

———— Franz Barjak ————

WISSENS- UND TECHNOLOGIE- TRANSFER ALS INTERAKTION

Theoretische Überlegungen und
Fallbeispiele aus der Schweiz



Warum ist es wichtig, sich mit dem Wissens- und Technologietransfer (WTT) zu befassen, und warum ist dies auch für die Wirtschafts-, Sozial- und Regionalforschung ein relevantes Thema? *Wissens- und Technologietransfer als Interaktion* resümiert die umfangreiche Literatur zum WTT und entwickelt daraus ein eigenes, integriertes Modell. Neben den strukturellen Merkmalen der Transferbeteiligten, des Transferobjekts und der Transfermechanismen werden auch die Beziehungen zwischen den Transferbeteiligten und dem Transferprozess untersucht. Welchen Einfluss haben räumliche Nähe, kulturelle Distanz und die Organisation von Transferprojekten auf den Transfererfolg? Als besonderer Nebenaspekt wird die Rolle des Internets in WTT-Projekten thematisiert: Steigert die computergestützte Kommunikation den Transfererfolg? Welche Bedeutung hat das Internet als Speicherort wissenschaftlichen Wissens für seinen Transfer zu privaten Unternehmen? Mittels eines multiplen Fallstudiendesigns wird das integrierte Modell einem Plausibilitätstest unterzogen. Dazu werden elf Transferprojekte von Schweizer Universitäten, Fachhochschulen oder/und ausseruniversitären Forschungsinstitutionen eingehend aufgearbeitet und miteinander verglichen.

Franz Barjak forscht und unterrichtet an der Hochschule für Wirtschaft der FH Nordwestschweiz. Er befasst sich insbesondere mit Themen der Wissenschafts-, Technologie- und Innovationsforschung. Vor seinem Wechsel in die Schweiz war er mehrere Jahre an einem deutschen Wirtschaftsforschungsinstitut tätig. Er hat mit dieser Arbeit 2010 an der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum promoviert.

**WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER
ALS INTERAKTION**

———— Franz Barjak ————

WISSENS- UND TECHNOLOGIE- TRANSFER ALS INTERAKTION

Theoretische Überlegungen und
Fallbeispiele aus der Schweiz



PETER LANG

Bern · Berlin · Bruxelles · Frankfurt am Main · New York · Oxford · Wien

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die vorliegende Arbeit wurde 2010 von der Fakultät für Geowissenschaften der Ruhr-Universität Bochum als Dissertation angenommen.

Umschlagabbildung: Cog wheels seamless, from iStockphoto.com © by artefy
Umschlaggestaltung: Didier Studer, Peter Lang AG

ISBN 978-3-0343-0653-9

E-ISBN 978-3-0351-0278-9

© Peter Lang AG, Internationaler Verlag der Wissenschaften, Bern 2011
Hochfeldstrasse 32, CH-3012 Bern, Schweiz
info@peterlang.com, www.peterlang.com

Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Switzerland

Ich widme diese Arbeit meinem Vater, Dr. med. Franz Barjak (18.02.1941–23.10.2007), der mir ein Vorbild war, dass eine Dissertation auch mit einer Familie und neben dem regulären Arbeitsalltag noch möglich ist.

Vorwort

If I have seen further it is only by standing on the shoulders of giants. (Sir Isaac Newton in einem Brief an Robert Hooke, 15. Februar 1676, zitiert nach <http://en.wikiquote.org/wiki/Isaac_Newton> gelesen am 30.06.2010)

Ob es mir gelingt, hinsichtlich des Wissens- und Technologietransfers weiter zu sehen, müssen die Leser beurteilen. Ich möchte es aber nicht versäumen, denjenigen Personen Anerkennung zu zollen, auf deren Leistung meine Arbeit aufbaut.

Mein Interesse am Wissens- und Technologietransfer wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts zur Nutzung des Internets in der Wissenschaft unter der Leitung von Prof. Dr. Najib Harabi geweckt. Daraus entwickelte ich das Ziel, die Bedeutung dieser Technologie im Wissens- und Technologietransfer zu untersuchen. Diese Genese der Forschungsfrage hat über lange Zeit die Arbeit geprägt, war aber rückblickend betrachtet nicht immer fruchtbar. Im Zuge des theoretischen und empirischen Erkenntnisgewinns hat sich der Fokus mehr und mehr verlagert und andere Aspekte des Wissens- und Technologietransfers sind ins Zentrum der Arbeit gerückt.

Ich möchte allen danken, die den Forschungsprozess begleitet und unterstützt haben. Zuerst den beiden Gutachtern, Prof. Dr. Bernhard Butzin und Prof. Dr. Matthias Kiese, die sich unentgeltlich und selbstlos in den Dienst der Wissenschaft stellten und diese Arbeit betreuten. Ich verdanke ihnen einige wertvolle Hinweise und Anmerkungen, ohne die diese Arbeit anders aussehen würde. Ich freue mich in diesem Zusammenhang besonders, dass die Arbeit an der Ruhr-Universität Bochum, einem der Pioniere des WITs Wissenschaft/Wirtschaft in Deutschland, angenommen wurde.

Vor allem gebührt natürlich all denen Dank, die mir ihre Zeit und Energie schenkten und Rede und Antwort zu ihren Transferprojekten standen. Ohne Ihre selbstlose Bereitschaft zur Unterstützung und ihre Offenheit auch zu kritischen Fragen wäre diese Arbeit nicht zum Abschluss gekommen.

Nicht vergessen möchte ich meinen Arbeitgeber, die Fachhochschule Nordwestschweiz, die durch das Weiterbildungsbudget von 10% der Arbeitszeit einen wichtigen Beitrag zum Fortschritt der Arbeit leistete.

Zuletzt gilt mein Dank meiner lieben Frau Marcelle, die mit großer Geduld auf meine Spätschichten am Computer geblickt und das Ende der Arbeit erwartet hat. ¡Gracias mi amor!

Franz Barjak, Olten im Juli 2011

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	7
Inhaltsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	15
Abbildungsverzeichnis.....	21
Abkürzungsverzeichnis	25
Kapitel 1: Problemstellung und Forschungsfragen	27
1. Bedeutung und Problemkontext der Analyse.....	27
1.1 Wissenschaft und soziale Wohlfahrt und Innovation.....	28
1.2 Wissenschaft und regionale Wirtschaftsentwicklung.....	30
1.3 Bedeutung des Wissens- und Technologietransfers in Industrieländern mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz..	34
2. Forschungsfragen.....	38
2.1 Forschungsfragen zum Wissens- und Technologietransfer.....	39
2.2 Forschungsfragen zum Internet im Wissens- und Technologietransfer.....	41
3. Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes	43
3.1 Wissen und seine Produktion	43
3.2 Der Transfer von Wissen und Technologie.....	46
4. Aufbau der Arbeit.....	49

Kapitel 2: Modelle des Wissens- und Technologietransfers in der Literatur	51
1. Transfermodelle mit Schwerpunkt in der Prozessdimension	52
1.1 Innovationsprozessmodelle	53
1.2 Modelle des Lernens in Organisationen	57
1.3 Transferprozessmodelle aus Hochschulperspektive	60
2. Transfermodelle mit Schwerpunkt in der strukturellen Dimension	62
3. Transfermodelle mit Schwerpunkt in der relationalen Dimension	72
4. Kritik der diskutierten Modelle	76
 Kapitel 3: Ein integriertes Modell des Wissens- und Technologietransfers	81
1. Wissens- und Technologietransfererfolg	82
2. Strukturelle Dimension	86
2.1 Transferobjekt	86
2.2 Akteure	91
2.3 Kommunikationsmedien	101
3. Relationale Dimension	106
3.1 Räumliche Subdimension	108
3.2 Kulturelle Subdimension	112
3.3 Organisatorische Subdimension	116
4. Prozessdimension	125
4.1 Ereignisse	125
4.2 Aktivitäten	127
4.3 Phasen	132
4.4 Zusammenfassung zur Prozessdimension	133
5. Querverbindungen zwischen den verschiedenen Dimensionen	134
6. Das Internet im Wissens- und Technologietransfer	136
6.1 Kodifizierung und Digitalisierung von Wissen	138
6.2 Auswirkung auf Informationsquellen und Kommunikationsmedien	140
6.3 Räumliche Reichweite von Wissensflüssen	145
6.4 Organisationsformen des Wissens- und Technologietransfers ..	147

Kapitel 4: Untersuchungsdesign, Methoden und Operationalisierung des Modells.....	149
1. Untersuchungsdesign	149
1.1 Methodologie: Grundlagen, Stärken und Schwächen von Fallstudien.....	149
1.2 Das gewählte Design: Multiple Fallstudien	154
1.3 Auswahl der Fälle	156
1.4 Auswahl der Informanten	161
2. Methoden der Datenerhebung und Datenanalyse.....	161
2.1 Datenerhebung.....	161
2.2 Datenanalyse.....	165
3. Operationalisierung des Wissens- und Technologietransfermodells.....	170
3.1 Strukturelle Dimension.....	170
3.2 Relationale Dimension.....	177
3.3 Prozessdimension	179
3.4 Nutzung des Internets	180
3.5 Indikatoren für den Erfolg von Wissens- und Technologietransfers.....	181
Kapitel 5: Vergleich der Fälle und Hypothesendiskussion.....	185
1. Kurzbeschreibung der untersuchten Projekte.....	185
2. Erfolg der Projekte	192
3. Strukturelle Dimension	195
3.1 Transferobjekt.....	195
3.2 Technologiegeber und -nehmer	211
3.3 Weitere Projektbeteiligte.....	225
3.4 Kommunikationsmedien	227
4. Relationale Dimension	230
4.1 Räumliche Distanz.....	231
4.2 Kulturelle Distanz.....	236
4.3 Organisationsform.....	239
5. Prozessdimension	248
5.1 Ereignisse	248
5.2 Aktivitäten.....	252
5.3 Referenzmodelle und Phasen	253
6. Empirische Ergebnisse zur Internetnutzung.....	257

