N = 48)	in v. Hd.
0 (kein Fit zwischen IST und SOLL)	2	4,2%
x	0	0%
xx	0	0%
xxx	1	2,1%
xxxx	0	0%
xxxxx	9	18,8%
xxxxxx	13	27,1%
xxxxxxx	13	27,1%
xxxxxxxx	7	14,6%
xxxxxxxxx	3	6,3%
10 (perfekter Fit)	0	0%
Mittelwert: 6,3	Std.-Abw.: 1,8	Median: 6

²⁰⁵ Vgl. Aussage 8, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „Industry does not adequately communicate its modelling activities and needs.”

²⁰⁶ Vgl. Frage 9, Sektion B, M³QI, Anhang 2: „On a scale from 0 to 10 please evaluate the fit between the actual state and the should-be-state of the intensity of your modelling unit’s monitoring activities (concerning monitoring of CCT developments external to your company. (0: activities and needs do not match at all – 10: perfect fit)”

In diesem Zusammenhang wurden die industriellen Modeller auch nach Maßnahmen gefragt, um die gegenwärtigen Monitoring-Aktivitäten auszuweiten.²⁰⁷ Mehrfachantworten waren dabei möglich. Tabelle 30 enthält die erhobenen Maßnahmen in der Reihenfolge abnehmender Wichtigkeit.

Die am häufigsten genannten Maßnahmen sind ein „Mehr an Zeit“ für ein ausgewogenes Monitoring und „intensivere Interaktionen zwischen akademischen Forschungseinrichtungen und der Industrie“. Positives bewirken könnten aber auch häufigere Konferenzbesuche sowie zusätzliche Manpower. Immerhin gut jeder fünfte Modeller zeigte sich überzeugt davon, dass zusätzliche Maßnahmen zur Ausweitung von Monitoring-Aktivitäten unnötig seien.

Tab. 30: Maßnahmen zur Stärkung des Monitoring

Maßnahmen	Anzahl Modeller (N = 48)	in v. Hd. der Fälle
mehr Zeit	21	43,8%
intensivere Interaktionen an Schnittstelle Hochschule/Industrie	20	41,7%
höhere Priorität für Konferenzbeteiligungen	16	33,3%
mehr Manpower für Monitoring	13	27,1%
keine zusätzlichen Maßnahmen nötig	10	20,8%

5.3.3.5 Korrelationen

Dieser Abschnitt untersucht Zusammenhänge, die zwischen den Variablen des Einflussfaktoren-Komplexes existieren. Eine Zusammenfassung enthält Tabelle 31:

Tab. 31: Korrelationstabelle für Variablen des Einflussfaktoren-Komplexes

	Industrielle Kooperationsbereitschaft (A4)	Eigene Kooperationsbereitschaft (F2)	Bekanntheitsgrad Arbeitskreis (B4)	Rolle industrieller Bedürfnisse in Forschungsagenda (F6)	Fit Forschungsinteresse – Industriebedürfnisse (F3)	Nachteile: kein Fit: Forschungsagenda (F41)	Nachteile: uninteressante Themen (F45)
Industrielle Kooperationsbereitschaft (A4)		SR: 0,375 (0,000)	SR: 0,533 (0,000)	SR: 0,370 (0,000)	SR: 0,321 (0,000)	SR: -0,253 (0,004)	SR: -0,202 (0,024)
Eigene Kooperationsbereitschaft (F2)			SR: 0,447 (0,000)	SR: 0,484 (0,000)	SR: 0,643 (0,000)	SR: -0,319 (0,000)	SR: -0,395 (0,000)
Bekanntheitsgrad Arbeitskreis (B4)				SR: 0,495 (0,000)	SR: 0,434 (0,000)	SR: -0,317 (0,000)	SR: -0,292 (0,001)
Rolle industrieller Bedürfnisse in Forschungsagenda (F6)					SR: 0,559 (0,000)	SR: -0,285 (0,000)	SR: -0,304 (0,001)
Fit Forschungsinteresse – Industriebedürfnisse (F3)						SR: -0,343 (0,000)	SR: -0,294 (0,001)
Nachteile: kein Fit: Forschungsagenda (F41)							SR: 0,570 (0,000)
Fachliches Kooperationsfeld (E51)	CV: 0,287 (0,277)	CV: 0,374 (0,023)	CV: 0,335 (0,075)	CV: 0,352 (0,036)	CV: 0,417 (0,004)	CV: (-)0,244 (0,098)	CV: (-)0,289 (0,032)

²⁰⁷ Vgl. Frage 10, Sektion B, M³QI, Anhang 2: „What measures would further strengthen your monitoring activities?“

Die folgenden fünf Variablen des Komplexes Einflussfaktoren sind positiv und zumeist mittelstark miteinander korreliert:

- „Stärke industrieller Kooperationsbereitschaft“
- „Stärke der Kooperationsbereitschaft der Professoren“
- „Industrielle Awareness für den akademischen Arbeitskreis“
- „Relevanz industrieller Bedürfnisse bei Etablierung und Weiterentwicklung der eigenen Forschungsagenda“
- „Grad an Übereinstimmung zwischen eigenen Forschungsinteressen und industriellen CCT-Bedürfnissen“

Diese Korrelationen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Ist die Übereinstimmung der eigenen Forschungsinteressen mit den Industriebedürfnissen hoch, so wird die industrielle „Awareness“ für den eigenen Arbeitskreis als hoch eingeschätzt und die industrielle, aber vor allem die eigene Kooperationsbereitschaft als überdurchschnittlich bewertet. In diesem Fall spielen auch die industriellen Modelling-Bedürfnisse für die eigene Forschungsagenda eine größere Rolle.

Eine zusätzliche Erwähnung soll die zwar schwach positive aber hoch signifikante Korrelation zwischen der Kooperationsbereitschaft der Professoren und derjenigen der Industrie finden. Damit wird die industrielle Kooperationsbereitschaft eher als hoch beurteilt, wenn die eigene Kooperationsbereitschaft ebenfalls stark ausgeprägt ist.

Interessant ist der durchweg negative Zusammenhang der oben diskutierten fünf Variablen mit den beiden Kooperationsbarrieren „fehlender Fit der Forschungsagendas“ und „uninteressante Kooperationsthemen“. Zunächst ist festzuhalten, dass diese beiden Barrieren mittelstark positiv korreliert sind, d.h. Professoren, die in einem mangelnden Fit zwischen den industriellen und akademischen Forschungsagendas eine wichtige Kooperationsbarriere sehen, erachten auch uninteressante Kooperationsthemen in diesem Sinne als relevant.

Im Gegensatz dazu bewerten Professoren, die die industrielle und eigene Kooperationsbereitschaft als hoch beurteilen, deren Arbeitskreis in der Industrie bekannt ist und deren Forschungsinteressen und -agenda industrielle Bedürfnisse berücksichtigen, die Kooperationsbarrieren „fehlender Fit der Forschungsagendas“ und „uninteressante Kooperationsthemen“ als weniger bedeutsam.

Aber auch das fachliche Kooperationsfeld spielt eine große Rolle, denn es weist, außer zur Variablen „industrielle Kooperationsbereitschaft“ Zusammenhänge mit den obigen Variablen auf. Kooperiert ein Professor hauptsächlich im Pharmabereich mit der Industrie, so beurteilt er seine Kooperationsbereitschaft im Allgemeinen positiver, die industrielle „Awareness“ für den eigenen Arbeitskreis höher und die industriellen Modelling-Bedürfnisse spielen eine größere Rolle bei Forschungsinteresse und -agenda. Auch den beiden bereits diskutierten wesentlichen Kooperationsbarrieren wird eine geringere Bedeutung beigemessen als von ihren Nicht-Pharma-Kollegen.

5.3.3.6 Zusammenfassung des Komplexes Einflussfaktoren

Die Mehrzahl der befragten Professoren (68%) kooperieren mit der Industrie hauptsächlich im Pharmabereich. Weit weniger Forscher werden im Katalyse-, Nanotechnologie- oder Polymerbereich tätig. Das Austesten der praktischen Anwendung und Anwendbarkeit ihrer Forschung und Theorien ist für die Professoren der Stichprobe der mit Abstand wichtigste, primäre Kooperationsgrund, erst danach werden „zusätzliche Mittel für Mitarbeiter und Ausrüstung“ genannt. Ebenfalls von Bedeutung ist der „Zugang zu Studentenjobs und -praktika“.

Bei der Frage, welcher Stellenwert industriellen CCT-Bedürfnissen bei der Etablierung und Entwicklung der eigenen Forschungsagenda zukommt, spricht sich die Mehrheit der akademischen Forscher für einen geringen Einfluss aus. Dagegen resultiert bei der Beurteilung des Grades an Übereinstimmung zwischen den eigenen Forschungsinteressen und den Bedürfnissen industrieller Modeller eine zweigipflige Verteilung. Dabei weist eine Gruppe von Professoren eine eher geringe und eine nahezu gleich große Gruppe eine höhere Übereinstimmung auf. Den Grad an industrieller „Awareness“ für deren Arbeitskreise stufen die befragten Professoren eher niedrig ein, 62% der Laboratorien wird von der Industrie gar nicht bis kaum wahrgenommen.

Die befragten Forscher bescheinigen sich insgesamt einen überdurchschnittlich hohen Willen zur Kooperation mit der Industrie, wohingegen sie die Kooperationsbereitschaft der Industrie als eher gering einstufen.

Spielen die industriellen Modelling-Bedürfnisse bei der Etablierung und Entwicklung der eigenen Forschungsagenda eine wichtige Rolle und ist damit der Fit der eigenen Forschungsinteressen mit den industriellen Bedürfnissen groß, so wird die industrielle „Awareness“ für den entsprechenden Arbeitskreis höher eingestuft, und damit auch die industrielle und vor allem die eigene Kooperationsbereitschaft positiver beurteilt. In diesem Fall sind die Kooperationsbarrieren „uninteressante Kooperationsthemen“ und „fehlender Fit der Forschungsagendas“ eher nachrangig. Aber auch das fachliche Kooperationsfeld Pharma hat hier einen Einfluss, denn die Professoren, die im Pharmabereich kooperieren, bewerten ihre Kooperationsbereitschaft positiver, halten ihren Arbeitskreis im Industrieumfeld für bekannter, beurteilen den Fit ihrer Forschungsinteressen mit den Industriebedürfnissen höher und halten die beiden vorher genannten Kooperationsbarrieren ebenfalls für unwichtiger als ihre Nicht-Pharma-Kollegen.

63% der Professoren waren bis zur Zeit der Erhebung von schlechten Erfahrungen mit Industriekooperationen verschont geblieben. Allerdings hatten 19% bereits mehrfach schlechte Erfahrungen gemacht. Es stellt sich heraus, dass die Wahrscheinlichkeit schlechte Erfahrungen zu machen mit dem Grad an Übereinstimmung zwischen den eigenen Forschungsinteressen und den industriellen Bedürfnissen wächst. Kooperationsangebote der Industrie wurden von 61% der akademischen Forscher bisher nicht abgelehnt. Je größer der schlechte Kooperations-Erfahrungsschatz der Professoren, desto eher bejahten sie die Frage, ob es vorkomme, dass sie industrielle Kooperationsangebote ablehnen. Die offene Frage nach den Ablehnungsgründen derjenigen Forscher, die Kooperationsangebote bereits abgelehnt haben, offenbart „wissen-

schaftlich uninteressante Problemstellungen oder solche außerhalb der eigenen Expertise“ als wichtigsten Ablehnungsgrund.

Der mit Abstand bedeutendste Nachteil von, bzw. Barriere für Industriekooperationen stellt für die befragten akademischen Forscher die kurzfristige Orientierung der Industrie dar. Als ebenfalls sehr wichtig wurden die fehlende Übereinstimmung zwischen den beiden Forschungsagendas und die Einschränkung der Publikationsfreiheit genannt. In gewisser Weise analog verhält sich die Reihung der Kooperationsnachteile und -barrieren, die von den industriellen Modeller genannt werden. Für diese stellt der Schutz geistigen Eigentums den relevantesten Problemkreis dar, noch vor dem kritischen Faktor Zeit. Aber auch administrative Probleme, der Abfluss von Wissen und das mit der Kooperation verbundene finanzielle Engagement sind von Bedeutung.

Ein von Seiten der Professoren signifikant häufig vorgetragener Verbesserungsvorschlag der Kooperationssituation geht in Richtung verstärkter und vertiefter Kommunikation und umfasst die Etablierung eines (physischen oder virtuellen) Forums für Kontaktaufnahme und Informationsaustausch zwischen akademischen und industriellen Forschern. Auch Kritik an den industriellen Partnern in Form der Forderung nach langfristigerem Kooperationsengagement und, damit verbunden, nach höheren finanziellen Vergütungen wird laut. Allerdings äußern sich einige Professoren durchaus kritisch, ihre persönliche Anzahl an Industriekontakten und ihre eher passive Vorgehensweise bei der Kooperationsanbahnung betreffend.

Die These, die Industrie kommuniziere ihre Modelling-Aktivitäten und -bedürfnisse nicht ausreichend, findet bei den befragten Professoren volle Zustimmung. Zwar lehnen die industriellen Modeller diese Aussage tendenziell ab, allerdings stimmt ihr immerhin jeder vierte Modeller zu. Bei der Bewertung der Abweichung des aktuellen Ist vom idealen Soll-Zustand der Monitoring-Intensität innerhalb einer CCG, lässt sich aus den Antworten der industriellen Modeller auf eine ausgeprägte Diskrepanz schließen. Wichtige Maßnahmen zur Stärkung ihrer Monitoring-Aktivitäten sehen die industriellen Experten in der Verfügbarkeit zusätzlicher Zeit für Monitoring-Zwecke und in intensiveren Interaktionen mit akademischen Forschern. Lediglich jeder fünfte Modeller sieht keine Notwendigkeit zur Verbesserung der gegenwärtigen Monitoring-Situation.

5.3.4 Befunde zum Komplex Kooperations- und Technologietransfer-Realität (Komplex 3)

Der Komplex Kooperations- und Technologietransfer-Realität beschäftigt sich zunächst mit den bedeutendsten Kooperationspartnern der industriellen Modeller und den wichtigsten Arten des Kontaktes zwischen den beiden Kooperationsparteien. Die Kooperationsintensität der akademischen Forscher in Form der Anzahl an Kooperationsprojekten mit der Industrie bzw. des industriellen Anteils am Forschungsbudget der Professoren stellt einen wesentlichen Teil der untersuchten Kooperationsrealität dar. Des Weiteren wird neben der Beurteilung der Effizienz des akademischen Transfers von CCT-Wissen auch die strategische Kooperationsausrichtung der Professoren beleuchtet.

5.3.4.1 Kooperationspartner und Kontaktarten

Ziel dieses Abschnitts ist die Identifikation der wichtigsten Kooperationspartner der Industrie, sowie der relevantesten Kontaktarten der beiden Kooperationsparteien Akademia und Industrie.

Um eine Vorstellung von der Relevanz unterschiedlicher Kooperationspartner für die industriellen CCG zu erhalten, sollten die industriellen Modeller im Rahmen des M³QI auf einer fünfstufigen Skala von „1: unwichtig“ bis „5: wichtig“ zunächst die Bedeutung verschiedener Kooperationspartner für den Technologietransfer beurteilen²⁰⁸. Dabei erhielten die akademischen Forscher mit einem Mittelwert von 4,1 auch den höchsten Bedeutungsindex und werden somit von den industriellen Modellen als wichtigste Kooperationspartner erachtet, wenn es sich um den Transfer neuen CCT-Wissens handelt. Als ebenfalls bedeutsam wurden in diesem Zusammenhang kommerzielle Softwarehäuser, wie z.B. Accelrys bewertet. Bedeutend weniger wichtig sind andere industrielle Kooperationspartner, und kleine Modelling Start-up Unternehmen spielen eher eine untergeordnete Rolle beim Technologietransfer.

Tab. 32: Relevanz von externen Kooperationspartnern für CCT-Transfer (Industrie)

Kooperationspartner	Modeller insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
akademische Forscher	50	4,1	84
kommerzielle Software-Häuser	50	3,9	72
andere industrielle Partner	49	3,4	51
kleine Modelling Start-up Unternehmen	50	2,7	26

Nach der Identifikation von akademischen Wissenschaftlern als wichtigste Partner beim CCT-Transfer in die Industrie erscheint die Frage sinnvoll, welche Kontaktarten für die beiden Kooperationsparteien jeweils von Bedeutung sind, beziehungsweise wie sie bevorzugt miteinander in Kontakt treten. Dafür wurden sowohl die industriellen Modeller als auch die akademischen Forscher gebeten, jeweils eine vorgegebene Liste unterschiedlicher Kontaktformen, direkter und indirekter Natur, wiederum mit Hilfe der fünfstufigen Relevanzskala zu bewerten.

Die befragten Professoren ordneten der „kooperativen Forschung“ und den „informellen Kontakten“ mit den Industriekollegen mit Abstand die höchste Priorität zu.²⁰⁹ Danach folgten, annähernd gleichbedeutend, „Auftragsforschung“, „Konferenzen“ und „Beratungsdienstleistungen“. Die „Ausbildung von Personal für die Industrie“ hatte für die akademischen Forscher kaum Relevanz, vermutlich da es sich hierbei zumeist um keine direkten Kontakte zwischen dem Arbeitskreis und der Industrie handelt. Mit 46% beurteilte nahezu die Hälfte der Befragten „Seminare für die Industrie“ als unwichtig (Antwortkategorien 1 und 2). Diese Relevanzreihenfolge kommt den von Schmoch erzielten Ergebnissen bei der Befragung chemischer Hochschullehrer sehr nahe und unterstreicht nochmals die Bedeutung von „informellen Kontakten“ für die Hochschul-Industrie-Kooperation (siehe Abschnitt 4.1.1).

²⁰⁸ Vgl. Frage 2, Sektion B, M³QI, Anhang 2: „How important are the following external partners for CCT knowledge transfer to your modelling unit?“

²⁰⁹ Vgl. Frage 4, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „Please evaluate the importance of the following types of interaction between industry and your laboratory.“

Tab. 33: Wichtigkeit der Kontaktarten mit der Industrie (akademische Forscher)

Kontakttyp	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Kooperative Forschung	132	3,6	61
Informelle Kontakte	129	3,6	58
Auftragsforschung	131	3,1	45
Konferenzen/Workshops	128	3,1	38
Beratungsdienstleistungen	127	3,0	39
Ausbildung von Personal	128	2,9	38
Seminare für Industrie	124	2,7	25

Betrachtet man nun die Relevanz unterschiedlicher Kontaktarten aus industrieller Perspektive, stellt sich heraus, dass die industriellen Modeller die drei Kontaktarten „Konferenzen/Workshops“, „Informelle Kontakte“ und „Publikationen“ nahezu gleichbedeutend mit höchster Priorität versahen.²¹⁰ Die „kooperative Forschung“ wurde nur als geringfügig weniger bedeutsam klassifiziert, möglicherweise da die drei als wichtiger bewerteten Kontakttypen wesentlich weniger zeit- und ressourcenaufwendig und damit auch verbreiteter sind. Im Unterschied zu den akademischen Kollegen beurteilten die industriellen Modeller „Seminare“ als durchaus wichtiger. Während die „Auftragsforschung“ im Vergleich zu den anderen Kontaktarten für die befragten Professoren durchaus von Bedeutung war, spielte sie für die industriellen Modeller eher eine untergeordnete Rolle beim Wissenstransfer. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass den beiden Beurteilungen die Relevanz, die den „informellen Kontakten“ und der „kooperativen Forschung“ zugeordnet wurden gemeinsam sind.

Tab. 34: Wichtigkeit der Kontaktarten mit akademischem Feld (industrielle Modeller)

Kontakttyp	Modeller insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Konferenzen/Workshops	50	4,2	76
Informelle Kontakte	49	4,1	74
Publikationen	50	4,0	70
Kooperative Forschung	50	3,8	72
Seminare	50	3,2	44
Auftragsforschung	50	2,8	40
Beratungsdienstleistungen	50	2,9	34

5.3.4.2 Kooperationsintensität

Die Kooperationsintensität der befragten Professoren sollte mit Hilfe der Anzahl ihrer aktuellen industriellen Kooperationsprojekte und der Höhe des industriellen Anteils an ihrem Forschungsbudget abgeleitet werden. Weiterhin ist auch das tägliche Zeitkontingent der Befragten, das in industrielle Kooperationsprojekte investiert wurde, von Bedeutung.

Betrachtet man die Anzahl an Kooperationsprojekten, in denen die befragten akademischen Forscher zur Zeit der Erhebung involviert waren, stellt man fest, dass mit 47% knapp die Hälfte der Individuen der Antwortgesamtheit zur Zeit der Erhebung nicht in Kooperationen

²¹⁰ Vgl. Frage 5, Sektion B, M³QI, Anhang 2: „Please evaluate the importance of the following types of contact between academia and your modelling unit.“

involviert waren.²¹¹ In ein bis zwei Kooperationsprojekten engagierten sich dagegen 44% der Befragten. Ein Höchstwert von fünf aktuellen Kooperationsprojekten wurde von drei Professoren angegeben.

Jene Professoren, die zur Zeit der Erhebung mehr kooperierten, hielten die Kontaktarten „informelle Kontakte“ (SR: 0,303 mit $p=0,001$), „Beratungsdienstleistungen“ (SR: 0,253 mit $p=0,005$) und im Besonderen „kooperative Forschung“ (SR: 0,385 mit $p=0,000$) mit der Industrie eher für wichtiger. Auch zwischen dem täglichen Zeitbedarf für bestehende Kooperationen und der aktuellen Anzahl an Kooperationsprojekten der Professoren liegt eine Korrelation vor, die mit einem PN-Wert von 0,469 mit $p=0,000$ mittelstark positiv und hoch signifikant ist.

Tab. 35: Anzahl aktueller Kooperationsprojekte mit der Industrie

Anzahl Kooperationsprojekte	Anzahl Professoren (N = 148)	in v. Hd.
0	69	46,6%
1	40	27,0%
2	25	16,9%
3	6	4,1%
4	5	3,4%
5	3	2,0%
Mittelwert: 0,97	Std.-Abw.: 1,2	Median: 1

Da die aktuelle Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen lediglich eine Momentaufnahme der Kooperationsintensität darstellt, wurden die Professoren gebeten, den Trend für ihre Anzahl an Kooperationen in den letzten fünf Jahren einzuschätzen.²¹² In diesem Zusammenhang interessiert vor allem, ob diejenigen Individuen ohne aktuelle Kooperationsbeteiligung auch in der Vergangenheit nicht kooperierten.

Abgesehen von den 23 Professoren, die angaben, die Trendfrage sei, zum Beispiel aufgrund einer noch zu kurzen universitären Beschäftigungsphase, auf ihre Situation nicht anwendbar, konnten 12% der Befragten keinen eindeutigen Trend feststellen. In den meisten Fällen aber (37%), war die Anzahl an Kooperationsprojekten konstant geblieben. Nur wenige Professoren mehr berichteten über steigende (20%) als über sinkende Kooperationsprojektbeteiligungen (16%).

Fast alle Professoren, die die Trendauskunft als „nicht anwendbar“ abwiesen, verfügten über keine aktuellen Industriekooperationen. Von den 39 Professoren, die ebenfalls nicht in Kooperationsprojekte involviert waren, aber trotzdem eine eindeutige Trendaussage abgaben, berichteten 14 Individuen über einen sinkenden und lediglich fünf Individuen über einen steigenden Trend. Lässt man die beiden Kategorien „1: nicht anwendbar“ und „2: kein eindeutiger Trend“ außer Acht, so lässt sich für die verbleibenden Fälle eine mittelstark positive Korrelation zwischen der Anzahl an aktuellen Kooperationsprojekten und dem Trend für diese Anzahl während der letzten fünf Jahre nachweisen. Ein SR-Wert von 0,475 mit $p=0,000$ deu-

²¹¹ Vgl. Frage 1, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „In how many industrial cooperation projects are you actually involved?“

²¹² Vgl. Frage 2, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „What has been the trend for the number of your cooperation projects during the last 5 years?“

tet darauf hin, dass Professoren, die zur Zeit der Erhebung in einer größeren Anzahl an Kooperationsprojekten involviert waren, den Kooperations-Trend der letzten fünf Jahre als eher positiv beurteilten. Im Gegenzug dazu berichteten Professoren ohne aktuelle Kooperationen eher über einen sinkenden Trend bzw. eine konstante Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen während dieses Zeitraums.

Weiterhin stellt sich heraus, dass Professoren, die „kooperative Forschung“ zusammen mit der Industrie als wichtige Kontaktart erachteten, auch eher über einen Trend hin zu steigenden Kooperationsprojektbeteiligungen während der letzten fünf Jahre berichteten. Dieser Zusammenhang lässt sich mit einem SR-Wert von 0,279 mit $p=0,006$ als schwach positiv aber sehr signifikant quantifizieren.

Tab. 36: Trend: Anzahl an industriellen Kooperationsprojekten (letzte 5 Jahre)

Trend Anzahl	Anzahl Professoren (N = 147)	in v. Hd.
1: nicht anwendbar	23	15,6%
2: kein eindeutiger Trend	17	11,6%
3: sinkende Anzahl	23	15,6%
4: konstante Anzahl	54	36,7%
5: steigende Anzahl	30	20,4%

Wie bereits erwähnt, soll ebenfalls die Höhe des finanziellen Anteils der Industrie am akademischen Forschungsbudget der Professoren als Indikator für die Kooperationsintensität der befragten Professoren Verwendung finden. Dieser Anteil wurde mit Hilfe einer offenen Prozentskala erhoben.²¹³ Abgesehen von den 44% der Befragten, deren Forschungsbudgets keinen industriellen Anteil aufwiesen, gab die überwiegende Mehrzahl der verbliebenen akademischen Forscher (ebenfalls 44% der Antwortgesamtheit) einen industriellen Anteil zwischen 1% und 20% an und zwar mit einem Schwerpunkt zwischen 6 und 10%. Jene fünf Professoren mit einem industriellen Anteil jenseits von 50% wiesen zweimal 70%, einmal 90% und sogar zweimal 95% aus.

Ein Vergleich der Tabellen 35 und 37 legt einen Einfluss der Anzahl an aktuellen Kooperationsprojekten auf den jeweiligen finanziellen Anteil der Industrie am akademischen Forschungsbudget nahe. Mit einem PN-Wert von 0,612 mit $p=0,000$, der auf eine stark positive Korrelation schließen lässt, kann dieser Verdacht statistisch untermauert werden. Damit ist der industrielle finanzielle Anteil am akademischen Forschungsbudget um so größer, in je mehr aktuellen Kooperationsprojekten die Professoren involviert sind. Der tägliche Zeitbedarf für bestehende Kooperationen ist, wie zu erwarten war, ebenfalls stark positiv und hoch signifikant (PN: 0,648 mit $p=0,000$) mit dem prozentualen industriellen Budgetanteil korreliert.

Professoren, die aufgrund ihrer Beteiligung an mehreren Kooperationsprojekten über höhere prozentuale Zuwendungen der Industrie verfügten, beurteilten besonders die Kontaktarten „Auftragsforschung“ (SR: 0,405 mit $p=0,000$), aber auch „kooperative Forschung“ (SR: 0,274 mit $p=0,002$), „informelle Kontakte“ (SR: 0,229 mit $p=0,012$) und „Beratungsdienstleistungen“ (SR: 0,253 mit $p=0,005$) als wichtiger als ihre Kollegen. Auffallend dabei ist, dass der Zu-

²¹³ Vgl. Frage 9, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „Please indicate the share of industrial funds within your total research budget.“

sammenhang zwischen der Höhe des industriellen Budgetanteils am stärksten mit der Wichtigkeit der Kontaktart „Auftragsforschung“ korreliert.

Tab. 37: Höhe industrieller Anteil am akademischen Forschungsbudget

Industrieller Anteil in Prozent	Anzahl Professoren (N = 137)	in v. Hd.
1: 0%	60	43,8%
2: 1 bis 5%	18	13,1%
3: 6 bis 10%	25	18,2%
4: 11 bis 20%	17	12,4%
5: 21 bis 30%	4	2,9%
6: 31 bis 50%	8	5,8%
8: > 50%	5	3,6%
Mittelwert: 11,7	Std.Abw.: 19,0	Median: 5

Um beim industriellen Budgetanteil nicht nur den Anteil zur Zeit der Erhebung abzufragen, wurde hier ebenfalls die Frage nach dem Trend, in diesem Fall aber der letzten drei Jahre, gestellt.²¹⁴ Dabei ergibt sich im Vergleich zum Trend der Anzahl an Kooperationsprojekten (siehe Tabelle 36) eine sehr ähnliche Verteilung der Antworten auf die fünf Kategorien. Während 15% der Befragten die Trendfrage in ihrem Fall für nicht anwendbar hielten, waren 12% der Meinung, es liege kein eindeutiger Trend vor. Wiederum gaben die meisten Professoren (40%) an, der industrielle Budgetanteil sei konstant geblieben, während die Anzahl an Professoren mit steigendem Anteil zahlenmäßig nahezu identisch ist mit der Anzahl, deren Anteil während der drei letzten Jahre gesunken war.

Vernachlässigt man wiederum die ersten beiden Kategorien „1: nicht anwendbar“ und „2: kein eindeutiger Trend“, so ergibt sich mit einem SR-Wert von 0,458 mit $p=0,000$ eine mittelstark positive und hoch signifikante Korrelation zwischen dem industriellen Budgetanteil und dem entsprechenden Trend dergestalt, dass für Professoren, die zur Zeit der Erhebung über ein höheres Maß an industriellen Finanzmitteln verfügten, die letzten drei Jahre in dieser Hinsicht eher positiv verliefen. An dieser Stelle kann eine Parallele zur Korrelation zwischen der Anzahl der Kooperationsprojekte (siehe Tabelle 35) und dem Trend für diese Anzahl (siehe Tabelle 36) gezogen werden.

Untersucht man den Zusammenhang zwischen den beiden Trendaussagen „Anzahl der aktuellen Kooperationsprojekte der letzten fünf Jahre“ und „industrieller Budgetanteil der letzten drei Jahre“, resultiert, unter Vernachlässigung der beiden Kategorien 1 und 2, eine sehr starke und hoch signifikante Korrelation (SR: 0,833 mit $p=0,000$). Professoren, die über einen sinkenden Trend ihrer Kooperationszahlen berichteten, hatten auch, was ihren industriellen Budgetanteil betrifft, einen sich abschwächenden Trend erfahren.

Auch diese Trendbeurteilung steht in Zusammenhang mit der Bewertung der Wichtigkeit „kooperativer Forschung“ als Kontaktart mit der Industrie. Die Korrelation ist mit einem SR-Wert von 0,275 mit $p=0,008$ zwar nur schwach positiv aber sehr signifikant. Wenn akademische Forscher also einen gestiegenen industriellen Anteil am eigenen Forschungsbudget

²¹⁴ Vgl. Frage 10, Sektion E, M³QA, Anhang 1: „What has been the trend for this share over the last three years?“

während der letzten drei Jahre deklarierten, dann hielten sie auch die Kontaktart „kooperative Forschung“ für eher wichtiger als ihre Kollegen.

Tab. 38: Trend: Industrieller Anteil am Forschungsbudget (letzte 3 Jahre)

Trend industrieller Anteil	Anzahl Professoren (N = 132)	in v. Hd.
1: nicht anwendbar	20	15,2%
2: kein eindeutiger Trend	16	12,1%
3: sinkender Anteil	20	15,2%
4: konstanter Anteil	53	40,2%
5: steigender Anteil	23	17,4%

Zum Abschluss der Untersuchung der Kooperationsintensität sollten die Professoren den durchschnittlichen täglichen Zeitbedarf, den sie zur Zeit der Erhebung für industrielle Kooperationsprojekte aufbrachten in Prozent ihrer gesamten täglichen Forschungszeit angeben.²¹⁵

44% der antwortenden akademischen Forscher gaben einen täglichen Zeitbedarf von 0% an. Bei den meisten anderen Professoren liegt dieses Zeitkontingent zwischen 1% und 5% der täglichen Forschungszeit und im Durchschnitt werden knapp 6% der Forschungszeit in industrielle Kooperationsprojekte investiert, allerdings ist dieser Mittelwert mit einer sehr hohen Streuung behaftet. Bei den drei Professoren jenseits der 30%-Grenze finden sich tägliche Zeitkontingente von 40, 50 und sogar 70%, die allerdings Ausnahmen darstellen.

Tab. 39: Täglicher Zeitbedarf für Industriekooperationen (in % Gesamtforschungszeit)

Täglicher Zeitbedarf für Kooperationen	Anzahl Professoren (N = 146)	in v. Hd.
1: 0%	64	43,8%
2: 1 bis 5%	42	28,8%
3: 6 bis 10%	22	15,1%
4: 11 bis 20%	12	8,2%
5: 21 bis 30%	3	2,1%
6: > 30%	3	2,1%
Mittelwert: 5,7	Std.Abw.: 9,8	Median: 1

Erfolgt ein Vergleich der Anzahl an aktuellen Kooperationsprojekten und dem industriellen Anteil am Forschungsbudget mit dem täglichen Kooperations-Zeitbedarf anhand der Tabellen 35 und 37, lässt sich auf den ersten Blick bereits eine gewisse Analogie feststellen. So gaben 47% der Befragten an, über keine aktuellen Kooperationsprojekte zu verfügen, 44% bestritten ihr Forschungsbudget ohne Industrieanteil und ebenfalls 44% der akademischen Forscher wiesen kein tägliches Zeitkontingent für Industriekooperationen aus. Diese Beobachtung findet ihre Bestätigung in der statistisch nachgewiesenen mittelstark positiven und hoch signifikanten Korrelation (PN: 0,469 mit $p=0,000$) zwischen der Anzahl an Kooperationsprojekten und dem täglichen Zeitbedarf zu deren Bearbeitung. Eine höhere Anzahl an Kooperationsprojekten hat also auch einen höheren täglichen Kooperations-Zeitbedarf zur Folge. In dieser Hinsicht erweisen sich die Daten der befragten Professoren als durchweg konsistent. Interessant ist, dass die Korrelation des täglichen Zeitbedarfs mit dem industriellen

²¹⁵ Vgl. Frage 3, Sektion A, M³QA, Anhang 1: „Which percentage of your daily research time do you spend on average for cooperation with industrial scientists?“

len Anteil am Forschungsbudget mit einem PN-Wert von 0,648 mit $p=0,000$ noch höher ausgeprägt ist. Aus diesem Zusammenhang wird klar, dass die Investition von mehr Zeit in industrielle Kooperationsprojekte auch eine gesteigerte finanzielle Anerkennung durch die Industrie zur Folge hat.

5.3.4.3 Effizienz des Technologietransfers

Der Sinn von Industrie-Akademia-Kooperationen besteht im Transfer von Technologie und technologiebezogenem Wissen. Damit ist die Effizienz von Technologietransfer-Prozessen ein entscheidendes Erfolgskriterium für diese Kooperationen.

Zunächst wurden die akademischen Forscher befragt, ob sie der Meinung seien, akademischer Transfer von CCT-Wissen, wie er heute praktiziert wird, sei effizient genug.²¹⁶ Von den 136 antwortenden Professoren verneinten 81% diese Frage. Aus den erhaltenen Daten lässt sich keine statistisch signifikante Korrelation zwischen dieser Beurteilung der Effizienz und der Kooperationsintensität der Professoren ableiten. Dies lässt den Schluss zu, dass die meisten Professoren, unabhängig von ihrem Kooperationshintergrund, den Transfer von CCT-Wissen in die Industrie für ineffizient halten.

In diesem Zusammenhang wurden die Professoren ebenfalls nach den wichtigsten Technologietransfer-Vehikeln für CCT befragt, die sie mit Hilfe einer fünfstufigen Skala von „1: unwichtig“ bis „5: wichtig“ bewerten sollten.²¹⁷ „Industrie-Akademia-Kooperationen“ wurden dabei mit Abstand als wichtigstes Vehikel für CCT genannt. Ebenfalls eine große Bedeutung kam der „Einstellung von akademischem Personal“ und der „Einsatz von Post-Docs in der Industrie“ zu. Erst danach folgten „Auftragsforschung“, „Konferenzen“ und „Seminare“.

Bei der Beurteilung der CCT-Transfer-Vehikel lassen sich ebenfalls Zusammenhänge aufdecken. Für Professoren, die „Industrie-Akademia-Kooperation“ als hoch effizient ansahen, hatte auch die Auftragsforschung in diesem Zusammenhang einen hohen Stellenwert (SR: 0,431 mit $p=0,000$).

Aber auch die beiden Personaltransfer-Vehikel „Einstellung von akademischem Personal“ und „Post-Docs in der Industrie“ sind schwach positiv aber hoch signifikant korreliert (SR: 0,328 mit $p=0,000$). Mit einem SR-Wert von 0,746 mit $p=0,000$ sind die Bewertungen der beiden Vehikel „Seminare“ und „Konferenzen“ stark positiv miteinander korreliert.

Aufschlussreich ist auch die Betrachtung der Zusammenhänge zwischen der Wichtigkeit der Kontaktarten mit der Industrie und der Beurteilung der Effizienz dieser Kontaktformen als CCT-Transfer-Vehikel. Wenig überraschend stellt sich dabei heraus, dass diejenigen Kontaktarten, die als wichtig bewertet wurden, auch als Technologietransfer-Vehikel bezüglich der Effizienz die Nase vorn hatten. Dies gilt für die Kontaktarten „kooperative Forschung“ (SR: 0,350 mit $p=0,000$), „Auftragsforschung“ (SR: 0,557 mit $p=0,000$), „Konferenzen“ (SR: 0,408 mit $p=0,000$) und „Seminare“ (SR: 0,432 mit $p=0,000$).

²¹⁶ Vgl. Frage 8, Sektion G, M³QA, Anhang 1: „Do you think transfer of academic computational chemistry knowledge as practised today is efficient enough?“

²¹⁷ Vgl. Frage 5, Sektion G, M³QA, Anhang 1: „What do you think are the most effective technology transfer vehicles for computational chemistry?“

Industrie-Akademia-Kooperationen wurden von denjenigen als sehr effiziente CCT-Transfer-Vehikel beurteilt, deren Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen hoch war (SR: 0,230 mit $p=0,007$) bzw. die mehr finanzielle Mittel von der Industrie erhielten (SR: 0,260 mit $p=0,003$). Auch ein schwach positiver, aber sehr signifikanter Zusammenhang existiert zwischen dem täglichen Zeitaufwand für Kooperationen und der Effizienz, die dem Technologietransfer-Vehikel „Auftragsforschung“ zugeordnet wurde (0,228 mit $p=0,009$).

Tab. 40: Bedeutung von CCT-Transfer-Vehikeln

Technologietransfer-Vehikel	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Industrie-Akademia-Kooperationen	137	4,1	76
Post-Doc-Stellen in der Industrie	137	3,8	69
Einstellung von akadem. Personal in Industrie	125	3,8	65
Auftragsforschung	133	3,4	50
Konferenzen	133	3,4	47
Seminare	129	3,3	40

Die Beantwortung der Effizienzfrage durch die industriellen Modeller, die mit Hilfe einer zehnstufigen Skala erfolgen sollte,²¹⁸ ergibt kein einheitliches Bild. Die Mehrheit der Antworten liegen im mittleren Stufenbereich (54% der Antworten entfielen auf die Stufen 4 bis 6), allerdings existiert auch eine bedeutende Anzahl von Modellern (30%), die mit den Stufen 7 und 8 eher für eine höhere Effizienz stimmten.

Tab. 41: Effizienz des Transfers akademischen CCT-Wissens (Industrieantworten)

Effizienz des Technologietransfers	Anzahl Modeller (N = 50)	in v. Hd.
0 sehr niedrig	1	2,0%
x	1	2,0%
xx	2	4,0%
xxx	4	8,0%
xxxx	6	12,0%
xxxxx	14	28,0%
xxxxxx	7	14,0%
xxxxxxx	5	10,0%
xxxxxxxx	10	20,0%
xxxxxxxxx	0	0%
10 sehr hoch	0	0%
Mittelwert: 5,4	Std.-Abw.: 2,0	Median: 5

Damit ergibt sich eine Zweigipfligkeit der Verteilung, mit einer größeren Gruppe industrieller Modeller, die die Effizienz von Technologietransfer-Prozessen als gering bis mittelmäßig beurteilte und einer kleineren Gruppe, die durchaus von einer höheren Effizienz überzeugt war. Ein direkter Vergleich der Beurteilungen der akademischen Forscher mit denen industrieller Modeller ist allerdings kaum möglich, da bei diesen Beurteilungen sehr unterschiedli-

²¹⁸ Vgl. Frage 8, Sektion B, M³QI, Anhang 2: „On a scale from 0 to 10 please evaluate the efficiency of transfer of academic CCT knowledge to your company as practised today (0: very low – 10: very high efficiency).“

che Frageformate Verwendung fanden. Allerdings weisen die erhaltenen Ergebnisse darauf hin, dass industrielle Modeller im Vergleich zu ihren akademischen Kollegen die Effizienz des Transfers von akademischem CCT-Wissen generell als höher einstufen würden.

5.3.4.4 Kooperationsstrategie

Der Abschnitt Kooperationsstrategie beschäftigt sich mit der Frage, ob und wie die akademischen Forscher nach neuen Kooperationspartnern suchen und welche zukünftige Kooperationsstrategie die beiden Kooperationsparteien haben.

Die befragten akademischen Forscher sollten zunächst angeben, ob sie zur Zeit der Erhebung aktiv auf der Suche nach neuen industriellen Kooperationspartnern waren.²¹⁹ Dabei stellte sich heraus, dass 73% der 147 antwortenden Professoren diese Frage verneinten und damit aktuell keine neuen Kooperationspartner suchten. Es ergeben sich interessante Abhängigkeiten dieser dichotomen Variablen sowohl von der Anzahl an Kooperationsprojekten in denen die Professoren involviert waren, als auch vom industriellen Budgetanteil der Forscher. Professoren, die in eine größere Anzahl an Kooperationsprojekten involviert waren, bejahten diese Frage eher (CV: 0,396 mit näherungsweise $p=0,000$). Auch ein höherer industrieller Budgetanteil scheint eher motivierend auf die Professoren zu wirken, aktiv nach neuen Kooperationspartnern zu suchen (CV: 0,414 mit näherungsweise $p=0,025$). Von 40 suchenden Professoren verfügten nur 15 (38%) über einen geringen industriellen Budgetanteil (bis 5%) wohingegen dies für 61 (64%) der 96 nicht-suchenden Individuen der Fall war. Weiterhin hatten 58 (55%) der 105 nicht-suchenden Professoren keine Industriekooperationen, während dies unter den suchenden Individuen nur bei 24% (10 von 42 Professoren) der Fall war.

Interessant erschien auch, welche Strategien zur Gewinnung neuer Kooperationspartner die Professoren am erfolgreichsten einschätzen würden. Dabei sollten diese eine Liste von Kooperationsstrategien mit Hilfe einer fünf-stufigen Skala von „1: irrelevant“ bis „5: erfolgreich“ bewerten.²²⁰ Auffallend ist die Tatsache, dass die beiden wichtigsten Strategien „Publikationen“ und „Aktive Teilnahme an Kongressen“ im Bezug auf Kooperationen von eher passiver Natur sind und nicht direkt auf die Gewinnung von industriellen Kooperationspartnern abzielen. Erst danach wurden „bereits bestehende Kontakte entweder zu industriellen Partnern mit denen bereits kooperiert wurde oder zu ehemaligen Studenten des Arbeitskreises, die nun in der Industrie arbeiteten“, genannt. Immerhin 30% der Professoren erachteten das Warten, bis sie von industriellen Interessenten kontaktiert werden, als relevante und erfolgreiche Strategie.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die meisten akademischen Forscher die Initiative zur Suche nach und Identifikation von potentiellen Kooperationspartnern eher auf Seiten der industriellen Modeller sehen.

Die Strategien zur Gewinnung neuer Kooperationspartner stehen untereinander in Zusammenhang. Für Professoren, für die Kontakte zu ihren früheren Kooperationspartnern zu den

²¹⁹ Vgl. Frage 2, Sektion G, M³QA, Anhang 1: „Are you actively looking for new industrial cooperation partners?“

²²⁰ Vgl. Frage 3, Sektion G, M³QA, Anhang 1: „What are the most successful strategies for you to find new cooperation partners?“

erfolgreichsten Strategien zählen, sind auch Kontakte zu ihren ehemaligen Studenten von großer Relevanz (SR: 0,419 mit $p=0,000$). Auffallend ist außerdem die stark positive und hoch signifikante Korrelation (SR: 0,689 mit $p=0,000$) zwischen den Bedeutungen von Kongressteilnahmen und von Publikationen zur Gewinnung neuer Kooperationspartner.

Interessant erscheint auch die Korrelation zwischen der Suche nach neuen Kooperationspartnern und der aktiven Teilnahme an Kongressen als Kooperationsstrategie. Es kann gezeigt werden, dass Professoren, die aktiv auf der Suche nach neuen industriellen Kooperationspartnern sind, die Relevanz der aktiven Kongressteilnahme als erfolgreiche Strategie eher höher einschätzen als ihre nicht-suchenden Kollegen (CV: 0,316 mit näherungsweise $p=0,015$).

Weiterhin existieren Zusammenhänge zwischen den von den Professoren als wichtig bewerteten Kontaktarten und ihren Strategien neue Kooperationspartner zu finden. Für akademische Forscher, die „kooperative Forschung“ als Kontaktform für wichtig hielten, zählte der anhaltende Kontakt zu ihren früheren Kooperationspartnern zu den erfolgreichsten Strategien (SR: 0,251 mit $p=0,007$). Schwach positive aber sehr bzw. hoch signifikante Korrelationen lassen sich auch zwischen der Relevanz von „Kongressteilnahmen“ als Strategie zur Gewinnung von Kooperationspartnern einerseits und der Wichtigkeit von Auftragsforschung (SR:0,247 mit $p=0,007$) bzw. Konferenzen (0,335 mit $p=0,000$) bzw. Beratungsdienstleistungen (0,268 mit $p=0,004$) als Kontaktarten andererseits, identifizieren.

War die Anzahl der Kooperationsprojektbeteiligungen der Befragten hoch, erachteten sie auch den Kontakt zu früheren Kooperationspartnern eher als erfolgreiche Strategie weitere Kooperationspartner zu gewinnen (SR: 0,298 mit $p=0,001$).

Tab. 42: Strategien zur Gewinnung neuer industrieller Kooperationspartner

Strategien	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Publikationen	128	3,6	56
Aktive Teilnahme an Kongressen	127	3,6	56
Stetiger Kontakt zu früheren Kooperationspartnern	124	3,3	48
Stetiger Kontakt zu ehemaligen Studenten (jetzt in Industrie)	127	3,1	43
Warten bis industrielle Chemiker anrufen	124	2,9	30
Stetiger Kontakt zu ehemaligen Kommilitonen (in Industrie)	121	2,6	28

Abschließend wurde die für beide Zielgruppen, akademische Forscher und industrielle Modeller, relevante Strategie für die zukünftige Kooperationsaktivität mit dem jeweils anderen Partner erhoben. Im Prinzip ergibt der Vergleich der Antworten der akademischen Forscher²²¹ mit denen der industriellen Modeller²²² ein sehr ähnliches Bild. In beiden Zielgruppen

²²¹ Vgl. Frage 1, Sektion G, M³QA, Anhang 1: „What is your future strategy for the cooperation activity with industrial cooperation partners?“

²²² Vgl. Frage 4, Sektion B, M³QI, Anhang 2: „What is your modelling unit's future strategy for the cooperation activity with academic cooperation partners?“

existiert eine nahezu vernachlässigbare Minderheit, die vorgab ihre Kooperationsaktivitäten einzuschränken. Mehrheitlich beabsichtigten beide Gruppen ihre Kooperationsaktivitäten entweder konstant zu halten oder noch weiter auszubauen, wobei der Schwerpunkt der industriellen Modeller eher auf Konstanz, bei den befragten Professoren eher auf Ausweitung der Kooperationsaktivitäten lag. Allerdings sind mit 26% mehr akademische Forscher als industrielle Modeller (16%) unsicher was ihre zukünftige Kooperationsstrategie betrifft. Dies ist in einer Linie mit den Ergebnissen von Lee, der in seiner Studie ebenfalls ein solches Muster für die Kooperationsstrategie von akademischen und industriellen Forschern erhielt. Lediglich die Antwortkategorie „unsicher“ spielt dort eine wesentlich geringere Rolle als in den hier vorliegenden Daten (siehe Abschnitt 4.1.7).

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der zukünftigen Kooperationsstrategie der akademischen Forscher mit deren Antwort auf die Frage, ob sie zum Zeitpunkt der Erhebung aktiv nach industriellen Kooperationspartnern suchten, denn von 40 Professoren, die diese Frage bejahten, gaben 35 (88%) an, in Zukunft ihre Kooperationsaktivitäten ausweiten zu wollen. Vernachlässigt man die Kategorien „1: nicht anwendbar“ und „2: unsicher“ der akademischen Kooperationsstrategie (siehe Tabelle 43), so ergibt sich eine starke und hoch signifikante Korrelation mit einem CV-Wert von 0,603 mit näherungsweise $p=0,000$.

Professoren, die planen ihre Kooperationsaktivitäten auszuweiten, tendieren eher dazu, die aktive Teilnahme an Kongressen als Strategie zur Gewinnung von Kooperationspartnern als höher einzuschätzen. Der entsprechende Zusammenhang ist mit einem CV-Wert von 0,309 mit näherungsweise $p=0,054$ allerdings nur schwach und lediglich tendenziell signifikant.

Tab. 43: Zukünftige Kooperationsstrategie mit ...

Kooperationsstrategie	... industriellen Partnern		... akademischen Partnern	
	Anzahl Professoren (N = 147)	in v. Hd.	Anzahl Modeller (N = 50)	in v. Hd.
1: nicht anwendbar	16	10,9%	2	4,0%
2: unsicher	38	25,9%	8	16,0%
3: Aktivität reduzieren	5	3,4%	2	4,0%
4: konstante Aktivität	33	22,4%	22	44,0%
5: Aktivität ausweiten	55	37,4%	16	32,0%

5.3.4.5 Zusammenfassung des Komplexes Realität

Für die befragten industriellen Modeller stellen die akademischen Forscher die wichtigsten externen Kooperationspartner für den Transfer von CCT-Wissen dar, gefolgt von kommerziellen Software-Häusern. „Konferenzen/Workshops“, „Informelle Kontakte“, „Publikationen“ und die „kooperative Forschung“ werden von den befragten industriellen Modellen nahezu gleichrangig als wichtigste Kontaktarten im Umgang mit akademischen Wissenschaftlern genannt. Bei den befragten Professoren stehen die Kontaktarten „Kooperative Forschung“ und „Informelle Kontakte“ an oberster Stelle.

Mit 47% der Stichprobe wiesen knapp die Hälfte der Professoren zum Zeitpunkt der Erhebung keine Kooperationen mit der Industrie aus. Die Mehrzahl der restlichen Forscher (44% der Stichprobe) waren in ein bis zwei Kooperationsprojekten involviert. Diese Zweiteilung der Stichprobe spiegelt sich ebenfalls im prozentualen industriellen

Anteil am akademischen Forschungsbudget der Professoren wider. Dabei sind es 44% der Professoren, die zum Zeitpunkt der Erhebung ganz auf industrielle Mittel verzichteten und weitere 44%, deren industrieller Anteil am Forschungsbudget 1% bis 20% betrug. Schließlich setzt sich diese Zweigipfligkeit der Verteilung auch im täglichen Zeitbedarf, den die Professoren in Industriekooperationen investierten, fort. 44% reservierten dafür kein tägliches Zeitkontingent, wohingegen wiederum 44% zwischen 1% und 10% ihrer täglichen Forschungszeit in Industriekooperationen steckten. Dieser tägliche Zeitbedarf ist sowohl mit der Anzahl an Kooperationsprojekten als auch, noch stärker, mit dem industriellen Budgetanteil positiv korreliert. Ein stark positiver Zusammenhang existiert aber auch zwischen der Anzahl an Kooperationsprojekten der Professoren und dem industriellen Budgetanteil.

Je stärker die Professoren zum Zeitpunkt der Erhebung kooperierten, desto wichtiger beurteilten sie auch vor allem die Kontaktarten „kooperative Forschung“, „informelle Kontakte“ und „Beratungsdienstleistungen“. Betrachtet man den Einfluss des industriellen Anteils am Forschungsbudget auf die Kontaktarten, wird noch zusätzlich die „Auftragsforschung“ als sehr wichtiges Element genannt.

Von den Professoren, die eine eindeutige Auskunft über den Trend ihrer Kooperationsprojektzahlen (ihres industriellen Budgetanteils) während der letzten fünf (drei) Jahre geben konnten, berichtete die Mehrheit über eine konstant gebliebene Anzahl (Anteil). Eine Korrelation zwischen der aktuellen Anzahl an Kooperationsprojekten und dem Trend dieser Anzahl besteht dergestalt, dass Individuen mit einer höheren Anzahl an Kooperationsprojekten den Kooperationstrend der letzten fünf Jahre eher positiv sahen. Professoren ohne aktuelle Kooperationen verzeichneten eher einen konstanten bzw. negativen Trend. Dieselben Zusammenhänge gelten für den industriellen Budgetanteil und den Trend für diesen Anteil.