Kapitel 6: Zusammenfassung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse und Ansatzpunkte für die Steuerung von WIT-Aktivitäten.....	263
1. Konzeptionelle Beiträge der Arbeit zum Studium des Wissens- und Technologietransfers	263
2. Zusammenfassung und Diskussion der empirischen Ergebnisse	265
2.1 Projekterfolg	266
2.2 Strukturelle Dimension.....	267
2.3 Relationale Dimension.....	273
2.4 Prozessdimension	275
2.5 Internetnutzung	277
3. Regionaler und nationaler Kontext der Ergebnisse	279
3.1 Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf die regionale Entwicklung.....	279
3.2 Die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Schweiz	283
4. Leitfragen, Ergebnisse und integriertes Transfermodell.....	285
4.1 Antworten auf die Forschungsfragen.....	285
4.2 Bedeutung der empirischen Ergebnisse für das integrierte Modell.....	291
5. Ansatzpunkte für die Steuerung des Wissens- und Technologietransfers auf der Mikroebene	296
5.1 Schaffung von transferfreundlichen internen Strukturen	297
5.2 Definition und Implementierung von strategischen Grundsätzen im WIT.....	299
5.3 Interaktionsorientiertes Management von WIT-Projekten.	302

Anhang.....	305
I. Fallstudien zu Wissens- und Technologietransferprojekten	305
I.1 Pairing: Verbesserung der Bildqualität in der Magnet-Resonanz-Spektroskopie.....	305
I.2. SimAlgo: Modellierung und Simulation für die Automobilproduktion	319
I.3 Klangholz für den Geigenbau	332
I.4 Partikelabscheider für Kleinholzfeuerungen (Kamin- und Kachelöfen)	353
I.5 DISC: Elektrische Diffusionsbatterie zur Messung von Feinstaub	372
I.6 Kühlbekleidung für Multiple Sklerose Patienten.....	388
I.7 Dünnschicht-Photovoltaik	405
I.8 Mikro-Bump-Bonder	421
I.9 Stichprobenkoordinationssystem	435
I.10 Nanosilbereinmischung in Kunststoffe	447
I.11 YellowMap: ein einfaches Geographisches Informationssystem für KMU	462
II. Tabellenanhang	475
II.1 Detaillierte Übersicht über Modelle des Wissens- und Technologietransfers.....	475
II.2 Tabellen zu Daten und Methoden	481
III. Leitfaden für Interviews in den WIT-Projekten	511
Literatur	523
Index.....	549

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über Modelle des Wissens- und Technologietransfers	79
Tabelle 2:	Zentrale Akteure und Transferformen im WTT.....	92
Tabelle 3:	Die relationale Dimension des WTT	107
Tabelle 4:	Beteiligte akademische Disziplinen und Branchen der Fallstudien	157
Tabelle 5:	Untersuchte Fälle nach Wissenschaftsnähe/Wirtschaftsnähe der Partner auf der Basis ihrer Wissenschaftsdisziplin(en) und Branche(n)	158
Tabelle 6:	Untersuchte Fälle nach Größe und Typ der beteiligten Organisationen.....	159
Tabelle 7:	Untersuchte Fälle nach den wichtigsten Transferkanälen .	160
Tabelle 8:	Untersuchte Fälle nach räumlicher und sprachlich-institutioneller Distanz	160
Tabelle 9:	Struktur und Umfang der Interviewleitfäden	162
Tabelle 10:	Anzahl und Dauer der Gespräche.....	164
Tabelle 11:	Transkriptionszeichen	165
Tabelle 12:	Entwickelte und transferierte Technologien.....	195
Tabelle 13:	Eigenschaften der transferierten Technologien in den untersuchten Projekten	196
Tabelle 14:	Projekte nach der Innovativität der Technologie und dem Transfererfolg	197
Tabelle 15:	Projekte nach der Innovativität der Technologie, der Kommunikationsintensität und dem Informationsreichtum der eingesetzten Kommunikationsmedien.....	198
Tabelle 16:	Reifegrad der Technologie und Transfererfolg	204
Tabelle 17:	Komplexität der Technologie und Transfererfolg.....	206
Tabelle 18:	Organisationstyp der Technologiegeber (Organisationsebene) und Transfererfolg	212
Tabelle 19:	Transfer- und Industrieorientierung der Technologiegeber (Personenebene) und Transfererfolg.....	213
Tabelle 20:	Anwendungsorientierung und Industrienähe der Technologiegeber und Transfererfolg	213

Tabelle 21:	Beispiele für Transfermotive von Technologiegeber und -empfänger	215
Tabelle 22:	Industrie- und WTT-Erfahrung der Technologiegeber und Transfererfolg	217
Tabelle 23:	Wissenschafts- und WTT-Erfahrung der Technologieempfänger und Erfolg	218
Tabelle 24:	Absorptive Kapazität der Technologieempfänger und Transfererfolg	220
Tabelle 25:	Vernetzung der Technologieempfänger mit der Wissenschaft und Transfererfolg.....	221
Tabelle 26:	Größe der Technologieempfänger und Transfererfolg.....	223
Tabelle 27:	Räumliche Distanz der Partner und Transfererfolg	233
Tabelle 28:	Räumliche Distanz der Partner und Transfer impliziten Wissens	234
Tabelle 29:	Projekte nach den Organisationsformen.....	241
Tabelle 30:	Projekte nach der Bedeutung von Netzwerkelementen und dem Transfererfolg	244
Tabelle 31:	Transaktionskosten nach Technologiegeber und Technologieempfänger.....	245
Tabelle 32:	Transaktionsrisiken und Transfererfolg.....	246
Tabelle 33:	Typen und Auftreten kritischer Ereignisse	250
Tabelle 34:	Nutzung und Bedeutung des Internets in der FuE der Technologiegeber.....	258
Tabelle 35:	Technologiegeber nach der Komplexität der FuE-Ergebnisse und der Bedeutung des Internets für die Ergebnisse der FuE.....	259
Tabelle 36:	Art und Bedeutung der Nutzung des Internets im Wissenserwerb durch die Technologieempfänger	260
Tabelle 37:	Bedeutung der räumlichen Nähe beim Wissenserwerb und Nutzung des Internets bei Technologieempfängern..	261
Tabelle 38:	Pairing: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten	306
Tabelle 39:	Eigenschaften der FG MR-Spektroskopie und von MRALD	313
Tabelle 40:	SimAlgo: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten	320
Tabelle 41:	Eigenschaften FG Informatik und SimSoft.....	327

Tabelle 42:	Klangholz: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten.....	335
Tabelle 43:	Eigenschaften der FG Holzschutz/Biotechnologie und der Geigenbauateliers	344
Tabelle 44:	Partikelabscheider: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten	355
Tabelle 45:	Eigenschaften von UMTEC, den anderen Technologiegebern und Rüegg	365
Tabelle 46:	DISC: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten	374
Tabelle 47:	Eigenschaften von IAST und Matter Engineering	382
Tabelle 48:	Kühlbekleidung: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten	390
Tabelle 49:	Eigenschaften der FG Med. Textilien, Klinik Valens und Unico Swiss Tex	398
Tabelle 50:	Dünnschicht-PV: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten	408
Tabelle 51:	Eigenschaften des IMT PV-Labs und von Unaxis	415
Tabelle 52:	Mikro-Bump-Bonder: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten.....	422
Tabelle 53:	Eigenschaften der FG Experimentelle Teilchenphysik, von Hilpert Electronics und Süss Microtec/S.E.T.....	428
Tabelle 54:	Stichprobenkoordinationssystem: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten.....	437
Tabelle 55:	Eigenschaften des Istat und der Methodensektion des BFS	442
Tabelle 56:	Nanosilbereinmischung: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten.....	451
Tabelle 57:	Eigenschaften des INKA und von HeiQ Materials	458
Tabelle 58:	YellowMap: Wichtigste Aktivitäten nach Projektphasen und Beteiligten	464
Tabelle 59:	Eigenschaften des IVGI und CC-GIS.....	469
Tabelle 60:	Detaillierte Übersicht über Modelle des WTT	475
Tabelle 61:	Dokumentation der Gespräche in den untersuchten Transferprojekten.....	481
Tabelle 62:	Kodierungsbeispiele.....	484
Tabelle 63:	Prozeduraler Transfererfolg	486

Tabelle 64:	Veränderung des Wissens- und Technologiebestands der Partner als Folge des Transfers	486
Tabelle 65:	Kommerzieller Transfererfolg.....	487
Tabelle 66:	Sozialer und politischer Transfererfolg.....	487
Tabelle 67:	Überblick über die verschiedenen Erfolgskriterien	488
Tabelle 68:	Innovativität der transferierten Technologie	489
Tabelle 69:	Kodierungsgrad und Stadium der transferierten Technologie.....	489
Tabelle 70:	Bedeutung verschiedener Wissensformen in den FuE-Ergebnissen der Technologiegeber	490
Tabelle 71:	Bedeutung der transferierten Wissensformen	491
Tabelle 72:	Transfer impliziten Wissens	491
Tabelle 73:	Komplexität der notwendigen Kenntnisse für das Verständnis der FuE der Technologiegeber	492
Tabelle 74:	Komplexität der transferierten Technologie.....	492
Tabelle 75:	Komplexität der Technologie, Kommunikationsintensität und Informationsreichtum der eingesetzten Kommunikationsmedien.....	493
Tabelle 76:	Kosten für Technologiegeber und Technologienehmer....	493
Tabelle 77:	Transfer- und Industrieorientierung der Technologiegeber	494
Tabelle 78:	Anwendungsorientierung und Industrienähe der Technologiegeber	495
Tabelle 79:	Bedeutung von Motiven der Technologiegeber und -empfänger für die Transferprojekte.....	496
Tabelle 80:	Berufspraxis außerhalb der Wissenschaft, Kenntnisse zur Industriepraxis und Marktnähe und Erfahrungen mit dem WIT der Technologiegeber	496
Tabelle 81:	Wissenschafts- und WIT-Erfahrung und absorptive Kapazität der Technologieempfänger.....	497
Tabelle 82:	Vernetzung der Technologieempfänger mit der Wissenschaft und Bedeutung wissenschaftlichen Wissens	497
Tabelle 83:	Anzahl der Technologiegeber und Technologieempfänger.....	498
Tabelle 84:	Beschäftigte und Projektbeteiligte der primären Technologiegeber und Technologieempfänger.....	498
Tabelle 85:	Intensität der Kommunikation und Bedeutung von Kommunikationsmedien.....	499

Tabelle 86:	Bedeutung projektspezifischer Informationsquellen.....	499
Tabelle 87:	Bedeutung allgemeiner Informationsquellen.....	500
Tabelle 88:	Räumliche Distanz zwischen Technologiegeber und Technologieempfänger.....	500
Tabelle 89:	Räumliche Distanz der Wissenschaftspartner der Technologieempfänger.....	501
Tabelle 90:	Sprachlich-institutionelle Distanz zwischen Technologiegeber und Technologieempfänger.....	501
Tabelle 91:	Wissenschaftliche und technologische Distanz zwischen Technologiegeber und Technologieempfänger.....	502
Tabelle 92:	Sprachlich-institutionelle Distanz der Partner und Transfererfolg.....	502
Tabelle 93:	Wissenschaftliche und technologische Distanz der Partner und Transfererfolg.....	503
Tabelle 94:	Ausprägung verschiedener Netzwerkelemente.....	503
Tabelle 95:	Höhe der Transaktionskosten und -risiken.....	504
Tabelle 96:	Zugang zu kritischen Ressourcen.....	504
Tabelle 97:	Einstieg in die Zusammenarbeit.....	505
Tabelle 98:	Wichtigste Aktivitäten der Vorbereitungsphase nach Technologiegeber und Technologieempfänger.....	507
Tabelle 99:	Wichtigste Aktivitäten der Realisierungsphase nach Technologiegeber und Technologieempfänger.....	508
Tabelle 100:	Wichtigste Aktivitäten der Integrationsphase nach Technologiegeber und Technologieempfänger.....	509
Tabelle 101:	Regionaler Kontext der Technologiegeber und Technologieempfänger.....	510

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das rekursive Innovationsmodell.....	54
Abbildung 2: Subprozesse und Lücken der Technologiekommer- zialisierung.....	57
Abbildung 3: Wissensspirale.....	58
Abbildung 4: Konzeptionelles Modell des Wissenstransfers	60
Abbildung 5: Der Prozess des Technologietransfers aus einer Forschungsuniversität.....	61
Abbildung 6: Organisatorische und Managementeinflüsse auf Universitäts-Industrie Technologietransfers.....	62
Abbildung 7: Brückenmodell des WTT.....	64
Abbildung 8: Haupteinflussgrößen auf Informations- und Kommuni- kationsmuster in der interorganisatorischen Forschungs- und technischen Zusammenarbeit	66
Abbildung 9: Bedingtes Effektivitätsmodell des Technologietransfers.....	68
Abbildung 10: Institutioneller, organisatorischer und individueller Kontext der WTT-Effektivität.....	71
Abbildung 11: Theoretisches Modell der Technologietransfereffektivität...74	
Abbildung 12: Faktoren zur Identifikation von Mechanismen des Wissenstransfers	76
Abbildung 13: Ein integriertes WTT-Modell.....	82
Abbildung 14: Strategien und Ablauf der Datenaufbereitung und Datenauswertung.....	166
Abbildung 15: Kategoriensystem der Gesprächskodierung (oberste und erste Hierarchieebene der Kategorien)	169
Abbildung 16: Projekte nach Erfolgseinstufung.....	194
Abbildung 17: Innovativität der transferierten Technologie, Kommunikationsintensität und Erfolg.....	199
Abbildung 18: Innovativität der transferierten Technologie, Informa- tionsreichtum der eingesetzten Kommunikationsmedien und Erfolg	200
Abbildung 19: Wissensformen mit hoher Bedeutung und Transfererfolg	201

Abbildung 20: Wissensformen mit hoher Bedeutung, Kommunikationsintensität und Informationsreichtum der eingesetzten Kommunikationsmedien.....	203
Abbildung 21: Reifegrad der transferierten Technologie, Kommunikationsintensität und Erfolg	205
Abbildung 22: Reifegrad der transferierten Technologie, Informationsreichtum der eingesetzten Kommunikationsmedien und Erfolg	205
Abbildung 23: Komplexität der Technologie und Kommunikationsintensität der Transfers.....	207
Abbildung 24: Komplexität der Technologie und Informationsreichtum der eingesetzten Kommunikationsmedien.....	208
Abbildung 25: Kosten und Transfererfolg	210
Abbildung 26: Transfermotive des Technologiegebers und Transfererfolg	216
Abbildung 27: Transfermotive des Technologieempfängers und Erfolg..	216
Abbildung 28: Industrie- und WTT-Erfahrung der Technologiegeber, Wissenschafts- und WTT-Erfahrung der Technologieempfänger und Transfererfolg	219
Abbildung 29: Absorptive Kapazität und Vernetzung der Technologieempfänger mit der Wissenschaft und Transfererfolg.....	222
Abbildung 30: Wissenschaftsnähe der beteiligten Wissenschaftsdisziplin(en) und Wirtschaftsnähe der Branche(n) und Transfererfolg	224
Abbildung 31: Kommunikationsintensität und Informationsreichtum der eingesetzten Kommunikationsmedien.....	228
Abbildung 32: Bedeutung unterschiedlicher Informationsquellen und Transfererfolg	230
Abbildung 33: Distanz zwischen Technologieempfängern und ihren Wissenschaftspartnern in Kilometern (log. Darstellung)...	231
Abbildung 34: Distanz zwischen Technologieempfängern und ihren Wissenschaftspartnern in Minuten (log. Darstellung)	232
Abbildung 35: Räumliche Distanz der Partner, Kommunikationsintensität und Transfererfolg.....	235
Abbildung 36: Sprachlich-institutionelle und wissenschaftlich-technologische Distanz und Transfererfolg.....	239
Abbildung 37: Anzahl der Technologiegeber und -empfänger.....	240

Abbildung 38: Projekte nach den Organisationsformen und der Größe der Technologieempfänger.....	242
Abbildung 39: Zugang zu kritischen Ressourcen und Transfererfolg	247
Abbildung 40: Visualisierung der zwei Referenzmodelle von Transferprozessen	254
Abbildung 41: Auf der Basis der Fallstudienresultate modifiziertes, integriertes WTT-Modell	293
Abbildung 42: Pairing: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts	307
Abbildung 43: SimAlgo: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts	320
Abbildung 44: Klangholz: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts ..	335
Abbildung 45: Partikelabscheider: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts	356
Abbildung 46: DISC: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts.....	375
Abbildung 47: Kühlbekleidung: Schematisierter Ablauf des Transfer- projekts.....	389
Abbildung 48: Dünnschicht-PV: Schematisierter Ablauf des Transfer- projekts.....	408
Abbildung 49: Mikro-Bump-Bonder: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts	422
Abbildung 50: Stichprobenkoordinationssystem: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts	436
Abbildung 51: Nanosilbereinmischung: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts	452
Abbildung 52: YellowMap: Schematisierter Ablauf des Transferprojekts	464
Abbildung 53: Kodierung der Aktivitäten in den WTT-Projekten	485

Abkürzungsverzeichnis

AT	Aerosoltechnologie
BAFU	(Schweizer) Bundesamt für Umwelt
BFE	(Schweizer) Bundesamt für Energie
BFS	(Schweizer) Bundesamt für Statistik
CAD	Computer-Aided Design
CC-GIS	Kompetenzzentrum Geographische Informationssysteme der Schweizerischen Post
CIS	Community Innovation Survey
DISC	Diffusion Size Classifier
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
FG	Forschungsgruppe
FH	Fachhochschule
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
FTP	File Transfer Protocol
FuE	Forschung und Entwicklung
GIS	Geographisches Informationssystem
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IAST	Institut für Aerosol- und Sensortechnik der FHNW
IMT	Institut für Mikrotechnologie der Universität Neuchâtel
INKA	Institut für nanotechnische Kunststoff-Anwendungen der FHNW
INSEE	Institute national de la statistique et des études économiques
Istat	Institut de Statistique der Universität Neuchâtel
IuK	Informations- und Kommunikationstechnologien
IVGI	Institut Vermessung und Geoinformation der FHNW
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KTI	(Schweizer) Kommission für Technologie und Innovation
LCD	Liquid Crystal Displays
LHC	Large Hadron Collider
LRV	Luftreinhalte-Verordnung
μm	Mikrometer (Millionstel Meter)

MNK	Multinationaler Konzern
MR	Magnet-Resonanz
MS	Multiple Sklerose
nm	Nanometer (Milliardstel Meter)
PM	Particulate Matter (Feinstaub)
PSI	Paul Scherrer Institut
PV	Photovoltaik
PZI	Problem-zentriertes Interview
SKS	Stichprobenkoordinationssystem
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNF	Schweizerischer Nationalfonds
SNI	Swiss Nanoscience Institute
TFT	Thin-film transistor
TG	Technologiegeber
TN	Technologiennehmer
UMTEC	Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik
WTT	Wissens- und Technologietransfer

Kapitel 1: Problemstellung und Forschungsfragen

Der Beitrag der Wissenschaft zur sozialen Wohlfahrt und zum wirtschaftlichen Wachstum wird auf nationaler und regionaler Ebene seit langem konzeptualisiert und empirisch untersucht. Wissens- und Technologietransfer (WTT) bildet dabei neben anderen Mechanismen wie etwa der Ausbildung von Studierenden, der Weiterbildung von Graduierten, technischen und nicht-technischen Dienstleistungen oder der Bereitstellung von Infrastruktur einen wichtigen Mechanismus, über den sich dieser Beitrag an die Gesellschaft manifestiert. Die WTT-Praxis entwickelte sich in den meisten Industrieländern seit Ende des II. Weltkrieges und wurde ab den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts forciert (vgl. nachfolgend Abschnitt 1.3). Gleichwohl gibt es bislang noch keine Theorie des WTT und eine Vielzahl von Fragen wurde allenfalls vorläufig und für den angelsächsischen Raum untersucht. Dieses Kapitel 1 beschreibt in Abschnitt 1 zunächst diesen Problemkontext der Arbeit. In Abschnitt 2 werden die Untersuchungsfragen formuliert und in Abschnitt 3 die zentralen Konstrukte erörtert. Abschnitt 4 gibt eine kurze Übersicht über die Struktur des Buches.