81% der befragten akademischen Forscher beurteilten den Transfer von akademischem CCT-Wissen, wie er zur Zeit der Erhebung praktiziert wurde, als nicht effizient genug. Diese Beurteilung erfolgte unabhängig von der Kooperationsintensität der Forscher. Als effizienteste Technologietransfer-Vehikel für CCT bewerteten die befragten Professoren „Industrie-Akademia-Kooperationen“ sowie die „Festanstellung von akademischem Personal und Post-Doc-Positionen in der Industrie“. Professoren, die stärker mit der Industrie kooperierten, mehr Zeit für ihre Kooperationen investierten und somit auch über höhere finanzielle Zuwendungen der Industrie verfügten, neigten stärker dazu „Industrie-Akademie-Kooperationen“ als effizientes CCT-Transfervehikel zu beurteilen.

Die industriellen Modeller beurteilten die Effizienz des Transfers von akademischem CCT-Wissen sehr differenziert. Eine größere Gruppe (54%) bewertete die Effizienz als eher mittelmäßig während eine kleinere Gruppe (30%) durchaus von einer höheren Effizienz überzeugt war. Dies führt zu der Vermutung, dass industrielle Modeller die Effizienz von Technologietransfer-Prozessen als tendenziell höher beurteilen als deren akademische Kollegen.

73% der befragten Professoren waren zur Zeit der Erhebung nicht auf der Suche nach neuen Kooperationspartnern. Dabei zeigte sich, dass eher diejenigen akademischen Forscher nach neuen Kooperationspartnern suchten, die bereits in mehr Kooperationsprojekten involviert waren. Ähnliches gilt für den industriellen Anteil am Forschungsbudget der Professoren, denn Individuen, deren industrieller Budgetanteil höher war, befanden sich ebenfalls eher auf der Suche nach Kooperationspartnern. Im Hinblick auf die Vorgehensweise bei der Gewinnung von Kooperationspartnern maßen die Professoren den eher passiven Strategien „Publikationen“ und „Aktive Teilnahme an Kongressen“ die höchste Priorität bei. Diese beiden wichtigsten Strategien sind auch stark positiv miteinander korreliert. In der Relevanzrangfolge rangieren der „Kontakt zu früheren Kooperationspartnern“ bzw. der „Kontakt zu ehemaligen Studenten in der Industrie“ dann auf Platz drei und vier. Diese beiden Strategien weisen ebenfalls eine hoch signifikante Korrelation miteinander auf. Erstaunlich ist die Antwort von 30% der Professoren, die das „Warten auf eine Kontaktaufnahme von Seiten der Industrie“ als relevante und erfolgreiche Strategie zur Gewinnung neuer Kooperationspartner beurteilten.

Professoren, die aktiv auf der Suche nach neuen Kooperationspartnern waren, bewerteten die Relevanz der „aktiven Kongressteilnahme“ als erfolgreiche Strategie zur Gewinnung neuer Kooperationspartner als hoch. Je mehr Kooperationsprojektbeteiligungen ein akademischer Forscher hielt, bzw. je wichtiger er die Kontaktform „kooperative Forschung“ beurteilte, desto relevanter erachtete er auch den „Kontakt zu seinen früheren Kooperationspartnern“ als Strategie zur Gewinnung von Kooperationspartnern.

Erstaunlicherweise gehen die zukünftigen Kooperationsstrategien industrieller Modeller und akademischer Forscher in dieselbe Richtung. Beide Parteien sind kaum geneigt ihre Kooperationsaktivitäten zu reduzieren. Während allerdings der größte Teil der industriellen Modeller zur Zeit der Erhebung eine konstante Aktivität anstrebte, plante die Mehrzahl der akademischen Modeller ihre Kooperationsaktivitäten auszuweiten. „Kooperations-Luft“ für beide Parteien scheint aber dennoch reichlich vorhanden zu sein, denn von den industriellen Modellen waren es 32% die mehr kooperieren wollen, bei den Professoren 37%.

5.3.5 Befunde zum Zusammenhang zwischen Kontextfaktoren und Einflussfaktoren der Kooperationsrealität (Komplex A)

Nach der Diskussion der Einzelkomplexe Kontext, Einflussfaktoren und Kooperationsrealität ist das Ziel des vorliegenden Kapitels die Wirkung des Kontextes auf diese Einflussfaktoren zu untersuchen. Dieser Zusammenhang wurde im oben dargestellten Bezugsrahmen durch den Pfeil mit der Bezeichnung A kenntlich gemacht.

5.3.5.1 Zusammenhang der Kontextfaktoren mit Kooperationsfeld und Kooperationsgründen

Dieses Unterkapitel dient der Untersuchung ob und in welcher Richtung ein Zusammenhang zwischen dem fachlichen Kooperationsfeld sowie den Kooperationsgründen einerseits und

den Kontextfaktoren andererseits besteht. Die nachfolgenden Auswertungen werden mit Hilfe von Hypothesen und deren statistischer Prüfung vorgenommen.

1. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen der Antwort auf die Frage, ob die Professoren bereits als Modeller in der Industrie gearbeitet haben (A1) und dem fachlichen Kooperationsfeld Pharma (E51).

Tatsächlich lässt sich eine solch schwache aber sehr signifikante Korrelation mit einem CV-Wert von 0,242 mit näherungsweise $p=0,003$ nachweisen. Professoren, die auf dem fachlichen Kooperationsfeld Pharma mit der Industrie kooperieren, haben also eher industrielle Berufserfahrungen als ihre „Nicht-Pharma-Kollegen“. Demnach kann die obige Hypothese akzeptiert werden.

2. Hypothese:

Ob die akademischen Forscher industrielle Modelling-Erfahrungen haben (A1), beeinflusst ihre Hauptgründe Kooperationen mit der Industrie einzugehen (F1).

Diese Hypothese kann statistisch nicht untermauert und muss somit abgewiesen werden. Die Bedeutung, die die befragten Professoren unterschiedlichen Kooperationsgründen beimessen, wird somit als unabhängig von deren jeweiliger Industrieerfahrung angesehen.

3. Hypothese

Die Anzahl der Promotionsstudenten (gesamt oder nicht-national) des Arbeitskreises bzw. die Anzahl der Konferenzbesuche der Professoren mit aktiver Teilnahme spielen bei der Relevanz der Kooperationsgründe eine wichtige Rolle.

In der Tat ist die Bedeutung des Kooperationsgrundes „Sammeln praktischer Erfahrungen für die Lehre“ für Professoren mit einer höheren Zahl an Doktoranden (SR: -0,198 mit $p=0,024$) und, stärker noch, mit mehr nicht nationalen PhD-Studenten (SR: -0,271 mit $p=0,002$) geringer. Auch die Anzahl an Konferenzbesuchen mit aktiver Teilnahme ist mit einem SR-Wert von -0,216 mit $p=0,014$ schwach negativ aber signifikant mit der Wichtigkeit, die diesem Kooperationsgrund eingeräumt wird, korreliert. Weitere Zusammenhänge im Sinne obiger Hypothesen sind statistisch nicht belegbar.

5.3.5.2 Einfluss der Kontextfaktoren auf Forschungsagenda und Kooperationsbereitschaft

Ob ein Zusammenhang zwischen den Kontextfaktoren und der Ausrichtung der Forschungsagenda der akademischen Forscher, bzw. deren Kooperationsbereitschaft mit der Industrie besteht, wird mit Hilfe der folgenden Hypothesen untersucht.

4. Hypothese:

Bei Professoren, die bereits über industrielle Modelling-Erfahrungen (A1) verfügen, spielen industrielle CCT-Bedürfnisse bei der Etablierung und Entwicklung ihrer Forschungsagendas (F6) eine wichtigere Rolle als bei ihren industrieunerfahrenen Kollegen.

Eine schwache aber sehr signifikante Korrelation (CV: 0,394 mit näherungsweise $p=0,008$) weist tatsächlich darauf hin, dass Professoren bei der Ausrichtung ihrer Forschungsagenda industrielle Bedürfnisse stärker berücksichtigen, wenn sie vorher Berufserfahrungen als industrielle Modeller sammeln konnten. Die entsprechende Hypothese kann damit als zutreffend akzeptiert werden.

5. Hypothese:

Professoren mit industriellen Modelling-Erfahrungen (A1) weisen eine stärkere Übereinstimmung zwischen ihren Forschungsinteressen und den industriellen CCT-Bedürfnissen (F3) auf.

Interessanterweise lässt sich ein solcher Zusammenhang statistisch nicht nachweisen. Die entsprechende Hypothese muss also abgelehnt und angenommen werden, dass der Fit zwischen Forschungsinteressen und industriellen Bedürfnissen bzw. zumindest dessen Einschätzung unabhängig von einer eventuellen Industrieerfahrung der akademischen Forscher ist.

6. Hypothese:

Die Aufmerksamkeit („industrial awareness“), die die Industrie einem CCT-Arbeitskreis zuteil werden lässt (B4), ist höher, wenn der entsprechende Professor über Modelling-Industrieerfahrungen (A1) verfügt.

Da sich die vorliegende Hypothese statistisch nicht belegen lässt, muss sie in Gänze abgelehnt werden. Die industrielle „Awareness“ für einen Arbeitskreis scheint unabhängig von einer eventuellen Industrieerfahrung des entsprechenden akademischen Forschers zu sein.

7. Hypothese:

Professoren schätzen ihre eigene Kooperationsbereitschaft (F2) und die der industriellen Modeller (A4) stärker ein, wenn sie bereits als industrielle Modeller in der Industrie gearbeitet haben (A1).

Auch die in dieser Hypothese enthaltenen Zusammenhänge sind statistisch nicht haltbar, sie muss deshalb abgewiesen werden. Die Kooperationsbereitschaft der Professoren und deren Einschätzung der industriellen Kooperationsbereitschaft können somit als unabhängig davon angesehen werden, ob diese bereits Industrieerfahrungen sammeln konnten.

8. Hypothese:

Je höher die Anzahl der Doktoranden (B1) bzw. je mehr nicht-nationale Studenten (B2), desto eher beurteilen die Professoren die industrielle „Awareness“ für ihren Arbeitskreis (B4) als positiv.

Eine solch positive Beziehung lässt sich mit einem SR-Wert von 0,239 mit $p=0,003$ tatsächlich tendenziell zwischen der Gesamtzahl der Doktoranden und der industriellen „Awareness“ ableiten. Aber auch die Anzahl der nicht-nationalen PhD-Studenten zeigt eine wenn auch schwächere aber doch signifikante Korrelation mit dieser „Awareness“ (SR: 0,205 mit $p=0,012$). Aufgrund dieser statistisch nachgewiesenen Zusammenhänge kann obige Hypothese akzeptiert werden.

Für einen Einfluss der Kontextfaktoren auf die Einschätzung der eigenen sowie der industriellen Kooperationsbereitschaft durch die Professoren lassen sich keine statistischen Belege finden. Diese Beurteilungen der Professoren können demnach als unabhängig von den Kontextfaktoren angesehen werden.

5.3.5.3 Einfluss der Kontextfaktoren auf negative Kooperationsaspekte

Das Ziel des vorliegenden Abschnittes ist die Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen den Kontextfaktoren und den in Form der negativen Kooperationsaspekte zusammengefassten Einflussfaktoren mit Hilfe der folgenden Hypothesen.

9. Hypothese:

Professoren, die bereits als industrielle Modeller aktiv waren (A1), berichten über weniger schlechte Erfahrung (E3) als ihre industrieunerfahrenen Kollegen.

Dies ist nicht der Fall, denn auch industrieerfahrene Kollegen weisen ein ähnliches (schlechtes) Erfahrungsmuster auf, wie ihre Kollegen. Die obige Hypothese muss somit abgelehnt werden.

10. Hypothese:

Je höher die Anzahl der Doktoranden (gesamt bzw. nicht-national) des Arbeitskreises bzw. die Anzahl der Konferenzbesuche der Professoren mit aktiver Teilnahme, desto eher kommt es vor, dass die entsprechenden akademischen Forscher Kooperationsangebote ausschlagen.

Während die Korrelation zwischen der Gesamtzahl an Doktoranden und der Antwort auf die Frage, ob es vorkomme, dass industrielle Kooperationsangebote abgelehnt würden, lediglich tendenziell signifikant ist (CV: 0,397 mit $p=0,098$), ist die Korrelation bei der Betrachtung der Anzahl an nicht-nationalen PhD-Studenten mit einem CV-Wert von 0,426 mit näherungsweise $p=0,002$ bereits sehr signifikant. Professoren mit mehr Doktoranden bzw. mehr nicht-nationalen PhD-Studenten lehnen tendenziell eher Kooperationsangebote ab, als ihre Kollegen mit kleinen Arbeitskreisen. Auch besteht ein Zusammenhang zwischen der Anzahl an Konferenzbesuchen der Professoren und der Beantwortung dieser Frage, dergestalt, dass sie eher dazu neigen Kooperationsangebote abzulehnen, wenn sie aktiv an einer höheren Zahl an Konferenzen teilnehmen (CV: 0,396 mit $p=0,013$).

Die Professorenbewertungen der Relevanz der Nachteile von bzw. Barrieren für Kooperationen weisen keine statistisch signifikanten Zusammenhänge mit den Kontextfaktoren auf und können damit als unabhängig von diesen erachtet werden.

5.3.5.4 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Kommunikationsaktivität der Industrie

Im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen steht die Frage, ob die Kontextfaktoren einen Einfluss auf die Bewertung der Kommunikationsaktivität der Industrie durch die akademischen Forscher haben.

11. Hypothese:

Die Beurteilung ob die Kommunikation von CCT-Aktivitäten und -Bedürfnissen der Industrie ausreichend ist (H19), steht in direktem Zusammenhang mit einer eventuell vorhandenen Berufserfahrung der Professoren als industrielle Modeller (A1).

Ein solcher Zusammenhang kann statistisch nicht nachgewiesen werden und somit muss das Professorenurteil über die CCT-relevante Kommunikationsaktivität der Industrie als unabhängig von einer eventuell vorhandenen industriellen Modellererfahrung der akademischen Forscher betrachtet werden. Die obige Hypothese wird somit abgelehnt.

Auch weitere Untersuchungen möglicher Abhängigkeiten der Kommunikationsaktivität der Industrie von den Kontextfaktoren liefern keine statistisch überzeugenden Resultate. Somit kann die akademische Beurteilung der industriellen Kommunikationsaktivität als statistisch unabhängig von den Kontextfaktoren betrachtet werden.

5.3.6 Befunde zum Zusammenhang zwischen Kontextfaktoren und Kooperationsrealität (Komplex B)

Die Untersuchung der Kooperations- und Technologietransfer-Realität auf Zusammenhänge mit den Kontextfaktoren steht im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen. Dabei werden im Besonderen mögliche Einflüsse des Kontextes auf die zwischen akademischen Forschern und industriellen Modellen vorherrschenden Kontakttypen, die Kooperationsintensität der Professoren, die Effizienz von Technologietransfer-Prozessen und die zukünftigen Kooperationsstrategien der akademischen Forscher, mit Hilfe von Hypothesen, geprüft.

5.3.6.1 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Wichtigkeit der Kontaktarten

Im Folgenden wird der Einfluss der Kontextfaktoren auf die Bewertung der Relevanz unterschiedlicher Kontaktarten (E4) zwischen den Professoren und den industriellen Modellen untersucht.

1. Hypothese:

Eventuell vorhandene Berufserfahrungen der Professoren als industrielle Modeller (A1) weisen einen Einfluss auf deren Beurteilung der Wichtigkeit unterschiedlicher Kontaktarten mit der Industrie (E4) auf.

Keine der den untersuchten Kontaktarten zugeordneten Relevanzen weist einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit einer möglichen Industrieerfahrung der Professoren auf. Aus diesem Grund muss obige Hypothese abgelehnt und die Bewertung der Wichtigkeit der Kontaktarten als unabhängig von einer möglichen industriellen Berufserfahrung der akademischen Forscher betrachtet werden.

Weitere Abhängigkeiten der Relevanz der Kontaktarten von den Kontextfaktoren konnten nicht nachgewiesen werden, womit die Wichtigkeit, die den unterschiedlichen Kontaktarten zugeordnet wurde als gänzlich unabhängig von den Kontextfaktoren erscheint.

5.3.6.2 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Kooperationsintensität der Professoren

Ob die Kontextfaktoren einen Einfluss auf die Kooperationsintensität und damit den täglichen Zeitbedarf für Industriekooperationen, die Anzahl an Kooperationsprojekten und den industriellen Anteil am Forschungsbudget der Professoren, ausüben, wird mit Hilfe nachfolgender Hypothesen überprüft.

2. Hypothese:

Professoren, die bereits als industrielle Modeller aktiv waren (A1), sind in eine höhere Zahl industrieller Kooperationsprojekte (E1) involviert und weisen einen höheren durchschnittlichen, täglichen Zeitbedarf für diese Kooperationen auf (A32).

In der Tat halten Professoren, die zur Zeit der Erhebung bereits über industrielle Erfahrungen verfügten, eine größere Zahl an Industriekooperationen (CV: 0,398 mit näherungsweise $p=0,000$). Jene Professoren ohne Industrieerfahrungen wiesen durchschnittlich 0,81 Kooperationen auf, wohingegen ihre Kollegen mit entsprechenden Erfahrungen 1,6 Kooperationen aufzeigten. Unter Verwendung der dichotomen Gruppenvariable Erfahrung/Nicht-Erfahrung und unter der Annahme der Unabhängigkeit der daraus resultierenden beiden Stichproben ergibt sich aus dem T-Test der Mittelwertgleichheit eine lediglich mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,2% behaftete sehr signifikante Differenz der durchschnittlichen Anzahl an Kooperationsprojekten für die beiden Gruppen. Auch der Zeitbedarf für Kooperationen ist bei Professoren mit entsprechender Erfahrung größer (CV: 0,437 mit näherungsweise $p=0,004$). Industrieerfahrene Professoren waren also an mehr industriellen Kooperationsprojekten beteiligt und hielten ein höheres tägliches Zeitkontingent für diese Kooperationen bereit. Die obige Hypothese kann somit vollständig akzeptiert werden.

3. Hypothese:

Der industrielle Anteil am akademischen Forschungsbudget (E9) liegt höher, wenn die befragten Professoren bereits eine Zeit lang industrielle Modellingerfahrungen (A1) gesammelt haben.

Mit einem CV-Wert von 0,378 mit näherungsweise $p=0,075$ ist die Korrelation zwischen eventuell vorhandenen Modelling-Erfahrungen und der Höhe des industriellen Budgetanteils zumindest tendenziell signifikant. Professoren verfügen also eher über mehr finanzielle Zuwendungen der Industrie, wenn sie bereits in der Vergangenheit als industrielle Modeller tätig waren. Die entsprechende Hypothese findet sich somit statistisch bestätigt.

4. Hypothese:

Je größer der Arbeitskreis der befragten Professoren, d.h. je größer die Gesamtzahl an Doktoranden (B1) bzw. die Zahl an nicht-nationalen PhD-Studenten, in desto mehr Kooperationsprojekten sind die entsprechenden akademischen Forscher involviert (E1) und desto höher ist der industrielle Anteil an ihrem Forschungsbudget.

Diese Hypothese lässt sich in keinem der angesprochenen Punkte belegen und muss in Gänze abgelehnt werden. Die zu Grunde liegende Forschungsintensität der Professoren ist weder abhängig von der Größe des Arbeitskreises noch von der Anzahl an aktiven Konferenzbeteiligungen.

5.3.6.3 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Effizienz des Technologietransfers

Der mögliche Einfluss des Kontextes auf die akademische Beurteilung der Effizienz des Technologietransfers ist Gegenstand des vorliegenden Abschnitts. Die entsprechenden Abhängigkeiten werden mit Hilfe der folgenden Hypothesen getestet:

5. Hypothese:

Die Kontextfaktoren haben einen Einfluss auf die Antwort der Professoren auf die Frage, ob der akademische Transfer von CCT effizient genug (G8) ist.

Die Antwort auf Effizienz-Frage geben die Professoren (statistisch) unabhängig von ihrer Erfahrung, von der Größe des Arbeitskreises und der Anzahl ihrer aktiven Konferenzteilnahmen. Die obige Hypothese muss demnach abgelehnt werden.

6. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Effizienz, die die befragten Professoren unterschiedlichen Technologietransfer-Vehikeln (G5) zuordnen und den Kontextfaktoren.

Es stellt sich heraus, dass die Anzahl an nicht-nationalen PhD-Studenten einen schwachen, aber hoch signifikanten Einfluss auf die Wichtigkeit, die die akademischen Forscher der industriellen Einstellung von akademischem Personal als CCT-Transfervehikel zuordnen, ausübt (SR: 0,296 mit $p=0,001$). Die Vermittlung der eigenen Studenten in die Industrie zählt für die Professoren als eines der effizientesten Mittel des Technologietransfers, je mehr internationale Studenten sie in ihren Arbeitskreisen beschäftigen. Weitere Korrelationen sind statistisch nicht nachweisbar.

5.3.6.4 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Kooperationsstrategie der Professoren

Im Mittelpunkt des vorliegenden Abschnitts stehen die Abhängigkeiten der zukünftigen akademischen Kooperationsstrategien sowie der Suchstrategien nach neuen Kooperationspartnern von den Kontextfaktoren.

7. Hypothese:

Professoren, die über Erfahrungen als industrielle Modeller (A1) verfügen, suchen eher aktiv nach neuen Kooperationspartnern (G2).

Eine Tendenz in diese Richtung lässt sich mit Hilfe des CV-Wertes von 0,205 mit näherungsweise $p=0,013$ belegen, denn von 26 akademischen Forschern mit Industrieerfahrung waren immerhin 46% aktiv auf der Suche, während dies nur für 23% der 120 Professoren ohne diese Erfahrung zutrifft. Industrieerfahrene Professoren suchten also eher aktiv nach Kooperationspartnern als ihre industrieunerfahrenen Kollegen. Die obige Hypothese wird damit von den statistischen Ergebnissen gestützt.

8. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen den Kontextfaktoren und der zukünftigen Kooperationsstrategie der Professoren (G12).

Lediglich zwischen der Kontextvariablen „Beschäftigungsjahre als Professor für die aktuelle Fakultät“ und der zukünftigen Kooperationsstrategie der Professoren kann ein schwach negativer aber signifikanter Zusammenhang identifiziert werden (SR: -0,252 mit $p=0,016$). Demnach verringert sich das Interesse der akademischen Forscher ihre Kooperationsaktivitäten mit der Industrie auszuweiten, wenn sie bereits relativ lange als Professor für ihr(e) aktuelle(s) Fakultät/Institut tätig waren.

9. Hypothese:

Die Relevanz, die die Professoren den unterschiedlichen Strategien zur Gewinnung neuer Kooperationspartner (G3) zuordnen, ist abhängig von den Kontextfaktoren.

Die Wichtigkeit, die unterschiedlichen Strategien beigemessen wird, ist statistisch gänzlich unabhängig von den Kontextfaktoren. Die entsprechende Hypothese muss demnach abgelehnt werden.

5.3.7 Befunde zum Zusammenhang zwischen den Einflussfaktoren und der Kooperationsrealität (Komplex C)

Dieses Kapitel beschäftigt sich intensiv mit dem Zusammenhang der Kooperations- und Technologietransfer-Realität mit deren Einflussfaktoren. Dabei soll untersucht werden, ob und inwiefern das fachliche Kooperationsfeld, die Forschungsagenda und die Kooperationsbereitschaft Einfluss nehmen auf die Kooperationsintensität der Professoren, deren Beurteilung der Effizienz von CCT-Transferprozessen und deren Kooperationsstrategien. Diese Realität kann selbstverständlich, was ebenfalls untersucht wird, auch von den bereits diskutierten negativen Kooperationsaspekten abhängig sein.

5.3.7.1 Einfluss des Kooperationsfeldes / der Kooperationsgründe auf die Kooperations- und Technologietransfer-Realität

Der Einfluss des fachlichen Kooperationsfeldes „Pharma“ (E51) sowie der Kooperationsgründe der Professoren (F1) auf deren Kooperationsalltag bzw. -realität, wird mit Hilfe der nachfolgenden Hypothesen untersucht.

1. Hypothese:

Entfallen die Industriekooperationen der Professoren hauptsächlich auf den Pharmabereich (E51), hat dies Einfluss auf die Bedeutung mit der sie einzelne Kontaktarten mit der Industrie bewerten (E4).

Diese Hypothese muss abgelehnt werden, da die untersuchten Zusammenhänge keine statistische Signifikanz aufweisen. Aus diesem Grund erscheint die Bewertung der Relevanz unterschiedlicher Kontaktarten unabhängig vom fachlichen Kooperationsfeld zu sein.

2. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen den Kooperationsgründen (F1) und den von den befragten Professoren als wichtig erachteten Kontaktarten (E4).

Diejenigen akademischen Forscher, die die Kontaktart „kooperative Forschung“ als überdurchschnittlich wichtig erachten, weisen auch eher den Kooperationsgrund „Test der praktischen Anwendung eigener Forschung und Theorie“ als relevant aus (SR: 0,267 mit $p=0,003$). Professoren hingegen, die die „Auftragsforschung“ als bedeutende Kontaktart angeben, wählen eher den Hauptgrund „zusätzliche Mittel für Mitarbeiter und Ausrüstung“. Die entsprechende Korrelation ist mit einem SR-Wert von 0,484 mit $p=0,000$ mittelstark positiv und hoch signifikant.

3. Hypothese:

Professoren, die im Pharmabereich kooperieren (E51), sind in eine höhere Zahl an industriellen Kooperationsprojekten (E1) eingebunden und weisen einen höheren durchschnittlichen, täglichen Zeitbedarf für diese Kooperationen auf (A32).

Tatsächlich sind die Anzahl der Kooperationsprojektbeteiligungen genauso wie der tägliche Zeitbedarf für Industriekooperationen der einzelnen Professoren abhängig vom fachlichen Kooperationsfeld. Mit einem CV-Wert von 0,422 mit näherungsweise $p=0,000$ kooperieren die akademischen Forscher im Pharmabereich mehr als ihre Nicht-Pharma-Kollegen. Der Zusammenhang zwischen diesem Kooperationsfeld und dem täglichen Zeitbedarf ist mit CV: 0,499 mit näherungsweise $p=0,000$ ebenfalls mittelstark und hoch signifikant. Diese Resultate bestätigen obige Hypothese.

4. Hypothese:

Der industrielle Anteil am Forschungsbudget der Professoren (E9) ist abhängig davon, ob ihre Kooperationen in den industriellen Pharmabereich (E51) fallen.

Mit einem CV-Wert von 0,384 mit näherungsweise $p=0,062$ kann diese Hypothese ebenfalls akzeptiert werden, wenngleich die entsprechende Korrelation lediglich eine tendenzielle Signifikanz aufweist. Trotzdem lässt sich festhalten, dass Professoren, die im Pharmabereich kooperieren, eher über einen höheren industriellen Budgetanteil verfügen als ihre „Nicht-Pharma-Kollegen“.

5. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen den Kooperationsgründen (F1) und der Kooperationsintensität der Professoren (E1, A32, E9).

Ein solcher Zusammenhang kann unter den betrachteten Variablen statistisch nicht festgestellt werden. Aus diesem Grund wird obige Hypothese verworfen.

6. Hypothese:

Wenn die Kooperationen der Professoren hauptsächlich auf den Pharmabereich (E51) entfallen, dann beurteilen sie die Effizienz des Transfers akademischen CCT-Wissens (G8) positiver als ihre „Nicht-Pharma-Kollegen“.

Obwohl, wie bereits diskutiert, 81% aller Professoren die Effizienz von CCT-Transferprozessen als unzureichend bewerten, lässt sich ein Unterschied im Hinblick auf das fachliche Kooperationsfeld feststellen. Immerhin 28% der 68 Pharma-Professoren bezeichnen den Transfer von akademischem CCT-Wissen als effizient genug, dies ist aber lediglich

bei 10% der 68 ihrer „Nicht-Pharma-Kollegen“ der Fall. Somit neigen akademische Forscher, deren Kooperationen zumeist im Pharmabereich liegen eher dazu die Effizienz des Transfers akademischen CCT-Wissens als weniger pessimistisch anzusehen. Die entsprechende Korrelation ist mit einem CV-Wert von 0,224 mit näherungsweise $p=0,009$ zwar schwach aber sehr signifikant. Somit kann obige Hypothese bestätigt werden.

7. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem fachlichen Kooperationsfeld der Professoren (E51) und ihrer Wahl der effektivsten Technologietransfer-Vehikel für CCT (G5).

Für Professoren, deren Kooperationen hauptsächlich im Pharmabereich liegen, stellen „Industrie-Akademia-Kooperationen“ (CV: 0,349 mit näherungsweise $p=0,002$) und „Auftragsforschung“ (CV: 0,324 mit $p=0,008$) die effektivsten Technologietransfer-Vehikel dar.

8. Hypothese:

Zwischen der Bewertung der Wichtigkeit von Kooperationsgründen (F1) und den Technologietransfer-Vehikeln, die die befragten Professoren als am effektivsten beurteilen (G5) besteht ein Zusammenhang.

Akademische Forscher, die das Vehikel „Industrie-Akademia-Kooperationen“ als am effektivsten bewerteten, waren auch der Meinung, dass der „Test der praktischen Anwendung ihrer eigenen Forschung und Theorie“ (SR: 0,315 mit $p=0,000$) und die „zusätzlichen finanziellen Mittel für Mitarbeiter und Ausrüstung“ (SR: 0,298 mit $p=0,001$) sehr wichtige Kooperationsgründe für sie darstellten. Was diejenigen Professoren betrifft, die in diesem Zusammenhang die „Auftragsforschung“ als sehr effektiv beurteilten, bestehen dieselben Korrelationen mit den Kooperationsgründen „zusätzliche Mittel“ (0,425 mit $p=0,000$) und „Test der Anwendung“ (0,308 mit $p=0,000$).

9. Hypothese:

Professoren, deren industrielle Kooperationen hauptsächlich auf das Pharmafeld (E51) entfallen, suchen eher nach neuen Kooperationspartnern (G2) als ihre Nicht-Pharma-Kollegen.

Obwohl nahezu $\frac{3}{4}$ aller akademischen Forscher zum Zeitpunkt der Erhebung nicht aktiv auf der Suche nach industriellen Kooperationspartnern waren, lässt sich doch ein Unterschied hinsichtlich des fachlichen Kooperationsfeldes Pharma erkennen. Immerhin 35% der 71 Professoren, die im Pharmabereich kooperierten suchten aktiv nach neuen Kooperationspartnern, während dies lediglich 20% ihrer 76 Nicht-Pharma-Kollegen taten. Somit scheinen akademische Forscher mit Pharmakooperationen eher aktiv nach neuen Kooperationspartnern zu suchen.

10. Hypothese:

Die Wichtigkeit, die die akademischen Forscher unterschiedlichen Strategien zur Gewinnung neuer Kooperationspartner (G3) beimessen ist abhängig vom fachlichen Kooperationsfeld (E51).

Diese Hypothese lässt sich statistisch nicht bestätigen und muss damit verworfen werden. Die Bewertung der entsprechenden Strategien muss als unabhängig vom fachlichen Kooperationsfeld angesehen werden.

5.3.7.2 Einfluss der Forschungsagenda und der Kooperationsbereitschaft auf die Kooperations- und Technologietransfer-Realität

Der Grad an Nähe der Forschungsagenda eines akademischen Forschers zur Industrie (F3, F6) sowie dessen Kooperationsbereitschaft (F2) bzw. die Kooperationsbereitschaft, die dieser der Industrie einräumt (A4) sollten in entscheidendem Maße die Kooperationsrealität dieses Forschers mitbestimmen. Die weitgehende inhaltliche Übereinstimmung der beiden Fragen bzw. Variablen F3 und F6, die den Grad an Nähe der akademischen Forschungsagendas zur Industrie abbilden, bewirkt ein sehr ähnliches Korrelationsmuster dieser beiden mit anderen Variablen. Aus diesem Grund beschränken wir uns in den folgenden Ausführungen auf die Wiedergabe der Korrelationen der Variablen F3. Weichen die F6-Korrelationen von den F3-Korrelationen ab, findet dies Eingang in die nachfolgenden Ausführungen. Selbiges gilt in ähnlicher Weise für die akademische Kooperationsbereitschaft (F2) und die von den Professoren beurteilte Kooperationsbereitschaft der Industrie (A4). In der Folge begnügen wir uns mit der Wiedergabe der Ergebnisse für F2.

1. Hypothese:

Die Nähe der Forschungsagenda der akademischen Forscher zur Industrie (F3, F6) beeinflusst die Antwort auf die Frage, welche Kontaktarten den Professoren mit der Industrie (E4) wichtig sind.

Alle Kontaktarten sind positiv mit dem Maß an Übereinstimmung zwischen den akademischen Forschungsinteressen und den industriellen Bedürfnissen (F3) korreliert. Besonders auffallend unter den sonst relativ schwachen Korrelationen ist der mit einem SR-Wert von 0,441 mit $p=0,000$ mittelstarke und hoch signifikante Zusammenhang zwischen diesem Fit und der Kontaktart „kooperative Forschung“. Aber auch die entsprechenden Zusammenhänge mit den Kontaktarten „informelle Kontakte“ (SR: 0,302 mit $p=0,001$) bzw. „Ausbildung von Personal“ (SR: 0,305 mit $p=0,001$) sind hoch signifikant. Für Professoren, deren Forschungsinteressen also nahe an den industriellen Bedürfnissen liegen, spielen diese Kontaktarten eine wichtige Rolle. Die obige Hypothese kann demnach bestätigt werden.

2. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen der eigenen Kooperationsbereitschaft der Professoren (F2) bzw. dem Bekanntheitsgrad des entsprechenden Arbeitskreises (B4) und den Bewertungen der Wichtigkeit der Kontaktarten (E4).

Diejenigen akademischen Forscher, die eine höhere Kooperationsbereitschaft aufweisen, erachten ebenfalls eher die Kontaktarten „kooperative Forschung“ (SR: 0,382 mit $p=0,000$), „informelle Kontakte“ (SR: 0,263 mit $p=0,003$) und „Ausbildung von Personal“ (0,245 mit $p=0,006$) als relevant. Eine Abhängigkeit der Kontaktarten von der industriellen „Awareness“ kann statistisch ausgeschlossen werden.

3. Hypothese:

Die Kooperationsintensität der Professoren (E1, A32, E9) ist abhängig vom Grad an industrieller Nähe der akademischen Forschungsagendas (F3, F6).

Wie in Tabelle 44 wiedergegeben, beeinflusst der Grad an Übereinstimmung zwischen den akademischen Forschungsinteressen und den industriellen Bedürfnissen die Anzahl an Kooperationsprojekten, den dafür notwendigen täglichen Zeitbedarf und den industriellen Anteil am Forschungsbudget der Professoren. Die entsprechenden Korrelationen sind mittelstark positiv ausgeprägt und hoch signifikant. Die obige Hypothese findet somit ihre statistische Bestätigung.

4. Hypothese:

Je höher die Kooperationsbereitschaft der Professoren (F2) bzw. je bekannter die entsprechenden Arbeitskreise (B4), desto stärker ist deren Kooperationsintensität (E1, A32, E9).

Tatsächlich können diese Zusammenhänge auch statistisch belegt werden, wobei die industrielle „Awareness“ für den Arbeitskreis stärker mit den Variablen der Kooperationsintensität korreliert als die akademische Kooperationsbereitschaft. Die entsprechenden Korrelationen sind fast ausschließlich mittelstark und hoch signifikant, wie Tabelle 44 entnommen werden kann. Demnach kann obige Hypothese akzeptiert werden.

Tab. 44: Korrelationstabelle Forschungsagenda/Kooperationsbereitschaft

	Anzahl Kooperationsprojekte (E1)	Tägl. Zeitbedarf für Kooperationen (A32)	Industrieller Budgetanteil (E9)
Fit Forschungsinteresse – Industriebedürfnisse (F3)	0,435**	0,440**	0,404**
eigene Kooperationsbereitschaft (F2)	0,391**	0,454**	0,369**
industrielle „Awareness“ (B4)	0,507**	0,579**	0,494**

5. Hypothese:

Die industrielle Nähe der akademischen Forschungsagenda (F3, F6) bzw. die Kooperationsbereitschaft der Professoren (F2) beeinflussen die Beantwortung der Frage, ob der akademische Transfer von CCT-Wissen effizient genug (G8) ist.

Diese Hypothese muss in Gänze abgelehnt werden. Die dichotome Effizienz-Frage wird unabhängig von der Nähe der Forschungsagenda zur Industrie sowie von der eigenen Kooperationsbereitschaft beantwortet.

6. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Beurteilung der Effizienz unterschiedlicher CCT-Transfervehikel (G5) durch die Professoren und der industriellen Nähe ihrer Forschungsagendas (F3, F6).

Die Stärke der Übereinstimmung der akademischen Forschungsinteressen mit den industriellen Bedürfnissen korreliert mit einem SR-Wert von 0,369 mit $p=0,000$ schwach positiv aber hoch signifikant mit der Effizienz, die dem Vehikel „Industrie-Akademia-Kooperationen“

zugeordnet wird. Je höher diese Übereinstimmung, desto eher werden direkte Kooperationen als effizientes Technologietransfer-Vehikel bewertet.

7. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Beurteilung der Effizienz unterschiedlicher CCT-Transfervehikel (G5) durch die Professoren und deren Kooperationsbereitschaft (F2) bzw. dem industriellen Bekanntheitsgrad ihres Arbeitskreises (B4).

In der Tat existiert ein schwach positiver Zusammenhang zwischen der akademischen Kooperationsbereitschaft und der Effizienz, die die Professoren dem Technologietransfervehikel „Industrie-Akademia-Kooperation“ zuschreiben (SR: 0,252 mit $p=0,003$). Was die industrielle „Awareness“ für den Arbeitskreis betrifft, bestehen keine nennenswerten Korrelationen.

8. Hypothese

Die Forschungsagendas von Professoren, die zur Zeit der Erhebung aktiv nach neuen Kooperationspartnern suchten (G2), stehen industriellen CCT-Bedürfnissen näher (F3, F6).

In der Tat suchen diejenigen Professoren, deren Forschungsinteressen mehr mit den industriellen Bedürfnissen übereinstimmen eher nach neuen Kooperationspartnern. (CV: 0,377 mit näherungsweise $p=0,027$). Somit kann die entsprechende Hypothese angenommen werden.

9. Hypothese:

Professoren, die ihre Kooperationsbereitschaft höher einstufen (F2), suchen eher nach neuen Kooperationspartnern (B4).

Auch Professoren mit einer höheren Kooperationsbereitschaft suchen eher nach neuen Kooperationspartnern. Die vorliegende Korrelation mit einem CV-Wert von 0,359 befindet sich aber mit $p=0,047$ nahe der Signifikanzgrenze. Trotzdem kann obige Hypothese bestätigt werden.

10. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit zwischen der Bewertung unterschiedlicher Strategien, um neue Kooperationspartner zu finden (G3) und dem Grad an industrieller Nähe akademischer Forschungsagendas (F3, G3).

Tatsächlich ist die Wichtigkeit des Kontaktes zu früheren Kooperationspartnern schwach positiv aber hoch signifikant (SR: 0,303 mit $p=0,001$) mit dem Fit zwischen den eigenen Forschungsinteressen der Professoren und den industriellen CCT-Bedürfnissen korreliert, d.h. je größer diese Übereinstimmung, desto wichtiger der Kontakt zu ehemaligen industriellen Kooperationspartnern.

11. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit zwischen der Bewertung unterschiedlicher Strategien, um neue Kooperationspartner zu finden (G3) und der Kooperationsbereitschaft der Professoren (F2) bzw. der industriellen „Awareness“ für deren Arbeitskreise (B4).

Sowohl die eigene Kooperationsbereitschaft (SR: 0,250 mit $p=0,005$), als auch die industrielle „Awareness“ (0,276 mit $p=0,002$) korrelieren mittelstark positiv und sehr signifikant mit der Relevanz, die die akademischen Forscher der Strategie „Kontakte zu ehemaligen industriellen Kooperationspartnern“ einräumen.

5.3.7.3 Einfluss der negativen Kooperationsaspekte auf die Kooperations- und Technologietransfer-Realität

Die im Abschnitt 5.3.3.3 untersuchten negativen Kooperationsaspekte, wie die Frequenz schlechter Erfahrungen (E3), Kooperationsablehnungen (E11) und die Nachteile von und Barrieren für Kooperationen (F4) können einen signifikanten Einfluss auf die Kooperations- und Technologietransfer-Realität besitzen. Die folgenden Hypothesen gehen diesen möglichen Abhängigkeiten mit Hilfe von Hypothesen und Kontingenztanalysen auf den Grund.

1. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Beurteilung der Wichtigkeit einzelner Nachteile von bzw. Barrieren für Kooperationen (F4) und den Kontaktarten mit der Industrie (E4), die Professoren für relevant halten.

Professoren, die die Kontaktart „Auftragsforschung“ für wichtig erachten, sehen den Nachteil „kein Fit zwischen den Forschungsagendas“ als eher gering an (SR: -0,266 mit $p=0,004$). Der Nachteil „Publikationseinschränkungen“ hingegen wird in diesem Fall als relevanter erachtet (SR: 0,247 mit $p=0,007$).

2. Hypothese:

Zwischen der Kooperationsintensität der Professoren (E1, A32, E9) und der Frage, ob es vorkomme, dass sie Kooperationsangebote ausschlagen existiert eine Abhängigkeit (E11).

Tatsächlich lässt sich feststellen, dass Professoren, die von Zeit zu Zeit Kooperationsangebote ablehnen, über eine größere Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen verfügen (CV: 0,394 mit näherungsweise $p=0,001$). Weitere Korrelationen lassen sich nicht feststellen.

3. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Frage ob und wie oft die Professoren bereits schlechte Erfahrungen (E3) bei Industriekooperationen gemacht haben und der Kooperationsintensität (E1, A32, E9) derselben.

Je höher die Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen der akademischen Forscher, desto eher haben diese bereits schlechte Erfahrungen gemacht. Ähnliche Zusammenhänge finden sich auch beim täglichen Zeitbedarf für Kooperationen und dem industriellen Budgetanteil. Wie Tabelle 45 zu entnehmen ist, handelt es sich dabei allerdings lediglich um schwach ausgeprägte Korrelationen. Die obige Hypothese kann somit trotzdem bestätigt werden.

4. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen der Bewertung unterschiedlicher Nachteile von bzw. Barrieren für Kooperationen (F4) und der Kooperationsintensität der Professoren (E1, A32, E9).

Lediglich die Nachteile „kein Fit der Forschungsagendas“ und „uninteressante Kooperations-themen“ weisen einen solchen Zusammenhang auf. Diese beiden Nachteile sind, wie in Ta-belle 45 angegeben, schwach bis mittelstark negativ mit den Variablen der Kooperationsin-tensität korreliert. Für stark kooperierende Professoren mit einem hohen täglichen Zeitauf-wand für Kooperationen nebst einem sich daraus ergebenden höheren industriellen Budget-anteil sind die Kooperationsbarrieren „fehlender Fit der Forschungsagendas“ und „uninteres-sante Kooperationsthemen“ also eher von geringerer Bedeutung.

Tab. 45: Korrelationstabelle negative Kooperationsaspekte/Kooperationsintensität

	Anzahl Kooperationspro- jekte (E1)	Tägl. Zeitbedarf für Ko- operationen (A32)	Industrieller Budgetanteil (E9)
Frequenz schlechter Er- fahrungen (E3)	0,242 (0,004)	0,229 (0,007)	0,200 (0,021)
Nachteile: kein Fit zwi- schen Forschungsagen- das (F41)	-0,351 (0,000)	-0,386 (0,000)	-0,392 (0,000)
Nachteile: uninteressante Themen (F45)	-0,424 (0,000)	-0,430 (0,000)	-0,294 (0,001)

5. Hypothese:

Zwischen der Bewertung der Effizienz von Technologietransfer-Vehikeln (G5) und den Nachteilen von bzw. Barrieren für Kooperationen (F4) besteht eine Abhängigkeit.

Ein schwach positiver Zusammenhang zwischen der Effizienz, die den „Industrie-Akademia-Kooperationen“ als Transfervehikel für CCT eingeräumt werden und der Relevanz des Nach-teils „Publikationseinschränkungen“ lässt sich nachweisen (SR: 0,245 mit $p=0,006$). Dem-nach stellt für Professoren, die direkte Kooperationen für ein effizientes Vehikel halten, die Beschneidung ihrer Veröffentlichungsfreiheit eines der wichtigeren Kooperationsprobleme dar.

6. Hypothese:

Professoren, die aktuell auf der Suche nach neuen Kooperationspartnern (G2) sind, haben bereits mehr schlechte Kooperationserfahrungen (E3) gemacht.

Tatsächlich hatten von den 39 Professoren, die aktiv nach neuen Kooperationspartnern suchten auch die meisten (56%) mindestens schon einmal schlechte Erfahrungen gemacht. Von den 98 akademischen Forschern, die nicht aktiv auf der Suche waren, verfügten ledig-lich 30% über schlechte Kooperationserfahrungen. Die entsprechende Korrelation liegt bei einem CV-Wert von 0,254 mit näherungsweise $p=0,032$. Damit kann obige Hypothese ak-zeptiert werden.

5.3.8 Multivariate Analyse der Kooperationsintensität

Zwei wichtige Fragen, die direkt aus den vorausgehenden Betrachtungen resultieren, sind erstens, unter welchen Umständen akademische Forscher eher dazu neigen, mit industriellen Modellen zu kooperieren und zweitens wie sich wenig von oft kooperierenden Professoren unterscheiden, d.h. also welche Kontext- bzw. Einflussfaktoren bzw. welche Faktoren der Kooperationsrealität zum einen die Entscheidung Kooperation bzw. Nicht-Kooperation hin

zur Kooperation verschieben und zum zweiten einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Kooperationsprojekte ausüben.

Um diese Fragestellungen zu beleuchten soll ein zweigleisiger analytischer Ansatz Verwendung finden. Dabei wird die Abhängigkeit der Kooperationsintensität der Professoren anhand der Variablen „E1: aktuelle Anzahl an Kooperationsprojekten“ von anderen kooperationsrelevanten Variablen geprüft. Zunächst sollen unabhängige Variablen identifiziert werden, deren Ausprägungen sich für kooperierende und nicht-kooperierende akademische Forscher unterscheiden. Zu diesem Zweck wird die metrische Variable E1 auf das binäre Skalenniveau „E1X: Kooperationen (0: nein - 1: ja)“ reduziert und eine binär logistische Regressionsanalyse mit E1X als abhängiger Variable durchgeführt. In einem zweiten Schritt soll dann mit Hilfe einer multiplen linearen Regressionsanalyse untersucht werden, welche der Variablen einen Einfluss auf die Anzahl an Kooperationsprojekten der Professoren haben. Als abhängige Variable findet hierbei „E1XX: Anzahl an Kooperationsprojekten“ als abhängige Variable Verwendung, die aus E1 nach Eliminierung der Kategorie „0: keine Kooperationen“ hervorgegangen ist.

Die Auswahl potentiell abhängiger Variabler erfolgte mit Hilfe sachlogischer Erwägungen.²²³ Es wurden dabei alle Variablen herangezogen, die die Möglichkeit boten einen kooperierenden von einem nicht-kooperierenden Hochschullehrer zu trennen. Die Entscheidung ob eine Variable mit einbezogen wurde, konnte zumeist ohne Probleme mit Hilfe der bereits diskutierten Technologietransfer-Literatur vorgenommen werden.

5.3.8.1 Binäre logistische Regression

Die logistische Regression versucht mittels eines Regressionsansatzes zu bestimmen, mit welcher Wahrscheinlichkeit zwei oder mehr Komplementärereignisse in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren zu erwarten sind. Man unterscheidet dabei zwischen binärer, z. B. bei der Untersuchung von Kreditwürdigkeit/Kreditunwürdigkeit und multinominaler logistischer Regression, z.B. bei der Analyse des Wahlverhaltens für verschiedene Parteien. Die logistische Regression weist eine gewisse Ähnlichkeit mit der Diskriminanzanalyse zur Unterscheidung von Gruppen auf (siehe Abschnitt 5.5.8). Ein wesentlicher Unterschied ist allerdings die größere Robustheit der logistischen Regression, denn die Modellprämissen sind weniger restriktiv, so benötigt sie zum Beispiel keine multinormalverteilten unabhängigen Variablen und setzt keine gleiche Varianz-Kovarianz-Matrizen in den betrachteten Gruppen voraus. Wie bereits angedeutet, bestimmt ein Regressionsansatz die Gewichte mit denen die betrachteten Einflussgrößen als unabhängige Variable die Wahrscheinlichkeit dafür beeinflussen, dass ein realer Beobachtungsfall wie hier zur Gruppe der kooperierenden Forscher gehört. Im Gegensatz zur linearen Regressionsanalyse besitzt die abhängige Variable der binär logistischen Regression kein metrisches, sondern ein binäres Skalenniveau.²²⁴

Wie bereits erwähnt bildet die dichotome Variable „E1X: aktuelle Kooperationsprojekte: ja/nein“ den Ausgangspunkt für die binär logistische Regression, wobei im E1X=1-Fall, d.h.,

²²³ Ausgewählt wurden die Variablen A1, A2, A4, B1, B3, B4, E3, E41, E42, E43, E51, F11, F12, F2, F3, F41, F45, F6, G2, G31, G32, G33, G34, G51, G52, G6, G8, H15, H18, H19, H110

²²⁴ Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 426 ff.

wenn aktuell mindestens eine Kooperation vorliegt von einer hohen Kooperationswahrscheinlichkeit ($p = \text{kooperiert}$) gesprochen werden kann.

Die Auswahl der unabhängigen Modellvariablen, ausgehend von den bereits erwähnten 31 sachlogisch vorausgewählten Variablen, erfolgt mit Hilfe der Vorwärtsselektions-Methode, die sukzessive die Variablen mit der höchsten Korrelation zur abhängigen Variablen in das Modell aufnimmt. Bei der Ausschlussprüfung der bereits aufgenommenen Variablen findet die Wald-Statistik Anwendung. Mit Hilfe dieser Vorgehensweise können nach und nach die Variablen eliminiert werden, die die Kooperationswahrscheinlichkeit der Professoren nicht beeinflussen. Am Ende dieses Prozesses resultieren sechs unabhängige Variablen, die das logistische Regressionsmodell folgendermaßen aufbauen:

Tab. 46: Modellaufbau binäre logistische Regression

	Variable	Nagelkerkes R-Quadrat	Prozentsatz der Richtigen
Schritt 1	E51	0,158	67,3
Schritt 2	B4, E51	0,270	72,6
Schritt 3	B4, E42, E51	0,356	72,6
Schritt 4	A1, B4, E42, E51	0,407	76,1
Schritt 5	A1, B4, E42, E51, F41	0,441	76,1
Schritt 6	A1, B4, E42, E51, F41, H110	0,484	78,8

Das resultierende Modell basiert auf 113 (von 154) Fällen, da lediglich in 113 Fällen vollständige Daten, also sowohl für die abhängige als auch für alle unabhängigen Variablen, vorliegen. Der Nagelkerke- R^2 -Wert als Kriterium für die Güte des berechneten Modells liegt bei 0,484.

Bei den Variablen „A1: bereits als industrieller Modeller gearbeitet?“ und „E51: Kooperationsaktivitäten im Pharmabereich?“ handelt es sich um zwei dichotome Variablen. Beim Übergang von 0 nach 1, also vom Nein- zum Ja-Fall steigt die Eintrittswahrscheinlichkeit $p(\text{kooperiert})$ an. Die Regressions- und Effektkoeffizienten weisen diesen beiden Variablen einen hohen Einfluss auf $p(\text{kooperiert})$ zu. Unter den kategorialen Variablen haben eine Änderung der Beurteilung der Aussage „H110: Den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ um eine Einheit hin zu größerer Zustimmung und eine Erhöhung der Variablen „E42: Wichtigkeit von kooperativer Forschung als Kontaktform mit der Industrie“, ebenfalls um eine Einheit, den größten (positiven) Einfluss auf $p(\text{kooperiert})$. Die Einflüsse der Beurteilung von „B4: Industrielle Awareness für eigenen Arbeitskreis“ und der Kooperationsbarriere „F41: uninteressante Themenstellung“ sind geringer, wobei die Kooperationswahrscheinlichkeit steigt, wenn die industrielle „Awareness“ steigt und die Kooperationsbarriere unwichtiger bewertet wird.

Die Klassifikationsmatrix für das zugrunde liegende Modell weist, wie aus Tabelle 46 ersichtlich, eine Trefferquote von 79% auf, wobei von den 44 nicht-kooperierenden Professoren 71% und von den 69 kooperierenden Professoren 84% richtig klassifiziert werden können. Bei einer rein zufälligen Zuordnung der Elemente würde eine maximale Zufallswahrschein-

lichkeit von 61% resultieren. Auch die proportionale Zufallswahrscheinlichkeit von 52% liegt wesentlich niedriger als die erhaltene Trefferquote.²²⁵

Tab. 47: Logistisches Regressionsmodell für Kooperationen (ja/nein)

Variablen	Regressionskoeffizienten	Standardfehler	Wald ²²⁶	Signifikanz	Exp(B) ²²⁷
A1	1,560	0,778	4,019	0,045	4,758
B4	0,314	0,112	7,827	0,005	1,369
E42	0,631	0,213	8,748	0,003	1,879
E51	1,286	0,506	6,466	0,011	3,618
F41	-0,478	0,210	5,170	0,023	0,620
H110	0,793	0,354	5,026	0,025	2,211
Konstante	-6,666	2,088	10,193	0,001	0,001

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Kooperationswahrscheinlichkeit höher ist für Professoren, die bereits als Modeller in der Industrie gearbeitet haben, deren Kooperationsaktivitäten hauptsächlich im Pharmabereich liegen, die der Aussage „Den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ zustimmen, die kooperative Forschung als wichtige Kontaktform mit der Industrie zu schätzen wissen, die die industrielle „Awareness“ für ihren Arbeitskreis als hoch bewerten und die die Kooperationsbarriere „uninteressante Themen“ als unwichtig erachten. In diesem Zusammenhang interessant ist ein Vergleich mit der Umfrage von Rahm, der zwischen nicht-kooperierenden „university-bound researchers“ und kooperierenden „spanning researchers“ unterscheidet und der Frage nachgeht, welche Art von Forscher Technologietransfer-Anstrengungen unternehmen. Aufgrund der allgemeinen Fragestellungen dieser Befragung, findet sich eine Parallele mit den hier vorliegenden Ergebnissen lediglich in dem Punkt [Forscher, die kooperieren] „erachten ihre Kompetenz von den Unternehmen als anerkannt und genutzt, was in unserem Fall einer erhöhten „Awareness für ihren Arbeitskreis“ entspräche (siehe Abschnitt 4.1.6).

5.3.8.2 Multiple Lineare Regression

Die multiple lineare Regressionsanalyse dient der Untersuchung von Kausalbeziehungen (Ursache-Wirkungsbeziehungen). Bei der unterstellten Kausalbeziehung handelt es sich oft nur um eine Hypothese, die Regression dient damit der Ursachenanalyse: Wie stark ist der Einfluss unabhängiger Variabler x_i auf eine abhängige Variable Y . Die Regressionsanalyse verlangt, dass sowohl die abhängige als auch die unabhängigen Variablen metrisches Skalenniveau besitzen. Die Regressionskoeffizienten haben eine wichtige inhaltliche Bedeutung, da sie den marginalen Effekt der Änderung einer unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable Y angeben.²²⁸

²²⁵ Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 453.

²²⁶ Das Funktionsprinzip der Wald-Statistik ist eng an die Überprüfung der Signifikanz einzelner Koeffizienten innerhalb der linearen Regressionsanalyse (t-Test) angelehnt. Hierbei wird ebenfalls die Nullhypothese getestet, dass ein bestimmter Koeffizient Null ist, d.h. die zugehörige unabhängige Variable keinen Einfluss auf die Trennung der Gruppen hat. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 460.

²²⁷ Exp(B) bezeichnet die „odds ratios“ bzw. Effektkoeffizienten die eine quantitative Interpretation der Einflussstärke der unabhängigen Variablen auf die Eintrittswahrscheinlichkeit erlauben. Erhöht man den Wert einer unabhängigen Variablen mit einem positiven [negativen] Koeffizienten um eine Einheit, so vergrößert sich das Chancenverhältnis z.B. $p(\text{kooperiert})/p(\text{kooperiert nicht})$ zu Gunsten von $p(\text{kooperiert})$ [von $p(\text{kooperiert nicht})$] um den Effektkoeffizienten. Eine Erhöhung der Variablen „E51: Pharmaaktivitäten?“ von 0 auf 1 vergrößert dieses Chancenverhältnis um den Faktor 3,62 zu Gunsten von $p(\text{kooperiert})$. Wäre die Wahrscheinlichkeit vorher bei 1:1 gewesen, läge sie nun bei 3,62:1. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 442ff.

²²⁸ Vgl. Backhaus et al. 2006, S.46 ff.

Für die fünf- und zehn-stufig rangskalierten potentiell unabhängigen Variablen wird unterstellt, dass diese gleiche Abstände zwischen den Rängen besitzen, so dass auch sie als metrisch skalierte Variable behandelt werden können. Binäre Variablen wie z.B. „E51: Kooperationen im Pharmabereich“ können wie metrische Variablen behandelt werden.²²⁹

Wie bereits erwähnt, stellt die metrische Variable „E1XX: Anzahl an Kooperationsprojekten“ die abhängige Variable für die lineare Regressionsanalyse dar.

Ausgehend von den sachlogisch vorausgewählten Variablen erfolgt eine explorative Modellsuche durch eine schrittweise Auswahlmethode, bei der einzeln nacheinander die unabhängigen Variablen mit den höchsten partiellen Korrelationskoeffizienten mit der abhängigen Variablen in die Regressionsgleichung einbezogen werden (Vorwärtsmethode), bei der aber nach jedem Schritt die jeweils aufgenommenen Variablen nach der Rückwärtsmethode nochmals untersucht werden. Somit können durch die Neuaufnahme einer Variablen überflüssig gewordene Variable wieder von der Regressionsgleichung ausgeschlossen werden.²³⁰

Das resultierende Modell, das vier unabhängige Variable (Regressoren) enthält, basiert auf 74 Fällen und weist einen signifikant hohen korrigierten R²-Wert von 0,374 auf. Dieser Wert sagt aus, dass 37% der Variation der Anzahl an Kooperationen durch die vier Regressoren erklärt wird. Für die Verletzung der Prämissen des linearen Regressionsmodells lassen sich keine Anhaltspunkte finden.²³¹

Tab. 48: Modellaufbau für multiple lineare Regression

	Variable	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers ²³²	F-Statistik ²³³	Signifikanz
Schritt 1	B4	0,237	0,227	0,962	22,42	0,000
Schritt 2	B4, E42	0,324	0,305	0,912	17,00	0,000
Schritt 3	B4, E42, E43	0,366	0,338	0,890	13,45	0,000
Schritt 4	B4, E42, E43, E51	0,408	0,374	0,866	11,89	0,000

Die vier unabhängigen Variablen weisen eine signifikante Beziehung zur Anzahl an industriellen Kooperationsprojekten auf. Den höchsten Regressionskoeffizienten besitzt die Variable „B4: industrielle Awareness für den Arbeitskreis“ mit 0,403. Je höher also die industrielle „Awareness“ eingeschätzt wird, desto mehr Kooperationen halten die akademischen Forscher. Aber auch eine höher eingestufte Relevanz von „E42: kooperativer Forschung“ und „E43: informellen Kontakten“ als Kontaktformen mit der Industrie sowie „E51: Kooperationsaktivitäten im Pharmabereich“ führen zu stärkerer Kooperationsintensität. Ein akademischer Forscher kooperiert also intensiver mit der Industrie, wenn er ein stärkeres industrielles Inte-

²²⁹ Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 50.

²³⁰ Vgl. Backhaus et al. 2006, S.105 ff.

²³¹ Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 79.

²³² Der Standardfehler des Schätzers gibt an, welcher mittlere Fehler bei Verwendung der Regressionsfunktion zur Schätzung der abhängigen Variablen E1XX gemacht wird. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 73.

²³³ Der F-Test dient der globalen Prüfung der Regressionsfunktion. Mit Hilfe dieses Tests wird die Nullhypothese H₀ überprüft, die besagt, dass kein kausaler Zusammenhang zwischen der abhängigen Variablen E1XX und den unabhängigen Variablen existiert und somit in der Grundgesamtheit die Regressionskoeffizienten der unabhängigen Variablen alle Null sind. Weicht der empirische F-Wert stark von Null ab und überschreitet einen kritischen Wert, kann die Nullhypothese verworfen werden. Der durch die Regressionsbeziehung hypothetisch postulierte Zusammenhang wird damit als signifikant erachtet. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 68ff.

resse an seinem Arbeitskreis verzeichnet, die beiden Kontaktformen „kooperative Forschung“ und „informelle Kontakte“ als wichtiger erachtet und Industriekooperationen im Pharmabereich eingeht.

Tab. 49: Lineares Regressionsmodell für Kooperationsanzahl

Variablen	Koeffizienten B	Standardisierte Koeffizienten (Beta) ²³⁴	t-Test ²³⁵	Signifikanz
B4	0,160	0,403	4,254	0,000
E42	0,340	0,293	3,085	0,003
E43	0,272	0,221	2,349	0,022
E51	0,478	0,210	2,222	0,030
Konstante	-1,589	-	-2,583	0,012

Auffallend ist, dass beide Regressionsmodelle die Variablen „B4: industrielle Awareness für Arbeitskreis“, „E42: Relevanz der Kontaktform: kooperative Forschung“ und „E51: Kooperationsaktivitäten im Pharmabereich“ enthalten. Diese drei Variablen sind also nicht nur für eine Differenzierung zwischen den beiden Komplementärereignissen Kooperation bzw. Nicht-Kooperation relevant, sondern stehen auch in direktem Zusammenhang mit der Kooperationsintensität der akademischen Forscher, d.h. ob diese wenig oder oft kooperieren.

5.3.9 Zusammenfassung Hochschul-Industrie-Kooperationen

Die Untersuchung der Industrie-Akademia-Kooperationen im Bereich CCT wurde hauptsächlich mit Hilfe des Online-Fragebogens M³QA, mit Unterstützung der Resultate des Fragebogens M³QI, vorgenommen. Von den 406 Professoren bzw. leitenden akademischen Forschern, die identifiziert und für die Teilnahme an der Online-Studie angeschrieben wurden, schlossen 154 die Beantwortung des M³QA, die immerhin 20 Minuten dauerte, ab, was einer Rücklaufquote von 37,9% entspricht. Die Auswahl der Teilnehmer erfolgte hauptsächlich aus dem Umfeld der Professoren der „Arbeitsgemeinschaft der theoretischen Chemie“ einschließlich deren akademischer Kooperationspartner. Aus Deutschland kamen 28% der antwortenden Professoren, 11% aus Frankreich, 10% aus Italien und 9% aus Spanien. Die restlichen akademischen Forscher entfallen vor allem auf Großbritannien, die Niederlande, Schweden, Norwegen und die Schweiz.

Der durchschnittliche Arbeitskreis der befragten Professoren besteht aus vier Doktoranden, über $\frac{3}{4}$ der Professoren haben zwischen einem und sechs Promotionsstudenten. Knapp 62% der befragten Professoren beschäftigt mindestens einen nicht-nationalen PhD-Studenten, im Durchschnitt entspricht dies 1,5 pro Professor. Je mehr

²³⁴ Eine Standardisierung der Koeffizienten ist notwendig um diese miteinander vergleichbar zu machen. Diese Standardisierung eliminiert die unterschiedlichen Meßdimensionen der Variablen, die sich in den Regressionskoeffizienten niederschlagen. Die standardisierten Koeffizienten bzw. die Beta-Werte können somit als Maß für die Wichtigkeit der Variablen für die Regressionsbeziehung verwendet werden. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 61ff.

²³⁵ Der t-Test dient der Prüfung der einzelnen Regressionskoeffizienten, und zwar wie gut diese zur Erklärung von E1XX beitragen. Mit Hilfe dieses Tests wird folgende Nullhypothese H_0 überprüft: Ein kausaler Zusammenhang zwischen der abhängigen Variablen E1XX und der betrachteten unabhängigen Variablen existiert nicht und somit ist in der Grundgesamtheit der Regressionskoeffizient dieser unabhängigen Variablen Null. Weicht der empirische t-Wert stark von Null ab und überschreitet einen kritischen Wert, kann die Nullhypothese verworfen werden. Der Einfluss dieser unabhängigen Variablen auf E1XX wird in diesem Fall als signifikant erachtet. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 73f.

Doktoranden, d.h. je größer der Arbeitskreis, desto mehr nicht-nationale Studenten arbeiten dort.

Immerhin 17% der befragten Professoren (dies entspricht 26 Personen) verfügen über industrielle Modelling-Erfahrungen. 50% der akademischen Forscher der Antwortgesamtheit sind weniger als zehn Jahre für ihr(e) aktuelle(s) Fakultät/Institut tätig. Ein Professor, der bereits länger in der aktuellen Forschungseinrichtung beschäftigt ist, hat tendenziell auch mehr Doktoranden. Die durchschnittliche jährliche Anzahl an internationalen Konferenzbesuchen mit aktiver Beteiligung stellt ein Maß für die Außenwirkung der Professoren dar. Alle befragten akademischen Forscher sind auf mindestens einer solchen Konferenz jährlich präsent. 72% nehmen an höchstens drei Konferenzen aktiv teil. Die Anzahl an Promotionsstudenten und, mehr noch, an nicht-nationalen PhD-Studenten ist schwach positiv mit der Anzahl jährlicher Konferenzbesuche korreliert.

Für die befragten industriellen Modeller stellen die akademischen Forscher die wichtigsten externen Kooperationspartner für den Transfer von CCT-Wissen dar, dicht gefolgt von kommerziellen Software-Häusern. „Konferenzen/Workshops“, „Informelle Kontakte“, „Publikationen“ und die „kooperative Forschung“ werden von den befragten industriellen Modellen nahezu gleichrangig als wichtigste Kontaktarten im Umgang mit akademischen Wissenschaftlern genannt. Bei den befragten Professoren stehen die Kontaktarten „Kooperative Forschung“ und „Informelle Kontakte“ an erster Stelle.

Die Mehrzahl der befragten Professoren (68%) kooperiert mit der Industrie hauptsächlich im Pharmabereich. Weit weniger Forscher werden im Katalyse- (31%), Nanotechnologie- (22%) oder Polymerbereich (11%) tätig (Mehrfachnennungen waren möglich). Das „Austesten der praktischen Anwendung und Anwendbarkeit ihrer Forschung und Theorien“ ist für die akademischen Forscher der Antwortgesamtheit der mit Abstand wichtigste, primäre Kooperationsgrund, erst danach werden „zusätzliche Mittel für Mitarbeiter und Ausrüstung“ genannt. Ebenfalls von Bedeutung ist der „Zugang zu Studentenjobs und -praktika“. Professoren, die die Kontaktart „kooperative Forschung“ als wichtig erachten, weisen eher den Kooperationsgrund „Test der praktischen Anwendung eigener Forschung und Theorie“ als relevanter aus. Dagegen sind für die akademischen Forscher, die ein höheres Gewicht auf die „Auftragsforschung“ als Kontaktart mit der Industrie legen, eher die „zusätzlichen Mittel für Mitarbeiter und Ausrüstung“ der Hauptkooperationsgrund.

Bei der Frage, welcher Stellenwert industriellen CCT-Bedürfnissen bei der Etablierung und Entwicklung der eigenen Forschungsagenda zukommt, spricht sich die Mehrheit der Professoren für einen geringen Einfluss aus. Dagegen resultiert bei der Beurteilung des Grades an Übereinstimmung zwischen den eigenen Forschungsinteressen und den Bedürfnissen industrieller Modeller eine zweigipflige Verteilung. Dabei weist eine Gruppe der Forscher eine eher geringe und eine nahezu gleich große Gruppe eine höhere Übereinstimmung auf. Den Grad an industrieller „Awareness“ für deren Arbeitskreise stufen die befragten Professoren eher niedrig ein, 62% der Laboratorien wird von der Industrie gar nicht bis kaum wahrgenommen.

Die befragten Forscher bescheinigen sich insgesamt einen überdurchschnittlich hohen Willen zur Kooperation mit der Industrie, wohingegen sie die Kooperationsbereitschaft der Industrie als eher gering einstufen.

Mit 47% der Stichprobe wiesen knapp die Hälfte der Professoren zum Zeitpunkt der Erhebung keine Kooperationen mit der Industrie aus. Die Mehrzahl der restlichen Forscher (44% der Stichprobe) war in ein bis zwei Kooperationsprojekten involviert. Diese Zweiteilung der Stichprobe spiegelt sich ebenfalls im prozentualen industriellen Anteil am akademischen Forschungsbudget der Professoren wider. Dabei sind es 44% der Professoren, die zum Zeitpunkt der Erhebung ganz auf industrielle Mittel verzichteten und weitere 44%, deren industrieller Anteil am Forschungsbudget 1 bis 20% betrug. Schließlich setzt sich diese Zweigipfligkeit der Verteilung auch im täglichen Zeitbedarf, den die Professoren in Industriekooperationen investieren, fort. 44% reservieren dafür kein tägliches Zeitkontingent, wohingegen wiederum 44% zwischen 1 und 10% ihrer täglichen Forschungszeit für Industriekooperationen opfern.

Von den akademischen Forschern, die eine eindeutige Auskunft über den Trend ihrer Kooperationsprojektzahlen (ihres industriellen Budgetanteils) während der letzten fünf (drei) Jahre geben konnten, berichtet die Mehrheit über eine konstant gebliebene Anzahl (Anteil). Eine Korrelation zwischen der aktuellen Anzahl an Kooperationsprojekten und dem Trend dieser Anzahl besteht dergestalt, dass Individuen mit einer höheren Anzahl an Kooperationsprojekten auch den Trend für diese Kooperationsanzahl innerhalb der letzten fünf Jahre als eher positiv beurteilten. Professoren ohne aktuelle Kooperationen verzeichneten eher einen konstanten bzw. negativen Trend. Dieselben Zusammenhänge gelten für den industriellen Budgetanteil und den Trend für diesen Anteil.

63% der Professoren waren bis zur Zeit der Erhebung von schlechten Erfahrungen mit Industriekooperationen verschont geblieben. Allerdings hatten 19% bereits mehrfach schlechte Erfahrungen gemacht. Kooperationsangebote der Industrie wurden von 61% der Professoren bisher nicht abgelehnt. Ist der schlechte Erfahrungsschatz der Professoren bezüglich Industriekooperationen größer, bejahen diese eher die Frage, ob es vorkomme, dass sie industrielle Kooperationsangebote ablehnen. Mit steigender Arbeitskreisgröße bzw. höherer Anzahl an internationalen Konferenzbesuchen wächst ebenfalls die Wahrscheinlichkeit, dass die befragten akademischen Forscher industrielle Kooperationsangebote ablehnen.

Die offene Frage nach den Ablehnungsgründen derjenigen Forscher, die Kooperationsangebote bereits abgelehnt haben, offenbart „wissenschaftlich uninteressante Problemstellungen bzw. solche außerhalb der eigenen Expertise“ als wichtigsten Ablehnungsgrund.

Der mit Abstand bedeutendste Nachteil von, bzw. Barriere für Industriekooperationen stellt für die befragten Forscher die kurzfristige Orientierung der Industrie dar. Als ebenfalls sehr wichtig werden die „fehlende Übereinstimmung zwischen den beiden Forschungsagendas“ und die „Einschränkung der Publikationsfreiheit“ genannt. Diejenigen, die die Kontaktart „Auftragsforschung“ für wichtiger erachten, sehen zwar die

Kooperationsbarriere „Publikationsbeschränkungen“ als relevant an, weniger aber den „fehlenden Fit der Forschungsagendas“.

Für die industriellen Modeller stellt der „Schutz geistigen Eigentums“ den relevantesten Problemkreis dar, noch vor dem kritischen Faktor Zeit. Aber auch „administrative Probleme“, der „Abfluss von Wissen“ und das mit der Kooperation verbundene „finanzielle Engagement“ sind von Bedeutung.

Ein von Seiten der akademischen Forscher signifikant häufig vorgetragener Verbesserungsvorschlag der Kooperationssituation geht in Richtung verstärkter und vertiefter Kommunikation und umfasst die Etablierung eines (physischen oder virtuellen) Forums für Kontaktaufnahme und Informationsaustausch zwischen akademischen und industriellen Forschern. Auch Kritik an den industriellen Partnern in Form der Forderung nach langfristigerem Kooperationsengagement und, damit verbunden, nach höherem finanziellen Engagement wird laut. Allerdings äußern sich einige Professoren durchaus kritisch, ihre Anzahl an Industriekontakten und ihre eher passive Vorgehensweise bei der Kooperationsanbahnung betreffend.

Die These, die Industrie kommuniziere ihre Modelling-Aktivitäten und -bedürfnisse nicht ausreichend findet bei den befragten Professoren volle Zustimmung. Zwar lehnen die industriellen Modeller diese Aussage tendenziell ab, allerdings stimmt ihr immerhin jeder vierte Modeller ebenfalls zu. Bei der Bewertung der Abweichung des aktuellen Ist- vom idealen Soll-Zustand von Monitoring-Aktivitäten der CCG bezüglich externer CCT-Entwicklungen, lässt sich aus den Antworten der industriellen Modeller auf eine relativ hohe Diskrepanz schließen. Wichtige Maßnahmen zur Stärkung ihrer Monitoring-Aktivitäten sehen die industriellen Experten in der Verfügbarkeit zusätzlicher Zeit für Monitoring-Zwecke und in intensiveren Interaktionen mit akademischen Forschern. Lediglich jeder fünfte Modeller sieht keine Notwendigkeit zur Verbesserung der gegenwärtigen Monitoring-Situation.

81% der befragten Professoren beurteilen den Transfer von akademischem CCT-Wissen, wie er zur Zeit der Erhebung praktiziert wurde, als nicht effizient genug. Diese Beurteilung erfolgt unabhängig von der Kooperationsintensität der Forscher. Als effizienteste Technologietransfer-Vehikel für CCT bewerten die befragten Professoren „Industrie-Akademia-Kooperationen“ sowie die „Festanstellung von akademischem Personal“ und „Post-Doc-Positionen in der Industrie“.

Die industriellen Modeller beurteilen die Effizienz des Transfers von akademischem CCT-Wissen sehr differenziert. Während eine größere Gruppe (54%) die Effizienz als eher mittelmäßig bewertet, ist eine kleinere Gruppe (30%) durchaus von einer höheren Effizienz überzeugt. Dies führt zu der Vermutung, dass industrielle Modeller die Effizienz von Technologietransfer-Prozessen als tendenziell höher beurteilen als deren akademische Kollegen.

73% der befragten Professoren waren zur Zeit der Erhebung nicht auf der Suche nach neuen Kooperationspartnern. Jene, die aktiv suchen, verfügen bereits über ein höheres Maß an schlechten Kooperationserfahrungen als ihre nicht suchenden Kollegen.

Dabei sind es eher industrieerfahrene Professoren die aktiv nach neuen Kooperationschancen suchen.

Im Hinblick auf die Vorgehensweise bei der Gewinnung von Kooperationspartnern messen die Professoren den eher passiven Strategien „Publikationen“ und „Aktive Teilnahme an Kongressen“ die höchste Priorität bei. Diese beiden wichtigsten Strategien sind auch stark positiv miteinander korreliert. In der Relevanzrangfolge rangieren der „Kontakt zu früheren Kooperationspartnern“ bzw. der „Kontakt zu ehemaligen Studenten in der Industrie“ dann auf Platz drei und vier. Diese beiden Strategien weisen ebenfalls eine hoch signifikante Korrelation miteinander auf. Erstaunlich ist die Antwort von 30% der befragten Professoren, die das Warten auf eine Kontaktaufnahme von Seiten der Industrie als relevante und erfolgreiche Strategie zur Gewinnung neuer Kooperationspartner beurteilen.

Interessanterweise gehen die zukünftigen Kooperationsstrategien industrieller Modeller und akademischer Forscher in dieselbe Richtung. Beide Parteien sind kaum geneigt ihre Kooperationsaktivitäten zu reduzieren. Während allerdings der größte Teil der industriellen Modeller eine konstante Aktivität anstrebt, plant die Mehrzahl der akademischen Modeller ihre Kooperationsaktivitäten auszuweiten. „Kooperations-Luft“ für beide Parteien scheint aber dennoch reichlich vorhanden zu sein, denn von den industriellen Modellen sind es 32%, die mehr kooperieren wollen, bei den Professoren 37%. Je länger ein akademischer Forscher bereits in seiner aktuellen Fakultät/Institut beschäftigt war, desto eher zeigt er die Tendenz seine Kooperationsaktivitäten mit der Industrie nicht mehr auszuweiten.

Für Professoren, die bereits über Industrieerfahrungen verfügen, spielen industrielle CCT-Bedürfnisse bei der Etablierung und Entwicklung ihrer Forschungsagendas eine wichtigere Rolle als für ihre industrieunerfahrenen Kollegen. Ist die Relevanz dieser Bedürfnisse für die Forschungsagendas hoch und ist damit der Fit der eigenen Forschungsinteressen mit den industriellen Bedürfnissen groß, so wird die industrielle „Awareness“ für den entsprechenden Arbeitskreis höher eingestuft, und damit auch die industrielle und vor allem die eigene Kooperationsbereitschaft positiver beurteilt. In diesem Fall werden die Kooperationsbarrieren „uninteressante Kooperationsthemen“ und „fehlender Fit der Forschungsagendas“ eher als nachrangig bewertet und allen Kontaktarten mit der Industrie ein höherer Stellenwert eingeräumt, im Besonderen der „kooperativen Forschung“, den „informellen Kontakten“ und der „Ausbildung von Personal“. Auch akademische Forscher mit einem hohen Maß an Kooperationsbereitschaft bewerten die vorgenannten Kontaktarten als wichtiger.

Obwohl Professoren, deren Forschungsinteressen eher mit industriellen Bedürfnissen übereinstimmen, in der Regel mehr schlechte Erfahrungen mit Industriekooperationen ausweisen, heben sie besonders die Wichtigkeit des Technologietransfer-Vehikels „Industrie-Akademia-Kooperationen“ hervor. Dieses Vehikel gilt auch jenen als wichtiger, die eine eher hohe Kooperationsbereitschaft aufweisen. Ist der Grad an industrieller Nähe der Forschungsagenda bzw. die Kooperationsbereitschaft erhöht, geben die akademischen Forscher eher an, aktiv nach neuen Kooperationspartnern zu suchen. Es ist vor allem der Kontakt zu früheren Kooperationspartnern auf die sich aka-

demische Forscher mit gesteigerter Kooperationsbereitschaft, erhöhter industrieller „Awareness“ bzw. einer industrienahen Forschungsagenda stützen, um neue Kooperationsgelegenheiten ausfindig zu machen. Die industrielle „Awareness“ erscheint abhängig von der Größe des Arbeitskreises zu sein, denn mit einer höheren Anzahl an Promotionsstudenten bzw. an nicht-nationalen PhD-Studenten steigt sie tendenziell an.

Professoren, die bereits über industrielle Modelling-Erfahrungen verfügen, sind in eine höhere Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen involviert und widmen diesen Kooperationen mehr ihrer Forschungszeit. Auch der industrielle Anteil am akademischen Forschungsbudget ist für industrieerfahrene akademische Forscher tendenziell höher. Der tägliche Zeitbedarf für Kooperationen ist sowohl mit der Anzahl an Kooperationsprojekten als auch, noch stärker, mit dem industriellen Budgetanteil positiv korreliert. Ein stark positiver Zusammenhang existiert ebenfalls zwischen der Anzahl an Kooperationsprojekten der Professoren und dem industriellen Budgetanteil. Somit sind die drei Variablen der Kooperationsintensität miteinander korreliert.

Je stärker die Professoren zum Zeitpunkt der Erhebung kooperierten, desto wichtiger beurteilten sie vor allem die Kontaktarten „kooperative Forschung“, „informelle Kontakte“ und „Beratungsdienstleistungen“. Akademische Forscher, die über einen hohen industriellen Budgetanteil verfügen, nennen noch zusätzlich die „Auftragsforschung“ als eher wichtige Kontaktart.

Professoren, deren Kooperationsintensität hoch ist, bewerten die Effizienz des CCT-Transfervehikels „Industrie-Akademia-Kooperationen“ als höher, die Kooperationsbarrieren „fehlender Fit zwischen den Forschungsagendas“ und „uninteressante Kooperationsthemen“ als unwichtiger und haben bereits öfter schlechte Erfahrungen mit Industriekooperationen gemacht. Bei akademischen Forschern mit einer höheren Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen kommt es eher vor, dass industrielle Kooperationsangebote abgelehnt werden.

Ist die Kooperationsintensität ausgeprägt, suchen die akademischen Forscher eher nach neuen Kooperationspartnern. Je mehr Kooperationsprojektbeteiligungen sie halten, bzw. je wichtiger sie die Kontaktform „kooperative Forschung“ beurteilen, desto relevanter erachten sie auch den „Kontakt zu ihren früheren Kooperationspartnern“ als Strategie neue Kooperationsgelegenheiten auszumachen.

Die Anzahl an Kooperationsprojekten der akademischen Forscher und damit auch der industrielle Budgetanteil sind statistisch unabhängig von der Größe der Arbeitskreise und der Anzahl an aktiven Konferenzbeteiligungen.

Je mehr die Forschungsinteressen der Professoren mit industriellen CCT-Bedürfnissen übereinstimmen, desto größer ist die Anzahl ihrer Industriekooperationen, desto mehr ihrer Forschungszeit investieren sie in diese Kooperationen und desto höher ist der industrielle Anteil an ihrem Forschungsbudget. Auch eine stärker ausgeprägte Kooperationsbereitschaft und eine größere industrielle „Awareness“ wirken sich auf alle Variablen der Kooperationsintensität positiv aus.

Professoren mit industriellen Modelling-Erfahrungen kooperieren eher im Pharmabereich mit der Industrie. Diese „Pharma-Professoren“ bewerten ihre Kooperationsbereitschaft positiver, halten ihren Arbeitskreis im Industrieumfeld für bekannter, beurteilen den Fit ihrer Forschungsinteressen und den Industriebedürfnissen höher und halten die beiden Kooperationsbarrieren „uninteressante Kooperationsthemen“ und „fehlender Fit der Forschungsagendas“ ebenfalls für unwichtiger als ihre Nicht-Pharma-Kollegen. Ebenfalls verfügen diese akademischen Forscher über mehr Kooperationen, ein höheres tägliches Kooperations-Zeitkontingent und eher über einen größeren industriellen Budgetanteil. Signifikant mehr „Pharma-Professoren“ als ihre Nicht-Pharma-Kollegen bewerten den akademischen Transfer von CCT-Wissen als effizient genug und suchen aktiv nach industriellen Kooperationspartnern. Für die „Pharma-Professoren“ ist neben den „Industrie-Akademia-Kooperationen“ auch die „Auftragsforschung“ als effizientes Technologietransfer-Vehikel von größerer Bedeutung.

Eine binär logistische Regression ergibt, dass Professoren eher kooperieren, wenn sie bereits Erfahrungen als industrielle Modeller gesammelt haben, sie verstärkt im Pharmabereich mit der Industrie kooperieren, sie der Meinung sind, dass den meisten chemischen Unternehmen eine kritische Modeller-Masse fehle, sie die Relevanz von kooperativer Forschung als Kontaktform mit der Industrie höher einschätzen, sie einen fehlenden Fit zwischen den Forschungsagendas als Kooperationsbarriere eher für unwichtig halten sowie deren Arbeitskreise mehr industrielle Aufmerksamkeit zuteil wird. Mit Hilfe einer multiplen linearen Regression wurde geprüft, welche Variablen einen Einfluss auf die Anzahl an Kooperationsprojekten der Professoren ausüben. Dabei stellt sich heraus, dass eine höhere Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen der akademischen Forscher begünstigt ist, wenn ihre Arbeitskreise eine höhere industrielle „Awareness“ erfahren, sie die Kontaktarten „kooperativer Forschung“ und „informelle Kontakten“ mit der Industrie als wichtiger einstufen und sie mit der Industrie hauptsächlich im Pharmafeld kooperieren. Interessanterweise spielen die drei Variablen „industrielle Awareness für den Arbeitskreis“, „Relevanz der Kontaktform: kooperative Forschung“ und „Kooperationsaktivitäten im Pharmabereich“ sowohl bei der Differenzierung zwischen kooperierenden und nicht-kooperierenden Professoren eine Rolle, als auch bei der Unterscheidung zwischen wenig- und intensiv-kooperierenden Individuen. Diese unabhängigen Variablen sind demnach von zentraler Bedeutung für die Kooperationsintensität der akademischen Forscher.

5.4 Ergebnisse CCT-Ausbildung von Modellern und Chemikern

Wie bereits diskutiert stellen Ausbildung und Anstellung von wissenschaftlichem Personal wichtige Etappen des CCT-Transfers von der Hochschule in die Industrie dar. Welchen speziellen Anforderungen die angehenden industriellen Modeller dabei genügen müssen, welche Berufsperspektive diese haben, welches CCT-Wissen experimentellen Chemikern im Hinblick auf spätere Kooperationen mit Modellern zur Verfügung stehen sollte und vor welche Probleme akademische Forscher in Bezug auf die Ausbildung von Modellern und Chemikern gestellt sind, soll in diesem Kapitel erörtert werden.

1. Unterschiede im Softskill-Profil zwischen Modellern und Chemikern

Die Frage ob und welche Softskills speziell für industrielle Modeller wichtiger sind als für experimentelle Chemiker wurde sowohl den akademischen Forschern (mittels M³QA) als auch den industriellen Modellern (mittels M³QI) vorgelegt. Mit Hilfe einer Ankreuzliste sollten die Befragten diejenigen der sieben vorgegebenen Softskills identifizieren, die sie am ehesten als für Modeller notwendiger einstufen würden.²³⁶ Für 67% der Professoren und 88% der industriellen Modeller stellte die Kommunikationsfähigkeit ein solches Softskill dar. Die weitgehende Übereinstimmung zwischen Professoren und industriellen Modellern und die hohen Prozentsätze sind Indizien dafür, dass kommunikative Fähigkeiten für Modeller tatsächlich stärker von Bedeutung sind als für ihre experimentellen Kollegen. Weitgehend einig sind sich die akademischen bzw. die industriellen Forscher auch in ihrer Beurteilung der „Flexibilität“ (50% bzw. 46%) und des „Teamgeistes“ (41% bzw. 35%). Starke Bewertungsunterschiede ergeben sich für die „Überzeugungskraft“, die, relativ gesehen, wesentlich mehr industrielle Modeller (52%) als Professoren (21%) für ein für Modeller wichtigeres Softskill erachteten. Aber auch die „Diplomatie“ stellte für 29% der industriellen Modeller, lediglich aber für 7% der akademischen Forscher ein solches Softskill dar. Diese beiden ausschließlich von den industriellen Modellern als wichtige Softskills identifizierte „Überzeugungskraft“ und „Diplomatie“ weist auf die oft widerstandgeprägte Arbeitssituation der Modeller in ihren Unternehmen hin. Zieht man die von Westmoreland et al. dokumentierten Softskills aus der Befragung von industriellen Modellern „Kommunikationsfähigkeit“, „Überzeugungskraft“ und „Innovationsfreude“ (siehe Abschnitt 2.8) heran, zeigt sich, dass die erhaltenen Ergebnisse identisch sind.

Tab. 50: Für Modeller wichtige Softskills

Softskills	Antworten Professoren (N = 137)	in v. Hd. der Fälle	in v. Hd.	Antworten Modeller (N = 48)	in v. Hd. der Fälle	in v. Hd.
Kommunikationsfähigkeit	92	67,2%	24,8%	42	87,5%	29,0%
Teamgeist	56	40,9%	15,1%	17	35,4%	11,7%
Diplomatie	10	7,3%	2,7%	14	29,2%	9,7%
Flexibilität	68	49,6%	18,3%	22	45,8%	15,2%
Überzeugungskraft	29	21,2%	7,8%	25	52,1%	17,2%
Enthusiasmus	66	48,2%	17,8%	15	31,3%	10,3%
Geduld	50	36,5%	13,5%	10	20,8%	6,9%

²³⁶ Vgl. Frage 2, Sektion D, M³QA, Anhang 1 bzw. Frage 1, Sektion C, M³QI, Anhang 2: „Which of the following soft skills might be more important for a computational chemist than for an experimental chemist?“

2. Ausbildung und Berufsperspektiven der Experten

Zunächst wurden die Professoren nach den neben ausgezeichneter Forschung und Lehre zweitrangigen Zielen befragt, die sie in einem von ihnen betreuten Promotionsprojekt gerne verwirklicht sähen.²³⁷ Eine Liste mit entsprechenden Zielen sollten diese mit Hilfe einer fünfstufigen Skala von „1: unwichtig“ bis „5: wichtig“ bewerten. Dabei erhielten die beiden Ziele „Kooperation mit experimentellen Kollegen“ und „Vorbereitung auf einen Job nach der Promotion“ die höchste Priorität. Als ebenfalls wichtig wurde der „Überblick über alle CC Technologien“ angesehen. Dagegen wurden „Kenntnisse von industrierelevanten Modelling-Problemen“ und ein „Kennen lernen von kommerzieller Software“ eher nicht als wichtig eingestuft, obwohl gerade diese für ein industrielles Betätigungsfeld von besonderem Interesse wären.

Vor allem die „Pharma-Professoren“ erachteten das Wissen um industrierelevante Modelling-Probleme als wichtiger (CV: 0,304 mit näherungsweise $p=0,007$). Aber auch Forscher, die ihre Kooperationsbereitschaft positiver bewerteten (0,315 mit $p=0,000$), über eine höhere Anzahl an Kooperationsprojekten (0,255 mit $p=0,002$) bzw. einem größeren industriellen Anteil am Forschungsbudget (0,221 mit $p=0,010$) verfügten, schätzten dieses Wissen ebenfalls als wichtiger ein. Am stärksten positiv korrelieren aber das Ausmaß, in dem industrielle Bedürfnisse bei Etablierung und Entwicklung der akademischen Forschungsagenda eine Rolle spielen (0,427 mit $p=0,000$) bzw. die Übereinstimmung der akademischen Forschungsinteressen mit den industriellen Bedürfnissen (0,358 mit $p=0,000$) mit der Bewertung der Wichtigkeit dieses Wissens. Professoren, die vor allem die Kontaktarten „Auftragsforschung“ (0,248 mit $p=0,004$) und „kooperative Forschung“ (0,315 mit $p=0,000$) als relevanter beurteilten, waren auch der Meinung, das Wissen um industrierelevante Modelling-Probleme sei wichtiger. Interessanterweise waren Professoren, für die das Warten auf einen Anruf der Industrie eine erfolgreichere Strategie zur Gewinnung neuer Kooperationspartner darstellte (G34), auch eher überzeugt, dass diese Kenntnisse von größerer Bedeutung sind (0,342 mit $p=0,000$).

Tab. 51: Wichtige zweitrangige Ziele in PhD-Forschungsprojekten

Ziele	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Kooperation mit experimentellen Kollegen	153	4,3	88
Vorbereitung auf Post-PhD Job	153	4,2	80
Überblick über alle CC Technologien	152	3,8	66
Kenntnisse von industrie-relevanten Modelling-Problemen	153	3,3	43
Kennen lernen von kommerzieller Software	153	3,1	38

Die hohe Priorität, die die Vorbereitung der Studenten auf einen Job nach abgeschlossener Promotion genießt, wirft die Frage auf, wie die Professoren die Qualität der Vorbereitung

²³⁷ Vgl. Frage 1, Sektion D, M³QA, Anhang 1: „Apart from excellent research and training which secondary goals do you want to be fulfilled in a computational chemistry PhD project in your lab?“

ihrer Studenten im Hinblick auf einen industriellen Modelling-Job beurteilen.²³⁸ Auf einer zehnstufigen Skala gaben immerhin 20% der akademischen Forscher an, dass ihre Promotionsstudenten wenig bis unterdurchschnittlich auf eine Industriestelle als Modeller vorbereitet seien (Werte von höchstens 4 auf der Skala), wohingegen 46% den Grad an Vorbereitung ihrer Studenten mit mindestens 7 von 10 möglichen Punkten bewerteten. Insgesamt beurteilten die akademischen Forscher die Vorbereitung ihrer Studenten mit einem Mittelwert von 6 eher positiv.

„Pharma-Professoren“ beurteilten die Vorbereitung ihrer Promotionsstudenten auf einen industriellen Modelling-Job als besser (CV: 0,304 mit näherungsweise $p=0,007$), genauso wie akademische Forscher, die ihre eigene (SR: 0,246 mit $p=0,003$) und die industrielle Kooperationsbereitschaft (0,238 mit $p=0,004$) sowie die industrielle „Awareness“ für ihren Arbeitskreis (0,384 mit $p=0,000$) höher einschätzten. Wenn die industriellen CCT-Bedürfnisse eine wichtige Rolle bei Etablierung und Entwicklung der Forschungsagenda spielten (0,376 mit $p=0,000$) und auch der Fit zwischen den eigenen Forschungsinteressen und den industriellen Bedürfnissen (0,348 mit $p=0,000$) höher war, wurden die eigenen Studenten ebenfalls als in einem höheren Maße auf einen industriellen Modelling-Job vorbereitet eingeschätzt. Interessanterweise hat aber die tatsächliche Kooperationsintensität der Professoren keinen signifikanten Einfluss auf deren Urteil, inwieweit ihre Studenten auf einen industriellen Modelling-Job vorbereitet sind.

Tab. 52: Vorbereitung der Studenten auf industriellen Modelling-Job

Grad an Vorbereitung	Anzahl Professoren (N = 151)	in v. Hd.
0 (kaum)	0	0%
x	4	2,6%
xx	8	5,3%
xxx	9	6,0%
xxxx	9	6,0%
xxxxx	31	20,5%
xxxxxx	21	13,9%
xxxxxxx	23	15,2%
xxxxxxxx	31	20,5%
xxxxxxxxx	8	5,3%
10 (exzellent)	7	4,6%
Mittelwert: 6,1	Std.-Abw.: 2,2	Median: 6

Wie sich die industriellen Berufschancen für einen durchschnittlichen Promotionsstudenten während der letzten fünf Jahre entwickelten, sollten die Professoren ebenfalls bewerten.²³⁹ Die größte Gruppe stellten mit 34% diejenigen akademischen Forscher dar, die von sinkenden Chancen überzeugt waren. 27% der Befragten beurteilten die Berufschancen in dieser Zeit als konstant. Lediglich 14% der Professoren glaubten an steigende Chancen während dieser Periode, einen industriellen Job zu ergattern. Dieses Ergebnis bestätigt das eher pes-

²³⁸ Vgl. Frage 3, Sektion D, M³QA, Anhang 1: „On a scale from 0 to 10 how well are PhDs of your laboratory prepared for an industrial modelling job? (0: poorly – 10: excellently)“

²³⁹ Vgl. Frage 3, Sektion C, M³QA, Anhang 1: „Do you consider the chance for an average PhD student to get an industry job during the last 5 years has been overall ... (... not applicable, no obvious trend, decreasing, constant, increasing)“

simistische Bild der Berufschancen von ausgebildeten Modellern, das sich aus einführenden Interviews zu diesem Forschungsprojekt bereits ableiten ließ.

Tab. 53: Trend: Chance auf Industriestelle (während letzte 5 Jahre)

Chance war ...	Anzahl Professoren (N = 150)	in v. Hd.
1: nicht anwendbar	7	4,7%
2: kein eindeutiger Trend	31	20,7%
3: sinkend	51	34,0%
4: konstant	40	26,7%
5: steigend	21	14,0%

Mit Hilfe einer Liste möglicher beruflicher Betätigungsfelder für CCT-Experten sollten die Professoren den Verbleib ihrer ehemaligen Promotionsstudenten, sofern bekannt, darlegen.²⁴⁰ Um eine einfache Handhabbarkeit dieser Frage für alle akademischen Forscher zu gewährleisten, konnten diese ihre Angaben pro Betätigungsfeld wahlweise in relativer Form (in Prozent ihrer ehemaligen Studenten) oder in absoluter Form (Anzahl der ehemaligen Studenten) machen, was allerdings die Auswertung erschwerte. Von den insgesamt 143 Professoren, die die Frage nach dem Verbleib ihrer Studenten beantworteten, taten dies 73 in relativer und 70 in absoluter Form. Mit Hilfe der beiden Antwortformen, die zunächst separat voneinander ausgewertet wurden, gelang es eine Rangfolge der Betätigungsfelder nach absteigender Relevanz zu erstellen (siehe Tabelle 54). Im Wesentlichen fand der Median zur Erstellung dieser Rangfolge Verwendung.²⁴¹

Tab. 54: Verbleib ehemaliger Promotionsstudenten

Betätigungsfeld	Prozent (N=73)		Anzahl (N=70)	
	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert
Öffentliche Forschung	30	30,0%	1	1,8
Chem/pharm Industrie	15	20,6%	1	1,6
Aus- und Weiterbildung	15	21,8%	1	1,2
Informatik/IT	10	18,2%	0,5	0,90
Beratungsdienstleistung	0	3,2%	0	0,21

In der öffentlichen Forschung kamen die meisten ehemaligen Promotionsstudenten unter, dies sind durchschnittlich 30% der Studenten der „relativen“ Professoren. Arithmetisches Mittel und Median stimmen hier exakt überein. Von den „absoluten“ Professoren engagierten sich im Mittel 1,8 ehemalige Studenten in der öffentlichen Forschung. Den zweithäufigsten Betätigungsbereich stellt die chemische Industrie dar. Eine Hälfte der „relativen“ Professoren gab an, die Zahl ihrer Studenten in der chemischen und pharmazeutischen Industrie liege unter 15%. Absolut gesehen kamen durchschnittlich 1,6 ehemalige Studenten in der Chemie-/Pharma-Branche unter. Mit einem Median von ebenfalls 15% bzw. einer durchschnittlichen Anzahl von 1,2 Studenten war der Aus- und Weiterbildungsbereich ähnlich wichtig wie die chemische/pharmazeutische Industrie. Der Informatik- bzw. IT-Bereich war mit einem

²⁴⁰ Vgl. Frage 1, Sektion C, M³QA, Anhang 1: „As far as you know, what did your former students do after PhD completion?“

²⁴¹ Der Median ist derjenige Wert der sortierten Stichprobe, unterhalb und oberhalb dessen jeweils die Hälfte der Messwerte liegen und teilt damit die Stichprobe in zwei gleiche Hälften. Im Unterschied zum arithmetischen Mittelwert wird der Median von extremen Werten (Ausreißern) praktisch kaum beeinflusst.

Median von 10% bzw. durchschnittlich 0,9 Studenten ebenfalls noch ein Bereich in dem promovierte Modeller unterkamen, wohingegen der Consulting-Bereich eher unwichtig war.

Weitere mögliche Beschäftigungsfelder für ehemalige CCT-Promotionsstudenten wurden von 25 Professoren genannt. Dabei sind vor allem „Post-Doc-Positionen“ (fünfmalige Nennung mit z.T. sehr hohen Prozentsätzen von 60 bis 80%), „finance/banking“ (siebenmalige Nennung mit 10 bis 15% der Ehemaligen), „business“ (zweimalige Nennung mit 10 bis 20%) und „Patente bzw. Patentanwalt“ (zweimalige Nennung mit 20 bis 30%) erwähnenswert.

Nach der Durchführung einer Kontingenzanalyse stellte sich heraus, dass Professoren, die eine höhere Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen hielten, die mehr Zeit in diese Kooperationen investierten, bzw. die einen höheren industriellen Budgetanteil auswiesen, signifikant mehr ihrer PhD-Studenten nach erfolgter Promotion in der chemischen/pharmazeutischen Industrie unterbringen konnten. Dies war ebenfalls für Professoren der Fall, die die industrielle „Awareness“ für ihren Arbeitskreis als höher bewerteten.

Dagegen wirkte sich eine größere industrielle Nähe der Forschungsagenda der akademischen Forscher bzw. eine höhere Kooperationsbereitschaft nicht positiv auf den Transfer von PhD-Studenten in die chemische/pharmazeutische Chemie aus.

Tab. 55: Korrelationstabelle Kooperationsaktivität/Studenten-Placement

	chem/pharm Industrie (C11) (Prozent)	chem/pharm Industrie (C11) (Anzahl)
Anzahl Kooperationen (E1)	PN: 0,368 (0,002)	PN: 0,276 (0,021)
Industrieller Budgetanteil (E9)	PN: 0,373 (0,002)	PN: 0,609 (0,000)
Täglicher Zeitbedarf für Kooperationen (A32)	SR: 0,379 (0,001)	SR: 0,311 (0,010)
Industrielle „Awareness“ (B4)	PN: 0,371 (0,001)	PN: 0,324 (0,006)

Die Frage, welche(s) Unternehmen sie einem ausgebildeten PhD-Studenten ihres Arbeitskreises für eine zukünftige Tätigkeit empfehlen würden, beantworteten lediglich 83 (54%) der befragten Professoren.²⁴² Die 203 erhaltenen Antworten beziehen sich auf insgesamt 75 Unternehmen. Die am häufigsten genannten Unternehmen waren Sanofi-Aventis (16mal), BASF (14mal), AstraZeneca (13mal), Roche (11mal), GlaxoSmithKline (10mal), Bayer (10mal) und Novartis (10mal).

3. Ausbildung von Nicht-Experten

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den CCT-Kenntnissen von experimentellen Chemikern, die diesen helfen sollen Potential und Nutzen dieser Technologien besser einzuschätzen, um in industriellen Projekten eine Erfolg versprechende Kooperation mit Modellen zeit- und problemnah suchen und eingehen zu können. Welche CCT-relevanten Inhalte experimentelle Chemiker gemäß den befragten Professoren zu diesem Zweck lernen und verinnerlichen sollten, wurde mit Hilfe vorgegebener Lerninhalte, die auf einer fünfstufigen Skala von „1: unwichtig“ bis „5: wichtig“ zu bewerten waren, erhoben.²⁴³ Mit einem Bedeutungsindex von

²⁴² Vgl. Frage 2, Sektion C, M³QA, Anhang 1: „Which company(ies) would you recommend to a trained PhD student from your lab looking for an industry job?“

²⁴³ Vgl. Frage 5, Sektion D, M³QA, Anhang 1: „What would you wish experimentalists to learn and retain about computational chemistry during education?“

92 erhielt dabei das Verständnis für Vorteile und Grenzen von CCT die höchste Priorität. Als ebenfalls im höchsten Maße relevant wurden der „Überblick über Methoden und Modelle“ sowie die „Kenntnis von Anwendungsfeldern“ genannt. Auch „Erfahrungen aus praktischen Übungen“ mit diesen Technologien zu vermitteln schien den Professoren ein wichtiges Ziel in der Ausbildung von Nicht-Experten zu sein. Dagegen stand der „Ausblick auf zukünftige Modelling-Entwicklungen“ und vor allem die „historische CCT-Entwicklung“ diesbezüglich weniger stark im Fokus der akademischen Forscher.

Tab. 56: Wichtige Lerninhalte für Experimentalisten

Lerninhalte	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Vorteile und Grenzen von CCT verstehen	152	4,7	92
Überblick über Methoden und Modelle	152	4,1	77
Kenntnis von Anwendungsfeldern	152	4,0	76
Erfahrung aus praktischen Übungen	151	3,8	66
Ausblick auf zukünftige CCT-Entwicklungen	149	3,5	46
Überblick über historische CCT-Entwicklung	148	2,1	32

Zur Erlangung dieser Ziele sind bestimmte materielle und immaterielle ausbildungsrelevante Voraussetzungen und Ausstattungsmerkmale, wie z.B. eine ausgezeichnete Computerausstattung bzw. eine angemessene Ausbildungszeit für CCT unumgänglich. In diesem Zusammenhang wurden die Professoren gebeten, eine Liste von vier ausbildungsrelevanten Standards in ihrem Umfeld auf einer fünfstufigen Skala von „1: inadäquat“ bis „5: optimal“ zu bewerten.²⁴⁴ Zufrieden scheinen die Professoren mit der Hardware-Ausstattung für die Ausbildung zu sein, allerdings erhielten die anderen Ausstattungsmerkmale weit schlechtere Noten. Die Mitarbeiterzahl, die für Ausbildungszwecke zur Verfügung stand, kann gerade noch als durchschnittlich durchgehen, obwohl bereits 38% der Befragten dieses Ausstattungsmerkmal als eher inadäquat (Kategorien 1 und 2) beurteilten. Das „finanzielle Budget für die Ausbildung“ und die „Ausbildungszeit für CCT innerhalb des Chemiecurriculums“ müssen dagegen als suboptimal bezeichnet werden, denn mit 44 bzw. 45% waren nahezu die Hälfte der Professoren der Meinung, inadäquate Verhältnisse vorliegen zu haben (Kategorien 1 und 2).

Tab. 57: Ausbildungsrelevante Ausstattungsmerkmale des Arbeitskreises

Ausstattungsmerkmal	Professoren insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Computerausrüstung für Ausbildung	149	3,7	68
Mitarbeiterzahl für Ausbildung	149	2,9	30
finanzielles Budget für Ausbildung	149	2,7	27
Ausbildungszeit für CCT im Chemiecurriculum	148	2,8	26

²⁴⁴ Vgl. Frage 6, Sektion D, M³QA, Anhang 1: „In order to reach these goals how do you judge the following educational settings in your laboratory?“

Wurde die Kontaktart „kooperative Forschung“ als wichtig erachtet, so wurde das finanzielle Budget für die Ausbildung als eher inadäquat beurteilt (-0,230 mit $p=0,009$).

Professoren, für die das Warten auf einen Anruf der Industrie eine erfolgreichere Strategie zur Gewinnung neuer Kooperationspartner darstellte, beurteilten auch die Curriculumzeit für CCT als optimaler (0,246 mit $p=0,007$).

Um eine Abschätzung der Rolle, die CCT für experimentelle Arbeiten an den akademischen Forschungseinrichtungen der Professoren spielt, zu ermöglichen, wurden diese nach dem Trend der Anzahl an Studenten, die solche Berechnungen für ihre experimentell-wissenschaftlichen Arbeiten nutzen, befragt.²⁴⁵ Tabelle 58 fasst die erhaltenen Antworten zusammen. Mit 61% berichtete die Mehrheit der akademischen Forscher über einen steigenden Trend, einen konstanten Trend verzeichneten immerhin 20%. Nur wenige Professoren sahen die Zahl der Studenten, die auf CCT zur Unterstützung ihrer experimentellen Projekte zurückgriffen, geringer werden. Insgesamt spielen CCT damit auch in akademischen Forschungsprojekten eine wachsende Rolle.