1. Bedeutung und Problemkontext der Analyse

Warum ist es wichtig, sich mit dem WTT zu befassen, und warum ist dies auch für die Wirtschafts-, Sozial- und Regionalforschung ein relevantes Thema? Das vorliegende Kapitel versucht, auf diese Frage eine Antwort zu geben. Es stellt dazu zunächst die Bedeutung der Wissenschaft für die soziale Wohlfahrt und Innovationen allgemein heraus (Abschnitt 1.1) und befasst sich dann speziell mit dem Beitrag der Wissenschaft zur regionalen Entwicklung, wie er in fünf neueren Ansätzen thematisiert wird (Abschnitt 1.2). In Abschnitt 1.3 wird schließlich ein kurzer historischer Abriss über den WTT in drei Ländern gegeben: den USA, als „Mutterland“ des WTT, sowie Deutschland und der Schweiz, in denen die empirisch untersuchten WTT-Projekte angesiedelt sind.

1.1 *Wissenschaft und soziale Wohlfahrt und Innovation*

Obwohl Wissenschaftler gerne und oft die „Freiheit der Forschung“ beanspruchen, trägt auch Grundlagenforschung immer eine gesellschaftliche Verantwortung. Die Wissenschaftsökonomie rechtfertigte lange Zeit die Steuerfinanzierung der Grundlagenforschung damit, dass sie Wissen produziert, das private Akteure aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften nicht produzieren würden (Arrow, 1962, S. 623; Nelson, 1959, S. 306). Die Grundlagenforschung produziert demnach ein Kollektivgut mit größerem sozialen als privaten Nutzen (positiven Externalitäten) und in einem riskanten, weil hinsichtlich des Erfolgs unsicheren, Produktionsvorgang. Die Wissensproduktion wird als kumulativ beschrieben: Wissen ist das Ergebnis der Wissensproduktion und gleichzeitig der wichtigste Produktionsfaktor (Arrow, 1962, S. 618; David & Foray, 1995b, S. 89).

Mehr und mehr setzte sich aber die Erkenntnis durch, dass diese Position den Wert des Wissens und seine gesellschaftliche Verbreitung und Nutzung nur unvollständig abbildet. Sie berücksichtigt nicht, dass Wissen implizit und personengebunden sein kann, was seine Übertragbarkeit einschränkt. Außerdem wird es nur dann verstanden und genutzt, wenn die Empfänger über komplementäres Wissen verfügen (Pavitt, 1991, S. 109–119, 1998, S. 793–805; Rosenberg, 1990, S. 165–174; Salter & Martin, 2001, S. 511–513).

Die Wissenschaft kann die soziale Wohlfahrt auf vielen Wegen erhöhen (Brooks, 1994, S. 479–482; Fleming & Sorenson, 2004; Goldstein & Renault, 2004, S. 735; Pavitt, 1991, S. 109–119, 1998, S. 796; Salter & Martin, 2001, S. 520):

- Neues wissenschaftliches Wissen ist eine Quelle für Ideen zu neuen technologischen Möglichkeiten und hilft bei der Filterung von aussichtsreichen Entwicklungspfaden.
- Wissenschaftliche Forschung steuert die Begründungen für empirisch beobachtete Phänomene bei.
- Die Wissenschaft entwickelt Forschungsinstrumente, Werkzeuge, Techniken und Methoden die (potenziell) auch für die industrielle Fertigung oder Dienstleistungen nützlich sind.
- Die Wissenschaft erhöht allgemein den Wissensbestand einer Gesellschaft und ihre Problemlösungsfähigkeit.

- In der Wissenschaft wird das vorhandene Wissen gelehrt und vermittelt und damit die Aufnahmefähigkeit der Gesellschaft für neues Wissen begründet.
- Die Wissenschaft unterhält eine Wissensbasis zu den sozialen und Umweltauswirkungen von Technologien.
- Wissenschaftler gründen neue Unternehmen, um Erfindungen kommerziell zu verwerten.

Private Unternehmen können wissenschaftliche Ergebnisse beispielsweise dadurch nutzen, dass sie aus ihnen neue Produkte oder Technologien (Instrumente, Werkzeuge, Techniken und Methoden) entwickeln. Sie können weiteren Nutzen aus dem Einsatz wissenschaftlichen Wissens zur Lösung von Produktions-, Design- oder Entwicklungsproblemen ziehen. Insbesondere die Anstellung wissenschaftlichen Personals aus Universitäten kann dazu beitragen, die technologische Kompetenz von Firmen aufrechtzuerhalten und zu erweitern und zukünftige Innovationen zu ermöglichen (R. Cowan, 2006; W. Cowan, R. Cowan & Llerena, 2008; Schartinger, Schibany & Gassler, 2001, S. 258).

In dem Maße, wie die vielfältige Bedeutung der Wissenschaft für die wirtschaftliche Entwicklung erkannt wurde, haben sich komplexere Innovationsmodelle in der Innovationsforschung durchgesetzt. Das simple lineare Innovationsmodell geht von einer Abfolge von Grundlagenforschung, angewandter Forschung, Entwicklung, Produktion und Marketing aus (Godin, 2006; S. J. Kline & Rosenberg, 1986, S. 285–288).¹ Gemäß diesem Modell sind die ökonomischen Folgen neuer wissenschaftlicher Leistungen Spin-off Unternehmen oder der Transfer von neuen Produkten und Prozesstechnologien zu etablierten Firmen. Seit Mitte der 80er Jahre wurden verschiedene andere, komplexere Modelle des Innovationsprozesses vorgeschlagen, wie das rekursive Innovationsmodell („*chain-linked model*“, vgl. S. J. Kline & Rosenberg, 1986, S. 289–293), das Interaktionen und Wirkungsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft entlang fünf verschiedener Wirkungsketten abbildet (vgl. ausführlich S. 54 f.). Das Parallelmodell der Innovationen (Teece, 1989, S. 35–37) hebt zusätzlich die zahlreichen Beziehungen zurück in die Wissenschaft hervor, geht aber gleichzeitig von

1 Eine Variation dieses Modells findet sich z. B. in Rothwell und Robertson (1973, S. 206), die die Bedeutung von Kommunikation betonen, zum Beispiel um die Bedürfnisse von Käufern und das Marktpotenzial vor der Generierung einer Innovationsidee zu erkennen.

einem stark komprimierten Innovationsprozess aus (vgl. S. 55). Das Lernmodell (Massey et al. 1992, zitiert in Butzin, 2000, S. 156) beschreibt die Bedeutung kollektiven Lernens auf allen Ebenen eines Unternehmens und seiner Umwelt für Innovationen. Das Interaktionsmodell (Schmoch, 2000, S. 7) weist auf die Parallelen zwischen wissenschaftlicher und technologischer Arbeit und den kontinuierlichen Austausch zwischen beiden hin. Das Systemmodell stellt schließlich Universitäten und andere wissenschaftliche Institutionen in den Kontext von Innovationssystemen, in denen sie Wissen und Informationen für Innovationsprozesse beisteuern (R. Cowan, 2006).

1.2 Wissenschaft und regionale Wirtschaftsentwicklung

Die Bedeutung der Wissenschaft für wirtschaftliche Entwicklung wurde nicht nur aus nationaler Perspektive diskutiert, sondern auch aus regionaler Perspektive. Geographen und RegionalökonomInnen haben wiederholt die Rolle von Universitäten, öffentlicher Forschung und Entwicklung (FuE) und wissenschaftlichem Wissen in Konzepten regionaler wirtschaftlicher Entwicklung hervorgehoben. Fünf Ansätze, die seit den 90er Jahren entstanden sind, verdienen eine besondere Beachtung:

- a) Innovative Milieus,
- b) Clustertheorie,
- c) Regionale Innovationssysteme,
- d) Lernende Regionen,
- e) Triple Helix Ansatz.