Tab. 58: Trend: Studentenzahl, die CCT nutzen

Trend Studentenzahl	Anzahl Professoren (N = 147)	in v. Hd.
1: nicht anwendbar	2	1,4%
2: kein eindeutiger Trend	19	12,9%
3: sinkend	7	4,8%
4: konstant	30	20,4%
5: steigend	89	60,5%

Zusammenfassung:

Dieser Abschnitt beschäftigt sich neben den Softskills der Modeller, mit der theoretischen Ausbildung von angehenden Modellern und experimentellen Chemikern sowie den Berufsperspektiven der akademischen CCT-Experten.

Mit deutlicher Mehrheit identifizieren die akademischen Forscher und ihre industriellen Kollegen die „Kommunikationsfähigkeit“ als Softskill, das für Modeller eine größere Bedeutung als für experimentelle Chemiker besitzt. Aber auch „Flexibilität“ und „Teamegeist“ werden von nahezu der Hälfte der Antwortenden beider Parteien als in diesem Zusammenhang relevant beurteilt. Was „Überzeugungskraft“ und „Diplomatie“ betreffen, kommt es zu starken Bewertungsunterschieden dahingehend, dass diese von wesentlich mehr industriellen Experten als für Modeller wichtigere Softskills bewertet werden.

„Kooperationen mit experimentellen Kollegen“ und „Vorbereitung auf einen Job nach der Promotion“ stellen für die befragten Professoren die beiden mit Abstand wichtigsten zweitrangigen Ziele (neben exzellenter Forschung und Lehre) innerhalb der Forschungsprojekte ihrer Doktoranden dar. Einen „Überblick über alle relevanten CC-Technologien“ zu erhalten, wird ebenfalls als bedeutend eingeschätzt. Die Erlangung

²⁴⁵ Vgl. Frage 7, Sektion D, M³QA, Anhang 1: „A number of experimental PhD students take advantage of your lab's expertise in order to incorporate calculations in their scientific work. Is this number of students actually ... (... not applicable, no obvious trend, decreasing, constant, increasing)?“

von „Kenntnissen industrierelevanter Modelling-Probleme“ und das „Kennen lernen von kommerzieller Software“ spielen dagegen lediglich eine untergeordnete Rolle. Allerdings beurteilen solche Professoren, die mit der Industrie hauptsächlich im Pharma-Bereich kooperieren („Pharma-Professoren“) und damit auch ihre eigene Kooperationsbereitschaft positiver bewerten, ebenfalls die Relevanz des Wissens um industrierelevante Problemstellungen als höher. Akademische Forscher, deren Forschungsinteressen und -agendas stärker an industriellen Bedürfnissen ausgerichtet sind, die über eine höhere Anzahl an industriellen Kooperationsprojektbeteiligungen bzw. über einen größeren industriellen Anteil an ihrem Forschungsbudget verfügen, sehen dieses „praktische Wissen“ auch eher als wichtiger an.

Während nahezu die Hälfte der Professoren angeben, dass ihre Doktoranden gut bis sehr gut auf einen industriellen Modelling-Job vorbereitet sind, sind immerhin 20% der Meinung, die diesbezügliche Vorbereitung ihrer Studenten sei gering bis unterdurchschnittlich ausgeprägt. Erwartungsgemäß bewerten „Pharma-Professoren“ bzw. solche, die ihre eigene und die industrielle Kooperationsbereitschaft sowie die industrielle „Awareness“ für ihren Arbeitskreis höher einschätzen, auch die Vorbereitung ihrer Promotionsstudenten auf einen Modelling-Job positiver. Obwohl der Grad an industrieller Nähe der Forschungsinteressen und Forschungsagendas einen positiven Einfluss auf die Beurteilung der Vorbereitungsqualität auf einen industriellen Modelling-Job ausübt, ist dies interessanterweise für die tatsächliche Kooperationsintensität der Professoren – also die Anzahl an Kooperationen, den täglichen Zeitbedarf für Kooperationen und den industriellen Anteil am Forschungsbudget – nicht der Fall.

Die Chance, die ein durchschnittlicher CCT-Doktorand während der letzten fünf Jahre auf einen begehrten industriellen Modelling-Job hatte, beurteilen die meisten Professoren als tendenziell sinkend. Steigende Chancen werden nur von wenigen akademischen Forschern eingeräumt.

Auch der Frage nach dem Verbleib der Studenten nach abgeschlossener Promotion wurde nachgegangen. Im Durchschnitt gelingt es 20% und damit jedem fünften Promotionsstudenten einen industriellen Modelling-Job in der chemischen/pharmazeutischen Industrie zu erlangen. In etwa gleich viele Doktoranden finden sich im Bereich „Aus- und Weiterbildung“ wieder, in der öffentlichen Forschung kommen dagegen mit 30% die meisten Doktoranden unter. Die Informatik- und IT-Branche stellt für die akademischen Experten nach der chemischen und pharmazeutischen Industrie das wichtigste Berufsfeld dar. Ebenfalls Erwähnung finden die Bereiche „finance/banking“, „business“ und „Patente bzw. Patentanwalt“.

Wenn die Kooperationsintensität der Professoren stärker ist, sie also mehr mit der Industrie kooperieren, täglich mehr ihrer Forschungszeit für diese Kooperationen investieren und damit auch über einen größeren industriellen Budgetanteil verfügen, bringen sie auch signifikant mehr ihrer Doktoranden in der chemischen und pharmazeutischen Industrie unter.

Sanofi-Aventis (16malige Nennung), BASF (14mal), AstraZeneca (13mal), Roche (11mal), Bayer (10mal) und Novartis (10mal) sind die Unternehmen, die die befragten Professoren am häufigsten ihren Doktoranden für eine zukünftige Tätigkeit empfehlen.

An Hand einer Liste sollten diejenigen CCT-relevanten Lerninhalte identifiziert werden, die die Professoren am ehesten von experimentellen Chemikern erlernt und verinnerlicht sähen. In der Reihenfolge absteigender Relevanz sind dies vor allem das „Verständnis für Vorteile und Grenzen von CCT“, der „Überblick über Methoden und Modelle“, die „Kenntnis von Anwendungsfeldern“ und das Erlangen von „Erfahrungen aus praktischen Übungen“.

Die Computerausrüstung für die Ausbildung der Studenten wird von den befragten akademischen Forschern als durchaus optimal bewertet. Allerdings fällt die Beurteilung der restlichen drei ausbildungsrelevanten Ausstattungsmerkmale „Mitarbeiterzahl für Ausbildungszwecke“, „finanzielles Budget für die Ausbildung“ und „Ausbildungszeit für CCT innerhalb des Chemiecurriculums“ wesentlich weniger positiv aus. Besonders die beiden letztgenannten Ausstattungsmerkmale werden mehrheitlich als inadäquat kritisiert.

Die akademischen Forscher beurteilen die Anzahl an Studenten, die während ihrer experimentellen Projekte irgendwann auf eine theoretische Unterstützung zurückgreifen mit 61% mehrheitlich als tendenziell steigend. Nur wenige Professoren berichten über in dieser Hinsicht sinkendes Interesse an CCT.

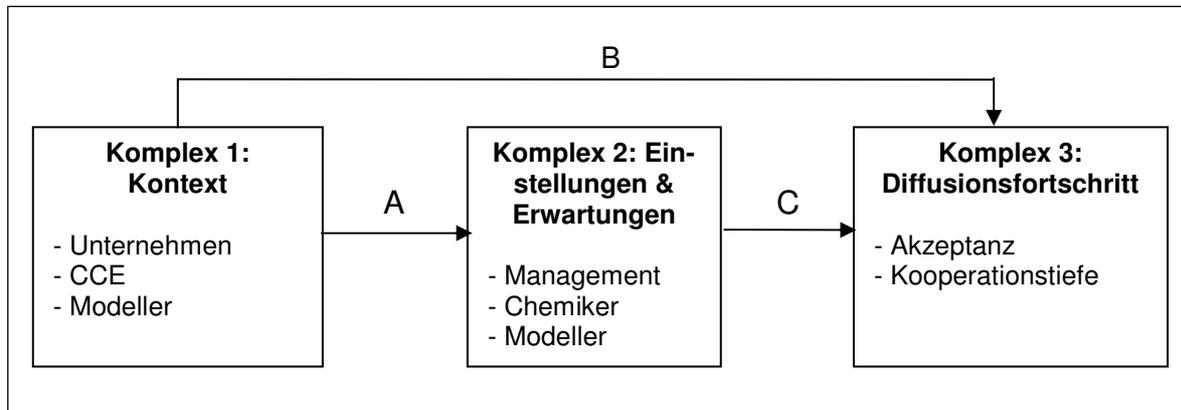
5.5 Ergebnisse „intra firm“-Diffusion und Akzeptanz

5.5.1 Bezugsrahmen und Hypothesen

Das vorliegende Kapitel erläutert den Bezugsrahmen zum Untersuchungsschwerpunkt „intra firm“-Diffusion von CCT, der hauptsächlich auf Fragen des M³QI beruht.

Die Grundlage für den nachfolgenden Bezugsrahmen, der zur Erstellung der nachfolgenden empirischen Erhebung dient, bildet der „intra firm“-Teil der Gesamtkonzeption (siehe Abschnitt 5.1) und gießt diesen in eine empirisch nachvollziehbare Form. Die Darstellung der Befunde wird dabei immer wieder Bezug auf die folgende Abbildung nehmen.

Abb. 5: Bezugsrahmen „intra firm“-Diffusion



Die empirische Studie zur „intra firm“-Diffusion von CCT ist, wie im Fall der Untersuchung bezüglich des Technologietransfers von CCT, in sechs Untersuchungseinheiten, Komplexe genannt, aufgeteilt, die im Nachfolgenden eine kurze Erläuterung finden sollen.

Im Mittelpunkt stehen dabei die Einstellungen und Erwartungen der drei CCT-Akteure Management, Chemiker und Modeller bezüglich dieser Technologien, die einen eigenen Untersuchungskomplex bilden. In diesem Teil beschäftigen wir uns unter anderem mit der Frage, ob die (hohen) Erwartungen von Managern und Chemikern realistisch bezüglich der Leistungsfähigkeit von CCT sind. Aber auch die Stärke des Widerstands / Widerwillens der Chemiker und die Experten-Bewertung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation werden behandelt. Ebenfalls in diesem Komplex sollen Zusammenhänge zwischen Einstellungen und Erwartungen der einzelnen CCT-Akteure untereinander aufgedeckt werden.

Der Diffusionsfortschritt von CCT, der sich aus dem Grad der Akzeptanz und der Kooperationstiefe zwischen Chemikern und Modellen ergibt, ist Gegenstand des dritten Untersuchungskomplexes. Der Grad der Chemiker-Anerkennung der CCT-Leistungsfähigkeit wird hier genauso beleuchtet, wie die Frage, ob Modeller zu spät in experimentelle Projekte integriert werden. Das Aufdecken möglicher Einflüsse der Variablen des Diffusionsfortschritts untereinander ist in diese Untersuchung eingeschlossen.

Mit Hilfe des Kontextkomplexes soll die Umwelt des Modellers beschrieben werden, um so die Situation zu beleuchten, in der industrielle Experten arbeiten. Dabei lässt sich der Kontextkomplex je nach Größe der Untersuchungssphäre, in die der Modeller platziert wird, in

drei Kontextbereiche untergliedern: Das Unternehmen, die CCG (Computational Chemistry Group) und der Modeller selbst. Auch in diesem Komplex wird auf mögliche Zusammenhänge zwischen den Kontextvariablen geprüft.

Neben den zunächst isoliert dargestellten drei Untersuchungskomplexen wird das Ziel verfolgt, die Beziehungen und Zusammenhänge zwischen diesen Komplexen zu untersuchen. Die in Abbildung 1 mit A, B und C bezeichneten Pfeile kennzeichnen die Untersuchungsrichtungen. Die Buchstaben stehen dabei symbolisch für angenommene Zusammenhänge. Zur Orientierung welche konkreten Problemstellungen hinter den Beziehungen bzw. Pfeilen in der Abbildung stehen, dienen die folgenden Fragen:

Komplex A:

- Welchen Einfluss haben unternehmensspezifische Faktoren auf die Einstellungen und Erwartungen von Management, Chemikern und Modellern?
- Kommt es zu Unterschieden in den Einstellungen und Erwartungen von Management, Chemikern und Modellern je nach Tätigkeitsland?
- Sind die Tätigkeitsfelder, wie z.B. Pharma, Agro, Polymere mit den Einstellungen und Erwartungen von Management, Chemikern und Modellern korreliert?
- Sind die Einstellungen und Erwartungen des Managements, der Chemiker und/oder der Modeller abhängig von personenspezifischen Faktoren der Modeller, wie Anzahl an Beschäftigungsjahren, an aktuellen Projektbeteiligungen oder an Patenten?

Komplex B:

- Inwieweit beeinflussen unternehmensspezifische Faktoren Akzeptanz und Kooperationsstiefe und damit den Diffusionsfortschritt von CCT?
- Haben die Tätigkeitsfelder einen Einfluss auf den Diffusionsfortschritt?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Tätigkeitsland und dem Diffusionsfortschritt von CCT?
- Ist der Diffusionsfortschritt abhängig von personenspezifischen Faktoren der Modeller wie Anzahl an Beschäftigungsjahren, an aktuellen Projektbeteiligungen oder an Patenten?

Komplex C:

- Welchen Einfluss haben Einstellungen und Erwartungen des Managements auf den Diffusionsfortschritt?
- Inwieweit beeinflussen die Einstellungen und Erwartungen der Chemiker den Diffusionsfortschritt?
- Ist die Beurteilung des Diffusionsfortschritts von der allgemeinen und speziellen Einstellung der Experten bezüglich Modelling-Umfeld und -Praxis abhängig?

Folgende übergeordnete Grundannahmen zu Zusammenhängen, sollen diesem empirischen Teil als Anleitung dienen und gleichzeitig dessen Ziele abstecken:²⁴⁶

²⁴⁶ Die Buchstaben-/Zahlenkombinationen kodieren in der Folge die entsprechenden Fragen des M³QI (siehe Anhang 2).

Wenn die „intra firm“-Diffusion von CCT fortgeschritten ist, sollten die meisten Chemiker anerkennen was CCT bringt (E15). Diese sollten dann verstärkt Initiative zur Kontaktierung von und Kooperationen mit Modellern (C6) zeigen und letztere frühzeitig ins „Projektboot“ holen (E13) und nicht erst dann wenn unlösbare Probleme auftauchen. Eine fortgeschrittene Diffusion setzt voraus, dass die strategische Relevanz von CCT für F&E²⁴⁷ vom Management klar erkannt wird (D5) und die Management-Unterstützung für die CCG(n) nachhaltig ist (D4), also die Einstellungen des Managements optimal sind. Die Erwartungen des Managements bezüglich des CCT-Potentials müssen realistisch sein (E12).

Nur wenn der Widerstand / Widerwillen der Chemiker gegen die Nutzung von CCT (C4) nicht überhand nimmt, und die Erwartungen der Chemiker realistisch sind (E17, E19), kann die Diffusion von CCT erfolgreich verlaufen. Ist diese Diffusion zu einem Modeller-unabhängigen Selbstläufer geworden, sollte der wichtigste Mechanismus zur Erweiterung des Nutzerkreises die Mund-zu-Mund-Propaganda zwischen Chemikern sein (C7, C71). Die Ablehnungsquote von Support-Anfragen der Chemiker an Modeller (C2), die als eine Art Auslastung der CCG interpretiert wird, sollte im Falle einer engen Kooperation zwischen Modellern und Chemikern hoch aber nicht zu hoch sein, da dies wiederum Widerstand verursachen kann. Der stärkste Ablehnungsgrund (C3) wäre in diesem Fall „fehlende Zeit der Modeller“. Insgesamt sollten Modeller davon überzeugt sein, dass ihre Aktivitäten dem Unternehmen helfen einen Wettbewerbsvorteil (E11) aufzubauen. Eine positive Bewertung des industriellen Modelling-Umfeldes (E16, E110) sollte ebenfalls vorliegen.

Am weitesten sollte die Infra-Firm-Diffusion in großen (A2) Pharma (A3, A41)- Unternehmen mit vielen Modellern (D1) fortgeschritten sein. Im Idealfall sind Modeller in einigen experimentellen Projekten gleichzeitig investiert (D3) und sehen sich daher als „project cross fertili-zer“, eine Art globaler Ideengeber über Projekt-Grenzen hinweg. Aus diesen multiplen Projektbeteiligungen resultiert schließlich eine Vielzahl an Patenten (D6).

Dieses Geflecht von Zusammenhängen wurde auf die einzelnen Untersuchungskomplexe heruntergebrochen und z.T. mit Hilfe von Hypothesen operationalisiert, die in den entsprechenden Kapiteln kritisch geprüft werden.

Es wird an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass die nachfolgenden Auswertungen sich auf die Ergebnisse des M³QI beziehen, und damit entsprechende Meinungen und Bewertungen ausschließlich durch die europäischen industriellen Modeller als der relevanten Zielgruppe zur Verfügung stehen. Dies muss besonders dann berücksichtigt werden wenn diese Bewertungen andere in der „intra firm“-Diffusion involvierte soziale Gruppen, z.B. Chemiker betreffen. Wird nachfolgend also beispielsweise ein „hoher Widerwillen / Widerstand der (synthetischen) Chemiker gegen CCT“ festgestellt, so spiegelt dies ausschließlich die Beurteilung durch die industriellen Modeller wider und kann nicht als allgemeingültige Aussage verstanden werden. Somit müsste also korrekterweise von „die Modeller beurteilen den Widerstand / Widerwillen der Chemiker gegen CCT als hoch“ gesprochen werden. Allerdings wird, um die notwendigen Ausführungen v.a. im Falle von Korrelationen nicht unnötig zu verkomplizieren, der Umstand der Subjektivität und der damit verbundenen Einschränkungen in der Folge nicht ständig explizit erwähnt.

²⁴⁷ Forschung und Entwicklung

5.5.2 Deskriptive Analyse des Kontextkomplexes

Dieses Kapitel soll einen Überblick vermitteln, in welcher Art von Unternehmen die industriellen Modeller arbeiten (Unternehmens-Umfeld), welche Charakteristika die CCG aufweisen, in denen die Experten tätig sind (Modelling-Umfeld), sowie über die personenbezogenen Eigenschaften der Modeller (Modeller-Umfeld). Die Variablen des Kontextkomplexes können einen gewichtigen Einfluss auf die Beurteilung der allgemeinen und unternehmensinternen CCT-Situation, der Einstellungen der CCT-Akteure und des Diffusionsfortschritts durch die Experten haben.

5.5.2.1 Unternehmens-Umfeld

Das Unternehmensumfeld wird durch die vier Variablen Internationalität, Unternehmensgröße, prozentuale F&E-Ausgaben und Expertenzahl im Unternehmen operationalisiert.

1. Nationalität/Internationalität

Zunächst wurden die Modeller danach gefragt, welche Aussage ihr Unternehmen am besten beschreibt: großes multinationales Unternehmen, nationaler Champion oder Tochterunternehmen einer Holding, Mehrfachantworten waren dabei möglich.²⁴⁸ Mit 90,0% (in Prozent der Fälle) stellt die Gruppe der Modeller in großen multinationalen Unternehmen die Mehrheit dar, wohingegen nur 12,0% angaben, ihr Unternehmen sei ein nationaler Champion. Modeller, die für eine Holding-Tochter aktiv waren (8,0% der Fälle) wurden bei den weiteren unternehmensspezifischen Fragen aufgefordert Angaben für das jeweilige Tochterunternehmen und nicht die gesamte Holding-Gesellschaft zu machen.

2. Unternehmensgröße (Anzahl der Beschäftigten)

Einen Überblick über die Größe der (Tochter-)Unternehmen mittels der Anzahl der Beschäftigten in der Antwortgesamtheit enthält Tabelle 59.²⁴⁹ Danach gehörten die Modeller nahezu paritätisch entweder Organisationen von 1.000 bis 30.000 oder 30.000 bis 100.000 Beschäftigten an, wobei die Mehrheit (34,7%) aus den zahlenmäßig größten Unternehmen kommen (>60.000 Beschäftigte). Abgesehen von relativ kleinen Unternehmen von 0 bis 1.000 Beschäftigten (nur ein Fall) scheinen die Modeller über alle Unternehmensgrößen verteilt, ein scheinbarer Widerspruch zu der Tatsache, dass 90% der Modeller angaben, in einem großen multinationalen Unternehmen zu arbeiten. Allerdings steht zu beachten, dass, zum einen, Modeller von Holding-Töchtern, wie z.B. Bayer CropScience nur die Anzahl der Beschäftigten der Tochter angeben sollten und, zum anderen, auch Unternehmen mit weniger als 10.000 Beschäftigten multinational ausgerichtet sein können.

In diesem Kontext erscheint die Frage interessant, ob ein (statistisch signifikanter) Zusammenhang zwischen der Größe der Unternehmen und dem Tätigkeitsfeld existiert. Von den zehn Nicht-Pharma-Unternehmen der Stichprobe gehört die eine Hälfte zu den mittelgroßen (Kategorie 3) und die zweite Hälfte zu den sehr großen Unternehmen (Kategorie 5). Auch die Verteilung der Größe von Pharmaunternehmen in der Stichprobe ist zweigipflig, denn eine

²⁴⁸ Vgl. Frage 1, Sektion A, M³QI, Anhang 2: „Please tick off what best describes your company type.“

²⁴⁹ Vgl. Frage 2, Sektion A, M³QI, Anhang 2: „How many people are working for your company (subsidiary)?“

Mehrzahl der Unternehmen entfällt auf die Kategorien 2 und 5. Somit kann mit Hilfe des Tätigkeitsfeldes nicht auf die Unternehmensgröße geschlossen werden.

Tab. 59: Zahl der Beschäftigten im Unternehmen

Beschäftigte in Tausend	Anzahl Modeller (N = 49)	in v. Hd.
1: < 1	1	2,0%
2: 1 bis 10	13	26,5%
3: 10 bis 30	11	22,4%
4: 30 bis 60	7	14,3%
5: > 60	17	34,7%

3. Forschungs- und Entwicklungs-Ausgaben

Eng verknüpft mit der Unternehmensgröße sind die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E-Ausgaben) eines Unternehmens. Da ein größeres Unternehmen normalerweise auch über ein höheres F&E-Budget verfügen, sind eher Vergleiche der prozentualen F&E-Ausgaben (in Prozent vom Umsatz) interessant. Auffallend ist, dass nur 60% der antwortenden Modeller eine Angabe über die F&E-Ausgaben machen,²⁵⁰ obwohl die meisten der Unternehmen diese Zahlen im Internet und/oder in Jahres- bzw. Forschungsberichten regelmäßig veröffentlichen. Offensichtlich wird diese Zahl von den Modellen, falls ihnen bekannt, als vertraulich erachtet. Die Hälfte der Modeller, die diese Frage beantworteten, arbeitete in einem Umfeld mit sehr hohen Forschungsausgaben von mindestens 16%. Der Rest der Modeller teilt sich nahezu paritätisch in die beiden Kategorien 11 bis 15% bzw. höchstens 10% auf. Interessanterweise überwiegen in letzter Kategorie die Experten in Unternehmen mit prozentualen F&E-Ausgaben von höchstens 5%.

Tab. 60: Prozentuale F&E-Ausgaben

Ausgaben F&E % vom Umsatz	Anzahl Modeller (N = 30)	in v. Hd.
1: 1 bis 5	5	16,7%
2: 6 bis 10	2	6,7%
3: 11 bis 15	8	26,7%
4: 16 bis 20	14	46,7%
5: > 20	1	3,3%
Mittelwert: 14,3	Std.-Abw.: 6,4	Median: 15

Bringt man die Unternehmensgröße ins Spiel, lässt sich zeigen, dass eine mittelstarke²⁵¹ und negative Korrelation zwischen der Anzahl an Beschäftigten und den prozentualen F&E-Ausgaben existiert. Der Spearman'sche Korrelationskoeffizient (abgekürzt SR)²⁵² nimmt ei-

²⁵⁰ Vgl. Frage 3, Sektion A, M³QI, Anhang 2: „Please indicate the actual R&D expenditure-to-sales ratio of your company (subsidiary).“

²⁵¹ Die Stärke des linearen Zusammenhangs kann unterschiedlich interpretiert werden. Wir folgen der Klassifizierung von Brosius 1998, S. 503, der nach dem absoluten Betrag der Korrelationskoeffizienten unterteilt in sehr schwache (0 bis 0,20), schwache (0,20 bis 0,40), mittelstarke (0,40 bis 0,60), starke (0,60 bis 0,80) und sehr starke Zusammenhänge (über 0,80). Im Nachfolgenden werden dieser Klassifikation folgend ausschließlich mindestens schwache Korrelationen betrachtet.

²⁵² Die Auswahl des entsprechenden Korrelationskoeffizienten erfolgt in Abhängigkeit des Skalenniveaus der Variablen mit Hilfe folgender Rangfolge: Sind beide Variablen dichotom, findet der Phi-Koeffizient Anwendung (Werte zwischen -1 und 1, abgekürzt: Phi). Ist nur einer der beiden Variablen dichotom, wird der Kontingenzkoeffizient Cramer's V (Werte zwischen 0 und 1, abgekürzt: CV) verwendet. Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 243 ff.. Im

nen Wert von -0,578 an und ist mit $p=0,001$ hoch signifikant.²⁵³ Demnach müssten größere Unternehmen eher geringere prozentuale F&E-Ausgaben aufweisen. Werden die Tätigkeitsfelder der Unternehmen berücksichtigt, lässt sich dieses Ergebnis wie folgt nachvollziehen: Sehr große Nicht-Pharma-Unternehmen (Kategorie 5, siehe Tabelle 60) haben relativ geringe F&E-Ausgaben (maximal 5 bis 8%), während sehr große Pharma-Unternehmen eher mittlere F&E-Investitionen von ca. 10 bis 15% tätigen. Die Unternehmen jenseits dieser 15%-Grenze sind dann wieder mittlere und schließlich kleinere Pharma-Unternehmen.

Demnach müsste auch eine statistisch eindeutige Korrelation zwischen dem prozentualen F&E-Budget und dem Tätigkeitsfeld existieren. Dies ist in der Tat der Fall, der Kontingenzkoeffizient Cramer's V (abgekürzt: CV) weist einen Wert von 0,956 mit $p=0,007$ auf, womit der Zusammenhang als sehr stark und sehr signifikant charakterisiert werden kann. Prozentuale F&E-Ausgaben von höchstens 12% können mit lediglich einer Ausnahme Unternehmen mit nicht-pharmazeutischen Tätigkeitsfeldern zugeordnet werden, wohingegen alle Unternehmen, die mindestens 14% ihres Umsatzes für F&E ausgaben ausschließlich Pharmaunternehmen waren.

Damit ist für die prozentuale Höhe der F&E-Ausgaben das jeweilige Tätigkeitsfeld des Unternehmens entscheidender als die Unternehmensgröße selbst.

4. Modelleranzahl im Unternehmen

Eine wichtige Größe bei der Untersuchung der industriellen Anwendung von CCT stellt die Anzahl der Modeller im (Tochter-)Unternehmen dar, die in einer offenen Form abgefragt wurde.²⁵⁴ Die Verteilung liefert interessanterweise zwei Gipfelpunkte, erstens in einem breiten Bereich zwischen 0 und 18 mit ca. 8 Modellen als Maximum und zweitens ein scharfes Maximum bei 30 Modellen. Auffallend ist die hohe Anzahl an Antworten (20%), die in die Kategorie 5 (mindestens 30 Modeller) fallen, so wurde viermal 30 Modeller, 33, 40 und 50 Modeller jeweils einmal und sogar 100 und 150 Modeller jeweils einmal angegeben. So erklärt sich auch der hohe Wert für die Standardabweichung.

„Je größer das Unternehmen ist, desto mehr Modeller gibt es“. Diese Annahme kann bestätigt werden, da der entsprechende SR-Wert von 0,742 hoch signifikant ($p=0,000$) ist. Die Korrelation zwischen Unternehmensgröße und Modelleranzahl kann damit als stark bezeichnet werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Unternehmensgröße bereits negativ mit dem prozentualen F&E-Budget korreliert ist, besteht die Wahrscheinlichkeit, dass dies ebenfalls für die Modelleranzahl gilt. Diese Vermutung lässt sich aber mit Hilfe des PN statistisch nicht nachweisen.

Fälle mindestens einer ordinalskalierten Variable: (Rang-)Korrelationskoeffizient nach Spearman-Rho (Werte zwischen -1 und 1, abgekürzt: SR) und im Falle mindestens intervallskalierter und in der Grundgesamtheit gemeinsam (zweidimensional) normalverteilter Variablen: Pearson'scher Korrelationskoeffizient (Werte zwischen -1 und 1, abgekürzt: PN). Vgl. Brosius 1998, S. 497 ff.; Bühl & Zöfel 2005, S. 247 ff..

²⁵³ Nach der üblichen Konvention wird ein Signifikanzniveau (auch Signifikanzgrenze) von höchstens 5% und mindestens 1% (Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen $p=0,05$ und $0,01$) zur Ablehnung der Nullhypothese als „signifikant“ festgelegt. Darüber hinaus werden jedoch auch Signifikanzniveaus zwischen 5 und 10% zugelassen, der Befund dann aber nur noch als „tendenziell signifikant“ bezeichnet. Als „sehr signifikant“ bezeichnet man Ergebnisse auf einem Signifikanzniveau zwischen 1 und 0,1% und „hochsignifikant“ solche mit höchstens 0,1%. Vgl. Bös, Hänsel, Schott, 2000, S. 114; Schewe 1992, S. 171.

²⁵⁴ Vgl. Frage 1, Sektion D, M³QI, Anhang 2: „Please indicate the number of modellers working in your company (subsidiary).“

Es besteht prinzipiell die Möglichkeit, dass Nicht-Pharma-Unternehmen tendenziell über weniger und Pharma-Unternehmen über mehr Modeller verfügen. Allerdings zeigt sich der CV-Wert von 0,409, mit $p=0,080$ lediglich „tendenziell signifikant“, wenig überzeugend. Zwar trifft die zuvor geäußerte Annahme für den Bereich mindestens 20 Modeller zu, da hier von 15 Experten nur einer aus einem Nicht-Pharma-Unternehmen stammt, allerdings haben die Hälfte der zehn Nicht-Pharma-Unternehmen 10 bis 19 Modeller und sind somit der mittleren Kategorie 3 (siehe Tabelle 61) zugeordnet. Daraus lässt sich schließen, dass die Anzahl der Modeller selbst in Nicht-Pharma-Unternehmen nicht zu unterschätzen ist.

Tab. 61: Modelleranzahl im Unternehmen

Modellerzahl	Anzahl Modeller (N = 50)	in v. Hd.
1: < 5	8	16,0%
2: 5 bis 9	17	34,0%
3: 10 bis 19	10	20,0%
4: 20 bis 29	5	10,0%
5: > 29	10	20,0%
Mittelwert: 19,7	Std.-Abw.: 27,7	Median: 9,5

5.5.2.2 Modelling-Umfeld

Ziel des Abschnitts Modelling-Umfeld ist die nähere Betrachtung der CCGs, deren Tätigkeitsfelder und -länder sowie deren Einbettung in die F&E-Organisationsstruktur.

1. Tätigkeitsfeld und -land der CCG

Obwohl die beiden dichotomen Variablen „Tätigkeitsfeld (Pharma/Nicht-Pharma)“ und „Tätigkeitsland (Deutschland/Nicht-Deutschland)“ der Modeller bereits bei der Charakterisierung der Stichprobe herangezogen wurden, sind sie Teil des Modelling-Umfeldes und damit des Kontextkomplexes.

2. Einbettung in Forschungsorganisation

CCEs können zentral oder dezentral in die Forschungsorganisation eines Unternehmens eingebettet sein. Zu Beginn der industriellen CCT-Aktivitäten wurde die zentrale Einbettung der CCGs in der Forschungsorganisation der Unternehmen bevorzugt. Dies bedeutet, dass alle Forschungsprojekte, sei es im Pharma-, Agro-, Polymer- oder Detergentien-Bereich von einer zentralen CCG mit Modelling-Dienstleistungen versorgt wurden. Dies hing meist damit zusammen, dass F&E als zentrale Aufgabe gesehen wurde. Im Zuge der Konsolidierung und Umstrukturierung innerhalb der chemischen und pharmazeutischen Industrie in den 90er Jahren, die zu einer stärkeren Bündelung unterschiedlicher Branchenaktivitäten eines Unternehmens führte, förderte man nun dezentrale F&E-Strukturen. Damit entstanden ebenfalls dezentrale CCGs.

27 Modeller und damit die Mehrheit (55,1%) gaben an, dass ihre CCGs zentral in die Forschungsstruktur ihrer Unternehmen eingebettet waren, 34,7% und damit 17 Modeller hinge-

gen waren in dezentralen CCGs tätig.²⁵⁵ Fünf der 49 antwortenden Modellern erklärten, ihre CCGs stellten entweder eine Mischform dar oder könnten keiner der beiden Kategorien zugeordnet werden.

Ein statistischer Zusammenhang zwischen der organisatorischen Einbettung und Unternehmensgröße bzw. Tätigkeitsfeld oder -land besteht nicht. Allerdings ist erstere mit den prozentualen F&E-Ausgaben korreliert (CV: 0,832 mit näherungsweise $p=0,067$ tendenziell signifikant). Dieses Resultat bedarf allerdings einer näheren Erläuterung. Während bei sehr großen Unternehmen mit geringen prozentualen F&E-Ausgaben, also eher Nicht-Pharma-Unternehmen, dezentrale CCGs überwiegen, haben Unternehmen mit mittleren prozentualen F&E-Ausgaben von 12 bis 16%, also größere Pharma-Unternehmen, eher zentrale CCGs. Bei Unternehmen jenseits der 16%-Grenze ist eine eindeutige organisatorische Zuordnung nicht möglich. Festgehalten werden kann damit, dass große breit aufgestellte Chemie-Unternehmen eher zu dezentralen CCGs neigen, als die entsprechenden Pharmaunternehmen.

5.5.2.3 Modeller-Umfeld

Das persönliche Modeller-Umfeld und damit die individuellen Erfahrungen der einzelnen industriellen Modeller sollten mit Hilfe der drei Variablen „Beschäftigungsjahre in der aktuellen CCG“, „Anzahl der experimentellen Projekte“ und „Anzahl der Patente“ charakterisiert werden.

1. Beschäftigungsjahre

Der Zeitraum, den Modeller bereits in ihrer aktuellen CCG arbeiten, stellt einen wichtigen Indikator für die fachliche Erfahrung dar, die diese Experten in ihrem aktuellen Unternehmensumfeld sammeln konnten.²⁵⁶

Tab. 62: Beschäftigungsjahre in der aktuellen CCG

Beschäftigungsjahre in aktueller CCG	Anzahl Modeller (N = 50)	in v. Hd.
1: 0 bis 2,99	7	14,0%
2: 3 bis 5,99	19	38,0%
3: 6 bis 8,99	12	24,0%
4: 9 bis 11,99	6	12,0%
5: ≥ 12	6	12,0%
Mittelwert: 6,8	Std.-Abw.: 4,7	Median: 5

Es stellt sich heraus, dass Kategorie 2 mit 38% der Antworten am stärksten vertreten ist. Somit waren die meisten Modeller bereits zwischen drei und sechs Jahren für ihre aktuelle CCG tätig. Auch die Kategorie „sechs bis neun Jahre“ ist mit 24% stark vertreten. Weniger Erfahrung haben 7 Modeller bzw. 14%, mehr hingegen 12 bzw. 24%. Die Erfahrungen mit der aktuellen CCG sind also über alle Kategorien verteilt mit einem Mittelwert von 6,8 Jahren. Statistische Zusammenhänge zwischen der Anzahl an Beschäftigungsjahren und der

²⁵⁵ Vgl. Frage 6, Sektion A, M³QI, Anhang 2: „How is your modelling unit organisationally embedded?“

²⁵⁶ Vgl. Frage 2, Sektion D, M³QI, Anhang 2: „How long have you been involved with your current modelling unit?“

Unternehmensgröße bzw. der F&E-Ausgaben bzw. des Tätigkeitsfeldes oder -landes existieren nicht.

2. Anzahl der experimentellen Projekte

Wie bereits diskutiert (siehe Abschnitt 2.8) können industrielle Modeller im Gegensatz zu synthetischen Chemikern oft Beiträge zu mehreren Projekten gleichzeitig leisten. Die Variable „Anzahl experimenteller Projekte“ stellt damit einen Indikator dar, wie intensiv die einzelnen Modeller in experimentelle Projekte eingebunden sind.²⁵⁷

Tab. 63: Anzahl experimenteller Projekte

Anzahl Projekte	Anzahl Modeller (N = 47)	in v. Hd.
1: 0	4	8,5%
2: 1 bis 3	16	34,0%
3: 4 bis 6	12	25,5%
4: 7 bis 12	9	19,1%
5: ≥ 13	6	12,8%
Mittelwert: 6,4	Std.-Abw.: 6,3	Median: 4

Auf die Kategorien 2 und 3 entfiel die Mehrzahl der Modeller (59,5%), wobei die Antwort „ein Projekt“ nicht vorkam, so dass bis auf 4 Modeller (8,5%), die keine solchen Projekte begleiteten, alle anderen in mindestens zwei experimentellen Projekten gleichzeitig eingebunden waren. Die sechs Modeller, die in Kategorie 5 eingestuft wurden, gaben Werte von 15, 20, 25 und 30 Projekten an. Somit bleibt festzuhalten, dass fast alle Modeller im Laufe der Zeit intensive Kooperationserfahrungen mit ihren experimentellen Kollegen gesammelt haben dürften.

Je länger die Modeller bereits für ihre CCG tätig sind, desto mehr experimentelle Projekte unterstützen sie. Dies suggeriert die zwischen den beiden entsprechenden Variablen schwach positive aber signifikante Korrelation (SR: 0,354 mit $p=0,014$) und hebt die Wichtigkeit der Modeller-Erfahrung bei der Kooperation mit Chemikern hervor.

Statistische Zusammenhänge zwischen der Variablen „Anzahl experimenteller Projekte“ einerseits und den Variablen „Unternehmensgröße“ bzw. „prozentuale F&E-Ausgaben“ bzw. „Tätigkeitsfeld oder -land“ bzw. „Zahl der Modeller im Unternehmen“ bzw. „Anzahl Beschäftigungsjahre“ andererseits existieren nicht.

3. Anzahl der Patente

Wie bereits in erwähnt, existieren unterschiedliche CCT-Aufgabenprofile (siehe Abschnitt 2.8). Dabei positionieren sich Modeller irgendwo auf einem Aufgabenspektrum, das von der reinen Projektunterstützung für experimentelle Projekte bis zur reinen Unterhaltung und Weiterentwicklung der entsprechenden Modelling-Infrastruktur und -methoden reichen kann. Es erscheint logisch, dass Modeller, die näher am Projektunterstützungsende dieses Spektrums

²⁵⁷ Vgl. Frage 3, Sektion D, M³QI, Anhang 2: „In how many experimental projects are you actually engaged?“

angesiedelt sind eher bei den entsprechenden Patenten experimenteller Projekte berücksichtigt werden. Modeller mit reiner Projekt-Unterstützungsfunktion sollten also tendenziell über mehr Patente verfügen als Modeller mit reiner Entwicklungsfunktion. Aufschlussreich erscheint demnach die Anzahl der Patente, die die einzelnen industriellen Modeller zur Zeit der Erhebung hielten.²⁵⁸

Tab. 64: Anzahl der Patente

Anzahl Patente	Anzahl Modeller (N = 39)	in v. Hd.
1: 0	17	43,6%
2: 1 bis 4	11	28,2%
3: 5 bis 10	7	17,9%
4: ≥ 11	4	10,3%
Mittelwert: 4,3	Std.-Abw.: 6,8	Median: 2

Ein überraschend hoher Anteil an Modellern (43,6%) gab an, keine Patente mit dem aktuellen Unternehmen zu halten, und das obwohl fast alle Modeller in mehreren experimentellen Projekten mit Chemikern kooperierten. Immerhin 23,2% der Modeller hielten ein bis vier Patente, 17,9% fünf bis zehn Patente und 10,3% über 10 Patente. Es steht zu vermuten, dass die große Zahl an Modellern ohne Patent vorwiegend im unteren Bereich der Anzahl an Beschäftigungsjahren im entsprechenden Unternehmen zu finden sind. Allerdings zeigt sich dass 11 der 17 patentlosen Modeller bereits zwischen 4 und 17 Jahren im aktuellen Unternehmen beschäftigt waren. Im Gegenzug enthält die Antwortgesamtheit einen Modeller, der schon nach 4,5 Jahren 29 Patente hielt. Trotz dieser Einschränkungen lässt sich zeigen, dass von 13 Modellern mit höchstens vier Beschäftigungsjahren nur vier Modeller über Patente verfügten. Die Anzahl der Beschäftigungsjahre hat also durchaus einen Einfluss auf die Patentzahl, die entsprechende schwache Korrelation ist positiv (SR-Wert von 0,334) und mit $p=0,038$ signifikant. Interessant bleibt die Frage, warum fast die Hälfte der Modeller über keine aktuellen Patente verfügte, obwohl nur ein verschwindend geringer Teil von ihnen keine experimentellen Projekte betreute. Da normalerweise wichtige Projektbeiträge von Einzelpersonen zu einem Patent mit deren Namensnennung auf der Patentschrift „belohnt“ werden, stellt sich die Frage, ob Beiträge von industriellen Modellern zu experimentellen Projekten auch tatsächlich in gebührendem Maße anerkennt und gewürdigt werden.

Zwischen der Patentzahl und der Anzahl an experimentellen Projekten, die ein Modeller parallel betreut, besteht trotzdem ein schwach positiver Zusammenhang, dieser ist aber lediglich tendenziell signifikant (SR: 0,301 mit $p=0,063$). Dies ist ein Hinweis darauf, dass Modeller, die eine erhöhte Anzahl an experimentellen Projekten betreuen, auch eher mehr Patente halten.

Statistische Zusammenhänge zwischen der Variablen „Anzahl der Patente“ einerseits und den Variablen „Unternehmensgröße“ bzw. „prozentuale F&E-Ausgaben“ bzw. „Tätigkeitsfeld“ andererseits können nicht nachgewiesen werden. Auch ein länderspezifisches Patentverhalten kann mit Hilfe der Differenzierung Deutschland / Nicht-Deutschland nicht ermittelt werden. Interessant erscheint allerdings die Tatsache, dass lediglich einer von fünf US-

²⁵⁸ Vgl. Frage 6, Sektion D, M³QI, Anhang 2: „Please indicate the number of patents you are actually holding with your current company.“

amerikanischen Modellern der Antwortgesamtheit über eigene Patente verfügt. Dies erscheint auch im Hinblick auf eine von uns durchgeführte unternehmensspezifische Patentanalyse von Modellern interessant, die ergab, dass bei einigen US-amerikanischen Unternehmen durchaus die Mehrzahl der Modeller keine Patente besaßen. Die Vermutung liegt also nahe, dass das Patentverhalten der Modeller doch länder-, möglicherweise sogar unternehmensspezifisch ist. Eine nähere Untersuchung dieser Fragestellung ist aber mit dem hier vorliegenden begrenzten Datensatz nicht möglich und stellt somit einen möglichen Ansatzpunkt für weiterführende Untersuchungen dar.

5.5.2.4 Zusammenfassung des Kontextkomplexes

Die Aufgabe des Kontextkomplexes besteht darin, das relevante Umfeld der Modeling-Aktivitäten mit Hilfe von einfach zu erhebenden Variablen näher zu charakterisieren. Von den 50 Antworten auf den M³QI können 40 Modeller oder 80% dem Tätigkeitsfeld Pharma zugeordnet werden. Die Aktivitäten der restlichen 20% werden im Tätigkeitsfeld „Nicht-Pharma“ zusammengefasst. Analog werden aufgrund der Vielzahl der Modeller, die Deutschland als Tätigkeitsland angaben (40%), die „Tätigkeitsländer“ „Deutschland“ und „Nicht-Deutschland“ ausgewiesen. Die Antwortgesamtheit enthält vor allem Unternehmen mit 1.000 bis 30.000 bzw. über 60.000 Beschäftigten. Aufgrund der hohen Pharma-Präsenz arbeiten die meisten Modeller in einem Umfeld mit hohen prozentualen F&E-Ausgaben (50% der Modeller in Unternehmen mit mindestens 16%). Die kleineren (Pharma-)Unternehmen weisen dabei das höchste prozentuale F&E-Budget aus. Ein negativer Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und den prozentualen F&E-Ausgaben ist damit gegeben.

Die Anzahl der Modeller in den Unternehmen reicht von 2 bis 150 wobei eine relativ breite Verteilung um den Mittelwert von sieben bis acht Modellern und ein sehr scharfes Maximum bei 30 Modellern resultiert. Es existiert ein stark positiver Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und der Modelleranzahl. Im Allgemeinen verfügen Pharma-Unternehmen über eine höhere Anzahl an Modellern als Nicht-Pharma-Unternehmen.

Was die Einbettung der CCGs in die F&E-Organisationsstruktur betrifft, geben die meisten industriellen Modeller an, dass sie in zentralen CCGs arbeiten. Aber auch dezentrale CCGs sind in der Antwortgesamtheit mit 35% stark vertreten. Es zeigt sich, dass Modeller sehr großer Unternehmen mit geringeren prozentualen F&E-Ausgaben, also Nicht-Pharma-Unternehmen, eher von dezentralen CCGs aus operieren. Die Experten großer Pharma-Unternehmen hingegen arbeiten eher in zentralen CCGs.

In der Antwortgesamtheit überwiegen Modeller mit drei bis neun Jahren Erfahrung in ihrer aktuellen CCG, allerdings sind 24% der Experten sogar schon länger in ihren CCGs beschäftigt. Nur eine geringe Expertenzahl ist nicht in experimentelle Projekte involviert, der überwiegende Teil in mindestens zwei Projekten, sogar simultane Beteiligungen an über 15 Projekten werden genannt. Die Mehrheit der Modeller arbeitet zwei bis sechs experimentellen Projekten gleichzeitig zu. Ist ein Modeller bereits länger für sein aktuelles CCG tätig, bedient er meist mehr experimentelle Projekte gleichzeitig.

44% der Experten geben an, dass sie über keine Patente für das aktuelle Unternehmen verfügen, obwohl die meisten Modeller ihren Teil zu mehreren experimentellen Projekten beitragen. Dieser offensichtliche Widerspruch zwischen der intensiven Projektbeteiligung und der geringen Patentzahl der Modeller stellt das interessanteste Resultat des Kontextkomplexes dar. Allerdings kann festgehalten werden, dass ein Modeller, der eine größere Anzahl an experimentellen Projekten unterstützt eher über mehr Patente verfügt.

Zwischen der Patenzahl und der Anzahl an Beschäftigungsjahren eines Modellers existiert eine schwach positive Korrelation.

5.5.3 Befunde zum Komplex Einstellungen & Erwartungen

Dieser zweite Hauptkomplex beschäftigt sich mit den Einstellungen (z.B. Akzeptanz und Unterstützung) und Erwartungen der CCT-Akteure „Management“ und „Chemiker“ gegenüber CCT und deren Leistungsfähigkeit. Außerdem erfolgt eine Beurteilung der allgemeinen und unternehmensinternen CCT-Situation durch die Modeller. Dieses Kapitel kann somit in die drei Unterkapitel „Management“, „Chemiker“ und „Modeller“ untergliedert werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die nachfolgenden Auswertungen mit Hilfe von explizit formulierten Hypothesen vorgenommen.

5.5.3.1 Das Management

Das Management stellt einen wichtigen Knotenpunkt für die Untersuchung der „intra firm“-Diffusion dar, denn an dieser Stelle wird der Erfolg vergangener CCT-Beiträge gemessen und, daraus folgend, mittels Investitions- oder Desinvestitionsentscheidungen die zukünftige unternehmensinterne Richtung der CCT-Entwicklung gesteuert. Unabdingbar für den erfolgreichen Aufbau und Einsatz von CCT-Technologien ist eine realistische Erwartungshaltung des Managements (siehe Abschnitt 2.8), die ebenfalls in diesem Abschnitt untersucht werden soll.

1. Einstellung des Managements

Die Einstellungen des Managements bezüglich CCT werden mit Hilfe folgender Hypothese überprüft:

Die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die CCG (D4) ist gering. Außerdem misst das Management den Modelling-Aktivitäten keine strategische Relevanz für F&E (D5) bei.

Sowohl die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung, als auch die strategische Relevanz der Modelling-Aktivitäten wurden mit Hilfe einer 10-stufigen Skala abgefragt. Die Ergebnisse können Tabelle 65 entnommen werden.²⁵⁹

²⁵⁹ Vgl. Fragen 4 bzw. 5, Sektion D, M³QI, Anhang 2: „On a scale from 0 to 10 how would you judge the continuousness of management support for your modelling unit? (0: very low level – 10: very high level)“ bzw. „On a

Tab. 65: Nachhaltigkeit der Unterstützung & strategische Relevanz für F&E

Antwortkategorien	Nachhaltigkeit Unterstützung (N = 50)	in v. Hd.	Strategische Relevanz für F&E (N = 50)	in v. Hd.
0 sehr niedrig	1	2,0%	0	0%
x	0	0%	0	0%
xx	0	0%	1	2,0%
xxx	2	4,0%	0	0%
xxxx	1	2,0%	2	4,0%
xxxxx	5	10,0%	2	4,0%
xxxxxx	2	4,0%	6	12,0%
xxxxxxx	6	12,0%	13	26,0%
xxxxxxxx	20	40,0%	19	38,0%
xxxxxxxxx	6	12,0%	1	2,0%
10 sehr hoch	7	14,0%	6	12,0%
	Mittelwert: 7,5 Std.-Abw.: 2,1	Median: 8	Mittelwert: 7,4 Std.-Abw.: 1,6	Median: 8

Insgesamt wurden die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung sowie die strategische Relevanz für F&E als hoch eingeschätzt. Jeweils 39 Modeller bzw. 78% bewerten die beiden Variablen mit mindestens sieben auf der 10-stufigen Skala, wobei der Wert acht für Nachhaltigkeit bzw. strategische Relevanz am häufigsten und zwar von insgesamt 40% bzw. 38% der industriellen Modeller vergeben wurde. Lediglich 8% bzw. 6% der Modeller zeigten sich eher unzufrieden mit der Nachhaltigkeit der CCG-Unterstützung bzw. der strategischen Relevanz für F&E (Werte von höchstens vier auf der Skala). Damit kann obige Hypothese verworfen werden.

Wie die Ergebnisse der Tabelle bereits vermuten lassen, besteht ein (mittelstarker) positiver Zusammenhang zwischen der Nachhaltigkeit der Unterstützung und der strategischen Relevanz. Der SR nimmt hier einen Wert von 0,512 an und ist mit $p=0,000$ hoch signifikant. Wenn also ein Modeller die strategische Relevanz für F&E, die das Management den Modelling-Aktivitäten einräumt, als hoch bewertet, wird er auch die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung gegenüber seiner CCG positiv beurteilen.

2. Erwartungen des Managements

Die Erwartungshaltung des Managements bezüglich des Potentials von CCT wurde mit Hilfe der folgenden Hypothese beleuchtet:²⁶⁰

Das Management verfügt nicht über realistische Erwartungen bzgl. des Modelling-Potentials (E12).

scale from 0 to 10 please evaluate the strategic relevance for R&D, the management of your company (subsidiary) attributes to your modelling activities. (0: no strategic relevance – 10: very high strategic relevance)”

²⁶⁰ Vgl. Aussage 2, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „Your management has realistic expectations concerning CCT potential.“

Tab. 66: Erwartungen des Managements bzgl. Modelling-Potential

Management-Erwartungen realistisch?	Anzahl Modeller (N = 50)	in v. Hd.
1: lehne stark ab	0	0%
2: lehne ab	5	10,0%
3: teils, teils	10	20,0%
4: stimme zu	33	66,0%
5: stimme stark zu	2	4,0%
Mittelwert: 3,6	Std.-Abw.: 0,72	Median: 4

Nur fünf Modeller (10% der Antwortenden) lehnten die Aussage „Das Management hat realistische Erwartungen“ ab, wohingegen 35 Experten (70%) dieser Aussage (voll) zustimmten. Dagegen waren 20% der Modeller eher unentschieden. Die obige Hypothese kann somit nicht länger aufrechterhalten werden, denn das Management scheint eher über realistische Erwartungen bezüglich des CCT-Potentials zu verfügen.

3. Zusammenhangsanalyse „Management“

In diesem Abschnitt soll ein möglicher Zusammenhang zwischen den Erwartungen und den Einstellungen des Managements überprüft und aufgedeckt werden. Dabei stellt sich heraus, dass die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für CCT mit realistischen Erwartungen des Managements einhergeht. Die Korrelation ist mit einem SR-Wert von 0,310 zwar nur schwach positiv aber mit $p=0,028$ signifikant. Eine derartige Abhängigkeit zwischen den Management-Erwartungen und der strategischen Relevanz von CCT für F&E lässt sich interessanterweise statistisch nicht nachweisen.

5.5.3.2 Die Chemiker

Im Zentrum der nachfolgenden Betrachtungen stehen die Akzeptanz der bzw. der Widerstand / Widerwillen gegen die Nutzung von CCT unter den Chemikern sowie deren Erwartungshaltung bezüglich der Modelling-Ergebnisse und des Zeitaufwandes für sinnvolle Berechnungen.

1. Widerstand / Widerwillen der Chemiker

Die Einstellung der Chemiker und damit der entscheidenden Endanwender gegenüber CCT manifestiert sich in der Stärke des Widerstands/Widerwillens gegen deren Nutzung.

Die folgende Hypothese, die es zu untersuchen gilt, befasst sich mit dem Widerstand der Chemiker, der mit Hilfe einer 10-stufigen Skala bewertet werden sollte.²⁶¹

Der Widerstand / Widerwillen der Chemiker (C4) gegenüber der Verwendung von CCT ist relativ hoch.

²⁶¹ Vgl. Frage 4, Sektion C, M³QI, Anhang 2: „On a scale from 0 to 10 how would you evaluate the level of reluctance (or resistance) of experimentalists to the use of modelling in your company? (0: very low level – 10: very high level)“

Tab. 67: Widerwillen / Widerstand der Chemiker bzgl. Einsatz von CCT

Widerstandsniveau	Anzahl Modeller (N = 50)	In v. Hd.
0 sehr niedrig	2	4,0%
x	2	4,0%
xx	6	12,0%
xxx	8	16,0%
xxxx	10	20,0%
xxxxx	15	30,0%
xxxxxx	4	8,0%
xxxxxxx	2	4,0%
xxxxxxxx	1	2,0%
xxxxxxxxx	0	0%
10 sehr hoch	0	0%
Mittelwert: 4,0	Std.-Abw.: 1,7	Median: 4

Insgesamt sahen sich sieben Modeller (14%) mit einem erhöhten Widerstand/Widerwillen der Chemiker bezüglich des Einsatzes von CCT konfrontiert (Werte von sechs bis acht auf der Skala). Die größte Gruppe bildeten mit 30% die Modeller, die sich einem mittleren Widerstandsniveau ausgesetzt sahen. Zwar ist mit Hilfe dieser Resultate der erste Teil der obigen Hypothese nicht aufrechtzuerhalten, allerdings mussten bis auf 20% (höchstens zwei auf der Skala) alle anderen Modeller einem signifikanten Widerstand bzw. Widerwillen der Chemiker, CCT in ihren experimentellen Projekten zu verwenden, entgegenzutreten. Lediglich zwei Modeller bewerteten die Stärke des Widerstands / Widerwillens mit „sehr niedrig“.

Im M³QI sollten die Modeller ebenfalls zu den von Ihnen erlebten bzw. vermuteten Gründen für diesen Widerstand / Widerwillen der Chemiker Stellung nehmen. Die Studienteilnehmer konnten dabei die Relevanz von sechs vorgegebenen Gründen mit Hilfe von fünf Kategorien von „1: unwichtig“ bis „5: wichtig“ beurteilen.²⁶² Die Gründe des Widerstands gegen den Einsatz von CCT sowie die dazugehörigen Mittelwerte und Bedeutungsindizes können Tabelle 68 entnommen werden. Neben diesen beiden Kennzahlen in den Spalten 3 und 4 weist die Tabelle in Spalte 2 auch die Gesamtzahl der Modeller, die den jeweiligen Grund bewertet haben, aus.

Als mit Abstand wichtigsten Grund für den Widerstand / Widerwillen der Chemiker nannten die Modeller das Fehlen allgemeiner Methodenkenntnisse und, damit eng verbunden, des Wissens um die Nützlichkeit von CCT. Dies weist auf Schwachstellen in der theoretischen Chemie-Ausbildung von experimentellen Chemikern an den Hochschulen hin. Den zweitwichtigsten Grund stellt das „Not invented here“-Syndrom dar, eine allgemeine Skepsis gegenüber Ideen, die von Modellern stammen und ist ein Ausdruck von tiefem Misstrauen gegenüber der strategisch andersartigen theoretischen Herangehensweise. Auch die Enttäuschung der Chemiker über die von den Modellern erbrachten Resultate, sowie über Quantität und Qualität der Modelling-Betreuung experimenteller Projekte sind als Gründe für den Widerstand von Bedeutung. Diese Enttäuschung aufgrund unbefriedigender Resultate und die resultierende Überzeugung auf weitere Modelling-Unterstützung in Zukunft verzichten zu

²⁶² Vgl. Frage 5, Sektion C, M³QI, Anhang 2: „What do you think this reluctance (or resistance) of experimentalists has to do with?“

können, lässt eine eher geringe anfängliche Akzeptanz vermuten, möglicherweise wiederum aufgrund des Fehlens von Kenntnissen über den Nutzen dieser Technologien.

Ein gewisser Grad an Nicht-Wissen bzw. Ignoranz der Chemiker bezüglich der Einsatzmöglichkeiten und des Nutzens von CCT schwingt bei den drei meistgenannten Gründen zumindest unterschwellig mit. Unternehmensinterne Gründe, wie das Fehlen von Modelling-Erfolgsgeschichten oder die Unkenntnis interner CCT-Ressourcen haben eher nachrangige Bedeutung. Gänzlich unwichtig erscheint die Befürchtung der Chemiker von Modellen ersetzt zu werden, eine Angst, die speziell in der Anfangszeit des industriellen Einsatzes dieser Technologien durchaus eine gewisse Bedeutung zukam.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass es aus Modellersicht vielen synthetischen Chemikern anscheinend immer noch an methodischen Kenntnissen und an Intuition und Imagination mangelt, an welcher Stelle ihrer Arbeit Modelling-Aktivitäten von Vorteil wären.

Nun wurde weiterhin untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen einzelnen Gründen und der Stärke des Widerstands / Widerwillens besteht, also ob bei Fällen mit einem hohen (niedrigen) Widerstandsniveau beispielsweise andere Gründe überwiegen als in der Antwortgesamtheit. Es zeigt sich, dass ein hohes Widerstandsniveau mit dem „Fehlen von Erfolgsgeschichten im Unternehmen“ mittelstark und positiv korreliert ist, denn der SR nimmt einen Wert von 0,462 an und ist mit $p=0,001$ hoch signifikant. Ein weiterer Grund, der bei starkem Widerstand überdurchschnittlich oft angegeben wurde, ist die „Unkenntnis interner CCT-Ressourcen“ mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,357 auf einem Signifikanzniveau von $p=0,013$. Obwohl diese beiden Gründe in der Rangliste für die Antwortgesamtheit nur die hinteren Plätze einnehmen, scheinen sie aber insbesondere im Fall hoher Widerstände / Widerwillen der Chemiker von außerordentlicher Relevanz zu sein. Die meisten der Modeller, die an der Online-Studie teilnahmen, scheinen also in Unternehmen zu arbeiten, die bereits über ausgeprägte CCT-Erfolgsgeschichten verfügten, und müssen somit in der Regel eher mit mäßigem Widerstand / Widerwillen der Chemiker rechnen. Für die Unternehmen allerdings in denen sich Modeller einem erhöhten Widerstand ausgesetzt fühlten, waren die Chemiker schlecht über interne Modelling-Gegebenheiten informiert und fehlende Erfolgsgeschichten verhinderten eine rasche und erfolgreiche „intra firm“-Diffusion.

Tab. 68: Gründe des Widerstands / Widerwillens der Chemiker

Gründe des Widerstands / Widerwillens	Modeller insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Fehlen allgemeiner Kenntnisse bzgl. Methoden und Nutzen von CCT	48	3,6	69
„Not invented here“ (Skepsis gegenüber Ideen von Modellern)	47	3,3	47
Enttäuschung über Modelling-Ergebnisse oder Modelling-Betreuung	42	3,0	38
Fehlen von Erfolgsgeschichten im Unternehmen	47	3,0	32
Unkenntnis interner CCT-Ressourcen	48	2,6	29
Angst vor Jobverlust	48	1,4	0

2. Erwartungen der Chemiker

Die Erwartungen der Chemiker, was Potential, Ergebnis und Aufwand der Simulationen betrifft, sollten einen ganz entscheidenden Einfluss auf deren Kooperationsbereitschaft mit den Experten und damit die Diffusionstiefe dieser Technologien innerhalb des Unternehmens haben. Aus diesem Grund wurde die Erwartungshaltung der Chemiker mit Hilfe folgender Hypothese beleuchtet:

Chemiker haben keine realistischen CCT-Erwartungen, aber mehr noch bzgl. des Ergebnisses (E17), als bzgl. der notwendigen Zeitdauer für aussagekräftige Berechnungen (E19).

Um diese Hypothese zu prüfen, wurden die industriellen Modeller gebeten mit Hilfe von zwei Aussagen die Erwartungen der Chemiker auf einer fünfstufigen Skala zu beurteilen.²⁶³

Tab. 69: Realistische Erwartungen der Chemiker

Antwortkategorien	Erwartungen bzgl. Ergebnis (N = 50)	in v. Hd.	Erwartungen bzgl. Zeitdauer (N= 50)	in v. Hd.
1: lehne stark ab	0	0,0%	1	2,0%
2: lehne ab	11	22,0%	16	32,0%
3: teils, teils	20	40,0%	21	42,0%
4: stimme zu	19	38,0%	12	24,0%
5: stimme stark zu	0	0,0%	0	0,0%
	Mittelwert: 3,2 Std.-Abw.: 0,77	Median: 3	Mittelwert: 2,9 Std.-Abw.: 0,80	Median: 3

In beiden Fällen entfielen auf die Kategorie „teils, teils“ die meisten Stimmen mit 40% bzw. 42%. Während jedoch die restlichen Modeller im Fall der Ergebnis-Erwartungen der Aussage, die realistische Erwartungen unterstellt, eher zustimmten (38%) als diese abzulehnen (22%) ist dies bei den Zeitdauer-Erwartungen eher umgekehrt (24% bzw. 32%). Dies bedeutet, dass Modeller die Erwartungen der Chemiker an Ergebnis der und Zeitdauer für Berechnungen eher zwiespältig beurteilen, womit der erste Teil obiger Hypothese nicht aufrechterhalten werden kann. Allerdings trauten sie den Chemikern eher zu, die Ergebnisse von Modelling-Aktivitäten vorab richtig einzuschätzen als die Zeitdauer, die notwendig ist diese Ergebnisse zu generieren. Somit kann Teil zwei der obigen Hypothese bestätigt werden. Wiederum zeigt sich, dass die theoretischen Vorkenntnisse der synthetischen Chemiker, die, wenn stärker ausgeprägt, realistischere Erwartungen bezüglich der CCT zur Folge hätten, eine Schwachstelle darstellen.

Es ist anzunehmen, dass in einem Umfeld mit starkem Widerstand / Widerwillen der Chemiker, deren Erwartungen bezüglich Ergebnis der und Zeitdauer für Berechnungen eher unrealistisch sind. Diese möglichen Zusammenhänge lassen sich allerdings statistisch nicht nachweisen, denn unrealistische Erwartungen der Chemiker scheinen eher ein allgemeines Phänomen darzustellen und damit nicht auf Situationen erhöhten Widerstands / Widerwillens beschränkt zu sein.

²⁶³ Vgl. Aussagen 7 bzw. 9, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „Your experimental colleagues have realistic expectations about simulation output.“ bzw. „Your experimental colleagues have realistic expectations regarding time consumptiveness of simulations“.

5.5.3.3 Die Modeller

Die industriellen Modeller stellen die zentralen CCT-Akteure dar, ihr Umgang zum Beispiel mit den Support-Anfragen der Chemiker und ihre Weiterbildungsinitiativen für Chemiker erscheinen elementar für die Herausbildung von Akzeptanz und damit für die Intensität der Nutzung von CCT im Unternehmen. Aber auch die Beurteilung nicht nur der unternehmensinternen sondern auch der allgemeinen industriellen Modelling-Situation durch diese Experten soll untersucht werden.

1. Projektunterstützungs-Ablehnung und deren Gründe

Selbstverständlich können die industriellen Modeller auch Projektunterstützungsanfragen von Seiten der experimentellen Chemiker ablehnen. Die Frequenz der Ablehnung, bzw. die Ablehnungsquote von Projektunterstützungsanfragen könnte einen Indikator für die Auslastung der CCGs, zumindest was mögliche Projektunterstützungen angeht, darstellen. Eine starke Auslastung ginge in diesem Fall mit einer erhöhten Ablehnungsquote einher. Die Nachfrage der Chemiker nach theoretischer Projektunterstützung durch die Modeller und damit auch der Auslastungsgrad der CCG würde steigen, wenn in einem Unternehmen die „intra firm“-Diffusion von CCT fortschritte. Dies sollte aufgrund der begrenzten in-house Modelling-Ressourcen zu einer erhöhten Ablehnungsquote von Projektunterstützungsanfragen führen. Sollte allerdings Nicht-Akzeptanz und Widerstand / Widerwillen der Chemiker vorherrschen, ist mit einer geringen Ablehnungsquote zu rechnen. Auf diese Weise würden der Auslastungsgrad der CCGs und damit auch die Support-Ablehnungsquote mit dem Widerstandsniveau der Chemiker zusammenhängen.

Eine erhöhte Projektablehnungsquote in Folge einer starken Auslastung der CCGs könnte allerdings ebenfalls Enttäuschungen bei den derart zurückgesetzten Chemikern verursachen, die möglicherweise in neuen Widerstand münden, oder bereits bestehende Ressentiments verstärken. Im Ergebnis würden weitere Initiativen dieser Chemiker in Richtung Modelling-Nutzung unterbleiben. Aus diesen Zusammenhängen heraus erscheint die Ablehnungsquote von Projektunterstützungsanfragen ein zentraler Parameter.

Diese Ablehnungsquote wird mit Hilfe folgender Hypothese untersucht:

Die Ablehnungsquote von Projektunterstützungs-Anfragen (C2) ist gering.

Die Experten sollten dabei das Ablehnungsniveau bzw. die Ablehnungsfrequenz mit Hilfe von fünf Antwortkategorien von „niemals“ bis „sehr oft“ einschätzen.²⁶⁴

Die überwiegende Mehrzahl der Befragten (62% oder 31 Modeller) lehnte Projektunterstützungs-Anfragen lediglich „manchmal“ ab. Nur „selten“ oder „niemals“ wurden Chemiker-Anfragen vom Großteil der verbleibenden Experten (32% oder 16 Modeller) abgewiesen. Lediglich 6% oder 3 Befragte berichteten von erhöhten Ablehnungsquoten, was zur Annahme obiger Hypothese führt.

²⁶⁴ Vgl. Frage 2, Sektion C, M³QI, Anhang 2: „How often do you have to refuse project support requests by your experimental colleagues?“

Tab. 70: Ablehnung von Projektunterstützungs-Anfragen der Chemiker

Ablehnung Support-Anfrage	Anzahl Modeller (N = 50)	in v. Hd.
1: niemals	3	6,0%
2: selten	13	26,0%
3: manchmal	31	62,0%
4: oft	2	4,0%
5: sehr oft	1	2,0%
Mittelwert: 2,7	Std.-Abw.: 0,74	Median: 3

Mit Hilfe von drei vorgegebenen Gründen (siehe Tabelle 71) sollten die Experten offen legen, warum es in ihren CCGs zu Ablehnungen von Support-Anfragen kam.²⁶⁵ Auch Mehrfachnennungen waren möglich. Mit Abstand der wichtigste Grund für die Ablehnung stellte der Zeitmangel der Modeller dar, der in 41 von 46 Fällen (89%) genannt wurde. 35% oder 16 Experten gaben „fehlende strategische Relevanz“ als Grund an, wohingegen eine mangelnde Expertise in 20% der Fälle (auch) relevant war.

Tab. 71: Gründe für die Ablehnung von Projektunterstützungs-Anfragen

Gründe für Ablehnung Support-Anfrage	Anzahl Modeller (N=46)	in v. Hd. der Fälle
Zeitmangel	41	89,1%
Fehlende strategische Relevanz	16	34,8%
Mangel an Expertise	9	19,6%

Es wurde weiterhin geprüft, ob sich bei Fällen mit einem besonders hohen (niedrigen) Ablehnungsniveau eine von den bisherigen Resultaten abweichende Relevanzrangfolge der Gründe ergibt. Dies kann statistisch aber verneint werden.

Es bleibt festzuhalten, dass Modeller zwar Projektunterstützungsanfragen ablehnten, sich das Ausmaß dieser Ablehnungen aber in Grenzen (manchmal bis selten) hielt. In den allermeisten Fällen der Projektablehnung stellte der Zeitmangel der Modeller den Hauptgrund dar. Daraus lässt sich folgendes schließen: Erstens, sorgt die eher geringe Ablehnungsquote vermutlich nur vereinzelt für zusätzlichen Widerstand oder Akzeptanzverlust. Zweitens kann die Ablehnungsquote durchaus als Indikator für den Auslastungsgrad eines Modellers bzw. der CCG angesehen werden, da Zeitmangel den überwiegenden Ablehnungsgrund darstellt. Drittens scheinen durchaus weitere Support-Kapazitäten der Modeller abrufbar zu sein, zumindest für strategisch relevante Projekte. Es wäre also sicherlich wünschenswert, die Ablehnungsquote in Richtung eines größeren Angebotes an Projektbeteiligungen von Seiten der Chemiker zu steigern, um sicherzustellen, dass lediglich diejenigen Projekte positiv ausgewählt werden, für die der Einsatz von Modelling-Methoden am vorteilhaftesten wäre.

²⁶⁵ Vgl. Frage 3, Sektion C, M³QI, Anhang 2: „What are the reasons for this project support refusal?“

2. Modeller als „Project Cross Fertilizer“

Wie bereits in Abschnitt 5.5.2.3, Unterpunkt 2 festgestellt, sind viele Modeller im Gegensatz zu den experimentellen Chemikern in mehreren Projekten simultan involviert. Dies verleiht ihnen die Möglichkeit Ideen und Lösungsansätze von einem Projekt zum anderen zu tragen, deshalb auch manchmal ihre Bezeichnung als „Gate Opener“ oder „Project Cross Fertilizer“ (siehe Abschnitt 2.8). Ob diese Sichtweise von den befragten Modellern geteilt wird soll mit Hilfe folgender Hypothese festgestellt werden.²⁶⁶

Durch ihre multiplen Projektmitgliedschaften können Modeller als „Project Cross Fertilizer“ fungieren.

Tab. 72: Modeller als „Project Cross Fertilizer“

Antwortkategorien	Project Cross Fertilizer? (N= 49)	in v. Hd.
1: lehne stark ab	0	0,0%
2: lehne ab	0	0,0%
3: teils, teils	8	16,3%
4: stimme zu	27	55,1%
5: stimme stark zu	14	28,6%
Mittelwert: 4,1	Std.-Abw.: 0,67	Median: 4

Knapp 84% der Experten stimmten der Sichtweise „Modeller als Project Cross Fertilizer“ zu, keiner der Experten lehnt diese Aussage ab. Somit kann obige Hypothese angenommen werden. Die befragten industriellen Modeller scheinen damit tatsächlich gewisse Vorteile darin zu sehen, dass sie in mehreren Projekten tätig sind und damit auch einen projektübergreifenden Nutzen ihrer Tätigkeit. Natürlich muss beachtet werden, dass diese subjektive Einschätzung der Modeller kaum durch eine zweite, möglicherweise unabhängige Meinung untermauert werden kann. Allerdings ist die Eindeutigkeit des Ergebnisses ein Indiz dafür, dass die Modeller bei der Einschätzung der zugrunde liegenden Aussage durchaus konkrete Beispiele für solche „Projektbögen“ im Hinterkopf hatten.

3. Maßnahmen und Mechanismen zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises

Da Modeller von der Bereitschaft der Chemiker abhängig sind ihre Dienstleistungen im Rahmen von experimentellen Projekten zu nutzen, sind Maßnahmen und Mechanismen sinnvoll, die die Akzeptanz von CCT und die Kooperationsbereitschaft der Chemiker fördern. Mit Hilfe der folgenden Hypothese soll überprüft werden, ob und welche Maßnahmen ergriffen werden und welche dieser Maßnahmen von Nutzen sein können:

Die wichtigsten Maßnahmen bzw. Mechanismen zur Erweiterung des Nutzerkreises von Modelling innerhalb des Unternehmens sind die Mund-zu-Mund-Propaganda zwischen Chemikern (C71) und die räumliche Nähe der Arbeitsplätze von Chemikern und Modellern (C73). Der hierarchische Druck (C74) Modelling in experimentellen Projekten zu nutzen spielt dagegen nur eine untergeordnete Rolle.

²⁶⁶ Vgl. Aussage 4, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „As participants in multiple projects, industrial modellers can act as project cross fertilizers.“

Die Befragten sollten eine Liste möglicher Maßnahmen bzw. Mechanismen von „1: unwichtig“ bis 5: wichtig“ auf einer fünfstufigen Skala bewerten.²⁶⁷

Tab. 73: Maßnahmen / Mechanismen zur Erweiterung des Nutzerkreises

Mechanismen / Maßnahmen	Modeller insgesamt	Mittelwert	Bedeutungsindex
Mund-zu-Mund-Propaganda zwischen Chemikern	47	4,2	79
Modeller informieren Chemiker über CCT-Methoden und -Nutzen	49	3,8	69
Räumliche Nähe der Arbeitsplätze von Chemikern und Modellern	49	3,5	55
Hierarchischer Druck auf Chemiker Modelling für ihre Projekte zu nutzen	48	2,8	25

Der mit Abstand wichtigste Mechanismus den Nutzerkreis von CCT unter den Chemikern zu erweitern, stellt zweifelsohne die Mund-zu-Mund-Propaganda zwischen Chemikern dar. 24 Modeller oder 51% vergaben hier die höchste Prioritätsstufe. Erst an zweiter Stelle wurden alle Maßnahmen genannt, die eine Informations- und Aufklärungsarbeit der Modeller bezüglich Methoden und Nutzen der CCT umfassen. Damit scheint es bei der Gewinnung neuer CCT-Endnutzer und damit bei der Steigerung der Akzeptanz effizienter zu sein, einzelne Chemiker im praktischen Fall von der Leistungsfähigkeit und Vorteilhaftigkeit der Technologien zu überzeugen, die dann wieder andere Chemiker mit dieser Überzeugung „anstecken“ können, als sie im Rahmen von theoretischen Seminaren weiterzubilden. Trotzdem gilt das Ergreifen letzterer Maßnahmen ebenfalls als wichtig und eine Kombination erscheint als das Mittel der Wahl. Nicht zu unterschätzen ist die Bedeutung der räumlichen Nähe zwischen den Arbeitsplätzen von Chemikern und Modellern, die immerhin von 55% der Modeller als relevant bezeichnet wurde.

Der hierarchische Druck auf Chemiker scheidet als Maßnahme eher aus, da ihn 46% für unwichtig hielten. Somit kann die obige Hypothese weitestgehend bestätigt werden, bis auf die Tatsache, dass die Aufklärung der Chemiker als weitaus wichtiger eingeschätzt wurde, als die räumliche Nähe zwischen den beiden Parteien.

Diese Maßnahmen und Mechanismen weisen keinen Zusammenhang mit der Ablehnungsquote von Support-Anfragen auf.

4. Allgemeine Modelling-Situation

Ebenfalls von Bedeutung ist die Frage, wie die antwortenden Experten die allgemeine Modelling-Situation in der chemischen und pharmazeutischen Industrie beurteilen. Aus diesem Grund wurde folgende Hypothese verfolgt:

Die allgemeine industrielle Modelling-Situation wird eher negativ beurteilt: Modeller sind der Meinung, dass CCT zu wenig von der Industrie genutzt wird (E110) und den meisten Unternehmen eine kritische Masse an Modellern (E16) fehlt.

²⁶⁷ Vgl. Frage 7, Sektion C, M³QI, Anhang 2: „What have been the most powerful mechanisms to spread the use of CCT in your company (subsidiary)?“

Tab. 74: Allgemeine Bewertung der industriellen Modelling-Situation

Antwortkategorien	zu wenig CCT? (N= 50)	in v. Hd.	fehlt kritische Masse? (N = 48)	In v. Hd.
1: lehne stark ab	2	4,0%	1	2,1%
2: lehne ab	15	30,0%	7	14,6%
3: teils, teils	17	34,0%	21	43,8%
4: stimme zu	12	24,0%	13	27,1%
5: stimme stark zu	4	8,0%	6	12,5%
	Mittelwert: 3,0 Std.-Abw.: 1,0	Median: 3	Mittelwert: 3,3 Std.-Abw.: 0,95	Median: 3

Mit Hilfe einer fünfstufigen Skala sollten die Befragten die beiden Aussagen „Die Industrie verwendet zu wenig Modelling“ bzw. „Den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ beurteilen.²⁶⁸ Im ersten Fall entfielen gleich große Antwortanteile auf Ablehnung (Kategorien 1 und 2), Zustimmung (Kategorien 4 und 5) und die Kategorie teils, teils. Da sich bei der Frage, ob die Industrie zu wenig simuliert keine eindeutige Tendenz abzeichnet, scheint das Urteil eher von komplexen situativen und individuellen Gegebenheiten der Modeller abzuhängen.

Was die Existenz einer kritischen Masse betrifft, stützen die industriellen Modeller eher die Aussage (40%) als diese abzulehnen (17%). Allerdings findet sich auch hier wieder eine große Gruppe unentschiedener Experten (44%). Somit können wir festhalten, dass die Befragten tendenziell der Meinung waren, den Unternehmen fehle eine kritische Masse an Modellern. Trotzdem lässt sich die obige Hypothese nicht aufrechterhalten.

Überprüft man eine mögliche Abhängigkeit der beiden Aussagen voneinander, resultiert eine sehr signifikante, mittelstark positive Korrelation (SR: 0,402 mit $p=0,005$). Dies bedeutet: Je mehr die Modeller davon überzeugt sind, dass CCT von der Industrie in zu geringem Umfang genutzt werden, um so eher beklagen sie auch das Fehlen einer kritischen Modeller-Masse in den Unternehmen.

Zwischen der allgemeinen industriellen Modelling-Situation und der Ablehnungsquote von Support-Anfragen bzw. den Mechanismen/Maßnahmen zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises existieren keine statistischen Zusammenhänge.

5. Wettbewerbsvorteil

Dass die intelligente Anwendung von CCT in industriellen F&E-Projekten dem jeweiligen Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil bringen kann, wurde bereits in Abschnitt 2.8 erwähnt. Trotzdem sollt mit Hilfe der nachfolgenden Hypothese überprüft werden in wie weit den industriellen Experten ein solcher möglicher Wettbewerbsvorteil bewusst ist.

Industrielle Modeller sind der festen Überzeugung, dass die Verwendung von CCT dem Unternehmen hilft einen signifikanten Wettbewerbsvorteil (E11) zu erlangen.

²⁶⁸ Vgl. Aussagen 6 und 10, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „Most chemical enterprises lack a critical mass of simulation experts.“ bzw. „Industry uses too few simulation.“

Wiederum wurden die Modeller gebeten eine entsprechende Aussage auf einer fünfstufigen Skala zu bewerten.²⁶⁹

Tab. 75: Wettbewerbsvorteil durch CCT

Antwortkategorien	Wettbewerbsvorteil? (N= 50)	in v. Hd.
1: lehne stark ab	0	0,0%
2: lehne ab	0	0,0%
3: teils, teils	6	12,0%
4: stimme zu	23	46,0%
5: stimme stark zu	21	42,0%
	Mittelwert: 4,3 Std.-Abw.: 0,68	Median: 4

Die erhaltenen Antworten bestätigen eindrucksvoll die obige Hypothese. 44 Modeller oder 88% stimmten der Aussage (voll) zu, Modelling-Aktivitäten würden bei der Generierung eines Wettbewerbsvorteils helfen.

Zwischen der Einschätzung, ob CCT helfen könnte dem Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil zu sichern und der Ablehnungsquote von Support-Anfragen, bzw. den Mechanismen/Maßnahmen zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises, bzw. der allgemeinen industriellen Modelling-Situation besteht kein statistischer Zusammenhang.

5.5.3.4 Zusammenhangsanalyse zum Komplex Einstellungen & Erwartungen

In diesem Abschnitt sollen mögliche Abhängigkeiten der Variablen des Komplexes Einstellungen & Erwartungen zwischen den CCT-Akteuren Management, Chemiker und Modeller untereinander geprüft und aufgedeckt werden. Hierzu dienen wiederum Hypothesen, die mit Hilfe der gewonnenen Daten überprüft werden. Ist im Nachfolgenden von der Einstellung des Managements die Rede, entspricht dies den beiden Variablen „Einschätzung der strategischen Relevanz des Modelling für F&E durch das Management“ und „Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die jeweilige CCG“.

1. Hypothese:

Wenn die Einstellung des Managements gegenüber dem Modelling vorteilhaft ist (D4, D5) bzw. das Management realistische Erwartungen hat (E12), kann dies letztendlich zu einem geringeren Widerstand/Widerwillen der Chemiker führen (C4).

Der Widerstand/Widerwillen der Chemiker zeigt sich statistisch unabhängig von der Einstellung bzw. den Erwartungen des Managements. Hier zeigt sich deutlich, dass die Förderung und Unterstützung von CCT und den CCGs durch das Management eine Sache, die Überzeugung und Gewinnung der Chemiker aber eine andere Sache ist.

²⁶⁹ Vgl. Aussage 1, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „Industrial modelling activities help to build a considerable competitive advantage.“

2. Hypothese:

Wenn die Einstellung des Managements gegenüber dem Modelling vorteilhaft ist (D4, D5) bzw. das Management realistische Erwartungen hat (E12), kann diese auch zu realistischen Erwartungen bei den Chemikern (E17, E19) führen.

Ob die Erwartungen der Chemiker realistisch sind wird weder von der Einstellung noch von den Erwartungen des Managements beeinflusst. Ein statistischer Zusammenhang aufgrund der vorliegenden Daten kann ausgeschlossen werden. Die Erwartungen der Chemiker können damit als (statistisch) unabhängig von Einstellung und Erwartungen des Managements angesehen werden.

3. Hypothese:

Wenn die Einstellung des Managements gegenüber dem Modelling vorteilhaft ist (D4, D5) bzw. das Management realistische Erwartungen hat (E12), und damit ein für das Modelling günstiges Klima existiert, könnte die Auslastung der CCG und damit die Ablehnungsquote von Supportanfragen (C2) erhöht sein.

Diese Hypothese muss schlichtweg abgelehnt werden, da sich ein derartiger Zusammenhang statistisch nicht nachweisen lässt. Ein positives Management-Umfeld hat also keinen Einfluss auf die Ablehnungsquote von Unterstützungsanfragen.

4. Hypothese:

Wenn die Einstellung des Managements gegenüber dem Modelling vorteilhaft ist (D4, D5) bzw. das Management realistische Erwartungen hat (E12), könnte dies einen Einfluss auf die Relevanz der verschiedenen Maßnahmen/Mechanismen zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises (C7) haben.

In der Tat lässt sich ein schwach positiver aber sehr signifikanter Zusammenhang zwischen der Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die entsprechende CCG und der Relevanz der Maßnahme „Modeller informieren Chemiker über CCT-Methoden und deren Nutzen“ nachweisen (SR: 0,370 mit $p=0,009$). Je nachhaltiger die Management-Unterstützung für CCT ausfällt, umso mehr schlagen Modeller-Maßnahmen zur Weiterbildung von Chemikern an, vermutlich da in diesem Fall auch verstärkt solche Maßnahmen gefördert werden. Die positive Management-Grundhaltung begünstigt also die proaktive und direkte Auseinandersetzung der Modeller mit den CCT-Informationsdefiziten der Chemiker.

5. Hypothese:

Wenn die Einstellung des Managements gegenüber dem Modelling vorteilhaft ist (D4, D5) bzw. das Management realistische Erwartungen hat (E12), dann sollte die Beurteilung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation durch die Experten (E16, E110) eher positiv sein.

Es zeigt sich, dass die Experten-Beurteilung der industriellen Modelling-Situation nicht abhängig von Einstellungen oder Erwartungen des Managements ist und damit eine positive Management-Grundhaltung eher nicht dazu führt, die industrielle Modelling-Situation positiver zu bewerten.

6. Hypothese:

Wenn die Einstellung des Managements gegenüber dem Modelling vorteilhaft ist (D4, D5) bzw. das Management realistische Erwartungen hat (E12), dann werden die Modeller am stärksten davon überzeugt sein, dass CCT dazu beiträgt einen Wettbewerbsvorteil (E11) zu generieren.

Je höher das Management die strategische Relevanz von Modelling für F&E einschätzt, desto stärker verbinden die Modeller die Anwendung von CCT mit einem Wettbewerbsvorteil für ihr Unternehmen. Mit einem SR-Wert von 0,342 mit $p=0,015$ liegt eine schwach positive aber signifikante Korrelation vor.

7. Hypothese:

Es liegt ein Zusammenhang zwischen der Stärke des Widerstandes / Widerwillens der Chemiker (C4) und der Ablehnungsquote für Supportanfragen von Chemikern (C2) vor.

Ein solcher Zusammenhang kann statistisch nicht nachgewiesen werden, beide Variablen sind damit als unabhängig von einander zu betrachten.

8. Hypothese:

Die Stärke des Widerstands/Widerwillens gegen den Einsatz von Modelling (C4) im eigenen Unternehmen beeinflusst die Experten-Einschätzung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation (E16, E110), aber auch die Einschätzung bezüglich eines CCT-Wettbewerbsvorteils (E11).

Die Einschätzung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation durch die industriellen Modeller ist statistisch unabhängig vom Widerstandsniveau im eigenen Unternehmen. Auch existiert kein Zusammenhang zwischen der Experten-Einschätzung eines möglichen Wettbewerbsvorteils und dem Widerstand/Widerwillen der Chemiker. Somit beurteilen die Modeller sowohl die industrielle Modelling-Gesamtsituation als auch die Frage, ob CCT beim Aufbau eines unternehmensinternen Wettbewerbsvorteils hilft, unabhängig vom erfahrenen Widerstand/Widerwillen der Chemiker und damit weitgehend objektiv.

9. Hypothese:

Ein Zusammenhang besteht zwischen der Experten-Beurteilung (E16, E110) der allgemeinen industriellen Modelling-Situation und den Erwartungen der Chemiker (E17, E19).

Tatsächlich existiert ein Zusammenhang zwischen der Chemiker-Erwartung bezüglich des Modelling-Ergebnisses und der Einschätzung, ob den meisten Unternehmen eine kritische Modeller-Masse fehle. Hierbei handelt es sich um eine mittelstark negative und sehr signifikante Korrelation (SR-Wert von -0,431 mit $p=0,002$). Damit werden die Chemiker-Erwartungen als realistischer eingeschätzt, wenn die Modeller der Aussage „Den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ eher ablehnend gegenüberstehen. Auf dieses Ergebnis soll später noch einmal zurückgegriffen werden.

10. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Ablehnungsquote von Support-Anfragen (C2), und der Beurteilung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation. Die Ablehnungsquote

*als eine Form der CCG-Auslastung ist aber auch mit der Einschätzung korreliert, CCT ver-
helfe dem Unternehmen zu einem Wettbewerbsvorteil (E11).*

Es stellt sich heraus, dass die Einschätzung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation (E16, E110) und auch die Beurteilung eines möglichen Wettbewerbsvorteils (E11) nicht mit der Ablehnungsquote (C2) zusammenhängen.

5.5.3.5 Zusammenfassung zum Komplex Einstellungen & Erwartungen

Sowohl die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die CCGs als auch die strategische Relevanz für den F&E-Bereich, die das Management CCT-Aktivitäten beimisst, werden von den befragten Modellern als durchaus hoch eingeschätzt. Je höher die strategische Relevanz, die das Management dem Modelling beimisst, desto nachhaltiger fällt die Management-Unterstützung für CCT aus. Auch die Erwartungen des Managements bezüglich des CCT-Potentials beurteilen die Experten als überwiegend realistisch. Somit kann die CCT-relevante Management-Grundhaltung der Unternehmen innerhalb der Antwortgesamtheit als durchweg positiv bezeichnet werden.

Widerstand bzw. Widerwillen der Chemiker hinsichtlich der Verwendung von Modelling in experimentellen Projekten ist ein Phänomen, mit dem die meisten Modeller konfrontiert sind. Die Stärke des Widerstands ist unabhängig von den Erwartungen bzw. den Einstellung des Managements. Ein hohes Widerstandsniveau ist allerdings eher die Ausnahme und die Mehrheit der Befragten beurteilt den Widerstand als mittelstark. Die wichtigsten Gründe für diesen Widerstand / Widerwillen in der Reihenfolge absteigender Relevanz sehen die Experten im „Fehlen allgemeiner Kenntnisse bezüglich Methoden und Nutzen von CCT“, in der „allgemeinen Skepsis gegenüber Ideen von Modellern („Not-Invented-Here“-Syndrom)“ sowie in „Enttäuschungen über Modelling-Ergebnisse oder Modelling-Betreuung“. Dies unterstreicht eindeutig die noch unzureichenden Chemiker-Kenntnisse der theoretischen Chemie, wie deren Möglichkeiten und Grenzen, sowie fehlende Berührungspunkte zwischen Experiment und Simulation im universitären Umfeld. Hier ist im besonderen Maße die theoretische Hochschul-ausbildung der experimentellen Chemiker gefordert diesem Mangel weiter entgegenzuwirken.

Was die Erwartungen der Chemiker bezüglich des Ergebnisses von Simulationen betrifft, ist die Meinung der Modeller unentschieden mit einer leichten Tendenz die Erwartungen als eher realistisch zu bezeichnen. Ähnlich verhält es sich mit den Erwartungen der Nicht-Experten hinsichtlich der benötigten Zeitdauer für sinnvolle Berechnungen, allerdings werden diese Erwartungen tendenziell eher als unrealistisch bewertet.

Die Mehrheit der Modeller lehnt Projektunterstützungs-Anfragen von Chemikern lediglich manchmal ab und nur in Einzelfällen kommt es zu hohen Ablehnungsquoten. Somit erscheint die Ablehnungsquote als Auslöser weiterer Widerstände nicht von Bedeutung zu sein. Da Zeitmangel den mit Abstand wichtigsten Grund für die Support-Ablehnungen darstellt wird die Ablehnungsquote als Indikator für die Auslastung des Modellers bzw. der CCG bestätigt. Einige Ablehnungen erfolgen aufgrund eines Man-

gels an strategischer Relevanz des in Frage stehenden Projektes. Das Fehlen von Expertise als Ablehnungsgrund spielt dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Weder die Einstellungen und Erwartungen des Managements noch die Stärke des Widerstands / Widerwillens der Chemiker spielen bei der Höhe der Ablehnungsquote eine Rolle.

Die überwiegende Mehrzahl der Experten bestätigt, dass Modellern eine Rolle als „Project Cross Fertilizer“ zukommt. Damit sehen sie in ihrer Teilnahme an mehreren Projekten gleichzeitig einen wichtigen Mehrwert für die Einzelprojekte.

Interessanterweise stellt sich heraus, dass das Fehlen von CCT-Erfolgsgeschichten im Unternehmen umso wichtiger ist, je stärker sich der Widerstand / Widerwillen in einem Unternehmen gegen diese Technologien darstellt. Auch die Unkenntnis interner CCT-Ressourcen als Widerstandsgrund erscheint wichtiger, wenn der Widerstand ausgeprägt ist. Das Widerstandsniveau erscheint gänzlich unabhängig von den Einstellungen des Managements. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass das Management höchstens einen relativ geringen Einfluss auf die Stärke des Widerstands der Chemiker hat, was die Tatsache erklären würde, dass hierarchischer Druck von den Modellern nicht als probates Mittel angesehen wird, die „intra firm“-Diffusionsprobleme von CCT zu lösen.

Im Allgemeinen stellt die Mund-zu-Mund-Propaganda erfolgreicher Modelling-Einsätze von Chemiker zu Chemiker (ohne Modeller-Beteiligung) den bedeutendsten Mechanismus zur Erweiterung des Nutzerkreises von CCT dar. Aber auch direkte Modeller-Interventionen zur Information von Chemikern über Methoden und Nutzen dieser Technologien sind wesentliche und wichtige Maßnahmen, die den Widerstand zu überwinden helfen. Relevant ist auch die Schaffung räumlicher Nähe zwischen den Arbeitsplätzen von Chemikern und Experten. Die Einstellung des Managements und zwar genauer gesagt, die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die CCG beeinflusst die Relevanz, die die Experten der Maßnahme „Modeller informieren Chemiker über CCT-Methoden und deren Nutzen“ zuschreiben. Je stärker diese Unterstützung, desto eher betonen Experten die Wichtigkeit dieser Maßnahme bei der aktiven Aufklärung der Chemiker.

Die allgemeine Situation des industriellen Modelling beurteilen die Experten überwiegend unentschieden, vor allem bei der Frage, ob die Industrie zu wenig simuliert. Bei der Aussage „Den meisten chemischen Unternehmen mangelt es an einer kritischen Modeller-Masse“ nehmen mehr Modeller eine zustimmende als ablehnende Haltung ein. Experten, die der Meinung sind, dass die Industrie zu wenig simuliert, stimmen obiger Aussage eher zu. Ein statistischer Zusammenhang zwischen der Bewertung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation und den Einstellungen und Erwartungen des Managements existiert nicht. Allerdings zeigt sich ein mittelstarker Zusammenhang zwischen der Chemiker-Erwartung bezüglich des Modelling-Ergebnisses und der Einschätzung, ob den meisten Unternehmen eine kritische Modeller-Masse fehle. Damit werden die Chemiker-Erwartungen als realistischer eingeschätzt wenn die Modeller der Aussage „Den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ eher ablehnend gegenüberstehen.

Eine deutliche Experten-Mehrheit ist der Meinung, dass industrielle Modelling-Aktivitäten helfen einen signifikanten Wettbewerbsvorteil aufzubauen. Je höher das Management die strategische Relevanz von Modelling für F&E dabei beurteilt, desto höher schätzen die Modeller die Chance für einen Wettbewerbsvorteil ein.

Die Beurteilung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation und die Meinung bezüglich eines möglichen Wettbewerbsvorteils hängen weder von der Höhe der Ablehnungsquote noch von der Stärke des Widerstands / Widerwillens ab.

5.5.4 Befunde zum Komplex Diffusionsfortschritt

Der Fortschritt der „intra firm“-Diffusion von CCT in den Unternehmen soll mit Hilfe der beiden Aussagen „experimentelle Kollegen anerkennen was CCT bringt“, „Chemiker wenden sich bei ihrer experimentellen Arbeit erst spät an Modeller“ sowie der Frage „wie hoch ist der Anteil an experimentellen Projekten mit Modeller-Beteiligung, bei denen diese Beteiligung auf eine Chemiker-Initiative rückführbar ist“, operationalisiert werden.

Zunächst wird dabei folgende Hypothese genauer beleuchtet²⁷⁰:

Die Mehrheit der Modeller glaubt, dass ihre experimentellen Kollegen anerkennen was CCT bringt (E15).

Tab. 76: Anerkennung des Nutzens von CCT

Antwortkategorien	Chemiker anerkennen Nutzen? (N=50)	in v. Hd.
1: lehne stark ab	0	0,0%
2: lehne ab	1	2,0%
3: teils, teils	10	20,0%
4: stimme zu	35	70,0%
5: stimme stark zu	4	8,0%
Mittelwert: 3,8	Std.-Abw.: 0,58	Median: 4

Eine breite Mehrheit der Modeller (78%) stimmte der Aussage (stark) zu, dass ihre experimentellen Kollegen durchaus wissen was ihnen Modelling bringt. Lediglich ein Experte äußerte sich ablehnend. Immerhin 20% der Modeller antworten unentschieden auf diese Aussage. Somit scheinen viele Chemiker durchaus in der Lage zu sein, die Vorteilhaftigkeit von CCT auch für ihre experimentellen Projekte einschätzen zu können. Die obige Hypothese kann also bestätigt werden.

Aber nicht nur die Frage, ob Chemiker wissen was ihnen CCT bringen kann, sondern auch, ob und wie oft sie bereit sind diese Kompetenzen für ihre experimentellen Projekte tatsächlich zu nutzen ist von Bedeutung. Dazu wurde der Anteil an experimentellen Projekten mit

²⁷⁰ Vgl. Aussage 5, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „Your experimental colleagues appreciate what simulation brings to the table.“

Modeller-Beteiligung ermittelt, bei denen diese Beteiligung auf eine Chemiker-Initiative zurückzuführen war.²⁷¹ Daraus wurde die folgende Hypothese abgeleitet:

Die wenigsten Chemiker ergreifen die Initiative (C6) wenn es um die Kooperation mit Modellern geht. Zumeist sind es die Modeller, die auf die Chemiker zugehen müssen.

Tab. 77: Anteil an Projekten mit Chemiker-Initiative

Antwortkategorien	Projekte mit Chemiker-Initiative (N=47)	in v. Hd.
1: 0 bis 19%	2	4,3%
2: 20 bis 39%	8	17,0%
3: 40 bis 59%	9	19,1%
4: 60 bis 79%	11	23,4%
5: 80 bis 100%	17	36,2%
Mittelwert: 3,8	Std.-Abw.: 0,58	Median: 4

Der Anteil an experimentellen Projekten mit Modeller-Präsenz, bei denen Chemiker die Initiative für die Kooperationen ergriffen, kann als relativ hoch erachtet werden. 60% der Experten gaben an, dass bei mindestens 60% der Projekte mit Modeller-Beteiligung diese Beteiligung auf die Initiative von Chemikern zurückgeht. Von mindestens 80% Chemiker-Initiative für Modeller-Projektbeteiligungen sprachen dabei immerhin noch 36% der Modeller. Am unteren Ende der Skala finden sich 21% der Modeller, die lediglich 0 bis 39% ihrer Projektbeteiligungen einer Chemikerinitiative verdanken. Je stärker diese Chemikerinitiative ausgeprägt ist, umso weniger intensiv müssen die Experten ihrerseits auf die Suche nach neuen Projekten gehen. Im Idealfall wird den Modellern eine Vielzahl von Projekten angeboten, die diese dann auf technische Machbarkeit und strategische Relevanz prüfen und auswählen können. Die Datenlage legt damit zwingend die Ablehnung der obigen Hypothese nahe, obwohl immerhin jeder fünfte Modeller einer Situation mangelnder Chemiker-Initiative (< 40%) skizzierte.

Aufbauend auf der vorangegangenen Hypothese sollte nun geprüft werden, ob Modeller glauben, dass sich Chemiker oft erst zu einem fortgeschrittenen Projektzeitpunkt an die Experten wenden. Für die entsprechende Variable, die im Nachfolgenden der Einfachheit halber als „Projekteintrittszeitpunkt“ der Modeller bezeichnet wird, wurde folgende Hypothese formuliert:²⁷²

Chemiker wenden sich oft erst spät während ihrer experimentellen Arbeiten an Modeller (E13).

²⁷¹ Vgl. Frage 6, Sektion C, M³QI, Anhang 2: „Which percentage of those experimental projects, you and your modelling colleagues are involved in, have seen experimentalists (not modellers) to take the first initiative to discuss their projects with you, finally leading to the project participation of a modeller?“

²⁷² Vgl. Aussage 3, Sektion E, M³QI, Anhang 2: „Chemists often turn to modellers quite late in their experimental work.“

Tab. 78: Chemiker wenden sich erst spät an Modeller

Antwortkategorien	Später Gang zum Modeller? (N=50)	in v. Hd.
1: lehne stark ab	4	8,0%
2: lehne ab	14	28,0%
3: teils, teils	10	20,0%
4: stimme zu	13	26,0%
5: stimme stark zu	9	18,0%
Mittelwert: 3,2	Std.-Abw.: 1,3	Median: 3

Die vorliegenden Daten weisen eine zweigipflige Verteilung auf. 36% oder 18 Modeller lehnten die Aussage, bzw. Hypothese ab, wohingegen ihr 44% oder 22 der Experten zustimmten. Immerhin neun Modeller bzw. 18% waren sogar stark davon überzeugt, dass sie von den Chemikern erst relativ spät zu experimentellen Projekten hinzugezogen werden. Die obige Hypothese lässt sich somit weder vollständig akzeptieren noch ablehnen. Vielmehr kristallisiert sich hier die Trennlinie zwischen zwei unterschiedlichen Modellergruppen heraus, die erste mit Experten, die relativ früh von Chemikern hinzugezogen werden, die zweite mit Experten, die erst spät zum Projekteinsatz kommen. Diese beiden Gruppen finden als Ausgangspunkt für eine Diskriminanzanalyse in Abschnitt 5.5.8 weitere Verwendung. Festzuhalten bleibt, dass der Projekteintrittszeitpunkt der Modeller einen Schatten auf den „intra firm“-Diffusionsfortschritt, der bisher durchweg positiv erschien, wirft.

Im Folgenden muss noch geprüft werden, inwiefern die bereits diskutierten drei Variablen des Diffusionsfortschritts voneinander abhängen. Wenn die Mehrzahl der experimentellen Kollegen anerkennen was CCT bringt, sollten mehr Chemiker die Initiative für Modeller-Beteiligungen in ihren Projekten ergreifen und ebenfalls früher Modelling-Unterstützung anfordern. Es stellt sich heraus, dass die Chemiker-Initiative schwach negativ, aber sehr signifikant mit der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ korreliert ist (SR: -0,350 mit $p=0,016$). Ein lediglich schwacher Zusammenhang besteht deshalb, weil im Falle starker Ablehnung dieser Aussage zwar die Chemiker-Initiative mit mindestens 80% sehr hoch ist, allerdings auch eine nicht unerhebliche Anzahl an Modellern existiert, die von hohen Chemiker-Initiativen (von 50 bis 100%) berichten, obwohl sie angeben, Chemiker würden erst spät auf sie zukommen. Abschließend lässt sich festhalten, dass in Unternehmen mit einem hohen Maß an Chemiker-Initiative die Chemiker sich auch tendenziell früher um eine Modeller-Beteiligung bemühen.

Ein gewisser Zusammenhang besteht auch zwischen der Chemiker-Initiative und der Frage, ob Chemiker anerkennen, was CCT bringt. Der SR-Wert von 0,263 ist mit $p=0,074$ allerdings nur tendenziell signifikant. Diese schwach positive Korrelation deutet auf eine erhöhte Chemiker-Initiative bezüglich einer Modelling-Projektbeteiligung hin, wenn Chemiker den Nutzen von CCT anerkennen.

Zwischen der Chemiker-Anerkennung des Nutzens von CCT und der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ gibt es ebenfalls eine schwach negative, tendenziell signifikante Korrelation (SR: -0,267 mit $p=0,061$). Wenn Modeller also zu der Einschätzung kommen, dass die Chemiker den Nutzen von CCT nicht anerkennen, stimmen sie auch eher der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ zu.

Zusammenfassung

Mit Hilfe von drei Akzeptanz- bzw. Kooperationsindikatoren sollte der „intra firm“-Diffusionsfortschritt von CCT gemessen werden, nämlich der Anerkennung des CCT-Nutzens, der Chemiker-Initiative für Modeller-Projektbeteiligungen und dem Zeitpunkt des Projekteintritts von Modellern. Die Anerkennung des Nutzens von CCT durch die Chemiker beurteilen die Modeller äußerst positiv. 78% sind der Meinung, Chemiker anerkennen was Modelling bringt.

Auch bei dem Projektanteil mit Modeller-Beteiligung, bei denen die Initiative für die Kooperation mit den Experten auf Chemiker-Seite liegt, zeichnet sich ein eher positives Bild ab, denn 60% der Modeller weisen Chemiker-Initiativen in mindestens 60% der experimentellen Projekte mit Modeller-Präsenz aus. Allerdings wird eine relativ geringe Chemiker-Initiative (in nur 0 bis höchstens 39% der Projekte) von immerhin 21% der Modeller konstatiert.

Interessant erscheint die zweigipflige Verteilung bei der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“. Offenbar existieren zwei Gruppen von Modellern, eine, mit einem Anteil von 36%, die diese Aussage ablehnen und eine, mit einer Population von 44% der Antwortgesamtheit, die Zustimmung signalisiert.

Alle drei Variablen sind schwach untereinander korreliert. Eine erhöhte Chemiker-Initiative für eine Kontaktaufnahme und anschließende Kooperation mit Modellern scheint von einer gesteigerten Anerkennung des CCT-Nutzens durch die Chemiker abzuhängen. Die Ausweisung einer größeren Chemiker-Initiative steht aber auch mit der Modeller-Meinung Chemiker wendeten sich mit ihren experimentellen Projekten nicht erst spät an Modeller, in Zusammenhang. Kommen Modeller allerdings zu der Einschätzung, Chemiker anerkennen den Nutzen von CCT nicht, stimmen sie der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ eher zu.

5.5.5 Befunde zum Zusammenhang zwischen Kontextfaktoren und den Einstellungen und Erwartungen der CCT-Akteure (Komplex A)

Nachdem die Komplexe Kontext, Einstellungen & Erwartungen sowie Diffusionsfortschritt für sich untersucht wurden, besteht das Interesse des vorliegenden Kapitels darin, die Wirkung des Kontextes auf die Einstellungen und Erwartungen von Management, Modellern und Chemikern zu analysieren. Dieser Zusammenhang wurde im oben dargestellten Bezugsrahmen durch den Pfeil mit der Bezeichnung A kenntlich gemacht.

Die Kontextfaktoren werden nacheinander nach einem Zusammenhang mit den Einstellungen und Erwartung des Managements, der Chemiker und schließlich der Modeller untersucht.

5.5.5.1 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Einstellungen und Erwartungen des Managements

Dieses Unterkapitel dient der Untersuchung ob und inwiefern die Einstellungen und Erwartungen des Managements von den Kontextfaktoren abhängig sind. Die nachfolgenden Auswertungen werden mit Hilfe von Hypothesen und deren statistischer Prüfung vorgenommen.

1. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit der Einstellung des Managements (D4, D5) von den Kontextfaktoren.