Ad a) Das *innovative Milieu* wurde definiert als:

[S]et of territorial relationships encompassing in a coherent way a production system, different economic and social actors, a specific culture and a representation system, and generating a dynamic collective learning process. (Camagni, 1991, S. 130)

Milieubeziehungen werden als informell und implizit beschrieben (ebd., S. 135). Sie ergänzen die formellen Beziehungen zwischen Unternehmen, etwa die Zuliefer-Abnehmer-Beziehungen in der Wertschöpfungskette und Kooperationsvereinbarungen zwischen Unternehmen oder sonstigen Organisationen. Die formellen Beziehungen werden als Netzwerke (Camagni,

1991, S. 135; Camagni & Capello, 2002, S. 18) oder territoriale Produktionssysteme (Maillat & Grosjean, 1999, S. 3–6) bezeichnet. Das innovative Milieu ist quasi der Überbau zu dieser Basis. Es kann nur entstehen, wenn geographische Nähe und vielfache Beziehungen zwischen den Akteuren bestehen. Räumliche und „beziehungsbezogene“ Nähe² a) bereiten den Boden für interorganisatorische Lernprozesse, b) reduzieren Unsicherheit in Innovationsprozessen und c) senken Koordinationskosten und Transaktionsrisiken (Camagni & Capello, 2002, S. 18–20). Die treibende Kraft eines innovativen Milieus kann ein regionales „Wissenszentrum“ (Universität oder Forschungsinstitut) sein. Neue Technologien oder neue Absatzgelegenheiten, die aus dem Wissenszentrum stammen, können die Neugründung kleiner Unternehmen, den Informationsaustausch im Milieu und schließlich auch regionales Wirtschaftswachstum stimulieren (Aydalot, 1988, S. 42; Camagni & Capello, 2002, S. 21; Keeble, Lawson, Moore & Wilkinson, 1999, S. 298).

Ad b) Die *Clustertheorie* von Michael Porter (1990, 1998), eine weitere Theorie, der beträchtliche Aufmerksamkeit von Seiten der Regionalpolitik zuteilwurde, hat ihren Ursprung in Überlegungen zum strategischen Management und der Wettbewerbsfähigkeit. Porter definiert einen Cluster als

[G]eographically proximate group of interconnected companies and associated institutions in a particular field, linked by commonalities and complementarities. (Porter, 1998, S. 199)

Cluster beeinflussen den Wettbewerb dadurch, dass sie die Arbeitsproduktivität, die Innovationskapazität und die Existenzgründungsrate erhöhen (ebd., S. 214–224). Universitäten und andere Forschungs- und Bildungsinstitutionen können – aber müssen nicht – eine entscheidende Rolle unter den Organisationen spielen, die den Cluster unterstützen (Porter, 1998, S. 204; Sölvell, Lindqvist & Ketels, 2003, S. 18–19). Belegt wurden solche Effekte beispielsweise für US-amerikanische Cluster in der Medizintechnik (Rothaermel & Ku, 2008). Während Porters Clustertheorie im Hinblick auf die Bedeutung von Nähe, externen Effekten, Unternehmensnetzwerken und der sozialen Einbettung ökonomischer Aktivitäten den anderen

2 „[W]hat we may call ‚relational proximity‘, encompassing the linkages that happen thanks to economic integration of firms, socio-cultural homogeneity of local population and dense public/private co-operation and partnership.“ (Camagni & Capello, 2002, S. 19)

genannten Theorien ähnelt, liegt ihr spezifischer Beitrag darin, dass sie die Effekte des regionalen Wettbewerbs und seiner Anreizeffekte auf Innovationen und regionales Wachstum betont (Malmberg & Maskell, 2002, S. 438).

Ad c) Arbeiten zu Innovationssystemen heben die unternehmensexternen und systemischen Einflüsse auf Innovation und innerbetriebliches Wachstum hervor (Lundvall, 1992a, S. 1–19). Drei Bestandteile eines *regionalen Innovationssystems* bestimmen seine Fähigkeit, Innovationen zu generieren (Cooke, Uranga & Etxebarria, 1997, S. 484): a) eine regionale Ansammlung von Organisationen wie beispielsweise Forschungsinstituten, Technologietransfereinrichtungen, Handelskammern, Banken, Regierungsstellen, Einzelunternehmen sowie Firmennetzwerke und Branchencluster; b) die Verbindung dieser Organisationen in innovations- oder wettbewerbsrelevanten Bereichen, oder wie Cooke, Uranga und Etxebarria (1998, S. 1579) in einer anderen Publikation konstatieren, die „produktive Regionalkultur“; c) Kapazitäten der Finanzierung von Innovationen, sowohl im privaten wie auch im öffentlichen Sektor. Öffentliche Forschungs- und Bildungseinrichtungen sind zentrale Akteure im Subsystem der Wissensproduktion und -diffusion (Autio, 1998, S. 134). Die Existenz dieser Bestandteile gestattet unternehmensexterne Innovations- und Lernprozesse, die durch die Regionalpolitik unterstützt werden können. Um wirksam zu sein, müssen allerdings die Ergebnisse dieser Lernprozesse wieder in die Firmen zurücktransferiert und dort absorbiert werden.

Ad d) Das Konzept der *lernenden Regionen* (Florida, 1995) entwickelt die vorstehend genannten Ansätze der innovativen Milieus und regionalen Innovationssysteme weiter. Zusätzlich zu vernetzten Firmen und Organisationen und einem lokalen Milieu, die den institutionellen und soziokulturellen Rahmen für kollektive Lernprozesse bilden, werden zwei weitere Faktoren hervorgehoben:

- Zeitkompressionskosten (*time compression diseconomies*, Maskell & Malmberg, 1999, S. 176) entstehen, weil regionale Fähigkeiten eine lange Entwicklungszeit benötigen. Da es keine geeigneten Instrumente gibt, um diese Entwicklungszeit abzukürzen, können die Fähigkeiten nur schwierig imitiert oder von außen in eine Region importiert werden.
- Weiterhin wird das Verlernen als genauso bedeutsam wie das Lernen eingestuft, weil kognitive, institutionelle oder technologische Scheuklappen ein Hindernis für neue kollektive Lern- und Innovationsprozesse bedeuten (Lawson & Lorenz, 1999, S. 311).

Ad e) Das *Triple HelixKonzept* stellt ebenfalls einen systemischen Ansatz dar und widmet sich insbesondere dem Überbau oder Regime an Kommunikation, Verhandlungen, hybriden Organisationen und Netzwerken, der die drei Spiralen Wissenschaft, Wirtschaft und Staat miteinander verbindet (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000; Leydesdorff & Etzkowitz, 1997). Ein Beispiel für diesen Überbau sind Netzwerke aus Forschern der drei Spiralen, Gründerzentren und Inkubatoren sowie Förderprogramme für den Wissens- und Technologietransfer. Die Triple Helix und das Regime werden zusammen auch als Wissensinfrastruktur bezeichnet. Diese Wissensinfrastruktur muss auf ständige Veränderungen reagieren, die intern (z. B. Strategiewechsel, Präferenzveränderungen) oder extern (z. B. Innovationen, wirtschaftliche Schocks, Veränderungen des Regulierungssystems) verursacht sein können. Ihre Leistungsfähigkeit gründet also nicht alleine in den bestehenden Verbindungen zwischen den Akteuren der Helix und des Überbaus, sondern vor allem in der Qualität und Intensität dieser Verbindungen und wie gut sie in der Lage sind, mit den ständigen Veränderungen umzugehen (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000, S. 113–114; Leydesdorff & Fritsch, 2006, S. 1540):

The quality of the knowledge base in the economy depends on the locally specific functioning of the interactions in the knowledge infrastructure and on the interface between this infrastructure with the self-organizing dynamics at the systems level. A knowledge base would operate by diminishing the uncertainty that prevails at the network level, that is, as a structural property of the system. (Leydesdorff, Dolfsma & Van der Panne, 2006, S. 183)

Den fünf Theorien ist ein besonderes Augenmerk auf regionale, interorganisationelle Lern- und Kommunikationsprozesse gemeinsam und sie identifizieren Wissenschaftsinstitutionen als eine Hauptquelle neuen Wissens. Sie müssen voraussetzen, auch wenn sie dies nicht unbedingt explizit machen, dass ein gewisses Maß an Übereinstimmung zwischen der regionalen Wissensbasis und den technologischen Kompetenzen der Wirtschaft besteht: Intraregionaler Wissens- und Technologietransfer wird nur stattfinden, wenn das Wissen und die Interessensgebiete von Universitäten und Unternehmen zueinander in Beziehung stehen (Bramwell & Wolfe, 2008, S. 1177; Feldman, 1994, S. 8–9; Revilla Diez, 2001, S. 41), sonst werden die Unternehmen kaum in der Lage sein, die Ergebnisse wissenschaftlicher FuE produktiv zu nutzen und den Wert einer neuen Technologie zu erkennen (vgl. dazu die Diskussion auf S. 97).

Es muss allerdings betont werden, dass regionale Lernprozesse und Wissensaufbau zwar einen wichtigen Weg zu regionalem Wachstum darstellen, aber nicht den einzigen. Insbesondere kann die internationale Wissensakquisition in bestimmten Konstellationen fehlendes Wissen vor Ort ersetzen. Beispiele hierzu sind dokumentiert: In einer Untersuchung zu KMU in Neuseeland stellt Davenport (2005, S. 697) eine lokale Wachstumsstrategie einer schnellen Internationalisierungsstrategie gegenüber, die eingesetzt wird, falls keine geeignete lokale Wissensbasis existiert. Sie kann trotzdem auch in einem bemerkenswerten Wachstumspfad resultieren. Riccaboni, Powell, Pammolli und Owen-Smith (2003) haben darauf hingewiesen, dass europäische Großunternehmen in den Life Sciences mehr auf US-amerikanische Universitäten ausgerichtet sind, und dass deutsche und französische Universitäten nur unzureichend in die öffentlich-privaten Netzwerke in dieser Branche eingebunden sind. Der WTT hat also nicht nur eine regionale Dimension, sondern kann situationsabhängig auch globales Ausmaß annehmen.