Zwischen der Größe des Unternehmens und der strategischen Relevanz für F&E, die das Management dem Modelling einräumt, besteht ein schwach positiver, aber signifikanter Zusammenhang. Der SR nimmt dabei einen Wert von 0,308 mit $p=0,031$ an. Die Daten zeigen, dass Modeller kleinerer Unternehmen die strategische Relevanz für F&E, die das Management CCT einräumt, zwar schon als relativ hoch bewerten, diese aber bei größeren Unternehmen im Durchschnitt noch höher liegt. Die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die CCG kann dagegen als statistisch unabhängig von der Unternehmensgröße angesehen werden.

Es zeigt sich, dass die Anzahl der Modeller im Unternehmen von der Einstellung des Managements abhängig ist, denn nicht nur die Nachhaltigkeit der Unterstützung ist mit der Modellerzahl positiv korreliert (SR: 0,407 mit $p=0,003$) sondern auch die vom Management anerkannte strategische CCT-Relevanz für F&E (0,355 mit $p=0,012$). Dieser Zusammenhang kann aus beiden Richtungen interpretiert werden. Eine positive Einstellung des Managements ist sicherlich Bedingung für mehr CCT-Engagement und damit eine steigende Modellerzahl, aber mehr Modeller im Unternehmen können auch eine höhere Wirkung entfalten und damit wieder zu einer positiveren Management-Einstellung gegenüber CCT beitragen. Weitere Zusammenhänge zwischen Kontextfaktoren und der Einstellung des Managements konnten nicht nachgewiesen werden.

Was die Erwartungen des Managements betrifft so kann folgende Hypothese formuliert werden:

2. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit der Erwartungen des Managements (E12) von den Kontextfaktoren.

Dabei zeigt sich, dass die Frage, ob Modeller die Erwartungen des Managements eher als realistisch oder unrealistisch einstufen, statistisch unabhängig von der Gesamtheit der Kontextfaktoren ist. Somit kann die obige Hypothese nicht aufrechterhalten werden.

5.5.5.2 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Einstellungen und Erwartungen der Chemiker

Dieses Unterkapitel dient der Untersuchung ob und inwiefern die Einstellungen und Erwartungen der Chemiker von den Kontextfaktoren abhängen. Die nachfolgenden Auswertungen werden mit Hilfe von Hypothesen und deren statistischer Prüfung vorgenommen.

1. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit der Stärke des Widerstandes / Widerwillens (C4) der Chemiker und deren Gründe (C51-C56) von den Kontextfaktoren.

Es konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Widerstandsniveau und den einzelnen Kontextfaktoren aufgedeckt werden. Bezüglich der Stärke des Widerstandes / Widerwillens muss die obige Hypothese verworfen werden. Ein interessantes Ergebnis resultiert, prüft man einen möglichen Zusammenhang zwischen der Relevanz der unterschiedlichen Widerstandsgründe mit den Kontextfaktoren. Alle Gründe erweisen sich von den Kontextfaktoren als statistisch unabhängig, bis auf die „Enttäuschung über Modelling-Ergebnisse oder Modelling-Betreuung“. Die Bedeutung, die diesem Grund von den Modellern beigemessen wird, weist nicht nur eine mittelstarke Korrelation mit dem Tätigkeitsfeld der Modeller, Pharma bzw. Nicht-Pharma auf (CV: 0,512 mit näherungsweise $p=0,026$), sondern korreliert auch mittelstark mit der Höhe des prozentualen F&E-Budgets der Unternehmen (SR: 0,456 mit $p=0,017$). Dies bedeutet, dass besonders Modeller von Pharmaunternehmen (mit hohen prozentualen F&E-Budgets) dazu tendieren, die Enttäuschung der Chemiker über Modelling-Ergebnisse oder die Modelling-Betreuung als einen relativ wichtigen Grund für den Widerstand / Widerwillen der Chemiker anzugeben.

Auch die Erwartungen der Chemiker sollen auf eine Abhängigkeit von den Kontextfaktoren untersucht werden:

2. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit der Erwartungen der Chemiker bezüglich des Ergebnisses der (E17) bzw. der notwendigen Zeitdauer für Berechnungen (E19) von den Kontextfaktoren.

Ob die Erwartungen der Chemiker eher realistisch oder unrealistisch sind, beurteilen die Modeller unabhängig von den Kontextfaktoren. Damit muss obige Hypothese verworfen werden.

5.5.5.3 Einfluss der Kontextfaktoren auf die Einstellungen der Modeller

Dieses Unterkapitel dient der Untersuchung, ob die Kontextfaktoren einen Einfluss auf die Einstellungen und einschlägigen Bewertungen der Modeller ausüben. Die nachfolgenden Auswertungen werden mit Hilfe von Hypothesen und deren statistischer Prüfung vorgenommen.

1. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit der Ablehnungsquote von Supportanfragen (C2) und deren Gründe von den Kontextfaktoren.

Die Ablehnungsquote erweist sich als statistisch unabhängig von den Kontextfaktoren. Untersucht man mögliche Zusammenhänge zwischen den Ablehnungsgründen und den Kontextfaktoren, lässt sich eine interessante Korrelation aufdecken, nämlich zwischen dem Grund „Mangel an Expertise“ und dem Tätigkeitsfeld. 50% der Nicht-Pharma-Modeller, entsprechend fünf Modeller, geben „Mangel an Expertise“ als Grund für die Ablehnung von Support-Anfragen an, unter den Pharma-Modellern sind es lediglich vier Personen bzw. 10%. Damit resultiert eine mittelstarke (negative) und sehr signifikante Korrelation mit einem CV-Wert von (-)0,416 ($p=0,003$).²⁷³ Verglichen mit Pharma-Modellern lehnen Nicht-Pharma-Modeller also wesentlich mehr Projektunterstützungs-Anfragen aufgrund von fehlender Expertise ab, eine Aussage, die aber aufgrund der geringen Anzahl an Nicht-Pharma-Modellern in der Antwortgesamtheit nur unter Vorbehalt getroffen werden kann. Grund hierfür sind vermutlich die wesentlich komplexeren Problemstellungen im Nicht-Pharma-Modellingbereich, die ein breiteres Spektrum an Modell- und Methodenkenntnissen erfordern.

Auch die Relevanz der Mechanismen und Maßnahmen zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises sollen auf einen möglichen Zusammenhang mit den Kontextfaktoren geprüft werden:

2. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Relevanz verschiedener Mechanismen bzw. Maßnahmen zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises (C71-C74) und den Kontextfaktoren.

Wiederum lassen sich Unterschiede zwischen Pharma- und Nicht-Pharma-Modellern aufzeigen. Maßnahmen zur Information von Chemikern über Methoden und Nutzen von CCT halten drei von neun Nicht-Pharma-Modeller für eher unwichtig. Bei Pharma-Modellern sind lediglich drei der 40 Befragten derselben Meinung. Die vorliegende Korrelation ist mittelstark positiv mit einem CV-Wert von 0,582 und mit näherungsweise $p=0,002$ sehr signifikant. Damit halten im Durchschnitt wesentlich mehr Pharma-Modeller solche informativen Maßnahmen für Chemiker für bedeutsam als Nicht-Pharma-Modeller.

Weiterhin ist ein statistischer Zusammenhang zwischen der Schaffung räumlicher Arbeitsplatznähe zwischen Experten und Chemikern als Maßnahme und dem prozentualen F&E-Budget des Unternehmens nachweisbar (SR: 0,464 mit $p=0,010$). Modeller aus Unternehmen mit höheren prozentualen F&E-Ausgaben halten diese Maßnahme eher für wichtig, um den Nutzerkreis von CCT zu erweitern.

3. Hypothese:

Es besteht eine Abhängigkeit der Beurteilung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation (E16, E110) von den Kontextfaktoren.

Eine schwach negative, aber signifikante Korrelation besteht zwischen der Anzahl an Modellern im Unternehmen und dem Urteil der Modeller, ob den meisten chemischen Unternehmen eine kritische Modeller-Masse fehle (SR-K: -0,355 mit $p=0,013$). Dies bedeutet, dass Modeller die Aussage „Den meisten Unternehmen fehlt eine kritische Masse an Modellern“

²⁷³ Obwohl der Kontingenzkoeffizient Cramer's V nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, handelt es sich hier nachweislich (gemäß Daten, bzw. Phi- und SR-Werte) um eine negative Korrelation.

eher ablehnten, wenn ihre Zahl im Unternehmen relativ groß war. Mit steigender Experten- zahl haben diese den Eindruck Teil einer kritischen Masse zu sein. Diese individuelle Erkenntnis wird dann möglicherweise auf die gesamte Industrie projiziert.

4. Hypothese:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Überzeugung, Modelling helfe dabei einen Wettbewerbsvorteil zu erlangen (E11) und den Kontextfaktoren.

Ein statistischer Zusammenhang kann nicht gefunden werden. Die Modeller scheinen ihr Urteil bezüglich des Wettbewerbsvorteils unabhängig von den Kontextfaktoren zu treffen. Damit gilt die obige Hypothese als widerlegt.

5.5.6 Befunde zum Einfluss der Kontextfaktoren auf den Diffusionsfortschritt (Komplex B)

Im Zentrum dieses Unterkapitels steht die Prüfung ob und inwiefern die Indikatorvariablen für den Diffusionsfortschritt von den Kontextfaktoren abhängig sind. Diese Untersuchung erfolgt ebenfalls mittels Hypothesen:

1. Hypothese:

Wenn die Unternehmensgröße (A2) und damit die Modellerzahl (D1) hoch ist, aber auch bei steigenden prozentualen F&E-Ausgaben (E3) und im Falle von Pharma-Unternehmen (A41), anerkennen die Chemiker den Modelling-Nutzen (E15), ergreifen Chemiker eher die Initiative für Modeller-Beteiligungen an ihren Projekten (C6) und lehnen die Modeller eher die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (E13) ab.

Der weitaus wichtigste, weil stärkste statistische Zusammenhang besteht zwischen der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ und den prozentualen F&E-Ausgaben. Der SR nimmt dabei einen Wert von -0,556 mit $p=0,001$ an und weist damit auf eine mittelstark negative aber hoch signifikante Korrelation dergestalt auf, dass Modeller von Unternehmen mit erhöhtem prozentualem F&E-Budget weniger den Eindruck haben, Chemiker kämen erst spät während ihrer experimentellen Arbeit auf sie zu. Auch die Zugehörigkeit zu einer der beiden Gruppen Pharma- bzw. Nicht-Pharma-Modeller verschiebt das Antwortverhalten auf diese Aussage. Während acht von zehn Modellern aus Nicht-Pharma-Unternehmen der Aussage (voll) zustimmen, und lediglich einer diese ablehnt, urteilen die Pharma-Modeller wesentlich differenzierter. 43% der Pharma-Modeller lehnen die Aussage „Chemiker wenden sich zu spät an Modeller“ ab, wohingegen 35% ihr zustimmen. Beide Korrelationen laufen damit in dieselbe Richtung: In Nicht-Pharma-Unternehmen (mit geringeren prozentualen F&E-Ausgaben) sind die Modeller eher davon überzeugt, dass ihre experimentellen Kollegen sich erst spät im Projektverlauf an sie wenden.

Ob sich Chemiker erst spät an Modeller wenden ist in gewisser Weise auch von der Anzahl an Modellern des Unternehmens abhängig. Experten, die mit einer höheren Kollegenzahl arbeiten, stehen jener Aussage eher ablehnend gegenüber als Experten aus Unternehmen mit geringerer Modellerzahl (SR: -0,296 mit $p=0,037$). Allerdings spielt die Unternehmensgröße bei der Bewertung der Aussage statistisch gesehen keine Rolle. Wie bereits diskutiert,

findet sich eine hohe Anzahl von Modellern eher in Pharmaunternehmen. Hier schließt sich der Kreis um die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“.

Der Anteil an experimentellen Projekten mit Modeller-Beteiligung, bei denen diese Beteiligung auf eine Chemikerinitiative zurückzuführen ist, und der Grad an Anerkennung des CCT-Nutzens durch die Chemiker können statistisch nicht mit den erhobenen Kontextvariablen in Verbindung gebracht werden.

2. Hypothese:

In Deutschland (A5X) ist der Diffusionsfortschritt größer, d.h. mehr Chemiker anerkennen was Modelling bringt (E15), mehr Chemiker ergreifen die Initiative für die Zusammenarbeit mit Modellern (C6) und die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (E13) trifft kaum zu.

Diese Hypothese muss statistisch gesehen vollständig abgelehnt werden, da keine Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen dem Tätigkeitsland und den drei Indikatorvariablen für den Diffusionsfortschritt existieren.

3. Hypothese:

Die Anzahl der Beschäftigungsjahre (D2) und damit die Erfahrung der Modeller im Unternehmen beeinflusst die Urteile der Experten über Chemiker bzgl. deren Anerkennung des Modelling-Nutzens (E15), der Neigung zur Initiative für Kooperationen mit Modellern (C6) sowie des Projektzeitpunktes, an dem sich diese an Modeller wenden (E13).

Auch die Anzahl der Beschäftigungsjahre der Modeller im Unternehmen hat keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf deren Bewertungen, weder bezüglich des Grades an Chemiker-Initiative, noch bezüglich der Stärke der Anerkennung des Modeller-Nutzens noch bezüglich der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“. Damit muss obige Hypothese vollständig verworfen werden.

4. Hypothese:

Je größer die Anzahl an experimentellen Projekten ist, die ein Modeller gleichzeitig betreut (D3), bzw. je mehr Patente ein Modeller hält (D6), desto mehr ist er der Meinung, dass die Chemiker den Modelling-Nutzen (E15) anerkennen, dass mehr Chemiker die Initiative zur Zusammenarbeit ergreifen (C6), und dass die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (E13) nicht der Realität entspricht.

Wiederum lässt sich diese Hypothese in keinem der genannten Punkte statistisch untermauern, sie wird deshalb in Gänze abgelehnt. Die Indikatorvariablen des Diffusionsfortschritts sind demnach weder abhängig von der Anzahl experimenteller Projekte, die die Modeller betreuen noch von der Anzahl ihrer Patente.

5.5.7 Befunde zum Einfluss der Einstellungen und Erwartungen auf den Diffusionsfortschritt (Komplex C)

Ob die Einstellungen und Erwartungen der CCT-Akteure einen Einfluss auf die Indikatorvariablen des Diffusionsfortschritts haben, soll nun untersucht werden. Auch hierbei finden wiederum Hypothesen Anwendung.

1. Hypothese:

Experten, deren Management eine positive Einstellung zum Modelling besitzt (D5, D4) bzw. die angeben, dass das Management realistische Erwartungen bezüglich des CCT-Potentials hat (E12), sehen wenige Probleme bei der Anerkennung (durch Chemiker) was CCT bringt (E15), bei der Chemiker-Initiative für eine Zusammenarbeit mit Modellern (C6), und bei der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (E13).

Ein schwach positiver, aber signifikanter Zusammenhang findet sich zwischen der Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die CCG und der Intensität von Chemiker-Initiativen für die Kontaktierung von bzw. Kooperation mit Modellern (PN: 0,334 mit $p=0,022$). Eine starke Unterstützung der Modeller durch das Management ist demnach eine Voraussetzung für mehr Initiative auf der Chemikerseite Modeller in ihr experimentelles „Projektboot“ zu holen. Weitere signifikante Korrelationen im Rahmen der oben genannten Hypothese lassen sich nicht feststellen.

2. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Widerstandes / Widerwillens der Chemiker (C4) bzw. der Wichtigkeit der Widerstandsgründe und dem Grad der Anerkennung des CCT-Nutzens (E15), der Höhe der Chemiker-Initiative für Modelling-Kooperationen (C6) und der Beurteilung der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (E13).

Sowohl das Ausmaß der Chemiker-Initiative als auch die Anerkennung des CCT-Nutzens weisen eine Abhängigkeit von der Höhe des Widerstandsniveaus unter den Nicht-Experten auf. Befand sich ein Modeller in einer Situation erhöhten Widerstands, gab er an, Chemiker würden den CCT-Nutzen eher nicht anerkennen. Die entsprechende Korrelation ist mit einem SR-Wert von -0,364 schwach negativ aber mit $p=0,009$ sehr signifikant. Zudem ist der Projektanteil mit Modellerbeteiligungen, bei denen diese Beteiligung auf eine Chemiker-Initiative zurückzuführen ist, niedriger, wenn der Widerstand / Widerwillen der Chemiker in einem Unternehmen hoch ist. Hier liegt mit einem SR-Wert von -0,410 und $p=0,004$ ein mittelstark negativer und wiederum sehr signifikanter Zusammenhang vor. Somit hängen zwei der drei Indikatorvariablen des Diffusionsfortschritts vom Widerstandsniveau der Chemiker ab. Die Beurteilung der Aussage, Chemiker wendeten sich erst spät an Modeller erscheint dagegen nicht vom Widerstand / Widerwillen der Chemiker abzuhängen.

Sind die industriellen Modeller der Meinung, Chemiker wendeten sich erst spät an sie, so wird auch dem Widerstandsgrund „Unkenntnis von internen Modelling-Ressourcen“ eine höhere Priorität eingeräumt (SR: 0,344 mit $p=0,017$).

3. Hypothese:

Wenn Chemiker unrealistische Erwartungen bezüglich des Ergebnisses von (E17) oder der notwendigen Dauer für Berechnungen (E19) haben, dann anerkennen sie weniger was CCT bringt (E15), zeigen weniger Initiative Kooperationen mit Modellern einzugehen (C6) und wenden sich erst relativ spät an diese (E13).

Es existiert ein schwach negativer aber signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnis-Erwartungen der Chemiker und der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (SR: -0,349 mit $p=0,013$). Modeller die der Meinung waren, Chemiker würden sich erst spät an sie wenden, glaubten auch, dass die Chemiker-Erwartungen bezüglich der Simulationsergebnisse unrealistisch seien. Weitere signifikante Korrelationen konnten im gegebenen Rahmen der obigen Hypothese nicht identifiziert werden.

4. Hypothese:

Wenn die Ablehnungsquote von Unterstützungsanfragen hoch ist (C2), dann anerkennen mehr experimentelle Kollegen, was CCT bringt (E15), ergreifen mehr Chemiker die Initiative zu Kooperationen (C6) und mehr Modeller verneinen die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (E13).

Die Ablehnungsquote weist keinen statistischen Zusammenhang mit den Indikatorvariablen des Diffusionsfortschritts auf. Die obige Hypothese muss deshalb vollständig abgelehnt werden.

5. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen der Beurteilung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation (E110, E16) und dem Grad der Anerkennung des CCT-Nutzens (E15), der Höhe der Chemiker-Initiative für Modelling-Kooperationen (C6) und der Beurteilung der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ (E13).

Die Bewertung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation steht in direktem Zusammenhang mit dem Urteil der Modeller bezüglich ihres Projekteintrittszeitpunktes. Sind die Experten der Meinung, den meisten Unternehmen fehle eine kritische Expertenmasse, stimmen sie auch der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ zu. Diese Korrelation kann mit einem SR-Wert von 0,418 als mittelstark positiv und mit $p=0,003$ als sehr signifikant charakterisiert werden. Aber auch Modeller, die der Auffassung sind, die Industrie greife zu wenig auf Simulationen zurück stimmen obiger Aussage zu (SR: 0,370 mit $p=0,008$). Ein statistischer Zusammenhang zwischen der Beurteilung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation und den anderen beiden Indikatorvariablen lässt sich nicht nachweisen.

6. Hypothese:

Es existiert ein Zusammenhang zwischen den Mechanismen bzw. Maßnahmen zur Erweiterung des Nutzerkreises von CCT und den Indikatorvariablen des Diffusionsfortschritts.

Die Intensität der Chemiker-Initiativen für eine Modelling-Kooperation ist schwach positiv aber signifikant mit der Relevanz der Maßnahme „Schaffung von räumlicher Arbeitsplatznähe zwischen Modellern und Chemikern“ korreliert (SR: 0,308 mit $p=0,035$). Dies bedeutet, dass die mit der Initiative der Chemiker zufriedenen Experten die Wichtigkeit einer räumli-

chen Nähe zwischen den beiden Parteien unterstreichen. Weitere statistisch signifikante Zusammenhänge im Rahmen obiger Hypothese konnten nicht nachgewiesen werden.

5.5.8 Diskriminanzanalyse

Aus den bisherigen Ausführungen geht die Indikatorvariable des Diffusionsfortschritts „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ als zentraler Korrelationsknotenpunkt hervor. Zusätzlich weist diese Aussage eine zweigipflige Verteilung auf (siehe Abschnitt 5.5.4), womit die Möglichkeit, die Modeller mit Hilfe dieser Variablen in zwei Gruppen aufzuteilen, besteht. Dabei lehnt die erste Expertengruppe die obige Aussage eher ab und zeigt sich zufrieden mit ihrem Projekteintrittszeitpunkt, wohingegen die zweite Gruppe davon überzeugt ist, dass sich die Chemiker tatsächlich erst spät an sie wenden. Wir wollen nun prüfen, ob unter den bisher untersuchten Variablen, solche Variablen existieren, die eine Gruppenaufteilung unterstützen und diese möglicherweise erklären. Zur Lösung dieses Problems wird die Diskriminanzanalyse herangezogen.²⁷⁴

Die Diskriminanzanalyse stellt ein multivariates Verfahren zur Analyse von Gruppenunterschieden dar. Sie findet Anwendung, wenn zwei oder mehrere Gruppen hinsichtlich verschiedener Merkmalsvariablen unterschieden werden sollen. Dabei sind grundsätzlich zwei Fragestellungen von Bedeutung. Zum einen wird untersucht, welche Merkmalsvariablen die Gruppenunterschiede zu erklären vermögen. Zum anderen ermöglicht die ermittelte Diskriminanzfunktion die Zuordnung von Elementen (Objekten, Personen), deren Gruppenzugehörigkeit aufgrund seiner Merkmalsausprägungen nicht bekannt ist. Im vorliegenden Anwendungsfall ist vor allem die erste Fragestellung von Bedeutung.

Ausgangspunkt für die folgende Diskriminanzanalyse ist die Gruppierungsaussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“. Die fünfstufige Skala zur Bewertung dieser Aussage (1: lehne stark ab; 5: stimme stark zu) wurde nun so aufgeteilt, dass diejenigen Modeller der Antwort-Kategorien 1 und 2 und diejenigen der Kategorien 4 und 5 zu jeweils einer Gruppe zusammengefasst wurden. Somit generiert die so entstehende Gruppierungsvariable eine ablehnende und eine zustimmende Modeller-Gruppe. Diese Gruppierungsvariable wird im Folgenden „E13X: Projekteintrittszeitpunkt“ genannt und stellt damit die kanonische Diskriminanzvariable Y dar.

Merkmalsvariablen sind neben den Variablen des Komplexes Einstellungen & Erwartungen ebenfalls die beiden verbleibenden Indikatorvariablen des Diffusionsfortschritts sowie die Kontextvariablen bis auf eine Ausnahme. Die Variable „prozentuale F&E-Ausgaben“ wurde aufgrund der geringen verfügbaren Datenmenge aus dem Pool potentiell relevanter Variablen eliminiert. Nur wenige Variable, wie z.B. „Tätigkeitsfeld“, weisen einen binären Charakter auf, alle anderen haben metrisches oder zumindest annähernd metrisches Skalenniveau. Das Verfahren der schrittweisen vorwärts und rückwärts selektierenden Auswahlstrategie kam zur Anwendung, um die Menge der potentiell diskriminierenden Variablen weiter einzugrenzen. Die Minimierung des Wilk's Lambda-Wertes fand als Selektionskriterium Verwendung. Bei dieser Methode wurde ein F-Wert von 3,84 als Aufnahme- sowie ein F-Wert von 2,71 als Ausschluss-Kriterium verwendet. Eine Variable wurde in das Modell aufgenommen,

²⁷⁴ Zur Diskriminanzanalyse vgl. Backhaus et al. 2006, S.155 ff.

sollte ihr F-Wert größer als der Aufnahmewert sein. Bei jedem weiteren Selektionsschritt wurde erneut geprüft, ob der diskriminierende Beitrag der bereits aufgenommenen Variablen auch bei Berücksichtigung der neu aufgenommenen Variablen noch ausreicht. Unterschritt der F-Wert einer aufgenommenen Variablen dabei den Wert von 2,71 erfolgte die Eliminierung dieser Variablen aus dem Modell. Diese Selektionsschritte wurden so lange durchgeführt, bis keine Variable mehr den Anforderungen des F-Wertes entsprach.

In die Analyse wurden die 25 Variablen des Komplexes Einstellungen & Erwartungen sowie vier Kontextvariablen einbezogen. Ausgehend von der vorwärts und rückwärts selektierenden Auswahlstrategie konnten vier Variable für das Diskriminanzmodell identifiziert werden. Dabei weisen drei Variable einen signifikanten Diskriminierungsbeitrag, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5%, zur Gruppentrennung auf.

Tab. 79: Unabhängige Variablen für das Diskriminanzmodell

Aufgenommene Variablen	Wilks' Lambda	Signifikanzniveau
Tätigkeitsfeld Pharma/Nicht-Pharma	0,878	0,031
Chemiker-Initiative für CCT-Beteiligung	0,863	0,022
Realistische Ergebnis-Erwartungen	0,922	0,089
Industrie simuliert zu wenig	0,864	0,023

Die Variable Tätigkeitsfeld Pharma/Nicht-Pharma ist die einzige in das Diskriminanzmodell aufgenommene Kontextvariable. Es handelt sich dabei um eine dichotome Variable, die angibt, ob die CCG eines Modellers in einem Pharma- oder einem Nicht-Pharma-Unternehmen aktiv ist.

Die nächste Variable des Diskriminanzmodells bezeichnet den Anteil an experimentellen Projekten mit Modeller-Beteiligung, bei der diese Beteiligung auf eine Chemiker-Initiative zurückgeht.

Ebenfalls enthalten ist die Aussage „Ihre experimentellen Kollegen haben realistische Erwartungen bezüglich des Ergebnisses von Modelling“, die als einzige Variable nur tendenzielle Signifikanz aufweist. Da diese Variable im Vorfeld als „relevant“ eingestuft wurde und darüber hinaus zur signifikanten Steigerung des kanonischen Korrelationskoeffizienten beiträgt, wurde beschlossen, diese Variable im Diskriminanzmodell zu belassen.

Die wesentlichen Werte zur Charakterisierung der resultierenden Diskriminanzfunktion, die auf den oben beschriebenen vier Merkmalsvariablen basiert, sind in Tabelle 80 wiedergegeben.

Tab. 80: Gütemaße der errechneten Diskriminanzfunktion

Eigenwert	Kanonische Korrelation	Wilks' Lambda	Chi ²	DF	Sig.
0,655	0,629	0,604	17,12	4	0,002

Der kanonische Korrelationskoeffizient, also die Quadratwurzel aus dem Quotienten der erklärten Streuung zur Gesamtstreuung, ist dabei identisch mit der (einfachen) Korrelation zwischen den geschätzten Diskriminanzwerten und der Gruppierungsvariablen „Projekteintritts-

zeitpunkt“. Mit Hilfe des „inversen“ Gütemaßes Wilks' Lambda lässt sich feststellen, dass die vorliegende Diskriminanzfunktion signifikant ist (mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,2%).

Zur Beurteilung der Bedeutung der einzelnen Variablen für das Diskriminanzmodell werden die standardisierten Diskriminanzkoeffizienten herangezogen²⁷⁵.

Tab. 81: Standardisierte Diskriminanzkoeffizienten

Variable	Funktion
Tätigkeitsfeld Pharma/Nicht-Pharma	0,56
Chemiker-Initiative für CCT-Beteiligung	0,70
Realistische Ergebnis-Erwartungen	0,48
Industrie simuliert zu wenig	-0,47

Für die Gruppentrennung kommt der Variablen „Intensität der Chemiker-Initiative für CCT-Beteiligung“ die größte Bedeutung zu. Ebenfalls von hoher Relevanz erscheint das Tätigkeitsfeld. An dritter und vierter Stelle folgen dann die Ergebnis-Erwartungen der Chemiker und die Simulationsbereitschaft der Industrie.

Tab. 82: Mittelwerte und Gruppen-Centroide

	Gruppe 1 (n=16) (lehnen ab)	Gruppe 2 (n=22) (stimmen zu)	
Gruppen-Centroide der Diskr.Funktion	0,923	-0,672	
Diskrete Variable j			
Tätigkeitsfeld Pharma/Nicht-Pharma	0,94	0,64	
Chemiker-Initiative für CCT-Beteiligung	70,6	51,4	
Realistische Ergebnis-Erwartungen	3,3	2,8	
Industrie simuliert zu wenig	2,7	3,5	
Prozent der korrekten Klassifizierung	87,5%	77,3%	zus.: 81,6%

Einen Überblick über die diskriminierende Leistung der Funktion geben die Gruppen-Centroide der Diskriminanzfunktion für die jeweilige Gruppe.

Die „Trefferquote“ in der Untersuchungsstichprobe beträgt 82%. Bei zufälliger Einordnung der Beurteilungen in die zwei Gruppen wäre dagegen, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gruppengrößen, eine Trefferquote von maximal 58% zu erwarten. Somit kann der Diskriminanzfunktion eine sehr gute Trennkraft bescheinigt werden.

Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Modeller, die im Tätigkeitsfeld Pharma tätig sind, über ausgeprägte Chemiker-Initiativen für CCT-Projektbeteiligungen berichten, der Meinung sind, Chemiker haben realistische Ergebnis-Erwartungen an Modelling-Aktivitäten und der Auffassung, die Industrie simuliere zu wenig, widersprechen, gehören eher zur Gruppe derjenigen, die die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ ablehnen.

²⁷⁵ Vgl. Backhaus et al. 2006, S. 187 f.

Dagegen ist ein Experte, der seine späte Involvierung in experimentelle Projekte bemängelt, eher in einem Nicht-Pharma-Umfeld zu finden, kämpft mit einem geringeren Ausmaß an Chemiker-Initiative und weniger realistischen Ergebnis-Erwartungen und ist eher der Meinung, die Industrie simuliere zu wenig.

5.5.9 Zusammenfassung „intra firm“-Diffusion

Die Untersuchung der „intra firm“-Diffusion von CCT wurde mit Hilfe des Online-Fragebogens M³QI durchgeführt. Von den 215 Individuen aus 39 chemischen und pharmazeutischen Unternehmen, die identifiziert und für die Teilnahme an der Online-Studie angeschrieben wurden, beantworteten 50 den M³QI vollständig, was einer Rücklaufquote von 23,3% entspricht. 80% der Experten dieser Stichprobe sind im Tätigkeitsfeld Pharma tätig, die restlichen 20% werden dem Sammeltätigkeitsfeld „Nicht-Pharma“ zugeordnet. Da Deutschland mit 40% das Schwerpunkt-Tätigkeitsland der Modeller der Antwortgesamtheit darstellt, wird davon abweichenden Modellern die Sammelregion „Nicht-Deutschland“ zugeordnet.

Die Zahl der Beschäftigten, als Maß für die Unternehmensgröße, ist relativ homogen über den Bereich 1.000 bis 100.000 Beschäftigte verteilt. Eine Korrelation zwischen Unternehmensgröße und Tätigkeitsfeld existiert nicht. Lediglich 60% der antwortenden

Experten machen eine Aussage über die prozentualen F&E-Ausgaben ihres Unternehmens. Aufgrund des hohen Anteils an Pharma-Modellern in der Antwortgesamtheit, arbeiten 77% der Modeller in Unternehmen mit einem F&E-Budget von mindestens 11% vom Umsatz. Die kleineren (Pharma-)Unternehmen weisen dabei das höchste prozentuale F&E-Budget aus. Ein negativer Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und den prozentualen F&E-Ausgaben ist damit gegeben. Der Median der angegebenen Anzahl an Modellern in den Unternehmen liegt bei 9,5. Diese Modellerzahl ist nicht nur stark mit der Unternehmensgröße korreliert, sondern eine hohe Modellerzahl lässt auch eher auf ein Pharmaunternehmen schließen.

Während bei sehr großen Unternehmen mit eher geringen prozentualen F&E-Ausgaben, also eher Nicht-Pharma-Unternehmen, dezentrale CCGs überwiegen, verfügen Unternehmen mit mittleren prozentualen F&E-Ausgaben von 12 bis 16%, also größere Pharma-Unternehmen, eher zentrale CCGs. Bei Unternehmen jenseits der 16%-Marke, also vor allem kleineren Unternehmen, gibt es keine eindeutige Tendenz. Da Pharma-Unternehmen in der Antwortgesamtheit die Mehrheit darstellen, ist nachvollziehbar, dass die Stichprobe mehr Modeller aus zentralen CCGs enthält.

Die meisten Modeller der Stichprobe haben bereits drei bis sechs Jahre in ihrer aktuellen CCG gearbeitet, nur wenige Experten sind unerfahrener. Mangelnde Erfahrung im entsprechenden Unternehmen kann den antwortenden Modellern damit nicht vorgeworfen werden.

Nur eine sehr geringe Expertenzahl ist nicht in experimentelle Projekte involviert, der überwiegende Teil in mindestens zwei Projekten, sogar simultane Beteiligungen an über 15 Projekten werden genannt. Die Mehrheit der Modeller arbeitet zwei bis sechs

experimentellen Projekten gleichzeitig zu. Ist ein Modeller bereits länger für sein aktuelles CCG tätig, bedient er meist eine größere Anzahl an experimentellen Projekten gleichzeitig.

44% der Experten geben an, dass sie über keine Patente für das aktuelle Unternehmen verfügen, obwohl die meisten Modeller ihren Teil zu mehreren experimentellen Projekten beitragen und nur 14% von ihnen erst höchstens drei Jahre in der aktuellen CCG im Einsatz sind. Dieser offensichtliche Widerspruch zwischen der intensiven Projektbeteiligung und Erfahrung im Unternehmen sowie der geringen Patenzahl der Modeller stellt ein äußerst interessantes Resultat des Kontextkomplexes dar.

Zwischen der Patenzahl und der Anzahl an Beschäftigungsjahren eines Modellers existiert eine schwach positive Korrelation. Weiterhin verfügt ein Modeller üblicherweise über mehr Patente, wenn er eine größere Anzahl an experimentellen Projekten unterstützt.

Sowohl die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die CCGs als auch die strategische Relevanz für den F&E-Bereich, die das Management CCT-Aktivitäten beibehält, werden von den befragten Modellern als durchaus hoch eingeschätzt. Je höher diese strategische Relevanz, desto nachhaltiger fällt die Management-Unterstützung für CCT aus. Beide Variablen der Management-Einstellung sind positiv mit der Anzahl der Modeller im Unternehmen korreliert. In größeren Unternehmen (mit einer höheren Anzahl an Modellern) ist die strategische Relevanz von CCT und die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung als eher hoch anzusehen. Neben der Einstellung beurteilen die Experten auch die Erwartungen des Managements bezüglich des CCT-Potentials als überwiegend realistisch. Somit kann die CCT-relevante Management-Grundhaltung der Unternehmen der Antwortgesamtheit als durchweg positiv bezeichnet werden. Dabei sind die Erwartungen des Managements nicht von den Kontextfaktoren abhängig.

Widerstand bzw. Widerwillen der Chemiker hinsichtlich der Verwendung von Modelling in experimentellen Projekten ist ein Phänomen, mit dem die meisten Modeller konfrontiert sind. Allerdings ist ein hohes Widerstandsniveau eher die Ausnahme und im Durchschnitt bewerten die Befragten den Widerstand mit vier von zehn Widerstandspunkten und damit als nahezu mittelstark. Die Beurteilung der Stärke des Widerstands zeigt sich unabhängig von den Kontextfaktoren. Die wichtigsten Gründe für diesen Widerstand / Widerwillen in der Reihenfolge absteigender Relevanz sehen die Experten im „Fehlen allgemeiner Kenntnisse bezüglich Methoden und Nutzen von CCT“, in der „allgemeinen Skepsis gegenüber Ideen von Modellern („Not-Invented-Here“-Syndrom)“ sowie in „Enttäuschungen über Modelling-Ergebnisse oder Modelling-Betreuung“. Interessanterweise ist letztgenannter Grund für Modeller von Pharma-Unternehmen (mit hohen prozentualen F&E-Ausgaben) von größerer Bedeutung als für Nicht-Pharma-Modeller.

Was die Erwartungen der Chemiker bezüglich des Ergebnisses von Simulationen betrifft, ist die Meinung der Modeller unentschieden mit einer leichten Tendenz die Erwartungen als eher realistisch zu bezeichnen. Ähnlich verhält es sich mit den Erwar-

tungen der Nicht-Experten hinsichtlich der benötigten Zeitdauer für sinnvolle Berechnungen, allerdings werden diese Erwartungen tendenziell eher als unrealistisch bewertet. Die Beurteilung der Chemiker-Erwartungen erfolgt unabhängig von den Kontextfaktoren.

Die Mehrheit der Modeller lehnt Projektunterstützungs-Anfragen von Chemikern lediglich manchmal ab und nur in Einzelfällen kommt es zu hohen Ablehnungsquoten. Somit erscheint die Ablehnungsquote als Auslöser weiterer Widerstände nicht von Bedeutung zu sein. Da Zeitmangel den mit Abstand wichtigsten Grund für die Support-Ablehnungen darstellt, wird die Ablehnungsquote als Maß für die Auslastung der Modeller bzw. der CCG bestätigt. Einige Ablehnungen erfolgen aufgrund eines Mangels an strategischer Relevanz des in Frage stehenden Projektes. Das Fehlen von Expertise als Ablehnungsgrund spielt dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Bemerkenswert daran ist allerdings, dass dieser Ablehnungsgrund für Nicht-Pharma-Modeller durchaus mehr von Bedeutung ist und prozentual von diesen wesentlich öfter genannt wird als von Pharma-Modellern.

Die Ablehnungsquote weist keinerlei Korrelationen mit anderen Variablen auf. Damit schlägt weder die Höhe des Widerstandsniveaus, noch die Akzeptanz der Chemiker auf diese Quote durch. Somit kann die Theorie, dass starker Widerstand bzw. große Akzeptanz zu einer geringen bzw. hohen Ablehnungsquote führt, nicht bestätigt werden. Die Ablehnungsquote ist damit als Indikatorvariable weitestgehend unbrauchbar.

Die überwiegende Mehrheit der Experten bestätigt, dass Modellern eine Rolle als „Project Cross Fertilizer“ zukommt. Damit sehen sie in ihrer gleichzeitigen Teilnahme an mehreren Projekten einen wichtigen Mehrwert für die Einzelprojekte.

Interessanterweise stellt sich heraus, dass das Fehlen von CCT-Erfolgsgeschichten im Unternehmen umso relevanter ist, je stärker sich der Widerstand / Widerwillen im Unternehmen darstellt. Auch die Unkenntnis interner CCT-Ressourcen als Widerstandsgrund erscheint wichtiger, wenn der Widerstand ausgeprägt ist. Das Widerstandsniveau erscheint gänzlich unabhängig von den Einstellungen des Managements. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass das Management höchstens einen relativ geringen Einfluss auf die Stärke des Widerstands der Chemiker hat, was die Tatsache erklären würde, dass hierarchischer Druck von den Modellern nicht als probates Mittel angesehen wird, die „intra firm“-Diffusionsprobleme von CCT zu lösen.

Im Allgemeinen stellt die Mund-zu-Mund-Propaganda erfolgreicher Modelling-Einsätze von Chemiker zu Chemiker den bedeutendsten Mechanismus zur Erweiterung des Nutzerkreises von CCT dar. Aber auch direkte Modeller-Interventionen zur Information von Chemikern über Methoden und Nutzen dieser Technologien sind wesentliche und wichtige Maßnahmen, die den Widerstand zu überwinden helfen. Letztere werden aber eher von Pharma-Modellern als relevant erachtet. Von Bedeutung ist auch die Schaffung räumlicher Nähe zwischen den Arbeitsplätzen von Chemikern und Experten. Hier sind es vor allem Modeller aus Unternehmen mit hohen prozentualen F&E-Ausgaben, die diese Maßnahme für sehr wichtig halten. Die Einstellung des Managements und zwar genauer gesagt, die Nachhaltigkeit der Management-Unterstützung für die CCG,

beeinflusst die Relevanz, die die Experten der Maßnahme „Modeller informieren Chemiker über CCT-Methoden und deren Nutzen“ zuschreiben. Je stärker diese Unterstützung, desto eher betonen Experten die Wichtigkeit der aktiven Information und Aufklärung der Chemiker.

Die allgemeine Situation des industriellen Modelling beurteilen die Experten überwiegend unentschieden, vor allem bei der Frage, ob die Industrie zu wenig simuliert. Bei der Aussage „Den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ nehmen mehr Modeller eine zustimmende als ablehnende Haltung ein. Experten, die der Meinung sind, die Industrie nutze CCT zu wenig, stimmen obiger Aussage eher zu. Ein statistischer Zusammenhang zwischen der Bewertung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation und den Einstellungen und Erwartungen des Managements existiert nicht. Allerdings übt die Modellerzahl des Unternehmens einen Einfluss auf das Urteil der Modeller bezüglich der kritischen Masse dahingehend aus, dass Experten in einem Umfeld mit erhöhter Modellerzahl eher die Aussage „Den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ ablehnen. Auch kann ein mittelstarker Zusammenhang zwischen der Chemiker-Erwartung bezüglich des Modelling-Ergebnisses und der Einschätzung, ob den meisten Unternehmen eine kritische Modeller-Masse fehle, nachgewiesen werden. Damit gelten die Chemiker-Erwartungen als realistischer, wenn die Modeller dieser Aussage ablehnend gegenüberstehen.

Eine deutliche Experten-Mehrheit ist der Meinung, dass industrielle Modelling-Aktivitäten helfen einen signifikanten Wettbewerbsvorteil aufzubauen. Je höher das Management die strategische Relevanz von Modelling für F&E dabei beurteilt, desto höher schätzen die Modeller die Chance für einen Wettbewerbsvorteil ein.

Die Beurteilung der allgemeinen industriellen Modelling-Situation und die Meinung bezüglich eines möglichen Wettbewerbsvorteils hängen nicht von der Stärke des Widerstands / Widerwillens der Chemiker ab.

Mit Hilfe der drei Akzeptanz- bzw. Kooperationsindikatoren „Anerkennungsgrad des CCT-Nutzens durch Chemiker“, „Ausmaß an Chemiker-Initiative für Modeller-Projektbeteiligungen“ und „Projekteintrittszeitpunkt der Modeller“ sollte der „intra firm“-Diffusionsfortschritt von CCT bewertet werden.

Die Anerkennung des Nutzens von CCT durch die Chemiker beurteilen die Modeller äußerst positiv. 78% sind der Meinung, Chemiker anerkennen den Modelling-Nutzen. In einem Unternehmen mit erhöhtem Widerstandsniveau ist diese Anerkennung allerdings stark reduziert.

Auch bei dem Projektanteil mit Modeller-Beteiligung, bei denen die Initiative für die Kooperation mit den Experten auf Chemiker-Seite liegt, zeichnet sich ein eher positives Bild ab, denn 60% der Modeller weisen Chemiker-Initiativen in mindestens 60% der experimentellen Projekte mit Modeller-Präsenz aus. Allerdings wird eine relativ geringe Chemiker-Initiative (in nur 0 bis höchstens 39% der Projekte) von immerhin 21% der Modeller konstatiert. Möglicherweise kann dies dadurch erklärt werden, dass

im Falle eines erhöhten Widerstandes / Widerwillens der Chemiker gegen CCT, deren Initiative für die Kooperation mit den Experten natürlich gering ist. Die gewonnenen Ergebnisse suggerieren umso mehr Initiative auf der Chemikerseite, Modeller in ihr experimentelles „Projektboot“ zu holen, je nachhaltiger die Management-Unterstützung für die CCGs ist. In den Fällen, in denen Modeller in einem Umfeld mit einem hohen Maß an Chemiker-Initiative tätig sind, wird die Schaffung von räumlicher Arbeitsplatznähe zwischen Modellern und Chemikern als wichtige Maßnahme zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises angesehen.

Interessant erscheint die zweigipflige Verteilung bei der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“. Offenbar existieren zwei Gruppen von Modellern, eine, mit einem Anteil von 36%, die diese Aussage ablehnen und eine, mit einer Population von 44% der Antwortgesamtheit, die Zustimmung signalisiert. Dabei lehnen Modeller von Pharma-Unternehmen (mit höheren prozentualen F&E-Budgets) die Aussage eher ab, als Nicht-Pharma-Modeller. Ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Projekteintrittszeitpunkt und der Stärke des Widerstands existiert nicht. Dies könnte daran liegen, dass der späte Eintritt von Modellern in experimentelle Projekte eher ein allgemeines Problem darstellt und nicht auf Widerstandssituationen begrenzt ist. Wenn Modeller allerdings der Meinung sind, Chemiker würden sich erst spät an Modeller wenden, wird auch der Widerstandsgrund „Unkenntnis von internen Modelling-Ressourcen“ als relevant erachtet. In diesem Fall schätzen die Modeller die Erwartungen der Chemiker bezüglich des Ergebnisses von Simulationen als eher unrealistisch ein, bemängeln das Fehlen einer kritischen Modeller-Masse in den meisten Unternehmen und stellen fest, dass CCT in der Industrie zuwenig genutzt werden.

Alle drei Indikatorvariablen des Diffusionsfortschritts sind schwach untereinander korreliert. Eine erhöhte Chemiker-Initiative für eine Kontaktaufnahme und anschließende Kooperation mit Modellern scheint von einer gesteigerten Anerkennung des CCT-Nutzens durch die Chemiker abzuhängen. Die Ausweisung einer größeren Chemiker-Initiative steht aber auch mit der Ablehnung der Aussage: Chemiker wendeten sich mit ihren experimentellen Projekten erst spät an Modeller, in Zusammenhang. Gelangen Modeller allerdings zu der Einschätzung, Chemiker anerkennen den Nutzen von CCT nicht, stimmen sie der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ eher zu.

Mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse kann gezeigt werden, dass ein Modeller, der im „Tätigkeitsfeld Pharma“ tätig ist, über ausgeprägte „Chemiker-Initiativen für CCT-Projektbeteiligungen“ berichtet, der Meinung ist, „Chemiker haben realistische Ergebnis-Erwartungen“ an Modelling-Aktivitäten und der Auffassung, die „Industrie simuliere zu wenig“, widerspricht, eher zur Gruppe derjeniger gehört, die die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ ablehnen. 82% der Fälle können unter Verwendung dieser vier Variablen der richtigen Gruppe zugeordnet werden.

6 Diskussion und Ausblick

Dieses Kapitel dient dazu, die wichtigsten Resultate der vorliegenden Arbeit mit dem Kontext der theoretischen Kenntnisse zu verknüpfen sowie einzelne Ausführungen der vorangegangenen Kapitel zu verbinden, um die erhaltenen Ergebnisse in einen größeren Zusammenhang einordnen zu können. Ebenfalls wird ein Ausblick gegeben, an welchen Stellen weiterer Forschungsbedarf besteht und wie die vorliegenden Ergebnisse in weiterführende Forschungsvorhaben münden können.

6.1 F&E-Prozesstechnologie

Zunächst wurden CCT als F&E-Prozesstechnologien kategorisiert. Vor allem zwei Eigenschaften dieser Technologien sind es, die diese von bereits in der Management-Literatur umfassend analysierten Technologien bzw. Prozesstechnologien unterscheiden. Zum einen handelt es sich bei CCT um theoretisch äußerst komplexe und damit wissensintensive Technologien, die mit einem hohen Maß an individualisiertem Technologiewissen einhergehen, was die einzelnen Modeller, aufgrund ihrer einzigartig ausgeprägten Wissenskombination zu individuellen Technologieträgern macht (siehe Abschnitt 2.8). Außerdem führt diese große Nähe zur Wissenschaft zu einem steten Diffusionsstrom von neuem CCT-Wissen in die CCGs und zu den experimentellen Chemikern („ongoing diffusion“). Zum anderen ist der synergetische und „non-stand-alone“-Charakter dieser theoretischen Technologien herauszustellen und damit deren Abhängigkeit vom Experiment (siehe Abschnitt 2.8). Äußerst interessant und möglicherweise sogar einzigartig bei diesen Technologien ist die Tatsache, dass es sich bei ihnen um radikale Technologieinnovationen handelt, die zwar mit den traditionellen F&E-Denkmustern brechen, aber trotzdem nicht dafür ausgelegt sind, diese „alten Technologien“ zu ersetzen sondern vielmehr, auf deren Kooperation angewiesen sind.

Alle weiteren Charakteristika dieser Technologien leiten sich unmittelbar von den oben genannten beiden Haupteigenschaften ab, wie der „intangible impact“ von CCT und die damit verbundene schwierige Erfolgsmessung, die die CCT-Nutzung anfällig für Ablehnung und Widerstand machen. Die Einführung von CCT ersetzt keine Vorgängertechnologie, der Technologiezukauf führt damit nicht automatisch zu einem umfassenden Technologieeinsatz, sondern eine unternehmensinterne Situation von Angebot und Nachfrage entsteht, die von Überzeugung und Diplomatie geprägt ist und damit dem menschlichen Faktor einen hohen Stellenwert einräumt. Die Akzeptanz dieser Technologien innerhalb der industriellen „F&E-Gemeinde“ ist damit kein vorgegebenes Faktum sondern ein zentraler Indikator der unternehmensintern aktiv gefördert werden muss und schlussendlich langfristig über „Sieg oder Niederlage“ von CCT entscheidet.

Folgen dieses einzigartigen Eigenschaftsspektrums lassen sich ausgezeichnet an der „inter firm“- und „intra firm“-Diffusion beobachten. Die hohe Komplexität der Technologien gepaart mit den spektakulären Anfängen der Molekülgrafiken der frühen Jahre sorgten für eine Art „Goldgräberstimmung“ und befeuerten die Hoffnung vor allem der Pharmakonzerne CCT sei das Allheilmittel zur Konsolidierung und Beschleunigung von F&E-Aktivitäten. Die Folge war, dass zahlreiche unternehmensinterne CCGs etabliert wurden, die im Strudel überbordender Erwartungen und nachfolgender Enttäuschungen entweder stark beschnitten oder eliminiert

wurden. Bereits im Abschnitt 4.2 wurde dargelegt, dass im Falle neuer Technologien zunächst „inter firm“-Diffusionsprozesse dominieren, wohingegen nennenswerte „intra firm“-Diffusionsaktivitäten verzögert einsetzen und sich über einen langen Zeitraum ausdehnen können. Dies kann zwar für CCT ebenfalls beobachtet werden, allerdings wurde die Zeitausdehnung der Diffusionsprozesse zusätzlich maßgeblich von den Einstellungen und Erwartungen der „Key Player“ geprägt. Aufgrund der überzogenen anfänglichen Erwartungshaltung der Entscheider setzte die „inter firm“-Diffusionsschwelle von CCT zu früh und zu global ein. Dahingegen zeitigte die „intra firm“-Diffusion, geprägt von den Gegensätzlichkeiten der beteiligten Akteure und damit Ressentiments und Widerständen einen relativ langsamen Verlauf der noch heute anzuhaltenden scheint.

Aufgrund dieses einzigartigen Eigenschaftsprofils grenzen sich CCT von anderen bereits in der Management-Literatur diskutierten Technologietypen weitestgehend ab. In diesem Zusammenhang erwähnenswert ist zum Beispiel die Tatsache, dass CCT, im Gegensatz zu bereits beschriebenen Technologien, als „neue“ Technologie keine „alte“ ersetzt, sondern eine Koexistenz stattfindet. Interessant erscheint hier auch die Frage was mit der Rentabilität der Technologieadoption von CCT im Laufe der Zeit geschieht. Ein wichtiger Kritikpunkt des epidemischen Diffusionsmodells stellt die Annahme dar, dass die Rentabilität der Technologieadoption konstant bleibt. Daraufhin wurden „stock effects“ und „order effects“ eingeführt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass der finanzielle Vorteil einer Technologieadoption durch ein Unternehmen bei den meisten (Prozeß-)Technologien im Laufe der Zeit abnimmt. Da es sich bei CCT allerdings um Technologien handelt, deren Vorteilhaftigkeit sich weniger aus Kosteneinsparungen ableitet sowie die Kreativität und Vielseitigkeit dieser Technologien deren Anwendung auf unterschiedlichste Problemstellungen zulassen, kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass sich die Rentabilität der Technologieadoption im Laufe der Zeit tatsächlich vermindert.

Auch die bereits erwähnte Komplementarität dieser F&E-Prozesstechnologien zum Experiment ist bemerkenswert, denn zu Beginn der industriellen Etablierung von CCT galten diese zumindest in manchen Bereichen als ein geeigneter Kandidat für ein vollständiges oder sogar partielles Technologiesubstitut. Diese anfängliche Annahme erwies sich aber im Laufe der Zeit als kaum zutreffend, denn CCT zeigte sich als am schlagkräftigsten im Verbund mit dem Experiment und damit komplementär zu diesem. Ein weiteres Charakteristikum von F&E-Prozesstechnologien scheint also die anfängliche Unklarheit zu sein, ob diese eine bereits existierende Technologie ersetzen kann oder diese eher ergänzt. So auch im Falle der Technologien der kombinatorischen Chemie, die zunächst als Substitut für CCT gehandelt und damit als „späte Rache“ der experimentellen Chemiker an den industriellen Modellen gesehen wurde, da nun eine wesentlich größere Zahl ähnlicher Substanzen in kürzerer Zeit synthetisiert und auf Wirksamkeit getestet werden konnten. Im weiteren Verlauf erwies sich CCT allerdings abermals als komplementär, auch für diese experimentellen Technologien. Ein wesentlicher Unterschied zwischen F&E-Prozesstechnologien und anderen Prozesstechnologien scheint also das kreative Element zu spielen, denn zunächst muss hier der Möglichkeitsraum so stark wie möglich erweitert werden, um ihn dann so rasch wie möglich einzuengen, eine Vielzahl an Technologien ist demnach eher förderlich und Komplementaritäten sollten weniger die Ausnahme als die Regel darstellen. Bei F&E-Prozesstechnologien können überdies Input und Output zunächst nicht klar definiert werden sondern müssen sich dynamisch verändern lassen um zu einer Lösung zu konvergieren.

Diese Überlegungen sprechen in jedem Falle dafür F&E-Prozesstechnologien separat zu betrachten, um allgemeingültige Aussagen für diese spezielle Technologieklasse ableiten zu können.

6.2 Allgemeine Befunde

Zunächst ist festzuhalten, dass 51% der akademischen Forscher und 88% der industriellen Modeller der Meinung sind, CCT trage dazu bei einen Wettbewerbsvorteil aufzubauen, was die Relevanz dieser Technologien für den F&E-Bereich der entsprechenden Unternehmen unterstreicht. Dies bestätigt die entsprechende Aussage von Westmoreland et al. (siehe Abschnitt 2.8). Eine interessante Folge des Synergieaspektes dieser Technologien ist die Tatsache, dass selbst wenn alle konkurrierenden Unternehmen des entsprechenden Marktes diese Technologien bereits nutzen, der mit Hilfe von CCT aufgebaute Wettbewerbsvorteil nicht automatisch vernichtet wird. Die verschiedenen F&E-Abteilungen wenden unterschiedliche Kombination dieser Technologien in unterschiedlichem Ausmaß auf unterschiedliche molekulare Systeme an und generieren dadurch unterschiedlich kreative Lösungsansätze. Dies steht im Widerspruch zu den Modellprämissen der Diffusionsliteratur (siehe weiter oben). Interessant erscheint der doch relativ große Unterschied in der Beurteilung der Veränderung der Wettbewerbssituation, die mit Hilfe von CCT erreicht werden kann. Anscheinend sind sich die Hochschullehrer nicht ganz der Schlagkraft bewusst, die ihre Technologien in unternehmerischen F&E-Abteilungen entfalten können.

Wie bereits in Abschnitt 2.8 erörtert, ist eine kritische Modeller-Masse nicht nur unentbehrlich, um einen möglichst sinnvollen Bereich des CCT-Spektrums abdecken zu können, sondern auch, um eine ausreichende Projektsupport-Abdeckung gewährleisten zu können. Da immerhin zwei von fünf industriellen Modellern und 70% der akademischen Forscher der Aussage „den meisten chemischen Firmen fehlt eine kritische Expertenmasse“ zustimmen, liegt die Vermutung nahe, dass in manchen CCGs entweder die Zeit oder die Expertise oder beides für weitere wichtige Projektunterstützungen fehlt. Das Problem des Konzeptes einer kritischen Modeller-Masse besteht allerdings darin, dass sich diese nicht quantifizieren lässt und somit einer individuellen Abschätzung unterliegt.

6.3 Hochschul-Industrie-Kooperationen

Für die industriellen Modeller stellen die akademischen Forscher die wichtigsten externen Kooperationspartner für den CCT-Wissenstransfer dar. Auch für die akademischen Forscher sind Industrie-Hochschul-Kooperationen das effizienteste Transfervehikel, gefolgt von der „Festanstellung von Personal“, wobei letzteres bereits von Westmoreland et al.²⁷⁶ als wichtigste Technologieadoptionsart festgestellt wurde. Diese Erkenntnisse legen eine genauere Untersuchung der Industrie-Hochschul-Schnittstelle für diese Technologien nahe.

Im Gegensatz zu vergleichbaren Studien, in denen die befragten akademischen Forscher eher das „Sichern von zusätzlichen Forschungsmitteln“ als Hauptgrund für Industriekooperationen angaben (siehe Abschnitt 4.1.3.2), verweisen die hier befragten akademischen Modeller vor allem auf das „Austesten der praktischen Anwendbarkeit ihrer Theorien“. Dies könnte

²⁷⁶ Westmoreland et al. 2002, S. 14.

ein Indiz für eine als adäquater empfundene finanzielle Ausstattung der entsprechenden akademischen Arbeitskreise sein. Im Hinblick aber auf die vielfach geäußerte Forderung nach adäquater Vergütung von Hochschul-Kooperationsleistungen scheint ein Sichern von zusätzlichen Forschungsmitteln wohl nur selten über CCT-Kooperationen möglich zu sein.

47% der befragten Hochschullehrer hielten zur Zeit der Erhebung mindestens eine Industriekooperation. Je höher die Forscher die Übereinstimmung zwischen ihren Forschungsinteressen und den industriellen CCT-Bedürfnissen einschätzten, in umso mehr Kooperationen waren sie zur Zeit der Erhebung involviert. Dies alles aber anscheinend unter Wahrung der eigenen Forschungsfreiheit, denn nur für wenige Akademiker waren die industriellen Bedürfnisse ausschlaggebend für die Ausrichtung ihrer eigenen Forschungsagenda. Die Frage nach der Größe des Fits zwischen den eigenen Forschungsinteressen und den Bedürfnissen der Industrie weist eine zweigipflige Verteilung auf, wobei knapp 40% einen überdurchschnittlichen Fit ausweisen. Dies in gewisser Weise bestätigend, stellt sich heraus, dass gut 60% der akademischen Modeller von der Industrie kaum bis gar nicht wahrgenommen werden und 44% keine finanziellen Kooperationsmittel erhielten. Somit haben wir es hier mit zwei sehr unterschiedlichen Hochschullehrer-Gruppen zu tun, wobei es den Anschein hat, dass sich die industriellen Modeller für ihre Kooperationsprojekte immer wieder derselben akademischen Forscher „bedienen“, was informationspolitisch für die Unternehmen durchaus Sinn macht.

Während die Hochschullehrer mit 6,2 auf einer 10-stufigen Skala durchschnittlich ein gesteigertes Interesse an Industrie-Hochschul-Kooperationen bekunden, schätzen sie den Kooperationswillen der Industrie mit 3,5 eher niedrig ein, wohingegen die industriellen Modeller ihre durchschnittliche Kooperationsbereitschaft mit 7,4 beurteilen. Ein positiver Kooperationswille kann damit auf beiden Seiten konstatiert werden. Dieses Ergebnis ist wieder ein Indiz dafür, dass die industriellen CCGs immer wieder mit denselben etablierten akademischen Forschergruppen zusammenarbeiten. Es stellen sich somit zwei Fragen, zum einen, wie es sich erreichen ließe einer größeren Zahl an akademischen theoretischen Forschern den Zugang zu Kooperationsmöglichkeiten mit der Industrie zu ermöglichen und, zum anderen, ob dies überhaupt auch von Hochschulseite erwünscht ist (z.B. wegen Freiheit der Forschung)?

Schlechte Kooperationserfahrungen werden zwar von 63% der akademischen Teilnehmer verneint, allerdings haben immerhin 19% bereits mehrfach schlechte Erfahrungen gemacht. Dies scheint aber nicht dazu zu führen, keine Kooperationen mehr einzugehen, sondern eher die Folge erhöhter Kooperationsaktivität zu sein. 61 % der Hochschullehrer haben bisher noch kein Kooperationsangebot abgelehnt, 39% dagegen schon. In einer offenen Frage wurden als wichtigste Ablehnungsgründe „wissenschaftlich uninteressante Fragestellung bzw. außerhalb eigener Expertise“ und „Zeitmangel bzw. inkompatible ‚timeframes‘“ genannt. Genau dies spiegelt sich auch in der Abfrage von Nachteilen/Barrieren von Kooperationen wider, denn die akademischen Forscher nannten hier „kurzfristige Orientierung der Industrie“ und „fehlende Übereinstimmung der beiden Forschungsagendas“ neben der „Einschränkung der Publikationsfreiheit“ als relevanteste Punkte. Auch für die industriellen Modeller stellt die unterschiedliche „Zeit(dimension) und Zeitrestriktionen“ einen gewichtigen Nachteil von bzw. Barriere für Kooperationen mit der Hochschule dar, allerdings verursacht die Problematik „geistiges Eigentum“ bei Industrie-Hochschul-Kooperationen letzteren die meisten Kopfschmerzen. Genau diese Nachteile und Barrieren leiten sich aus den unterschiedlichen Or-

ganisationskulturen ab, denen Hochschullehrer bzw. Industrievertreter angehören (siehe Abschnitt 4.1.2).

In einer offenen Frage wurden die Hochschullehrer um Verbesserungsvorschläge für diese barrierenbehaftete Situation gebeten. Neben dem Wunsch nach angemessenerer Vergütung ihrer Forschungsleistung und einer größeren zeitlichen Flexibilität der Industrie wird ein höheres Maß an Austausch und Kommunikation gefordert, wobei die Vorschläge von einem virtuellen Forum zum Informationsaustausch bis hin zu einer festen Institution mit gemischter Uni-Industrie-Teilnahme reichen. Genau dieser Informationsfluss, von den industriellen Modellen zu den Hochschullehrern, stellt einen neuralgischen Punkt dar, denn nicht nur 72% der akademischen Forscher sind der Meinung, die Kommunikation von Modelling-Aktivitäten und -Bedürfnissen der Industrie sei inadäquat, sondern auch 60% der industriellen Modeller. Diese restriktive Informationspolitik geht sehr wahrscheinlich nicht alleine auf die Befürchtung der industriellen Modeller zurück, „geistiges Eigentum“ preiszugeben bzw. einen Abfluss von relevanten Informationen zu verursachen. Hier spielt wohl wiederum der Aspekt der (von der Industrie gewollten) Kooperationsbeschränkung auf wenige ausgewählte Kooperationspartner eine Rolle, die einen Informationsgradienten unter den akademischen Arbeitskreisen zementiert.

Auch beim Monitoring externer CCT-Aktivitäten durch die industriellen Modeller ist weiteres Potential vorhanden, denn bei der Evaluierung der Übereinstimmung zwischen dem Ist- und Soll-Zustand der Monitoring-Intensität ergab sich ein Wert von durchschnittlich 6,3 auf einer 10-Punkte-Skala. Nur jeder fünfte Modeller war der Meinung, weitere Maßnahmen zur Verstärkung des Monitorings seien unnötig. Hauptsächlich wurden intensivere Industrie-Hochschul-Interaktionen vorgeschlagen sowie ein höheres Zeitkontingent für Monitoring-Aktivitäten angemahnt. Auch in diesem Fall wird wiederum der Wunsch nach mehr Kommunikation zwischen den Kooperationsparteien laut, also auch von industrieller Seite. Ein fehlendes Zeitkontingent für Monitoring-Aktivitäten kann den bereits bestehenden Informationsgradienten zwischen kooperierenden und nicht-kooperierenden Hochschullehrern noch weiter zementieren, da somit an Kooperationen interessierte aber unerfahrene akademische Forscher kaum wahrgenommen werden.

Obwohl ein positiver Kooperationswille zugrunde liegt, suchen 73% der befragten Hochschullehrer nicht aktiv nach neuen Kooperationspartnern, ein Indiz dafür dass zwischen dem theoretischen Kooperationswillen und einer konkreten Kooperationsabsicht ein Unterschied besteht. Bei der Gewinnung neuer Kooperationspartner scheinen für die meisten akademischen Forscher eher (passive) Strategien ihrer alltäglichen Forschungstätigkeit, wie „Publikationen“ und „aktive Teilnahme an Kongressen“, im Gegensatz zu „anhaltender Kontakt zu früheren Kooperationspartnern“ zu dominieren. Immerhin 30% der Hochschullehrer sehen das „Warten bis industrielle Chemiker anrufen“ als erfolgreiche Strategie an. Eine Kooperationsättigung ist offensichtlich auf beiden Seiten noch nicht erreicht, denn 33% der Modeller und 42% der Akademiker beabsichtigen in Zukunft ihre Kooperationsaktivitäten mit dem jeweils anderen Partner auszuweiten, d.h. mehr zu kooperieren, dagegen werden $\frac{1}{4}$ der Akademiker und nahezu die Hälfte der Modeller ihre Kooperationsaktivitäten konstant halten, reduzieren will nur ein geringer Bruchteil. Unter den Hochschullehrern ist allerdings auch eine große Gruppe (knapp 30%), die diesbezüglich noch unsicher ist. Für die Gewinnung von industriellen Kooperationspartnern durch unerfahrene akademische Forscher sind aktive

Suchstrategien, wie die Anbahnung und Aufrechterhaltung von persönlichen Kontakten unumgänglich, kooperationserfahrene Kollegen können eher passive Strategien verfolgen. Trotzdem erscheint die Bereitschaft eine aktive Konfrontation mit den industriellen Modellen zu suchen im Allgemeinen eher schwach ausgeprägt.

Dem Technologietransfer geben die akademischen Forscher schlechte Noten, 81% beurteilen diesen als nicht effizient genug. Auch die industriellen Modeller beurteilen die Effizienz des Transfers von CCT-Wissen eher zurückhaltend. Dieses Resultat bedeutet, dass auch Hochschullehrer mit erhöhter Kooperationsaktivität die Transfereffizienz als gering beurteilen. Im Nachhinein wären nun die Gründe für diese Bewertung von gesteigertem Interesse, diese wurden aber nicht abgefragt. Auch die Fragestellung zwischen akademischen und industriellen Forschern war nicht identisch, was eine gegenüberstellende Auswertung an dieser Stelle verhindert.

Auch wurde die Frage aufgeworfen, welche Faktoren oder Eigenschaften eher einen mit der Industrie kooperierenden Forscher ausmachen. Dabei zeigt sich, dass kooperierende Forscher eher solche sind, die bereits in ihrer Vergangenheit als industrielle Modeller gearbeitet haben und eine höhere industrielle Aufmerksamkeit für ihren Arbeitskreis verzeichnen können. Beide Variablen liegen eng beisammen und es erscheint logisch, dass Hochschullehrer mit industrieller Vergangenheit ihre akademische Forschungsagenda an ihren industriellen Erfahrungen ausrichten und damit, aber auch aufgrund von noch bestehenden industriellen Kontakten, größerer industrieller Aufmerksamkeit zuteil werden.

Weiterhin sind dies Hochschullehrer, für die die Kooperationsforschung die wichtigste Interaktionsform mit der Industrie darstellt und die Forschung auf dem Pharmasektor betreiben. Der Pharmabereich stellt den mit Abstand forschungsintensivsten Sektor der chemischen Industrie dar und hat bereits sehr früh CCGs etabliert, es ist deshalb nicht verwunderlich, dass in diesem Feld die meisten Kooperationen stattfinden und damit auch die meisten akademischen theoretischen Forscher zum Zuge kommen.

Auch sind dies Forscher, die den Nachteil „fehlende Übereinstimmung der Forschungsagendas“ eher als unwichtig erachten und damit eher eine industrienaher Agenda besitzen sowie die, die die Aussage „den meisten chemischen Unternehmen fehlt eine kritische Modeller-Masse“ stützen. Interessant daran erscheint der letztgenannte Zusammenhang: ein kooperierender Modeller bemängelt eher das Fehlen einer kritischen Masse, was aufgrund des besseren Einblicks der kooperierenden Akademiker in die industrielle CCT-Situation darauf schließen lässt, dass hier tatsächlich ein Problem resultiert.

In logischer Konsequenz und Erweiterung des eben beschriebenen, resultiert die Frage welche Eigenschaften und Faktoren bei Professoren mit ausgeprägter Kooperationsaktivität wichtig sind. In diesem Fall ist die industrielle Awareness höher, nicht nur Kooperationsforschung, sondern auch informelle Kontakte werden als wichtige Interaktionsarten mit der Industrie angesehen und wiederum sind die betreffenden Forscher eher im Pharmabereich zu Hause. In diesem Resultat manifestiert sich nochmals die starke Relevanz von informellen Kontakten (siehe auch Abschnitt 4.1.1), wobei sich die Anzahl an Kooperationsprojektbeteiligungen und die Existenz von informellen Kontakten augenscheinlich gegenseitig bedingen und aufschaukeln.

6.4 „Intra firm“-Diffusion

Die vorliegenden empirischen Daten bestätigen die Erkenntnis von Westmoreland et al.²⁷⁷, dass ein industrieller Modeller aufgrund seiner multiplen Projektunterstützungen eine wichtige Position als „project cross fertilizer“ innehat, die es ihm erlaubt, neue Ideen und Lösungsansätze unabhängig von der zugrunde liegenden Technologieplattform von Projekt zu Projekt zu tragen (siehe Abschnitt 2.8). Zusätzlich zu den von ihm generierten CCT-abhängigen Modellen und Strategien übernimmt er damit eine wichtige Rolle des Querdenkers und ermöglicht somit ein Ausbrechen aus der begrenzten Dimension der zum Beispiel in einem Projekt bis zu diesem Zeitpunkt diskutierten und strukturell ähnlichen Molekülmodelle.

Eine interessante Erkenntnis innerhalb des Komplexes „intra firm“-Diffusion stellt der Gegensatz zwischen der geringen Anzahl an Patenten und der durchschnittlich sehr hohen Anzahl an multiplen Projektbeteiligungen eines Modellers dar. Im Lichte der ohnehin schwierigen Erfolgsmessung sind es aber gerade interne Berichte, Präsentationen und Patente, die den „intangible impact“ der Modeller greifbarer machen und als Bewertungsgrundlagen dienen können. Selbst unter Berücksichtigung einzelner Unternehmen, die eventuell aus strategischen Erwägungen keine Patente an Modeller vergeben, scheint die derzeitige Anerkennung der Modellerbeiträge in den entsprechenden experimentellen Forschungsprojekten (noch) nicht das Ausmaß an erfolgreichen Projektbeiträgen der Modeller widerzuspiegeln und zu würdigen.

Möglicherweise spielt hier Widerstand bzw. Abneigung gegen Kooperationen mit Modellern eine wichtige Rolle. Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass fast jeder Modeller diesem Phänomen ausgesetzt ist, denn im Durchschnitt melden die industriellen Experten ein Widerstandsniveau von vier auf einer zehnstufigen Skala. Die Gründe für diese zum Teil negativ besetzte Grundhaltung gaben sie vor allem mit „Fehlen allgemeiner Kenntnisse bezüglich Methoden und Nutzen von CCT“ sowie mit „allgemeine Skepsis gegenüber Ideen von Modellern (not invented here)“ an. Gemäß der Modeller sind somit CCT-bezogene Defizite in der universitären Ausbildung der experimentellen Chemiker von elementarer Bedeutung. Dies zeigt sich auch an den zum Teil unrealistischen Chemikererwartungen bezüglich Ergebnis und Zeitdauer von Simulationen. Dies unterstreicht nochmals die Bedeutung einer näheren Untersuchung der CCT-Ausbildung der Nicht-Experten. Aber auch die Ausrichtung der Unternehmens- und Innovationskultur, wie im einleitenden Teil über Computational Chemistry (siehe Kapitel 2) bereits festgehalten, spielt eine entscheidende Rolle dafür, ob kreative Modellerideen von den experimentellen Chemikern auch adoptiert werden und damit ein offenes und fruchtbares Miteinander der beiden Parteien möglich wird.

Das Aufbrechen des Widerstands als „top-down“-Strategie und damit durch hierarchischen Druck scheint sich für CCT als nur bedingt wirksam zu erweisen, denn das Widerstandsniveau zeigt sich unabhängig von den Einstellungen und Erwartungen des Managements. Lediglich in Projekten, in denen experimentelle Ansätze in eine Sackgasse münden, werden von der Projektleitung CCT-Dienstleistungen eingefordert. Vielmehr scheint eine „bottom-up“-Strategie wirksam zu sein, in der sich die experimentellen Chemiker selbst von der CCT-Schlagkraft überzeugen können. Dies sind wiederum Indizien dafür, dass es sich bei CCT

²⁷⁷ Westmoreland et al. 2002, S. 55.

nicht um gewöhnliche Prozesstechnologien handeln kann. So bildet die „Mund-zu-Mund-Propaganda“ erfolgreicher Modellierung-Einsätze von Chemiker zu Chemiker die mit Abstand wirkungsvollste „Waffe“ zur Erweiterung des CCT-Nutzerkreises, und damit zur Beschleunigung der „intra firm“-Diffusion, erst danach wird der Informationsfluss von Modellern zu Chemikern genannt. Ein weiteres Ergebnis, das die Relevanz von unternehmensinternen CCT-Erfolgsgeschichten noch unterstreicht, ist die Erkenntnis, dass in Situationen erhöhten Widerstands das „Fehlen von Erfolgsgeschichten im Unternehmen“ einen der am häufigsten genannten Widerstandsgründe darstellt. Aus den Chemikern müssen also CCT-Promotoren werden und obwohl die „intra firm“-Diffusion vom Modeller zum Chemiker verläuft, involviert der wichtigste Diffusionsmechanismus hier ausschließlich die Gruppe der experimentellen Chemiker.

Somit könnte man die „intra firm“-Diffusion von CCT als einen zweistufigen Prozess begreifen. Zunächst wird das Wissen um die Existenz von CCGs, Technologiewissen und Vorteilhaftigkeit von CCT vom Experten zum Chemiker transferiert, hier findet also ein aus Sicht des Modellers aktiver Technologietransfer statt. Die eigentliche Diffusion, ein passiver Ausbreitungsmechanismus, findet dann bei Vorliegen von unternehmensinternen Erfolgsgeschichten durch den bereits beschriebenen „word-of-mouth“-Prozess unter den Chemikern statt. Damit braucht es für eine erfolgreiche „intra firm“-Diffusion von CCT eine Mischung aus aktivem (Informations-)Transport und passiver (Akzeptanz-)Diffusion. Daraus folgt, im Sinne des epidemischen Modells (siehe Abschnitt 4.2), dass weniger eine Diffusion von Informationen entlang eines Informationsgradienten, sondern eine Diffusion von Vertrauen und Akzeptanz durch einen „Überzeugungsträger“ auf einen Skeptiker entlang eines Akzeptanzgradienten über den Diffusionsprozess entscheidet. Auf jeden Fall müsste ein Diffusionsmodell für CCT demnach von zwei „common sources“ (siehe Abschnitt 4.2) Modeller (für Technologieinformationen) und Chemiker (für Erfahrungen, Akzeptanz) ausgehen. Aus diesen Überlegungen heraus wäre sogar eine in gewisser Form treppenstufig überlagerte sigmoide „intra firm“-Diffusionskurve von CCT denkbar, wobei jede neuerliche Erfolgsgeschichte den Beginn einer weiteren Stufe einleiten würde. Dies stellt aber lediglich eine Hypothese dar, die nur mit Hilfe von echten „intra firm“-Diffusionsdaten, wie z.B. jährliche Patentzahl pro Modeller oder ähnliches, geprüft werden kann.

Bei der „intra firm“-Adoption von CCT spielen auch Netzwerkeffekte eine interessante Rolle (siehe Abschnitt 4.2). Zwar sagt der Netzwerkgrößen-Effekt aus, dass sich der Vorteil für den Nutzer einer Technologie mit der Anzahl von Standorten vergrößert, an denen die Technologie genutzt werden kann, allerdings lässt sich im Hinblick auf CCT die Standortanzahl mit der Modelleranzahl substituieren. Je mehr Modeller im Unternehmen, desto umfassender ist die Supportabdeckung für experimentelle Projekte, desto globaler die Abdeckung der CCT-Methodenvielfalt und desto wahrscheinlicher die Einrichtung neuer CCGs, was wiederum mit der ursprünglichen Definition des Netzwerkgrößen-Effekts konform geht. Auch ein „scale economies“-Effekt kann identifiziert werden. Jeder neue Nutzer, also jeder experimentelle Chemiker, der Modellierung-Dienstleistungen in Anspruch nimmt und dessen individuelle Problemstellungen, erhöht den Erfahrungsschatz der CCG und damit auch den Vorteil der CCT-Nutzung für alle anderen Nutzer. Vergrößert wird dadurch die Wahrscheinlichkeit einer zusätzlichen unternehmensinternen Erfolgsgeschichte, die durch Kommunikation unter den Chemikern wiederum den potentiellen Nutzerkreis erhöht.

Ein wichtiges Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass knapp 80% der befragten Modeller angaben, ihre experimentellen Kollegen würden anerkennen, was CCT bringt. Dies spricht für eine fortgeschrittene Akzeptanz der CCT unter den experimentellen Chemikern. Im gleichen Zuge kann festgestellt werden, dass immer mehr Nicht-Experten aktiv werden, um in ihren Projekten von Modelling-Unterstützung zu profitieren, denn 60% der befragten Modeller gaben an, dass bei mindestens 60% der Projekte mit Modeller-Beteiligung diese auf die Initiative von Chemikern zurückgingen. Allerdings ist die Frage, wann die CCT-Experten in die Projekte integriert werden von entscheidender Wichtigkeit, wie dies anhand der Projekttypologie von M. Bodkin (siehe Abschnitt 2.7) deutlich abzulesen ist. Bereits Westmoreland et al.²⁷⁸ stellen fest, dass die frühzeitige Involvierung von Modellern in experimentelle Projekte einen erfolgskritischen Faktor für CCT darstellt, aber Modeller oft erst nach mehreren experimentellen Fehlschlägen um Projektunterstützung ersucht werden (siehe Abschnitt 2.7). Die Analyse der Daten ergibt eine zweigeteilte Stichprobe mit 36%, die die Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ ablehnten und 44%, die dieser Aussage zustimmten. Interessant erscheint auch die Feststellung, dass die Antwort auf diese Aussage unabhängig vom aktuellen Widerstandsniveau erfolgte und es sich damit sehr wahrscheinlich (immer noch) um ein generelles Problem handelt. Somit ergibt sich ein interessanter Widerspruch zwischen dem einerseits festgestellten hohen Maß an Akzeptanz in ihren Unternehmen, von dem die Modeller berichten, aber andererseits späten Projekteintritten der CCT-Experten. Abgesehen von den Gründen für den Widerstand/Abneigung gegen CCT, wie der Mangel an Wissen über Methoden und Leistungsfähigkeit, Skepsis gegen Modeller und deren Ideen und Enttäuschungen über Modeller-Commitment (durch Projektunterstützungsablehnung aus zeitlichen oder strategischen Gründen) oder Modelling-Ergebnis, könnten auch finanzielle Erwägungen für den späten Projekteintritt von CCT-Experten sein. Eventuelle Gründe und deren Relevanz für diesen späten Projekteintritt wurden aber nicht explizit abgefragt und können somit nur unter Vorbehalt erwähnt werden.

In diesem Zusammenhang lassen sich zumindest ein paar grundsätzliche Beziehungen ableiten. Mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse sollten die diffusionspezifischen Charakteristika von Modellern identifiziert werden, die der Aussage „Chemiker wenden sich erst spät an Modeller“ zustimmen. Dem Ergebnis zufolge sind dies Experten, die sich weniger auf Chemiker-Initiativen für CCT-Beteiligungen in ihren Projekten stützen können, eher nicht im Pharma-Sektor tätig sind, in einem Umfeld arbeiten, in dem die Ergebnis-Erwartungen der Chemiker bezüglich CCT eher unrealistisch sind sowie sich eher vom Desinteresse der Industrie an Molekülsimulationen überzeugt zeigen. Modeller, die also erst spät in experimentelle Projekte miteinbezogen werden, sind eher in einem Umfeld mit geringeren Kenntnissen bezüglich Ergebnis und Nutzen von CCT, und demzufolge auch geringerer Neigung experimenteller Chemiker in Sachen Modelling aktiv zu werden, tätig. Interessant erscheint hier wiederum die Bedeutung des jeweiligen Aktivitätssektors, denn im Pharmabereich wo Technologietransfer und Diffusion von CCT zeitlich früher und umfassender einsetzte, erfolgt die Einbeziehung von Modellern in experimentelle Projekte also zeitnaher. In Situationen in denen die Modeller/Chemiker-Kommunikation zeitlich verzögert ist, bildet sich durch die geringere Modelling-Tradition und -Präsenz, wie in den Nicht-Pharma-Sektoren, verständlicherweise die Meinung heraus, Molekülsimulationen würden von der Industrie nicht ausreichend genutzt.

²⁷⁸ Westmoreland et al. 2002, S. 113.

6.5 Ausbildungsergebnisse

Die Ausbildungsdimension ist zum einen durch die Relevanz des Personaltransfers in die Industrie als eines der effektivsten CCT-Transfer-Vehikel von Bedeutung, zum anderen aber auch durch die diesen Technologien anhaftende Akzeptanzproblematik beim „intra firm“-Transfer, denn Art und Umfang CCT-relevanter Ausbildung werden maßgeblich über Kenntnisse und damit Erwartungen und Grundeinstellung der experimentellen Chemiker bezüglich CCT entscheiden. Somit spielt die CCT-Ausbildung von angehenden experimentellen Chemikern mittelbar eine wichtige Rolle darin ein positives Kooperationsumfeld zu schaffen.

Westmoreland et al. bekunden, dass die erfolgreiche Arbeit mit CCT aufgrund der speziellen synergetischen Natur dieser Technologien und der daraus resultierenden Akzeptanzproblematik von den industriellen Modellern einen bestimmten Satz an Softskills erfordert.²⁷⁹ Die Befragung beider Zielgruppen nach Softskills, die mehr für Modeller als für experimentelle Chemiker wichtig sind, erbrachte nahezu übereinstimmende Relevanz für „Kommunikationsfähigkeit“, „Flexibilität“ und „Teamgeist“ in beiden Gruppen. Die Eigenschaften „Überzeugungskraft“ und „Diplomatie“ wurden von wesentlich mehr industriellen Modellern als wichtig erachtet, was die diffizile Akzeptanzsituation und die schwierige Erfolgsmessung gepaart mit dem Kampf um die Anerkennung der eigenen Beiträge und deren Ergebnisse widerspiegelt. Dies steht im Einklang mit den in der Literatur erwähnten Softskills speziell für Modeller (siehe Abschnitt 2.8).

Neben ausgezeichneter Forschung und Lehre nennen die akademischen Forscher „Kooperationen mit experimentellen Kollegen“ und „Vorbereitung auf einen Job nach der Promotion“ als zweitwichtigste Ziele für ihre CCT-Doktoranden. Trotz dieser Vorbereitung sank gemäß den erhobenen Daten die Chance eines durchschnittlichen CCT-Doktoranden auf einen industriellen Modelling-Job tendenziell während der letzten fünf Jahre. Nach der Promotion fanden lediglich 20% der Absolventen eine Anstellung als industrielle Modeller. Wenig überraschend ist die Tatsache, dass akademische Forscher, die stärker mit der Industrie kooperieren, auch mehr Doktoranden in der chemischen bzw. pharmazeutischen Industrie unterbringen können. Die beste Vorbereitung der eigenen Studenten auf einen industriellen Modelling-Job stellen somit nachhaltige Industriekooperationen dar.

Was CCT-relevante Lerninhalte für experimentelle Chemiker betrifft, so stellen „Verständnis für Vorteile und Grenzen von CCT“ sowie „Überblick über Methoden und Modelle“ die von den Professoren meistgenannten dar. Genau diese Inhalte sind es auch, deren Mangel als Hauptursache für Widerstand/Abneigung gegen CCT identifiziert werden können. Da diese Inhalte heute Teil der Ausbildung experimenteller Chemiker darstellen, verringert sich die Akzeptanzproblematik von CCT mit dem Generationenwechsel in der Industrie, wie dies Knapman et al.²⁸⁰ feststellen. Allerdings scheinen der effektiven Vermittlung dieser Lehrinhalte noch weit reichende Probleme finanzieller und zeitlicher Natur im Wege zu stehen, denn ein Großteil der befragten akademischen Forscher bemängeln die finanzielle Ausstattung für die CCT-Ausbildung und das zu gering ausgelegte Zeitbudget für CCT im Chemieausbildungsplan. Somit ergeben sich in der CCT-relevanten Ausbildung von experimentellen

²⁷⁹ Westmoreland et al. 2002, S.33.

²⁸⁰ Knapman & Warde 2000, S. 91.

Chemikern noch weitere Optimierungsmöglichkeiten auch und vor allem im Hinblick auf die Akzeptanz der Technologien in der Industrie.

6.6 Implikationen und Ausblicke

Dieser letzte Abschnitt beschäftigt sich mit der Bedeutung der konzeptionellen und empirischen Ansätze und Resultate der vorliegenden Forschungsarbeit. Zunächst wird dabei untersucht wie die erhaltenen Ergebnisse auf die Management-Perspektive ausstrahlen und welche Forschungsaktivitäten im Bereich Technologie- und Innovationsforschung bzw. –management von hier aus sinnvoll erscheinen. Im Anschluss werden wichtige Implikationen und Ausblicke für die beteiligten Akteure, also synthetische Chemiker, Modeller und industrielle Entscheidungsträger unter der „Modelling-Perspektive“ erörtert.

6.6.1 Management-Perspektive

Die Erstellung einer Typologie für Prozesstechnologien stellt sich als eine komplexe Aufgabe dar, denn aufgrund unterschiedlicher Einsatzorte, Zielsetzungen, Anwendungsbereiche und verschiedenster intrinsischer Charakteristika einzelner Prozesstechnologien lässt sich kaum eine „Modell-Prozesstechnologie“ konstruieren. Zu kurz greifen Definitionen und Erklärungsansätze die aus Untersuchungen von Prozesstechnologien einzelner eng abgegrenzter Wertschöpfungsbereiche, wie z.B. der Produktion, abgeleitet werden, unvollständig bleiben aber auch Modelle die nur wenige Einteilungsdimensionen wie Input, Output oder Transformation kennen. Obwohl für Technologieforscher wahrscheinlich exotisch anmutend, bleibt notgedrungen jeder Typologieansatz unvollständig, der nicht auch F&E-Prozesstechnologien berücksichtigt, wie zum Beispiel CCT, die aufgrund ihres einzigartigen Eigenschaftsprofils eine Art kreative Fokussierung in Forschungsprojekten erlauben, welche mit Hilfe von komplementären Ansätzen nicht möglich wäre. Da neben CCT alleine in der chemischen und pharmazeutischen Industrie eine Vielzahl an weiteren F&E-Prozesstechnologien existiert, wie zum Beispiel kombinatorische Chemie oder High Throughput Screening stellt die Aufnahme dieser neuen Klasse an Prozesstechnologien in eine allgemeine Prozesstypologie eine Implikation dieser Arbeit für die Management-Literatur dar. Es erscheint demnach sinnvoll auch diese Klasse an Prozesstechnologien zu erforschen, um deren Entstehung, Weiterentwicklung, Transfer und Adoption auch im Hinblick auf die Übertragbarkeit der resultierenden Forschungsergebnisse auf andere Technologien und Technologieklassen zu untersuchen. Das Studium solcher Technologien erfordert allerdings auch die genaue Kenntnis von deren Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten. Diese vertiefte Kenntnis ermöglicht aber auch die Etablierung neuer Ansätze zur Analyse des Untersuchungsobjektes. So wäre es zum Beispiel ohne weiteres denkbar für die Untersuchung der „intra firm“-Diffusion von CCT die Namen der Modeller ausgewählter Unternehmen zu identifizieren und damit deren jährliche Anzahl sowie deren jährliche Patentzahl zu recherchieren, um mit Hilfe dieser jährlichen Modeller- und Patentzahlen den Fortschritt der „intra firm“-Diffusion nachzuvollziehen. Dies würde eine Möglichkeit darstellen, den „intra firm“-Diffusionsprozess zu untersuchen ohne auf firmeninterne Daten angewiesen zu sein, ein intrinsisches Problem der „intra firm“-Diffusionsforschung. Dieser retrospektiv ausgerichtete Ansatz könnte durch die regelmäßige Durchführung von optimierten Befragungen industrieller und akademischer Modeller bezüg-

lich CCT erweitert werden, um den Fortschritt des „intra firm“-Diffusionsprozesses quasi „on time“ abgreifen zu können.

An einigen kritischen Punkten innerhalb der vorliegenden Arbeit könnte die zum Teil zu dünne oder nicht vorhandene Datendecke lohnenswerte Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsprojekte bieten. So ist die Anzahl an Nicht-Pharma-Modellern aufgrund der kleinen Stichprobe der Zielgruppe „industrielle Modeller“ mit 10 entsprechenden Antworten zu gering, um daraus statistisch sichere Aussagen abzuleiten. Innerhalb der vorigen Ausführungen wird aber an mehreren Stellen deutlich, dass sich die Antwortmuster je nach Gruppenzugehörigkeit Pharma- oder Nicht-Pharma-Modeller zum Teil stark unterscheiden. Eine Weiterentwicklung des Fragenkataloges und Wiederholung der Befragung mit einer größeren Grundgesamtheit und damit Stichprobenumfang wäre in diesem Sinne von gesteigertem Interesse. Ohnehin wäre die Wiederholung der Studie sinnvoll, um nicht nur statische Ergebnisse aus einer einmaligen Momentaufnahme zu generieren, sondern einen Diffusionsverlauf abbilden zu können, wie bereits weiter oben beschrieben. Des Weiteren wäre eine multizentrische Ausweitung der Befragung auch auf industrielle und akademische experimentelle Chemiker, die mit Modellern kooperieren, sowie auf das industrielle Management, deren Erwartungen und Einstellung bezüglich CCT direkt abgefragt werden könnten, angezeigt.

Bezüglich der „intra firm“-Diffusion von CCT besteht weiterer Forschungsbedarf: Existiert eine objektive Möglichkeit Entwicklung und aktuellen Stand dieser Diffusion zu beurteilen, möglicherweise sogar getrennt nach Pharma- und Nicht-Pharma-Bereich sowie „inter firm“- und „intra firm“-Diffusion? Wie stark ausgeprägt sind die Akzeptanzunterschiede in verschiedenen Unternehmen? Zu welchen von der zugrunde liegenden Arbeit abweichenden Schlussfolgerungen kommen Fallstudien in Unternehmen mit einem hohen CCT-Widerstandsniveau der experimentellen Chemiker? ... sind nur einige hochinteressante Fragen.

Auch die synergetische Eigenschaft von CCT wirft weitere Fragen auf, zum Beispiel, welche Prozesstechnologien ähnliche Charakteristika besitzen oder zumindest in Ansätzen Synergieeffekte aufweisen und inwiefern eine Übertragbarkeit der Ergebnisse von CCT auf diese gegeben ist.

Ob und wie die Charakteristika von CCT auf andere F&E-Prozesstechnologien sowohl innerhalb als auch außerhalb der chemischen und pharmazeutischen Industrie übertragbar sind, stellt einen weiteren wichtigen Forschungsgegenstand dar, der ebenfalls im Rahmen weiterführender Studien untersucht werden sollte.

6.6.2 Modelling-Perspektive

Tabelle 83 fasst die positiven und negativen Aspekte des Technologietransfers zusammen:

Tab. 83: Positive und negative Aspekte der Hochschul-Industrie-Kooperation

	Industrielle Modeller / Industrie	Akademische Modeller / Hochschule
Positiv	keine Kooperationsättigung: 33% der Modeller für Ausweitung der Kooperationsaktivitäten	keine Kooperationsättigung: 42% der Forscher für Ausweitung der Kooperationsaktivitäten
		Informelle Kontakte wichtiger für Professoren mit vielen Kooperationen
		Forscher im Pharmabereich haben mehr Kooperationen
		Hauptgrund für Kooperationen eher „Austesten von praktischer Anwendbarkeit“ als „Sichern von Geldmitteln“
Negativ	zu wenig Austausch zwischen Hochschule und Industrie, Kommunikation inadäquat, Wunsch nach mehr Austausch	
	Monitoring-Aktivitäten zu gering zu wenig Zeit für Monitoring	60% der Hochschullehrer kaum von Industrie wahrgenommen
	Diskrepanz zwischen Kooperationsbereitschaft der Industrie und Einschätzung derselben durch Akademiker	
	Hauptbarriere für Kooperationen: Schutz geistigen Eigentums	Hauptbarriere für Kooperationen: kurzfristige Orientierung der Industrie
	Technologietransfer wird als ineffizient beurteilt	
		Passive Haltung bei Suche nach neuen Kooperationspartnern (passive Strategien wie Warten auf Telefonanruf beliebt)

Für akademische theoretische Forscher ohne umfangreiche Kooperationsvergangenheit bestehen nicht unerhebliche Eintrittsbarrieren in industrielle Kooperationsprojekte. Erstens bevorzugen industrielle Modeller bisherige akademische Kooperationspartner, zum einen, da diese sich bereits als kompetente Partner etabliert haben, zum anderen, da auf diese Weise der Informationsabfluss auf ein Minimum reduziert werden kann. Zweitens scheint das Ausmaß an industriellem Monitoring von externen akademischen Aktivitäten begrenzt zu sein. In der Vergangenheit wurden mehr und mehr die Konferenzbeteiligungen von industriellen Modellern heruntergefahren, was das Kommunikations-Nadelöhr zwischen Hochschule und Industrie in diesem Sektor weiter verkleinerte.

Die Vorzeichen für eine Verstärkung und Erweiterung der Kommunikation sind viel versprechend, beide Parteien weisen eine hohe Kooperationsbereitschaft mit zusätzlichen Kooperationskapazitäten auf, auch sind sich beide Seiten darin einig, dass das bisherige Maß an Kommunikation und Austausch unzureichend ist, um einen effizienten Technologietransfer zu gewährleisten. Ein virtuelles oder reales Kooperationsforum könnte dabei behilflich sein, an Kooperationen interessierte Partner mit ähnlichen Interessen zu identifizieren und zusammenzuführen. Aufgrund der besonderen Erfordernisse an den Schutz geistigen Eigentums sollte ein solches Forum eher der Anbahnung von Kontakten dienen, die dann in einen vertraulichen bilateralen Austausch münden können. Weiterhin sind auf industrieller Seite flankierende Maßnahmen zur Förderung des Monitorings zu prüfen. Auf akademischer Seite sollten vor allem Hochschullehrer, die von der Industrie noch nicht als potentielle Kooperationspartner wahrgenommen werden, ihre Kooperationsbereitschaft und die Größe der Schnittfläche der beiden Forschungsagendas, soweit bekannt, aktiv gegenüber potentiellen

industriellen Partnern propagieren. Auch ein aktiver Austausch mit bereits kooperierenden Kollegen zum stetigen Informationsaustausch über die industrielle Modelling-Landschaft erscheint sinnvoll.

Tabelle 84 fasst die wesentlichsten positiven und negativen Aspekte der Kooperation zwischen industriellen Modellern und experimentellen Chemikern zusammen:

Tab. 84: Positive und negative Aspekte der „intra firm“-Diffusion von CCT

	Computational Chemists	Experimentelle Chemiker
Positiv	Modeller als „Project Cross Fertilizers“	realistische Erwartungen des Managements
		zwar Widerstand der Chemiker allgegenwärtig aber erträgliches Maß
		Immer mehr Chemiker-Eigeninitiative für Modeller-Projektbeteiligung
		Chemiker erkennen an was CCT bringt
		Mund-zu-Mund-Propaganda von Erfolgsgeschichten von Chemiker zu Chemiker steigert Akzeptanz
Negativ	Geringe Anzahl an Patenten trotz großer Zahl an Projektbeteiligungen → Erfolgsmessung realistisch?	Zu wenig Zeit für CCT-Ausbildung
	fehlende kritische Modeller-Masse	Widerstand der Chemiker allgegenwärtig, in Ausbildungsdefiziten begründet
		z.T. unrealistische Erwartungen der Chemiker (Ergebnis, Dauer)
	Chemiker wenden sich zu spät an Modeller	

Die „intra firm“-Diffusion ist auf gutem Wege, viele abgefragte Indikatoren die experimentellen Chemiker betreffend, wie zum Beispiel die Anerkennung was CCT bringt oder die Initiative Modelling-Support ins Projektboot zu ziehen, sind durchweg positiv. Allerdings klagt immer noch eine große Zahl an Modellern über ein nicht unerhebliches Ausmaß an Widerstand und Ablehnung gegenüber CCT, sowie eine zu späte Beteiligung der Experten an experimentellen Projekten. Für einen weiteren erfolgreichen Diffusionsverlauf ist das Verständnis für und die Unterstützung von in den Unternehmen aktiven Diffusionsmechanismen von entscheidender Bedeutung. „In-house“ CCT-Erfolgsgeschichten müssen aufgebaut und die daran beteiligten experimentellen Chemiker als CCT-Promotoren gewonnen werden, die wiederum den Erfolg an eine möglichst große Zahl an CCT-Skeptiker kommunizieren sollten. Diese Kommunikationsstrategie könnte sogar noch erfolgreicher sein, wenn sie nicht über standardisierte Kommunikationswege (z.B. Vorträge) verläuft, sondern informell und spontan bei jeder möglichen Gelegenheit, unter Wahrung des Vertrauensvorsprungs, erfolgt. Auch sollte weiterhin darauf hingearbeitet werden, die Modeller möglichst schon zu Beginn eines Projektes zu konsultieren, um einen möglichen Nutzen von CCT für das Projekt (und in welchem Projektstadium der CCT-Einsatz erfolgen sollte) evaluieren zu können.

Von erheblichem Nutzen wäre eine kontinuierliche Fortführung dieser Erhebung um die weitere dynamische Entwicklung der „intra firm“-Diffusion von CCT begleiten zu können.

Anhang 1: Fragebogen an die akademischen Modeller

Management of Molecular Modelling Questionnaire - Academia - (M³QA)

Welcome to our European Online Survey Homepage

Our Project:

With our "**Management of Molecular Modelling Questionnaire - Academia -**" (M³QA) we take a close look at the academia/industry interface for **Computational Chemistry & Molecular Modelling Technologies (CCT)**.

We are especially interested in ...

- ... role of personnel education & training
- ... characteristics & problems of CCT cooperation
- ... nature & efficiency of CCT transfer processes

As a European academic computational chemist **we need your professional expertise and experience** and ask you to fill out the M³QA.

Our Institute:

... is an interdisciplinary university institute combining **knowledge in chemistry** with **excellence in management and economic sciences**. Our central research focus lies on innovation and technology management in the chemical and pharmaceutical industry.

Our Guarantee of Anonymity:

Our Institute is exclusively responsible for development and realisation of this online survey. All of your provided answers and data will be processed anonymously and treated with the maximum degree of confidentiality. **No third party will have access** to your original answers and data. The survey is part of a chemical PhD research project at our Institute, so the survey results will be published as **part of a PhD thesis**.

Your Reward:

After we have accomplished the data analysis we will send you the **summary report with the M³QA results**.

Completion Time:

The Completion of the M³QA will take you no more than **20 minutes**.

Completion Instructions for the M³QA

After you have filled out the input fields at the end of this page and pressed the *START SURVEY* button you enter the first section, section A, of our questionnaire. The questionnaire is made up of **eight sections** each on a separate page. The *NEXT PAGE* button will lead you from page to page till the end of the questionnaire occurring when you have pressed the button *SEND* after completion of section H. Every time you use the *NEXT PAGE* button your answers of the corresponding page are automatically stored in a database on our university server. When you press the *SEND* button an e-mail containing all of your survey answers will be sent to us.

Completion Language:

English, German or French language. If you use French, please leave out all accents to facilitate data handling.

Abbreviation CC: ... stands for **Computational Chemistry**.

Required Fields:

Only the fields **on this page** have to be filled out. During questionnaire completion you can leave blank any question. Certainly we ask you to please answer as many questions as possible because **every answer is important to us**. If you decide to **discontinue the questionnaire** at any point please go to the end of the questionnaire by pressing the *NEXT PAGE* buttons as long as you reach Section H. Here please press the *SEND* button so your answers will not be lost.

Text Answer Fields:

All **single-line text fields** are restricted to 50 characters whereas **multi-line text boxes** and **commentary text boxes** may take up to 255 characters (ca. 5 lines). Please feel free to use the commentary text boxes at the end of each section extensively in order to complement your answers and to add important points of discussion we have not covered within this questionnaire.

Radio Button & Checkbox Answer Fields:

Please note, that for questions with **radio button answer fields** you may only check one radio button per answer line. For questions having **checkboxes as answer type**, multiple answers are always possible.

Please fill out the following required fields and start the survey
(these data are exclusively for internal processing):

Your first name: _____

Your last name: _____

Your institution: _____

Your country: _____

Your E-Mail: _____

Section A

This first section contains some questions about your **professional background** and gives you a **first idea about content and aim** of our study.

1. Have you ever worked as modeller for a chemical/pharmaceutical company?
 yes
 no
2. How long have you been working as professor for this department?
_____ year(s)
3. Which percentage of your daily research time do you spend on average for ...
... cooperation with your university colleagues: _____ %
... cooperation with industrial scientists: _____ %
4. On a scale from 0 to 10 how would you evaluate industry's willingness to cooperate with academic simulation experts? (0: no intent to cooperate – 10: strong intent to cooperate)

5. Room for your comments and remarks

Section B

This second section gives us some basic information about your **laboratory and its research and education environment**.

1. How many PhD students do you actually have in your lab?

2. How many of your PhD students are non-nationals?

3. Please indicate the average number of international conferences you attend with active participation per year?

4. On a scale from 0 to 10 how would you classify the level of industry awareness for your lab? (0: no awareness – 10: high awareness)

5. Room for your comments and remarks

Section C

This section is dedicated to the **professional chances and career** of your computational chemistry PhD students.

1. As far as you know, what did your former students do after PhD completion? Please indicate the number or percentage of your students that have gone to

... chem/pharm. Industry	_____	n°	%
... information technology	_____	n°	%
... public research	_____	n°	%
... education	_____	n°	%
... consulting	_____	n°	%
... other (please specify) _____	_____	n°	%

2. Which company would you recommend to a trained PhD student from your lab looking for an industry job?
 company name: _____
 company name: _____
 company name: _____

3. Do you consider the chance for an average PhD student to get an industry job during the last 5 years has been overall ... (*pull down menu*)
 1: not applicable ; 2: no obvious trend ; 3: decreasing ; 4: constant ; 5: increasing

4. Room for your comments and remarks

Section D

This section is subdivided into two parts. The **first part** deals with **the training of CC PhD students** whereas the **second part** investigates the **CC education of experimentalists**.

Part 1: Training of PhD students

1. Apart from excellent research and training which secondary goals do you want to be fulfilled in a computational chemistry PhD project in your lab?

	important				unimportant
Preparation for a post PhD job	○	○	○	○	○
Overview of all computational chemistry technologies	○	○	○	○	○
Familiarisation with commercial software	○	○	○	○	○
Cooperation with experimental colleagues	○	○	○	○	○
Knowledge of modelling problems relevant to industry	○	○	○	○	○
Other (please specify) _____	○	○	○	○	○

2. Which of the following soft skills might be more important for a computational chemist than for an experimental chemist? *Please select 3 answers at most.*

<input type="checkbox"/> communication skills	<input type="checkbox"/> team spirit
<input type="checkbox"/> diplomacy	<input type="checkbox"/> flexibility
<input type="checkbox"/> persuasiveness	<input type="checkbox"/> enthusiasm
<input type="checkbox"/> patience	<input type="checkbox"/> other (please specify) _____

3. On a scale from 0 to 10 how well are PhDs of your laboratory prepared for an industrial modelling job? (0: poorly – 10: excellently)

4. Room for your comments and remarks

Part 2: Education of Experimentalists

5. What would you wish experimentalists to learn and retain about computational chemistry during education?

	important				unimportant
Review of historical development	<input type="radio"/>				
Overview of methods and models	<input type="radio"/>				
Understanding of benefits and limitations	<input type="radio"/>				
Outlook on future development	<input type="radio"/>				
Experience from practical sessions	<input type="radio"/>				
Knowledge of application fields	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

6. In order to reach these goals how do you judge the following educational settings in your laboratory?

	optimal				inadequate
Computer equipment for education	<input type="radio"/>				
Financial budget for education	<input type="radio"/>				
Staff number for education	<input type="radio"/>				
Education time for CC in chemistry curriculum	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

7. A number of experimental PhD students take advantage of you lab's expertise in order to incorporate calculations in their scientific work. Is this number of students actually ... (*pull down menu*)
1: not applicable ; 2: no obvious trend ; 3: decreasing ; 4: constant ; 5: increasing

8. Room for your comments and remarks

Section E

This section deals with **facts and figures of your cooperation activity**. By default all questions refer to **industrial cooperation** projects.