1.3 Bedeutung des Wissens- und Technologietransfers in Industrieländern mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz

Damit die gesellschaftlichen Wohlfahrtseffekte der Wissenschaft realisiert werden können, muss ihr Wissen für die Gesellschaft verfügbar gemacht werden und von Wissenschaftlern, Unternehmern oder anderen in neuen Anwendungen (Produkten, Produktionsprozessen etc.) genutzt werden. WTT dient in diesem Verständnis nicht der Produktion neuen Wissens innerhalb der Wissenschaft, sondern der Anwendung wissenschaftlichen Wissens für kommerzielle, soziale, politische, kulturelle oder andere Zwecke außerhalb der Wissenschaft (vgl. zur Diskussion des WTT Abschnitt 3). Politiker jeglicher Couleur setzen seit einiger Zeit große Hoffnung in den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nutzen des so verstandenen WTT. Er ist bereits seit vielen Jahrzehnten ein Element der Technologiepolitik und Regionalpolitik in Industrieländern, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Entwicklung des WTT in den Vereinigten Staaten und Deutschland

Die *Vereinigten Staaten* gelten gemeinhin als die Wiege des institutionalisierten WTT. Die erfolgreiche Entwicklung verschiedener Industrien in den USA, wie der Computerindustrie und der Luft- und Raumfahrtindustrie, ist

mit den ausgedehnten FuE- und WTT-Aktivitäten von militärischen Einrichtungen Mitte des letzten Jahrhunderts in Verbindung gebracht worden (Conrads, Hilpert & Huber, 2001, S. 103). Der Aufbau einer professionalisierten Forschungsadministration zur gleichen Zeit bildete einen zweiten wichtigen Baustein (Croissant & Smith-Doerr, 2008, S. 693). Das Interesse am Technologietransfer wurde in den 70er Jahren weiter gesteigert (Abramson, Encarnacao, Reid & Schmoch, 1997, S. 98–99), und seit Anfang der 80er Jahre haben einige Bundesinitiativen den WTT vorangetrieben und zu einer steigenden Anzahl von Transferorganisationen und im WTT Beschäftigten, Universitätspatenten und Lizenzeinnahmen geführt (Phan & Siegel, 2006, S. 80; Siegel, Waldman, Atwater & Link, 2004, S. 116). Allen voran der *Patents and Trademark Law Amendments Act* („*Bayh-Dole Act*“) aus dem Jahr 1980 gab dem WTT wichtige Impulse, indem er die Möglichkeiten zur Kommerzialisierung der Resultate öffentlich finanzierter Forschung für Hochschulen und Forschungseinrichtungen erweiterte (Yong S. Lee, 1997, S. 10–15).

In *Deutschland* trug die erste Strukturkrise im Bergbau und der Stahlindustrie am Anfang der 1970er Jahre zu einer intensivierten Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Unternehmen auf der regionalen Ebene bei (Schroeder, Fuhrmann & Heering 1991, S. 50). Erste Technologietransferagenturen wurden an Universitäten in Bochum, Tübingen und Berlin gegründet. Einen weiteren Startpunkt für WTT-Initiativen bildeten die Empfehlungen der Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel, die im Jahr 1977 den Technologietransfer als ein wichtiges Instrument zur Intensivierung technologischer Innovationsaktivitäten betonte (Schroeder, Fuhrmann & Heering 1991, S. 51–53, Reinhard & Schmalholz 1996, S. 165). Weitere Aktivitäten der Hochschulrektorenkonferenz, des Ministeriums für Bildung und Wissenschaft und des Deutschen Wissenschaftsrates führten in den 80er Jahren zu einer Entspannung der Personal- und Budgetverordnungen an Universitäten, der Einrichtung von Technologietransferorganisationen und insgesamt einer offeneren Geisteshaltung zum WTT in Universitäten (Abramson et al., 1997, S. 274). Die Bundesregierung, die Länder, Kommunen und intermediäre Organisationen initiierten und kreierte in der Folge eine Vielzahl an Transferorganisationen. Allerdings haben verschiedene Gutachten die Effizienz dieser Organisationen immer wieder in Frage gestellt (Schroeder, Fuhrmann & Heering 1991, S. 171–174; Reinhard & Schmalholz 1996, S. 163–164). Hauptkritikpunkte waren unzu-

reichende Ressourcen und Qualifikationen des Personals und eine falsche Platzierung im WTT-Prozess.

Entwicklung und Rahmenbedingungen des WTT in der Schweiz

In der Schweiz war der enge Arbeitsmarkt das größte wirtschaftliche Problem in den Boomjahren nach dem Zweiten Weltkrieg. Eine Unterstützung des Wissens- und Technologietransfers erschien nicht als besonders dringliches Problem (Cerletti, 1980, S. 138). Trotzdem sahen sowohl das 1969 erlassene Reglement der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (KWF) als auch die Geschäftsordnung aus dem Jahr 1972 den Technologietransfer als eine ihrer Aufgaben vor. Der KWF-Beirat hatte mehr Repräsentanten aus der Wirtschaft als aus der Wissenschaft, und dies gilt auch für die nach wie vor existierende Nachfolgeorganisation, die Kommission für Technologie und Innovation (KTI). Die Hauptaufgabe der KTI bestand und besteht in der Förderung von Innovationen durch WTT zwischen Hochschulen und der privaten Wirtschaft. Zusätzlich zur KWF/KTI fungierten industrieorientierte Gesellschaften (z. B. für Maschinenbau, Werkzeugmaschinenbau und Prozesstechnologie, Softwaretechnologie oder die Uhrenindustrie) oder Gesellschaften einzelner Technischer Hochschulen und Universitäten als Plattformen des Wissensaustauschs zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Der WTT in der Schweiz muss vor dem Hintergrund der politischen Ordnung, des Wissenschaftssystems und der wirtschaftlichen Situation des Landes gesehen werden. Dabei sind folgende Aspekte wegen ihrer Relevanz für den WTT zentral:

- Im Föderalsystem der Schweiz hat die subnationale Ebene der Kantone eine große Autonomie in Bildungs- und Wissenschaftsfragen, woraus eine hohe Fragmentierung der Bildungs-, Innovations- und Transfersysteme resultiert (Hutschenreiter, 2007, S. 6; Zinkl & Strittmatter, 2003, S. 7–9, 24), der Negativwirkungen hinsichtlich der Übersichtlichkeit (etwa zum Umgang mit den Eigentumsrechten bei Erfindungen) und Realisierung von Spezialisierungsgewinnen im WTT zugeschrieben werden (Zinkl & Strittmatter, 2003, S. 21–27).
- Dank der Kleinheit des Landes überblicken die Unternehmen aber trotzdem die Wissenschaftslandschaft vergleichsweise gut und haben Ansprechpartner in Hochschulen (Hotz-Hart et al., 2006, S. 98). Informationsdefizite erhalten von Unternehmen nur einen relativ

geringen Stellenwert als WTT-Barriere (Arvanitis, Kubli, Sydow & Wörter, 2005a, S. 42–50). Akteure in Wissenschaft und Wirtschaft sind innerhalb der Schweiz und auch mit Partnern im Ausland relativ eng vernetzt (Arvanitis, Hollenstein & Marmet, 2005, S. 10). Das schweizerische Innovationssystem weist einen hohen Grad der Internationalisierung auf (Hutschenreiter, 2007, S. 6).

- Das Wissenschaftssystem gehört im Hinblick auf seine Produktivität weltweit zu den führenden, unabhängig ob einerseits aus der Grundlagenforschung resultierende Publikationen in Zeitschriften oder andererseits Patentanmeldungen der angewandten FuE als Messgröße verwendet werden (Arvanitis, Hollenstein et al., 2005, S. 10–11).
- Die öffentliche FuE-Förderung ist gleichzeitig relativ gering und ihr gesamtwirtschaftlicher Effekt deshalb auch. Sie ist aber gezielt auf die Schnittstelle Wissenschaft-Wirtschaft und auf KMU ausgerichtet, auf die ein wesentlich höherer Anteil der FuE-Ausgaben entfällt als in anderen europäischen Ländern (Arvanitis, Hollenstein et al., 2005, S. 9–10). Eine zentrale Rolle spielt dabei die KTI. Sie fördert gemeinschaftliche FuE-Projekte zwischen Wissenschaft und Praxis, bei der die Anwender auch signifikante Eigenleistungen und Forschungsbeiträge erbringen müssen, was ihr Interesse an den Ergebnissen sichert.

Der institutionalisierte WTT (mittels Transferstellen und Fördereinrichtungen) hat zwar in der Schweiz im Vergleich zu anderen Industrienationen keine lange Tradition, blickt aber insgesamt auch auf über 40 Jahre Bestehen zurück. Der aktuellen WTT-Praxis des Schweizer Wissenschaftssektors wird auf der einen Seite kein schlechtes Zeugnis ausgestellt:

Von einem wesentlichen Defizit des institutionalisierten WTT zwischen Hochschulen und Wirtschaft kann nicht ausgegangen werden. (Hotz-Hart et al., 2006, S. 100)

Der Wissens- und Technologietransfer zwischen Hochschulen und Unternehmen ist – entgegen anderslautender Einschätzungen – intensiv und führt häufig zu marktnahen Resultaten. (Arvanitis, Hollenstein et al., 2005, S. 10)

Auf der anderen Seite werden aber ein zu enges WTT-Verständnis und zu große Vermarktungsorientierung der Innovationspolitik, eine unzureichende personelle Ressourcenausstattung für den WTT in den Hochschulen und Forschungseinrichtungen beklagt und ein weiterer Aufbaubedarf attestiert (Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement, 2003, S. 43–44;

Hotz-Hart et al., 2006, S. 91, 105). Unter anderem hat das Bestreben nach mehr Koordination im WTT und besseren Kommerzialisierungserfolgen 2005 zur Einrichtung von fünf sogenannten „WTT-Konsortien“ mit Hilfe der KTI geführt, die regional oder sektoral (Umwelt/Energie) die Vernetzung zwischen Wissenschaft und Unternehmen weiter fördern sollen (Mozsa, 2007).