1. In how many industrial cooperation projects are you actually engaged?

2. What has been the trend for the number of your cooperation projects during the last 5 years (*pull down menu*)?
1: not applicable ; 2: no obvious trend ; 3: decreasing ; 4: constant ; 5: increasing

3. Have you ever made bad experience with industrial cooperation

<input type="radio"/> yes, often	<input type="radio"/> yes, a few times	<input type="radio"/> yes, once	<input type="radio"/> never
----------------------------------	--	---------------------------------	-----------------------------

4. Please evaluate the importance of the following types of interaction between industry and your laboratory:

	important				unimportant
Contract research	<input type="radio"/>				
Collaborative research	<input type="radio"/>				
Informal contacts	<input type="radio"/>				
Education of personnel	<input type="radio"/>				
Conferences	<input type="radio"/>				
Consultancy	<input type="radio"/>				
Seminars for industry	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

5. In which industrial domain(s) do fall your cooperation projects mainly?

<input type="checkbox"/> pharmaceuticals	<input type="checkbox"/> agrochemicals
<input type="checkbox"/> polymers	<input type="checkbox"/> detergents
<input type="checkbox"/> catalysis	<input type="checkbox"/> dyes/pigments
<input type="checkbox"/> food chemicals	<input type="checkbox"/> specialty chemicals
<input type="checkbox"/> electronic chemicals	<input type="checkbox"/> nanotechnology
<input type="checkbox"/> other (please specify) _____	

6. If it is possible, please indicate the companies and business units with which you have already cooperated.

7. Which percentage of your direct cooperation partners are ...
... computational chemists _____ %
... experimental chemists _____ %
... other (please specify) _____ %

8. What is your part in these cooperation projects?

	frequently				rarely
Further development of existing computational tools	<input type="radio"/>				
Development of new tools	<input type="radio"/>				
Application of new tools	<input type="radio"/>				
Validation of new tools	<input type="radio"/>				
Consulting	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

9. Please indicate the share of industrial funds within your total research budget.
_____ %

10. What has been the trend for this share over the last three years?
1: not applicable ; 2: no obvious trend ; 3: decreasing ; 4: constant ; 5: increasing

11. Does it happen that you refuse a cooperation proposal?
 yes
 no
12. If yes, please indicate the reason(s) why:

13. Do you cooperate with other theoretical chemistry groups?
 yes
 no
14. Do you cooperate with commercial software developers, like e.g. Accelrys?
 yes
 no
15. Room for your comments and remarks

Section F

This section wants to capture **your cooperation attitude** and addresses the question which **cooperation benefits & risks** are relevant to you.

1. What are your primary reasons to cooperate?

	important				unimportant
Supplement funds for research staff and lab equipment	<input type="radio"/>				
Test practical application of your research & theory	<input type="radio"/>				
Assist university's outreach program	<input type="radio"/>				
Create student jobs and internships	<input type="radio"/>				
Gain practical knowledge for teaching	<input type="radio"/>				
Look for business opportunities	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

2. On a scale from 0 to 10 how would you evaluate your average willingness to cooperate with industrial partners (0: no intent to cooperate – 10: strong intent to cooperate)

3. On a scale from 0 to 10 how would you evaluate the fit between your research interests and the needs of industrial computational chemists (0: no fit – 10: strong fit)

4. What are serious disadvantages of, or barriers to interaction between universities and industrial firms you have experienced?

	important				unimportant
No fit between research agendas	<input type="radio"/>				
Short-term orientation	<input type="radio"/>				
Restrictions to publications	<input type="radio"/>				
Administrative problems	<input type="radio"/>				
Uninteresting topics	<input type="radio"/>				
Unfair terms of contracts	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

5. What could be made better in this context according to your experience?

6. On a scale from 0 to 10, to which degree do **industrial modelling needs** play a role in the establishment of your research agenda? (0: very unimportant – 10: very important)

7. Room for your comments and remarks

Section G

This section contains questions on **your future cooperation strategy** and tries to evaluate **efficiency of the CC technology transfer** from academia to industry.

- What is your future strategy for the cooperation activity with ... (*drop down menus*)
 ... your experimental colleagues: 1: not applicable ; 2: unsure ; 3: reduce ; 4: constant ; 5: expand
 ... industrial cooperation partners: 1: not applicable ; 2: unsure ; 3: reduce ; 4: constant ; 5: expand
- Are you actively looking for new industrial cooperation partners?
 yes
 no
- What are the most successful strategies for you to find new cooperation partners?

	successful				irrelevant
Ongoing contact to former students of your lab in industry now	<input type="radio"/>				
Ongoing contact to fellow students in industry now	<input type="radio"/>				
Ongoing contact to former cooperation partners	<input type="radio"/>				
Waiting for industrial chemists to contact you	<input type="radio"/>				
Active participation at congresses	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

4. Please indicate cooperation partners with which you would like to cooperate for the first time or again:
 company/partner: _____
 company/partner: _____
 company/partner: _____

5. What do you think are the most effective technology transfer vehicles for computational chemistry?

	important				unimportant
Industry-academia cooperation	<input type="radio"/>				
Contract research	<input type="radio"/>				
Industrial hiring of personnel	<input type="radio"/>				
Post-doctoral positions in industry	<input type="radio"/>				
Seminars	<input type="radio"/>				
Conferences	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

6. Do you think industry uses too few simulations?

- yes
 no

7. If yes, what reasons do you anticipate?

- lack of financial support
 lack of acceptance
 lack of expertise
 other (please specify) _____

8. Do you think transfer of academic computational chemistry knowledge as practiced today is efficient enough?

- yes
 no

9. Room for your comments and remarks:

Section E

This last section contains some statements concerning different aspects of computational chemistry people made during our first interview round. We would like to ask you to give us **your own critical evaluation of these statements**.

1. Please evaluate the following statements:

	strongly agree	agree	not sure	disagree	strongly disagree
In the international context your home country has strong activities in CC	<input type="radio"/>				
Within the next 10 years 25% of industrial research staff will be CC experts	<input type="radio"/>				
Your experimental colleagues appreciate what simulation brings to the table	<input type="radio"/>				
Your experimental colleagues have realistic expectations about simulation output	<input type="radio"/>				
Industrial CC activities help to build a considerable competitive advantage	<input type="radio"/>				
Your experimental colleagues have realistic expectations regarding time consumption of simulations	<input type="radio"/>				
Modelling should remain a task for specialists	<input type="radio"/>				
Chemists often turn to modellers quite late in their experimental work	<input type="radio"/>				
Industry does not adequately communicate its modelling activities and needs to academia	<input type="radio"/>				
Most chemical enterprises lack a critical mass of simulation experts	<input type="radio"/>				

Anhang 2: Fragebogen an die industriellen Modeller

Management of Molecular Modelling Questionnaire - Industry - (M³QI)

Welcome-Page

Our Project:

With our "**Management of Molecular Modelling Questionnaire - Industry -**" (M³QI) we take a close look at the academia/industry interface and the industrial integration of **Computational Chemistry & Molecular Modelling Technologies (CCT)**.

We are especially interested in ...

- ... characteristics & problems of CCT cooperation
- ... nature & efficiency of CCT transfer processes
- ... strategic relevance & acceptance of CCT
- ... intra-firm CCT diffusion mechanisms

This questionnaire will complement our findings of the in parallel executed survey M³QA collecting similar information from your academic counterparts. Our main goal is to integrate the academic and industrial perspectives into a coherent picture of the European computational chemistry landscape.

As an industrial modeller we need your **professional expertise and experience** and ask you to fill out the M³QI.

Our Institute:

... is an interdisciplinary university institute combining **knowledge in chemistry** with **excellence in management and economic sciences**. Our central research focus lies on innovation and technology management in the chemical and pharmaceutical industry.

Our Guarantee of Anonymity:

If you do not deliberately provide personal data we guarantee **complete anonymity of your data**. Nevertheless if you decide to provide additional data you can be reassured of a **maximum level of confidentiality**. Our Institute is exclusively responsible for development and realisation of this online survey. **No third party will have access** to your original answers and data. All of your provided answers and data will be handled and processed with great care. The survey is part of a chemical PhD research project at our Institute, so the survey results will be published as **part of a PhD thesis**.

Your Reward:

After we have accomplished the data analysis of the two online surveys M³QA and M³QI we will send you the **integrated summary report**.

Completion Time:

The Completion of the M³QI will take you no more than **12 minutes**.

Completion Instructions for the M³QI

After you have clicked on the *START SURVEY* link below you enter the **first section, section A**, of our questionnaire. The questionnaire is made up of **six sections** each on a separate page. The *NEXT PAGE* button will lead you from page to page till the end of the questionnaire occurring when you have pressed the button *SEND SURVEY* after completion of section E. Every time you use the *NEXT PAGE* button your answers of the corresponding page are automatically and anonymously stored in a mysql database on our university server. **This client-server data transmission is secured by Secure Sockets Layer (SSL) encryption**. When you press the *SEND SURVEY* button at the end of the survey an e-mail containing all of your survey answers will be automatically generated and sent to us. This e-mail is transferred to us via a CGI-program making it impossible for anyone to verify your identity. Hence, this e-mail **does not reveal your e-mail address!**

Completion Language:

English, German or French language. If you use French, please leave out all accents to facilitate data handling.

Abbreviation CCT: ... stands for **C**omputational **C**hemistry and Molecular Modelling **T**echnologies.

No Required Fields:

During questionnaire completion you can leave blank any question. Needless to say, that you can discontinue the questionnaire at any point by simply closing your browser window. Certainly we ask you to please answer as many questions as possible because **every answer is important to us**.

Text Answer Fields:

All **single-line text fields** are restricted to 50 characters whereas **multi-line text boxes** and **commentary text boxes** may take up to 255 characters (ca. 5 lines). Please feel free to use the commentary text boxes at the end of each section extensively in order to complement your answers and to add important points of discussion we have not covered within this questionnaire.

Radio Button & Checkbox Answer Fields:

Please note, that for questions with **radio button answer fields** you may only check one radio button per answer line. For questions having **checkboxes as answer type**, multiple answers are always possible.

Section A

The first section gives us some basic information about your **company** and **modelling unit** you are working for.

1. Please tick off what best describes your company type (Please select 2 answers at most):

- big multinational
- national champion
- holding company subsidiary

If your company is a holding subsidiary all following questions in section A refer to the subsidiary you are working for.

2. How many people are working for your company (subsidiary)?

- 0 - 1,000
- 1,000 - 10,000
- 10,000 - 30,000
- 30,000 - 60,000
- 60,000 - 100,000

3. Please indicate the actual R&D expenditure-to-sales ratio of your company (subsidiary):

_____ %

4. Please tick off the domain(s) of main scientific activity of your current modelling unit:

<input type="checkbox"/> pharmaceuticals	<input type="checkbox"/> agrochemicals
<input type="checkbox"/> petrochemicals	<input type="checkbox"/> polymers
<input type="checkbox"/> detergents	<input type="checkbox"/> catalysis
<input type="checkbox"/> dyes/pigments	<input type="checkbox"/> food chemicals
<input type="checkbox"/> specialty chemicals	<input type="checkbox"/> electronic chemicals
<input type="checkbox"/> nanotechnology	<input type="checkbox"/> other (please specify)

5. Please select the country of your main professional activity (*drop down menu*):

1: non-European country	11: Greece	21: Slovakia
2: Austria	12: Hungary	22: Slovenia
3: Belgium	13: Ireland	23: Spain
4: Cyprus	14: Italy	24: Sweden
5: Czech Republic	15: Latvia	25: Switzerland
6: Denmark	16: Lithuania	26: The Netherlands
7: Estonia	17: Luxembourg	27: United Kingdom
8: Finland	18: Malta	
9: France	19: Poland	
10: Germany	20: Portugal	

If „non-European country“ please specify: _____

6. How is your modelling unit organisational embedded?

- central service unit with internal charging
- decentral modelling unit
- other (please specify) _____

7. Room for your comments and remarks

Section B

This section asks for your CCT **monitoring and cooperation** experience and activities. In addition it deals with nature and efficiency of **technology transfer** processes.

1. If your company is a holding company, do you cooperate with modellers of other subsidiaries of your company (*drop down menu*)?

1: not applicable ; 2: no, never ; 3: yes, but rarely ; 4: yes, sometimes ; 5: yes, often

2. How important are the following external partners for CCT knowledge transfer to your modelling unit?

	important				unimportant
Other industrial partners	<input type="radio"/>				
Commercial software vendors	<input type="radio"/>				
Small modelling start-ups	<input type="radio"/>				
Academic scientists	<input type="radio"/>				

3. In how many academic cooperation projects your modelling unit is actually involved?

4. What is your modelling unit's future strategy for the cooperation activity with academic cooperation partners (*drop down menu*)?

1: not applicable ; 2: unsure ; 3: reduce activity ; 4: constant activity ; 5: expand activity

5. Please evaluate the importance of the following types of contact between academia and your modelling unit:

	important				unimportant
Contract research	<input type="radio"/>				
Collaborative research	<input type="radio"/>				
Informal contacts	<input type="radio"/>				
Conferences/workshops	<input type="radio"/>				
Publications	<input type="radio"/>				
Consultancy	<input type="radio"/>				
Seminars	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

6. On a scale from 0 to 10 how would you classify your average willingness to cooperate with academic partners (0: no intent to cooperate – 10: strong intent to cooperate)

7. Where do you see disadvantages of, or barriers to the cooperation of your modelling unit with academia?

	important				unimportant
Knowledge outflow	<input type="radio"/>				
Financial engagement	<input type="radio"/>				
Intellectual property	<input type="radio"/>				
Administrative problems	<input type="radio"/>				
Time restrictions	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

8. On a scale from 0 to 10 please evaluate the efficiency of transfer of academic CCT knowledge to your company as practiced today. (0: very low – 10: very high efficiency)

9. On a scale from 0 to 10 please evaluate the **fit between the actual state and the should-be-state** of the intensity of your modelling unit's monitoring activities (concerning monitoring of CCT developments **external** to your company. (0: activities and needs do not match at all – 10: perfect fit)

10. What measures would further strengthen your monitoring activities?

- no additional need for action
- more time for monitoring activities
- more manpower for monitoring
- higher priority on conference participation
- more intensive industry/academia interaction
- other (please specify) _____

11. Room for your comments and remarks

Section C

This section addresses **the level of modelling acceptance** in your company as well as the possible **reasons for reluctance** (resistance) to the application of CCT.

1. Which of the following soft skills might be more important for a computational chemist than for an experimental chemist? *Please select 3 answers at most.*

<input type="checkbox"/> communication skills	<input type="checkbox"/> team spirit
<input type="checkbox"/> diplomacy	<input type="checkbox"/> flexibility
<input type="checkbox"/> persuasiveness	<input type="checkbox"/> enthusiasm
<input type="checkbox"/> patience	<input type="checkbox"/> other (please specify) _____

2. How often do you have to refuse project support requests by your experimental colleagues (*drop down menu*)?

1: never ; 2: rarely ; 3: sometimes ; 4: often ; 5: very often

3. What are the reasons for this project support refusal

- lack of strategic relevance
- lack of time
- lack of expertise
- other (please specify) _____

4. On a scale from 0 to 10 how would you evaluate the level of reluctance (or resistance) of experimentalists to the use of modelling in your company? (0: very low level – 10: very high level)

5. What do you think this reluctance (or resistance) of experimentalists has to do with?

	important				unimportant
Lack of modelling success stories in the company	<input type="radio"/>				
Lack of general knowledge on methods and benefits	<input type="radio"/>				
Lack of knowledge of internal modelling resources	<input type="radio"/>				
Fear of losing job	<input type="radio"/>				
"Not invented here" (scepticism towards ideas from modellers)	<input type="radio"/>				
Deception of modelling outcome or commitment	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

6. Which percentage of those experimental projects, you and your modelling colleagues are involved in, have seen experimentalists (not modellers) to take the first initiative to discuss their project with you, finally leading to the project participation of a modeller?

_____ %

7. What have been the most powerful mechanisms to spread the use of CCT in your company (subsidiary)?

	important				unimportant
Word-of-mouth communication of modelling success stories from chemist to chemist	<input type="radio"/>				
Modeller informing chemists about CCT methods and benefits	<input type="radio"/>				
Bringing chemists' and modellers' offices in close proximity	<input type="radio"/>				
Hierarchical pressure on chemists to include modelling in project work	<input type="radio"/>				
Other (please specify) _____	<input type="radio"/>				

8. Room for your comments and remarks

Section D

This section seeks information about **your professional experience** as well as the **strategic role CCT plays** in your company.

1. Please indicate the number of modellers working in your company (subsidiary).

2. How long have you been involved with your current modelling unit?

3. In how many experimental projects are you actually engaged?

4. On a scale from 0 to 10 how would you judge the continuousness of management support for you modelling unit? (0: very low level – 10: very high level of continuousness)

5. On a scale from 0 to 10 please evaluate the **strategic relevance** for R&D, the management of your company (subsidiary) attributes to your modelling activities. (0: no strategic relevance – 10: very high strategic relevance).

6. Please indicate the number of patents you are actually holding with your current company:

7. Room for your comments and remarks

Section E

This last section contains some statements concerning different aspects of computational chemistry people made during our first interview round. We would like to ask you to give us **your own critical evaluation of these statements**.

2. Please evaluate the following statements:

	strongly agree	agree	not sure	disagree	strongly disagree
Industrial modelling activities help to build a considerable competitive advantage	<input type="radio"/>				
Your management has realistic expectations concerning CCT potential	<input type="radio"/>				
Chemists often turn to modellers quite late in their experimental work	<input type="radio"/>				
As participants in multiple projects industrial modellers can act as project cross fertilizers	<input type="radio"/>				
Your experimental colleagues appreciate what simulation brings to the table	<input type="radio"/>				
Most chemical enterprises lack a critical mass of simulation experts	<input type="radio"/>				
Your experimental colleagues have realistic expectations about simulation output	<input type="radio"/>				
Industry does not adequately communicate its modelling activities and needs to academia	<input type="radio"/>				
Your experimental colleagues have realistic expectations regarding time consumptiveness of simulations	<input type="radio"/>				
Industry uses too few simulation	<input type="radio"/>				

3. Room for your comments and remarks

Last Page: Your Option to Provide Additional Data

On this page we invite you to provide some additional data but this is **not required**. Providing for example your company name would be **very helpful** for us to analyse response differences between organisations. In addition we need either **your e-mail or postal address** to send you the summary report of our survey findings. If you decide to provide additional data on this page we guarantee a **maximum level of confidentiality**. If you wish to stay **anonymous**, please do **not fill out** the following test fields and press directly the SEND SURVEY button.

The following data is exclusively for internal processing:

(completion is not required)

Your company: _____

Your position: _____

If you wish to receive the research summary report please fill out one of the address fields below or send a separate mail with your request to: m.lessing@uni-muenster.de

Your e-mail address: _____

Your postal address: _____

Anhang 3: **Einladungs-e-Mails für Hochschullehrer**

Sehr geehrter Herr Prof. Dr. ...,

als naturwissenschaftlicher Doktorand des Instituts für betriebswirtschaftliches Management im Fachbereich Chemie der Universität Münster koordiniere ich eine **europäische Computational Chemistry Studie**. Ziel dieser Studie ist es, die Schnittstelle Hochschule/Industrie, sowohl aus Hochschullehrer-Perspektive als auch aus Industrieperspektive zu beleuchten. Wichtige Themen sind dabei die Aus- und Weiterbildung im Fach Theoretische Chemie, Kooperationsbereitschaft und -erfolg sowie Technologietransfer und -diffusion.

In der ersten Runde der Studie wenden wir uns mit dem **Online-Fragebogen M³QA** (= Management of Molecular Modelling Questionnaire - Academia -) an **alle europäischen Hochschullehrer** auf den Gebieten Theoretische Chemie, Computational Chemistry und Molecular Modelling, also natürlich auch an Sie. Hier stehen Fragen im Mittelpunkt wie z.B. nach Ihrer Zufriedenheit bezüglich der Ausbildung von Experimentalisten und Theoretikern, nach Ihrer Auffassung zu Kooperationsausgestaltung und -bedeutung oder nach speziellen Kritikpunkten an industriellen Modellergruppen.

In einer zweiten Runde befragen wir zu einem späteren Zeitpunkt industrielle Modeller über ähnliche Aspekte um Wahrnehmungsdiskrepanzen aufzuzeigen, deren Ursprung zu ermitteln und Wege aus dem Dilemma zu erarbeiten.

Aufgrund Ihrer Expertise und Ihrer Erfahrungen möchten wir Sie sehr gerne für die Teilnahme an unserer Studie gewinnen. **Bitte füllen Sie dazu den Online-Fragebogen M³QA aus (max. 20 Min.)**, der Ihnen unter folgendem Link zur Verfügung steht:

<http://cgi.uni-muenster.de/exec/Chemie.bm/M3QA.php>

identification: **compchem**

Als Dankeschön für Ihre Teilnahme senden wir Ihnen umgehend nach der Auswertung der Daten eine **Zusammenfassung der Studienergebnisse** zu. Sollten Sie weitere Informationen zu unserem Projekt wünschen oder noch offene Fragen haben, zögern Sie nicht. Ich stehe Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung. Ich würde mich außerordentlich über Ihre Teilnahme freuen und bedanke mich bereits jetzt schon für Ihre Kooperation

Mit freundlichen Grüßen

Dear Prof. Dr. ...,

as PhD student at the Institute for Business Administration at the Department of Chemistry, Muenster University (Germany), I am coordinating a **European Computational Chemistry Study**. Aim of this study is to investigate the academia/industry interface from the two different perspectives of university professors and industrial modellers. Important subjects of this study are education and training in theoretical chemistry, cooperation attitude and success as well as technology transfer and diffusion.

The first part of the study, the **online questionnaire M³QA** (= Management of Molecular Modelling Questionnaire - Academia -), targets **all European academic computational chemists**. Therefore your opinion on e.g. educational settings, cooperation importance, efficiency of transfer processes and industrial developments is invaluable here.

Later the second part will concentrate on industrial modellers. By answering similar questions like academic scientists before, they will confer a second perspective to this survey. Further we will be able to identify academia/industry perception discrepancies, analyse their reasons and delineate a way out of the dilemma.

Because of your expertise and experience your participation in our study is indispensable for us. Therefore **we ask you to please fill out the online questionnaire M³QA (max. 20 min.)**:

<http://cgi.uni-muenster.de/exec/Chemie.bm/M3QA.php>

identification: **compchem**

After having analysed our data we will certainly send you a **summary report of our survey findings**. If you have any further questions please do not hesitate to contact me. In behalf of our computational chemistry research team I would like to thank you for your cooperation.

With best regards.

Cher prof. ...,

comme étudiant en thèse de l'Institut de Chimie et d'Economie de l'Université de Muenster (Allemagne) je suis coordinateur d'une **étude européenne de chimie théorique**. L'objectif de cette étude est l'investigation de l'interface science publique/industrie sous les deux perspectives des professeurs et des industriels. Des sujets importants de l'étude sont l'éducation de chimie théorique, l'attitude et le succès de coopération et aussi le transfert et la diffusion de technologie.

Le **questionnaire en ligne M³QA** (= Management of Molecular Modelling Questionnaire - Academia -) constitue la première partie de l'étude et s'adresse **aux professeurs** de computational chemistry et molecular modelling des universités et grandes écoles en **Europe**. Il demande des questions par exemple sur la satisfaction concernant l'éducation et aussi sur l'importance de coopérer, l'efficacité du transfert et les développements industriels.

La seconde partie de l'étude ciblera les modeleurs industriels et leur perspective en demandant des questions similaires. Cette procédure nous permet de révéler des problèmes de perception entre les deux groupes, d'analyser leurs causes et de proposer des contre-mesures. Avec votre expertise et votre expérience votre participation à l'étude est devenue indispensable pour nous. C'est pourquoi **nous vous demandons de remplir le questionnaire en ligne M³QA (max. 20 min.)**:

<http://cgi.uni-muenster.de/exec/Chemie.bm/M3QA.php>

identification: **compchem**

Après l'évaluation des données vous recueillerez un **résumé des résultats** de l'étude. Si vous avez des questions concernant notre étude, n'hésitez pas de me contacter. Je serais très content si vous participez à notre étude. Merci pour votre coopération.

Avec mes meilleurs sentiments.

Anhang 4: Einladungs-e-Mails für industrielle Modeller

Dear Dr. ...,

as PhD student at the Institute for Business Administration at the Department of Chemistry, University of Muenster (Germany), I am coordinating a **European Study on Computational Chemistry & Molecular Modelling Technologies (CCT).**

Aim of this study is to investigate nature and success of CCT transfer processes at the academia/industry interface, like cooperation, as well as CCT knowledge diffusion and acceptance levels within chemical & pharmaceutical companies.

In the first part of our study we target all European academic computational chemists whereof until now more than 100 followed our invitation to participate. In the second part the **online questionnaire M³QI** (Management of Molecular Modelling Questionnaire – Industry) concentrates on the opinion of industrial modellers, hence **your opinion**. Our goal is the synthesis of the academic and industrial perception.

Because of your expertise and experience your participation in our study would be extremely valuable for us. Therefore we **ask you to please fill out the online questionnaire M³QI (max. 12 min.)**:

<https://cgi.uni-muenster.de/exec/Chemie.bm/M3QI.php>

identification: **molmod**

If you do not deliberately provide personal data we guarantee **complete anonymity** of your data. After having analysed the data we would like to send you a **summary report on our survey findings** on both the academic and industrial questionnaire. It would be very helpful if you could forward this invitation to your colleagues giving them the possibility to participate in our study as well.

If you have any further questions please feel free to contact me. In behalf of our computational chemistry research team, I would like to thank you for your cooperation.

With best regards.

Cher Monsieur ...,

comme étudiant en thèse à l'Institut de Chimie et d'Economie de l'Université de Muenster (Allemagne) je suis coordinateur d'une **Etude Européenne de Modélisation Moléculaire et Computational Chemistry**. L'objectif de cette étude est l'investigation des mécanismes de transfert et de diffusion de ces technologies à l'interface science publique/industrie et dans des entreprises chimiques et pharmaceutiques.

La première partie de l'étude s'est adressée aux professeurs de chimie théorique et modélisation moléculaire des universités et grandes écoles en Europe dont 100 ont suivi l'invitation de participer jusqu'à maintenant. A la seconde partie le **questionnaire en ligne M³QI** (= Management of Molecular Modelling Questionnaire - Industry) cible l'opinion des modeleurs industriels, donc **votre opinion**. Le but de l'étude est de réunir les deux perspectives académiques et industrielles.

Avec votre expertise et votre expérience, votre participation à notre étude est de grande valeur pour nous. C'est pourquoi **nous vous demandons de remplir le questionnaire en ligne M³QI (max. 12 min.)**:

<https://cgi.uni-muenster.de/exec/Chemie.bm/M3QI.php>

identification: **molmod**

Nous vous garantissons l'**anonymat complet** de vos données. Après l'évaluation des données vous avez la possibilité de recueillir **un résumé des résultats** de l'étude, certainement des deux parties constituantes. Nous nous permettons de vous demander de passer cette invitation à vos collègues afin qu'ils puissent également participer à notre étude.

Si vous avez des questions concernant notre étude, n'hésitez pas de me contacter. Je serais très content si vous participiez à notre étude. Merci pour votre coopération.

Avec mes meilleurs sentiments.

Anhang 5: **Unternehmen für den M³QI**

Im Nachfolgenden sind alle in der Stichprobe (Gesamtheit der angeschriebenen Firmen) enthaltenen Unternehmen aufgeführt. Fett hervorgehoben sind solche Unternehmen, von denen mindestens 1 Antwort zurückkam (Antwort von mind. 16 Unternehmen):

- Air Liquide S.A.
- Altana Pharma GmbH
- Astex Technology
- **AstraZeneca**
- Axxima Pharmaceuticals AG
- **BASF AG**
- **Bayer Cropscience AG**
- **Bayer Healthcare AG**
- Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG
- Bristol-Myers Squibb
- Ciba Specialty Chemicals
- Degussa AG
- DSM Group
- F. Hoffmann-La Roche Ltd.
- GlaxoSmithKline
- Grünenthal GmbH
- H. Lundbeck A/S
- Henkel KGaA
- Janssen Pharmaceutica N.V
- **Johnson&Johnson Pharmaceutical R&D**
- **Eli Lilly Forschung**
- **Lundbeck**
- Merck KGaA
- **Merck Research Laboratories**
- **Nestlé Research Center**
- Norsk Hydro
- **Novartis Institutes for Biomedical Research**
- **Novo Nordisk A/S**
- **Organon**
- Pfizer
- Pharmacia Italia
- Rhodia Recherches
- **Sanofi-Aventis**
- **Schering AG**
- **Serono Pharmaceutical Research Institute**
- **Solvay Pharmaceuticals**
- Syngenta
- Unilever Research
- Wacker Chemie AG
- Wyeth Research

Literaturverzeichnis

Alderman, N., Davies, S. Modelling Regional Patterns of Innovation Diffusion in the UK Metalworking Industry, *Regional Studies*, **1990**, Vol. 24, S. 513-528.

Allesch, J., Preiß-Allesch, D., Spengler, U. Hochschule und Wirtschaft. Bestandsaufnahme und Modelle der Zusammenarbeit. Verlag TÜV Rheinland, Köln, **1988**.

Antonelli, C. The Diffusion of an Organisational Innovation: International Data Telecommunications and Multinational Industrial Firms, *International Journal of Industrial Organisation*, **1985**, Vol. 3, Nr. 1, S. 109-118.

Astebro, T. The Effect of Management and Social Interaction on the Intra-Firm Diffusion of Electronic Mail Systems, *IEEE Transactions on Engineering Management*, **1995**, Vol. 42, S. 319-331.

Astebro, T. Non-capital Investment Costs and the Adoption of CAD and CNC in US Metalworking Industries, *RAND Journal of Economics*, **2002**, Vol. 33, Nr. 4, S. 672-688.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. Multivariate Analysemethoden: Eine Anwendungsorientierte Einführung, Springer Verlag, 11. Auflage, Berlin, **2006**.

Baptista, R. The Diffusion of Process Innovations: A Selective Review, *International Journal of the Economics of Business*, **1999**, Vol. 6, Nr. 1, S. 107-129.

Bartolotti, L. J., Flurchick, K. An Introduction to Density Functional Theory, in: Reviews in Computational Chemistry, **1995**, Vol. 7, S. 187-216.

Battisti, G. The Intra-Firm Diffusion of New Technologies, Promotionsarbeit, Warwick University. **2000**.

Battisti, G., Stoneman, P. L. The Intra-Firm Diffusion of New Process Technologies, University of Warwick. **2001**.

Battisti, G., Stoneman, P. L. Inter- and Intra-Firm Effects in the Diffusion of New Process Technology, *Research Policy*, **2003**, Vol. 32, S. 1641-1655.

Battisti, G., Stoneman, P. L. The Intra-Firm Diffusion of New Process Technologies, *International Journal of Industrial Organisation*, **2005**, Vol. 23, S. 1-22.

Baumol, W. J. *Growth, the Market and Dissemination of Technology*, The Economic and Social Research Institute, Dublin, **1991**.

Belleflamme, P. Adoption of Network Technologies in Oligopolies, *International Journal of Industrial Organisation*, **1998**, Vol. 16 Nr. 4, S. 415-44.

Berens, T. R., Gray, D. O. Unintended Consequences of Cooperative Research: Impact of Industry Sponsorship on Climate for Academic Freedom and other Graduate Student Outcome, *Research Policy*, **2001**, Vol. 30, S. 179-199.

Blumenthal, M. D., Causino, N., Campbell, E. G., Louis, K. S. Participation of Life-Science Faculty in Research Relationships with Industry, *The New England Journal of Medicine*, **1996**, Vol. 335, Nr. 23, S. 1734-1739.

Blumenthal, M. D., Campbell, E. G., Anderson, M. S., Causino, N., Louis, K. S. Withholding Research Results in Academic Life Science. Evidence from a National Survey of Faculty, *The Journal of the American Medical Association*, **1997**, Vol. 277, Nr. 15, S. 1224-1228.

Bös, K., Hänsel, F., Schott, N. Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft. Planung - Auswertung - Statistik, Czwalina, Hamburg, **2000**.

Boyd, D. D. Molecular Modeling – Industrial Relevance and Applications, in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, **2002**.

Bozeman, B. Technology Transfer and Public Policy: a Review of Research and Theory, *Research Policy*, **2000**, Vol. 29, S. 627-655.

Brosius, F. SPSS 8, Professionelle Statistik unter Windows, MITP Verlag, Bonn, **1998**, Kapitel 21, S. 503.

Bühl, A., Zöfel P. SPSS 12: Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows, Pearson Studium Verlag, 9. Auflage, München, **2005**.

Caloghirou, Y., Tsakanikas, A., Vonortas, N. S. University-Industry Cooperation in the Context of the European Framework Programmes, *Journal of Technology Transfer*, **2001**, Vol. 26, S. 153-161.

Carayol, N. Objectives, Agreements and Matching in Science-Industry Collaborations: Re-assembling the Pieces of the Puzzle, *Research Policy*, **2003**, Vol. 32, S. 887-908.

Choi, J. P., Thum, M. Market Structure and the Timing of Technology Adoption with Network Externalities, *European Economic Review*, **1998**, Vol. 42, Nr. 2, S. 225-44.

Cobanoglu, C., Cobanoglu, N. The Effect of Incentives in Web Surveys: Application and Ethical Considerations, *International Journal of Market Research*, **2003**, Vol. 45, Nr. 4, S. 475-488.

Cohen, W. M., Levinthal, D. A. Innovation and Learning: The Two Faces of R&D, *Economic Journal*, **1989**, Vol. 99, S. 569-596.

Cohen, W. M., Levinthal, D. A. Absorptive Capacity: a New Perspective on Innovation and Learning, *Administrative Science Quarterly*, **1990**, Vol. 35, S. 128-152.

Cohen, W. M., Florida, R., Goe, W. R. University-Industry Research Centers in the United States. Carnegie Mellon University, Pittsburg, PA, **1994**.

Cohen, W. M., Florida, R., Randazzese, L., Walsh, J. Industry and the Academy: Uneasy Partners in the Cause of Technological Advance, in: Noll, R. (ed.), *Challenge to the University*. Brookings Institution Press, Washington DC, **1997**, S. 171-199.

Coleman, J. S. Social Capital in the Creation of Human Capital, *American Journal of Sociology*, **1988**, Vol. 94, S. 95-120.

Colombo, M., Mosconi, R. Complementary and Cumulative Learning Effects in the Early Diffusion of Multiple Technologies, *Journal of Industrial Economics*, **1995**, Vol. 63, Nr. 11, S. 13-48.

Couper, M. P. Web Surveys – A Review of Issues and Approaches. *Public Opinion Quarterly*, **2000**, Vol. 64, S. 464-494.

Couper, M. P., Traugott, M. W., Lamias, M. J. Web Survey Design and Administration, *Public Opinion Quarterly*, **2001**, Vol. 65, Nr. 2, S. 230-254.

Cramer, C. J. *Essentials of Computational Chemistry*. Chichester: John Wiley & Sons, **2002**.

David, P. A. A Contribution to the Theory of Diffusion, Stanford University, Centre for Research in Economic Growth Research Memorandum, Vol. 71, **1969**.

David, P. A. *Behind the Diffusion Curve*, Westview Press, Oxford, **1991**.

Davies, S. *The Diffusion of Process Innovations*. Cambridge University Press, Cambridge, US, **1979**.

Deutskens, E., De Ruyter, K., Wetzels, M., Oosterveld, P. Response Rate and Response Quality of Internet-Based Surveys: An Experimental Study, *Marketing Letters*, **2004**, Vol. 15, Nr. 1, S. 21-36.

Dougherty, D. J. Interpretive Barriers to Successful Product Innovation in Large Firms, *Organization Science*, **1992**, Vol. 3, S. 197-203.

Economides, N. The Economics of Networks, *International Journal of Industrial Organization*, **1996**, Vol. 14, Nr. 6, S. 673-700.

Ettlie, J. E., Reza, E. M. Organizational Integration and Process Innovation, *Academy of Management Journal*, **1992**, Vol. 35, S. 795-827.

Ford, D., Farmer, D. Make-or-Buy – A Key Strategic Issue. *Long Range Planning*, **1986**, S.54-62.

- Friedman, J., Silberman, J.** University Technology Transfer: Do Incentives, Management, and Location Matter? *Journal of Technology Transfer*, **2003**, Vol. 28, S. 17-30.
- Fuentelsaz, L., Gomez, J., Polo, Y.** Intrafirm Diffusion of New Technologies: An Empirical Application, *Research Policy*, **2003**, Vol. 32, S. 533-551.
- Gasteiger, J., Engel, T. (eds)** Chemoinformatics: A Textbook, John Wiley & Sons, **2004**.
- Geroski, P. A.** Models of Technology Diffusion, *Research Policy*, **2000**, Vol. 29, S. 603-625.
- Gietzmann, M.** Make-or-Buy Revisited: Some Lessons from Japan. *Management Accounting (UK)*, **1995**, January, 24-25.
- Globerman, S.** New Technology Adoption in the Canadian Paper Industry. *Industrial Organization Review*, **1976**, Vol. 4, S. 5-12.
- Gluck, M. E., Blumenthal, D., Stoto, M. A.** University-Industry Relationships in the Life Sciences: Implications for Students and Post-Doctoral Fellows, *Research Policy*, **1987**, Vol. 16, S. 327-336.
- Grant, G. H., Richards, W. G.** Computational Chemistry, Oxford University Press, **1995**.
- Griliches, Z.** An Exploration in the Economics of Technological Change, *Econometrica*, **1957**, Vol. 48, S. 501-522.
- Hall, B. H., Link, A. N., Scott, J. T.** Barriers Inhibiting Industry from Partnering with Universities: Evidence from the Advanced Technology Program, *Journal of Technology Transfer*, **2001**, Vol. 26, S. 87-98.
- Hauschildt, J.** Innovationsmanagement, München, Verlag Vahlen, **1997**, 2. Auflage.
- Hill, J.-R., Freeman, C. M., Subramanian, L.** Use of Force Fields in Materials Modeling, in: Reviews in Computational Chemistry, **2000**, Vol. 16, S. 141-216.
- Ilieva, J., Baron, S., Healey, N. M.** Online Surveys in Marketing Research: Pros and Cons, *International Journal of Market Research*, **2002**, Vol. 44, S. 361-376.
- Jensen, F.** Introduction to Computational Chemistry, John Wiley and Sons, Chichester, **2007**.
- Kaplowitz, M. D., Hadlock, T. D., Levine, R.** A Comparison of Web and Mail Survey Response Rate, *Public Opinion Quarterly*, **2004**, Vol. 68, Nr. 1, S. 94-101.
- Karshenas, M., Stoneman, P. L.** Rank, Stock, Order and Epidemic Effects in the Diffusion of New Process Technologies: An Empirical Model, *RAND Journal of Economics*, **1993**, Vol. 24, Nr. 4, S. 503-528.

Karshenas, M., Stoneman, P. L. Technology Diffusion, in Stoneman, P. L. (ed.): Handbook of the economics of innovation and technological change, Blackwell, Oxford, **1995**, S. 265-297.

Katz, M. L., Shapiro, C. Network Externalities, Competition, and Compatibility, *American Economic Review*, **1985**, Vol. 75, S. 424-440.

Katz, M. L., Shapiro, C. Technology Adoption in the Presence of Network Externalities, *Journal of Political Economy*, **1986**, Vol. 94, S. 824-42.

Kim, W. C., Mauborgne, R. Value Innovation: The Strategic Logic of High Growth. Harvard Business Review, **1997**, January-February, S. 103-112.

Kim, W. C., Mauborgne, R. Blue Ocean Strategy. Harvard Business Review, **2004**, October S. 76-84.

Knapman, K., Warde, S. Computational Chemistry in the Chemicals Industry, Financial Times Business, Urch Publishing, London, **2000**.

Knight, K. E. A Descriptive Model of the Intra-Firm Innovation Process, *Journal of Business* **1967**, Vol. 40, S. 478-496.

Konecny, E., Quinn, C. P., Sachs, K., Thompson, D. T. Universities and Industrial Research, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, **1995**.

Leach, A. R., Gillet, V. J. An Introduction to Chemoinformatics, Springer, Berlin, **2003**.

Lee, Y. S. University-Industry Collaboration on Technology Transfer: Views from the Ivory Tower, *Policy Studies Journal*, **1998**, Vol. 26, Nr. 1, S. 69-84.

Lee, Y. S. The Sustainability of University-Industry Research Collaboration: An Empirical Assessment, *Journal of Technology Transfer*, **2000**, Vol. 25, S. 111-133.

Levin, S. G., Levin, S. L., Meisel, J. B. A Dynamic Analysis of the Adoption of a New Technology: The Case of Optical Scanners, *Review of Economics and Statistics*, **1987**, Vol. 69, S. 12-17.

Levin, S. G., Levin, S. L., Meisel, J. B. Market Structure, Uncertainty and Intrafirm Diffusion: The Case of Optical Scanners in Grocery Stores. *Review of Economics and Statistics*, **1992**, Vol. 74, S. 345-350.

Lim, L. P. L., Garnsey, E., Gregory, M. Product and Process Innovation in Biopharmaceuticals: A New Perspective on Development, *R&D Management*, **2006**, Vol. 36, Nr. 1, S. 27-36.

Link, A. N. A Disaggregated Analysis of Industrial R&D Product versus Process Innovation in: Sahal D. (Hrsg.) The Transfer and Utilization of Technical Knowledge, Lexington Books, **1982**.

Lipkowitz, K. B., Boyd, D. B. Preface (on the Meaning and Scope of Computational Chemistry) in: *Reviews in Computational Chemistry*, Vol. 1, **1990**, S. vii-xii.

Louis, K. S., Jones, L. M., Anderson, M. S., Blumenthal, D., Campbell, E. G. Entrepreneurship, Secrecy, and Productivity : A Comparison of Clinical and Non-Clinical Life Sciences Faculty, *Journal of Technology Transfer*, **2001**, Vol. 26, S. 233-245.

Mansfield, E. Technical Change and the Rate of Imitation, *Econometrica*, **1961**, Vol. 29, S. 741-766.

Mansfield, E. Intrafirm Rates of Diffusion of an Innovation, *The Review of Economics and Statistics*, **1963**, Vol. XLV, S. 348-359.

Mansfield, E. *Industrial Research and Technological Innovation*, Norton, New York, **1968**.

Mansfield, E. Composition of R&D Expenditures, Relationship to Size of Firm, Concentration, and Innovative Output. *Review of Economics & Statistics*, **1981**, Vol. 63, S. 610-615.

Mansfield, E. Academic Research and Industrial Innovation: An Update of Empirical Findings, *Research Policy*, **1998**, Vol. 26, Nr. 7-8, S. 773-776.

Mantovani, A. Complementarity between Product and Process Innovation in a Monopoly Setting. *Economics of Innovation & New Technology*, **2006**, Vol. 15(3), S. 219-234.

Mattel, M. S., Jacoby, J. Is there an optimal number of alternatives for Likert-scale items? *Journal of Applied Psychology*, **1972**, Vol. 56, S. 506-509.

Merton, R. K. Priorities in Scientific Discovery: A Chapter in the Sociology of Science, *American Sociological Review*, **1957**, Vol. 22, S. 635-639.

Metcalfe, J. S. Diffusion of Innovation in the Lancashire Textile Industry, Manchester School, **1970**, S. 145-162.

Meyer-Krahmer, F., Schmoch, U. Science-based Technologies: University-Industry Interactions in Four Fields, *Research Policy*, **1998**, Vol. 27, S. 835-851.

Nabseth, L., Ray, G. F. *The Diffusion of New Industrial Processes: An International Study*, Cambridge University Press, **1974**.

Narin, F., Hamilton, K. S., Olivastro, D. The Increasing Linkage between U.S. Technology and Public Science, *Research Policy*, **1997**, Vol. 26, Nr. 3, S. 317-330.

Nelsen, L. L. A US Perspective on Technology Transfer: the Changing Role of the University, *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, **2004**, Vol. 5, S. 243-247.

Nelson, R. R. Observations on the Post Bayh-Dole Rise of Patenting at American Universities, *Journal of Technology Transfer*, **2001**, Vol. 26, S. 13-19.

OECD, Science, Technology and Industry Outlook 2000: Innovation Networks. DSTI/STP/TIP(2000)5, Paris, **2000**.

OECD, Benchmarking Industry-Science Relationships, Paris, **2002**.

Oleson, J. D. (ed.). Technology Vision 2020 – A Report of the U.S. Chemical Industry, The American Chemical Society, The American Institute of Chemical Engineers, The Council for Chemical Research, The Chemical Manufacturers Association, The Synthetic Organic Chemical Manufacturer Association, Washington **1996**.

Oprea, T. I., Waller, C. L. Theoretical and Practical Aspects of Three-Dimensional Quantitative Structure-Activity Relationships, in: Reviews in Computational Chemistry, **1997**, Vol. 11, S. 127-182.

Oster, S. The Diffusion of Innovation among Steel Firms: The Basic Oxygen Furnace, *Bell Journal of Economics*, **1982**, Vol. 13, S. 45-56.

Polo, Y. Determinantes Empresariales de la Adopción de Innovaciones: Terminales de Teleproceso en el Sector Bancario Español, *Investigaciones Económicas*, **1987**, Vol. 11, Nr. 2, S. 243-260.

Porter, S. R., Whitcomb, M. E. The Impact of Contact Type on Web Survey Response Rates, *Public Opinion Quarterly*, **2003**, Vol. 67, S. 579-588.

Rahm, D. Academic Perceptions of University-Firm Technology-Transfer, *Policy Studies Journal*, **1994**, Vol. 22, Nr. 2, S. 267-278.

Rogers, E. Diffusion of Innovations, 4. Auflage, The Free Press, New York, **1995**.

Romeo, A. A. Interindustry and Interfirm Differences in the Rate of Diffusion of an Innovation. Review of Economics and Statistics, **1975**, Vol. 5, Nr. 3, S. 311-319.

Rosenberg, N. On Technological Expectations, *Economic Journal*, **1976**, Vol. 86, S. 523-535

Saloner, G. and Shepard, A. Adoption of Technologies with Network Effects: An Empirical Examination of the Adoption of Automated Teller Machines, *RAND Journal of Economics*, **1995**, Vol. 26, Nr. 3, S. 479-501.

Sax, L. J., Gilmartin, S. K., Bryant, A. N. Assessing Response Rates and Nonresponse Bias in Web and Paper Surveys, *Research in Higher Education*, **2003**, Vol. 44, Nr. 4, S. 409-432.

Schaefer, D. R., Dillman, D. A. Development of a Standard E-Mail Methodology, *Public Opinion Quarterly*, **1998**, Vol. 62, S. 378-397.

Schartinger, D., Rammer, C., Fischer, M. M., Fröhlich, J. Knowledge Interactions between Universities and Industry in Austria: Sectoral Patterns and Determinants, *Research Policy*, **2002**, Vol. 31, S. 303-328.

Schenk, W. Continuous Casting of Steel, in: Nabseth, L., Ray, G. F. (ed.), *The Diffusion of New Industrial Processes - An International Study*, Cambridge University Press, London, **1974**.

Schewe, G. Imitationsmanagement: Nachahmung als Option des Technologiemanagements, Stuttgart, **1992**.

Schmidt, W. C. World-Wide Web Survey Research: Benefits, Potential Problems, and Solutions, *Behaviour Research Methods, Instruments & Computers*, **1997**, Vol. 29, Nr. 2, S. 274-279.

Schmoch, U. Die Interaktion von Akademischer und Industrieller Forschung – Ergebnisse einer Umfrage an Deutschen Hochschulen, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Diskussionspapier, Karlsruhe, Oktober **1997**.

Schmoch, U., Licht, G., Reinhard, M. Wissens- und Technologietransfer in Deutschland, IRB Verlag, Stuttgart, **2000**.

Sheehan, K. E-Mail Survey Response Rates: A Review, *Journal of Computer-Mediated Communication*, **2001**, Vol. 6, Nr. 2.

Shy, O. Technology Revolutions in the Presence of Network Externalities. *International Journal of Industrial Organization*, **1996**, Vol. 14, Nr. 6, S. 785-800.

Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., Link, A. N. Commercial Knowledge transfer from universities to Firms: Improving the Effectiveness of University-Industry Collaboration, *The Journal of High Technology Management Research*, **2003**, Vol. 14, S. 111-133.

Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., Link, A. N. Toward a Model of the Effective Transfer of Scientific Knowledge from Academicians to Practitioners: Qualitative Evidence from the Commercialization of University Technologies, *Journal of Engineering and Technology Management*, **2004**, Vol. 21, S. 115-142.

Simsek, Z., Veiga, J. F. A Primer on Internet Organizational Surveys, *Organizational Research Methods*, **2001**, Vol. 4, Nr. 3, S. 218-245.

SPRU: Talent, Not Technology: Publicly Funded Research and Innovation in the United Kingdom, Science and Technology Policy Research (SPRU), University of Sussex, **2000**.

Stoneman, P. L. Path Dependency and Reswitching in a Model of Multi Technology Adoption", Festschrift zu Ehren von Paul David, Center for Economic Policy Research, Stanford University, **2000**.

Stoneman, P. L. *The Economics of Technological Diffusion*, Blackwell, Oxford, **2001**.

Stoneman, P. L., Battisti, G. Intra-Firm Diffusion of New Technologies: the Neglected Part of Technology Transfer, *International Journal of Industrial Engineering*, **1997**, Vol. 4, Nr. 2, S. 270-282.

Stoneman, P. L., Kwon, M., The Diffusion of Multiple Process Technologies, *The Economic Journal*, **1994**, Vol. 104, S. 420-431.

Stoneman, P. L., Toivanen, O. The Diffusion of Multiple Technologies: An Empirical Study, *Economies of Innovation and New Technology*, **1997**, Vol. 5, Nr. 1, S. 1-18.

Teece, D. J. *The Multinational Corporation and the Resource Cost of International Technology Transfer*, Cambridge, MA, Ballinger, **1976**.

Teece, D. J. The Market for Know-how and the Efficient International Transfer of Technology, *The Annals of the Academy of Political and Social Science*, **1981**, Vol. 458, S. 81-196.

Teece, D. J. Technology and Technology Transfer: Mansfieldian Inspirations and Subsequent Developments, *Journal of Technology Transfer*, **2005**, Vol. 30, Nr. 1/2, S. 17-33.

Thompson, T. B. (ed.) *Chemical Industry of the Future – Technology Roadmap for Computational Chemistry*, Maryland, **1999**.

Thwaites, A. Some Evidence of Regional Variations in the Diffusion of New Industrial Products and Processes within British Manufacturing Industry, *Regional Studies*, **1982**, Vol. 16, S. 371-381.

Westmoreland, P. R., Kollman, P. A., Chaka, A. M., Cummings, P. T., Morokuma, K., Neurock, M., Stechel, E. B., Vashishta, P. WTEC Panel Report on „Applications of Molecular and Materials Modeling“, Baltimore, **2002**.

Zerner, M. C. Semiempirical Molecular Orbital Methods, in: *Reviews in Computational Chemistry*, **1991**, Vol. 2, S. 313-365.

Zucker, L. G., Darby, M. R. Star Scientists and Institutional Transformation: Patterns of Invention and Innovation in the Formation of the Biotechnology Industry, *Proceedings of the National Academy of Science*, **1996**, Vol. 93, Nr. 23, S. 11709-12716.

Zucker, L. G., Darby, M. R. Capturing Technological Opportunity via Japan's Star Scientists: Evidence from Japanese Firms' Biotech Patents and Products, *Journal of Technology Transfer*, **2000**, Vol. 26, S. 37-58.

Lebenslauf

Michael Thorsten Leßing (geb. Kühnel)

Persönliche Daten

Abschluss: Diplom-Chemiker
Geboren am: 06.08.1976 in Miltenberg
Familienstand: verheiratet

Berufstätigkeit

02/2007 – Außendienstmitarbeiter bei Firma RECIPE GmbH in München

Promotion

02/2003 – Promotion zum Dr. rer. nat. am Institut für betriebswirtschaftliches Management im Fachbereich Chemie und Pharmazie bei Prof. Dr. Jens Leker an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
Schwerpunkt: Innovations- und Technologiemanagement
Thema: Transfer und Diffusion von F&E-Prozesstechnologien am Beispiel von Computational Chemistry Technologien

Hochschulstudium

10/1999 – 09/2002 Doppeldiplomstudiengang Chemie und Chemische Verfahrenstechnik

- Julius-Maximilians-Universität, Würzburg (5. bis 6. Fachsemester)
- Ecole Supérieure de Chimie, Physique, Electronique in Lyon, Frankreich (7. bis 10. Fachsemester)

Diplomarbeit : Modeling of pharmaceutically active enzyme-substrate complexes" (Note: 17,5 von 20 Punkten)

10/1997 – 09/1999 Grundstudium des Diplomstudiengangs Chemie an der Universität Würzburg, Abschluss mit Vordiplom (Gesamtnote: sehr gut)

Praktika und Berufserfahrung

10/2002 – 12/2002 wissenschaftliche Tätigkeit am Forschungsinstitut „Industrial Research Limited“ in Wellington, Neuseeland

07/2001 – 08/2001 Praktikum bei der BASF AG in Ludwigshafen

03/1998 – 08/2000 wissenschaftliche Hilfskraft am Fraunhofer Institut für Silicatforschung in Würzburg

Nebentätigkeit

06/2003 – 01/2005 Sprecher des JungChemikerForums Münster innerhalb der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)

Wehrdienst

07/1996 – 06/1997 Bundeswehrapotheke, Balthasar-Neumann-Kaserne in Veitshöchheim

Schule

06/1996 Allgemeine Hochschulreife (Gesamtnote: 1,2)

1987 – 1996 Karl-Ernst-Gymnasium in Amorbach

1983 – 1987 Grundschule in Bürgstadt

Fremdsprachen

Englisch: fließend in Wort und Schrift

Französisch: fließend in Wort und Schrift

EDV-Kenntnisse

Microsoft Office Anwendungen

Statistikprogramm SPSS

Grundlagen der php- und html-Programmierung

Publikationen

- Leßing M., Leker J.: The Intra-Firm Diffusion of Synergetic R&D Process Technologies in the Pharmaceutical and Chemical Industry, *Conference Proceedings of the R&D Management Conference 2006*, Challenges and Opportunities in R&D Management, Windermere, UK, 2006.
- Leßing M., van der Velde A., Meyer-Niehoff F., Mall B., Leker J.: E-Commerce at the Felix Schoeller Group, Fallstudie und Teaching Note, *European Case Clearing House (ECCH)*, Cranfield University, UK, 2006.