Das schwierige Umfeld kann manche der Unzulänglichkeiten, die dem WTT in vielen Ländern attestiert werden, erklären. Ein höheres Tempo und größere geographische Reichweite des technologischen Wettbewerbs haben den Druck auf Unternehmen gesteigert, Innovationsprozesse zu beschleunigen und sich auf ihre Kernkompetenzen zu konzentrieren. Außerdem haben die Unternehmen die Bandbreite und Intensität ihres Wissensaustauschs erhöht (Amesse & Cohendet, 2001, S. 1464–1466). Im Licht reduzierter wirtschaftlicher Wachstumsraten haben die Erwartungen gegenüber Universitäten und Forschungsorganisationen zum Dienst an der Gemeinschaft zugenommen, während der finanzielle Rahmen öffentlicher Wissenschaftsbudgets im besten Fall gleich geblieben ist (OECD, 1999, S. 22–27). Ziman (1994, S. 138) hat in diesem Zusammenhang von einer „Wissenschaft im Stagnationszustand“ (*steady state*) gesprochen. Während einige dieser Entwicklungen eine stärker nach Außen und auf Transfer orientierte Haltung fördern mögen, sind andere Entwicklungen dem eher abträglich: In vielen Ländern wurden die Universitäten von wachsenden Studentenzahlen und Lehrverpflichtungen überwältigt (OECD, 1999, S. 17) und die Ressourcenknappheit unterstützt einen Trend zur Spezialisierung der Forschung und Kompetenz (Ziman, 1994, S. 65).

2. Forschungsfragen

Die Erwartungen an Hochschulen und Forschungseinrichtungen hinsichtlich ihres Beitrages zu Wachstum und Wohlstand steigen und sie sehen sich zunehmendem Druck ausgesetzt, WTT-Erfolge vorzuweisen. Dies gelingt aber nur in Ansätzen, wie Evaluationen immer wieder zeigen (siehe die Diskussion im vorangehenden Abschnitt). Die Arbeit widmet sich deshalb zentral den Erfolgsfaktoren für WTT-Projekte. Der folgende Abschnitt 2.1 formuliert dazu die leitenden Forschungsfragen.

Mit dem Internet ist seit den 90er Jahren eine Informations- und Kommunikationstechnologie aufgekommen, deren Einfluss in der Wissenschaft unbestritten ist, die aber im WIT nach wie vor eine weitgehend unbekannte Größe darstellt. Abschnitt 2.2 schließt deshalb vier Forschungsfragen zum Internet im WIT an und begründet sie.

2.1 Forschungsfragen zum Wissens- und Technologietransfer

Der WIT ist seit vielen Jahren im Fokus der Wissenschaft und aus zahlreichen Perspektiven analysiert worden: siehe beispielsweise Zhao & Reisman (1992, S. 13–21) zu den Ansätzen von Ökonomen, Soziologen, Ethnologen und Betriebswirten, oder die Surveys von Agrawal (2001), Bozeman (2000), Geuna & Muscio (2009) und Phan und Siegel (2006). Geographen und andere Regionalwissenschaftler haben den WIT insbesondere wegen seiner unterstellten Effekte auf die regionale Wirtschaftsentwicklung analysiert (siehe beispielsweise die Beiträge von Charles & Howells, 1992; Deilmann, 1995; Fromhold-Eisebith, 1992; Grotz & Schätzl, 2001).

Obwohl der Technologietransfer damit absolut kein neues Phänomen darstellt und seine wissenschaftliche Analyse eine langjährige Tradition hat, so ist doch immer noch wenig dazu bekannt. Everett M. Rogers (2002, S. 338) fasst dies so zusammen:

The scholarly study of this process is underfunded, dissipated among a wide variety of disciplines, and lacks a widely accepted theoretical conceptualization and an effective methodological approach to illuminate the nature of the technology transfer process.

Siegel et al. (2004, S. 117) sekundieren diese Einschätzung:

First, our review of the management literature indicates that little has been written on how knowledge transfers between universities and industry actually occur or the obstacles that are encountered in facilitating these transfers.

Auch aus geographischer Perspektive wird die Bedeutung einer Analyse der Einflussfaktoren auf die Technologie- und Wissenskommunikation betont:

From the viewpoint of human geography, increased emphasis should be put on the factors that influence the communication process between producers of knowledge (communicators of information) and recipients of information. (Meusburger, 2009, S. 33)

Die vorliegende Arbeit ist in mehrfacher Hinsicht ein Beitrag zur Schließung dieser Forschungslücke und dient der Konzeptualisierung und dem besseren Verständnis von WTT-Aktivitäten.

Die Arbeit ist, wie von Eveland (1987, S. 310), Verspagen (2006, S. 629) und Meusburger (2009, S. 33) gefordert, auf der Mikroebene angesiedelt und untersucht die Aktivitäten und Interessen der an Transfers zwischen Wissenschaft und Wirtschaft beteiligten Akteure, berücksichtigt aber auch ihre Einbettung in das strukturelle Umfeld (der Universität, des Unternehmens, der Branche, des Marktes etc.) sowie die Eigenschaften der transferierten Technologie und der Transferkanäle.

Sie fokussiert sich im Sinne einer relationalen Wirtschaftsgeographie (Bathelt & Glückler, 2003b) insbesondere auf die Beziehungen zwischen den in einem Transferprojekt beteiligten Partnern, die in den meisten Studien vernachlässigt oder gar komplett ignoriert wurden. Sie geht damit über Untersuchungen hinaus, die auf der Basis verfügbarer Erhebungen und Daten zum Technologietransfer ermitteln, welche Einflüsse auf die Offenlegung von kommerzialisierbaren FuE-Ergebnissen, die Anmeldung von Universitätspatenten, die Gründungen von Spin-offs oder den Abschluss von Lizenzverträgen oder industriefinanzierten Forschungsaufträgen wirken – Indikatoren, die zwar etwas über die Anzahl von formalen Transfers in einem Zeitraum aussagen, aber nur wenig über deren Erfolg und die daraus entstehenden Innovationen.

Nicht zuletzt bewegt sich die Untersuchung außerhalb des stark angelsächsisch und insbesondere US-amerikanisch geprägten Forschungskontexts, der zudem häufig auf empirischen Daten zu einigen wenigen, weltweit einmaligen Forschungsuniversitäten wie MIT, Columbia University, Stanford University, Harvard University oder University of Cambridge aufbaut. Sie generiert empirische Evidenz zu WTT-Projekten aus verschiedenen Arten von öffentlich-finanzierten Schweizer Forschungseinrichtungen (Universitäten, Fachhochschulen, außeruniversitäre Forschungsinstitute).

Das zentrale Ziel der Untersuchung besteht darin, die zahlreichen Einflussfaktoren auf den Erfolg von WTT-Projekten zu kategorisieren und ihre Relevanz in Fallstudien weiter zu explorieren und validieren. Die Arbeit stellt sich primär die Aufgabe, das Wissen zum Wissens- und Technologietransfer zu erweitern und zur Erarbeitung einer „Theorie mittlerer Reichweite“ (Merton, 1968, S. 39) des WTT beizutragen. Sie ist in diesem Sinne Grundlagenforschung und erhebt nicht primär den Anspruch, Leitlinien für die Technologiepolitik oder Regionalpolitik oder detaillierte Handlungs-

empfehlungen für Forschungseinrichtungen und Unternehmen zu formulieren (gleichwohl wurden im letzten Kapitel einige vorsichtige Empfehlungen aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet). Wichtige Fragen der Untersuchung sind:

1. Welche Bedeutung haben die Charakteristika der Technologie, die transferiert wird, für den Erfolg von Transferprojekten?
2. Welche Auswirkungen haben zentrale Merkmale von Technologiegeber und Technologienehmer für den Erfolg von Transferprojekten?
3. Welche Rolle spielen verschiedene Aspekte der Beziehung und Distanz zwischen Technologiegeber und -nehmer (z. B. die räumliche und kulturelle Distanz)?
4. Steigert eine intensive und auf informationsreichen Medien basierende Kommunikation den Transfererfolg?

2.2 Forschungsfragen zum Internet im Wissens- und Technologietransfer

Diese Fragen werden vor dem besonderen Hintergrund der informations- und kommunikationstechnologischen Veränderungen der letzten 15 Jahre diskutiert, die die Informationsbeschaffung und Kommunikation in den industrialisierten Gesellschaften grundlegend verändert haben. Während die Auswirkungen auf die jeweiligen Systeme bereits vielfach untersucht und dokumentiert wurden, zur Wissenschaft beispielsweise (Barjak, 2006a; Nentwich, 2003; Walsh, Kucker, Maloney & Gabbay, 2000) und zur Wirtschaft (Gordon, 2000; Litan & Rivlin, 2001), steht dies für die Verbindung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bislang noch aus. Es ist nicht klar, welche Rolle das Internet im WTT spielt und welche Konsequenzen es hat für das, was transferiert wird. Nicht zuletzt stellt sich die Frage, ob es beeinflusst, zwischen wem und über welche räumlichen Distanzen ein Transfer stattfindet.

Die vorliegende empirische Evidenz zu diesen Fragen ist spärlich und unentschieden. Einige Untersuchungen diskutieren die Rolle von computergestützten Informationsquellen für Innovationen (Grotz & Braun, 1997) und des Internets als eines Mittels, mit dem Kontakte zwischen Firmen und Forschungsorganisationen hergestellt werden können (Czarnitzki, Licht, Rammer & Spielkamp, 2000, S. 340; Czarnitzki & Rammer, 2003; Kaufmann, Lehner & Tödting, 2002; OECD, 2003, S. 42). Es trifft nach wie vor zu, was Joyner und Onken (2002) konstatierten:

While it appears that the use of new, interactive communication technologies should lead to more efficient and effective technology transfers, little empirical research has focused on this issue. (Joyner & Onken, 2002, S. 17)

Diese Forschungslücke ist insofern erstaunlich, als bereits frühzeitig auf die möglichen Effekte von Telekommunikationsnetzwerken und ihren möglichen Beitrag zum WTT hingewiesen wurde:

What telecommunication networks can do for this abstract and disordered process [Technologietransfer, FB] is to speed up, intensify, and help clarify aspects of the unfolding project. (Williams & Brackenridge, 1990, S. 174)

Das Internet kann auf verschiedene Dimensionen des WTT wirken (vgl. ausführlich S. 136 ff.). Dadurch, dass es erstens die Erreichbarkeit und Verfügbarkeit von Informationen zu den Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeit erhöht, kann es die Wahrscheinlichkeit beeinflussen, dass WTT stattfindet. Zweitens kann es eine in mehrfacher Hinsicht zunehmende Mobilität des wissenschaftlichen Wissens nach sich ziehen: im Hinblick auf den Umfang an Wissen der transferiert werden kann, den Grad seiner Transferierbarkeit, die räumliche Reichweite des Transfers, die Anzahl der Kanäle die für einen Transfer verwendet werden können oder die Anzahl der Empfänger, die von neuem Wissen profitieren können. Drittens kann es auch verändern, welche Organisationsform für WTT gewählt wird, indem es Kommunikations- und Transaktionskosten senkt. Letztlich hat es dadurch auch Auswirkungen auf den Erfolg von Transferprojekten, etwa wenn es die Kommunikation zwischen den beteiligten Parteien verbessert. Diese vielfältigen Wirkungsdimensionen erfordern eine komplexe Analyse von WTT-Prozessen, die über die bloße „*Out-the-Door*“ Perspektive (Bozeman, 2000, S. 638) der Realisierung eines Transfers hinausgeht und besonders auch mikroökonomische Wirkungsaspekte einschließt (siehe zu verschiedenen Wirkungskriterien für Wissens- und Technologietransfers Seiten 82 ff.).

Folgende Fragen erfassen die zentralen Aspekte der Diskussion um die Rolle des Internets im WTT:

1. Erhöht das Internet die Menge wissenschaftlichen Wissens, das kodifiziert und in die Praxis übertragen wird?
2. Was ist die Bedeutung des Internets als Speicherort wissenschaftlichen Wissens und Kanal für seinen Transfer zu privaten Unternehmen?
3. Unterstützt das Internet bestimmte Organisationsformen des WTT?

4. Beeinflusst das Internet die räumliche Reichweite des WTT? Unterstützt es einen globalisierten zulasten eines lokalisierten Transfers wissenschaftlichen Wissens?

3. Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich auf Wissens- und Technologietransfers aus der Wissenschaft in gesellschaftliche, insbesondere wirtschaftliche, Anwendungen. Das Begriffspaar Wissen und Technologie wird häufig in Kombination miteinander verwendet und als Abkürzung hat sich im Deutschen das Kürzel „WTT“ etabliert (Englisch KTT für *knowledge and technology transfer*).

Es ist nicht die Aufgabe dieser Arbeit, eine wissens- und wissenschaftsphilosophische Diskussion zu führen und die Genese des modernen Verständnisses von Wissen und Technik nachzuvollziehen. Trotzdem müssen einige Begriffe für die Verständlichkeit der Arbeit geklärt werden, insbesondere Wissen, Technologie und Transfer. Dies geschieht in den folgenden beiden Abschnitten 3.1 Wissen und seine Produktion und 3.2 Der Transfer von Wissen und Technologie.

3.1 *Wissen und seine Produktion*

Bereits Aristoteles hat bekanntermaßen zwischen verschiedenen, mit der Vernunft verbundenen, schaffenden Verhaltensweisen unterschieden: „*techné*“ (handwerkliches Können, Kunstfertigkeit, technische Fähigkeit), „*epistémé*“ (Wissenschaft mittels Analyse und Demonstrationsbeweisen), „*phronésis*“ (kluges Handeln und Verwalten), „*nóus*“ (Intuition zum Erkennen wissenschaftlicher Beweise) und „*sophia*“ (Weisheit, die naturgemäß besten Dinge zu erkennen, siehe Aristoteles, 2001, S. 237–269; Pakaluk, 2005, S. 206–232). Es fällt auf, dass die moderne, überwiegend ökonomisch und betriebswirtschaftlich geprägte Literatur zum WTT sich auf eine objektivistische Epistemologie beschränkt (siehe Spender, 1996, S. 47, zu seiner Kritik an der Verwendung des Wissensbegriffs in der Organisationstheorie). Dabei wird Wissen beispielsweise als ein Resultat der sys-

tematischen empirischen Beobachtung und Messung der Realität verstanden, die durch – getreu der Popperschen Position – falsifizierbare Theorien strukturiert und erklärt werden kann. Etwa Richard R. Nelson definierte in seinem einflussreichen und vielzitierten ökonomischen Grundlagenaufsatz wissenschaftliches Wissen und seine Produktion wie folgt:

Scientific research may be defined as the human activity directed toward the advancement of knowledge, where knowledge is of two roughly separable sorts: facts or data observed in reproducible experiments (usually, but not always, quantitative data) and theories or relationships between facts (usually, but not always, equations). (Nelson, 1959, S. 299)

Layton (1974, S. 41) kritisierte den statischen Charakter von Modellen der Wissenschaft (des Wissens) und der Technologie (des Tuns). Ein dynamischer Ansatz, der diese Kritik berücksichtigt, wurde von Thomas Allen gewählt. Er versteht Technologie nicht als einen Wissensbestand, wie auch immer dieser abgegrenzt werden würde, sondern als eine menschliche Aktivität „oriented toward incorporating human knowledge into physical hardware, which will eventually meet with some human use“ (T. Allen, 1991, S. 49). Technologie verwendet verbal kodierte Input und wandelt ihn in Artefakte wie Maschinen oder Produkte um (T. Allen, 1991, S. 3–5). Verbale Information ist nur ein Nebenprodukt, beispielsweise zum Zweck der Dokumentation. Howells, der Wissen und seinen Transfer aus der raumwissenschaftlichen Perspektive betrachtet, definiert es als dynamisches Bezugssystem, das Informationen enthält und zur Verarbeitung und dem Verständnis neuer Informationen beiträgt:

Knowledge can be defined as a dynamic framework or structure from which information can be stored, processed and understood. [...] Knowledge is therefore associated with a process that involves cognitive structures which can assimilate information and put it into a wider context, allowing actions to be undertaken from it. (Howells, 2002, S. 872)

Konstruktionistische Ansätze bieten hingegen ein komplett anderes Verständnis von Wissen und Technologie und seiner Entstehung. Die unterschiedlichen konstruktionistischen Studien haben eine subjektivistische Epistemologie gemeinsam. Sie legen einen starken Fokus auf die Prozesse und Mechanismen, in denen (wissenschaftliches) Wissen entsteht, betonen die Theoriebeladenheit von empirischen Daten und gehen von gewissen Freiheitsgraden bei der Wahl von Theorien aus, die von empirischen Daten

selten eindeutig verifiziert oder falsifiziert werden (Zuckerman, 1988, S. 546–547). Damit erhält die Generierung von Wissen oder Technologie eine starke soziale Komponente. Sie wird beispielsweise in konstruktivistischen Untersuchungen dadurch hervorgehoben, dass der Ort der Wissensentstehung ins Zentrum gerückt wird. Arbeiten wie „*Laboratory Life*“ (Latour & Woolgar, 1979) und „*The Manufacture of Knowledge*“ (Knorr Cetina, 1981) untersuchen die Konstruktion wissenschaftlichen Wissens und wie es in der Diskussion, Abwägung, Aushandlung und Entscheidung im Labor entsteht:

All laboratory studies of which substantial results are available demonstrate the interactive basis of scientific work, whether they address the phenomenon explicitly or not. [...] Laboratory studies display scientific products as emerging from a form of discursive interaction [...] directed at and sustained by the arguments of other scientists. (Knorr Cetina, 1983, S. 128)

Wissenschaftliches Wissen wird nicht als das Resultat objektiver Beobachtung und Messung der Realität aufgefasst, sondern als „result of a process of (reflexive) fabrication“ (Knorr Cetina, 1983, S. 119). In gleicher Manier interessieren sich auch konstruktivistische Technologie- und Innovationsstudien vor allem dafür, wie sich gesellschaftliche und technische Entwicklungen gegenseitig bedingen und eine Technologie in sozialen Prozessen durchsetzt (Bijker, Hughes & Pinch, 1987; Bijker & Law, 1992; R. Kline & Pinch, 1999).

Für den WTT bedeutet dies, dass bei einem objektivistischen Wissens- und Technologieverständnis der Transfer nicht viel mehr als die Lösung eines Kommunikationsproblems darstellt, in dem ein Ausschnitt der Realitätserkenntnis bzw. die darauf beruhenden Informationen und Artefakte von denjenigen, die ihn gewonnen haben, zu denjenigen, die ihn verwenden wollen, übertragen werden muss. Aufbauend auf ein subjektivistisches Wissens- und Technologieverständnis verändert sich der Transfer dagegen zu einem iterativen Vorgang der Wissensübersetzung, -interpretation, -transformation und -adaption an den Anwenderkontext und nicht zuletzt der Aushandlung und Auflösung von Interessensgegensätzen (Attewell, 1992, S. 4–6; Van de Ven, 2007, S. 237–259). Verallgemeinertes wissenschaftliches Wissen und an die Situation, Erfahrungen und den Kontext gebundenes Praxiswissen befinden sich nicht auf der gleichen Ebene, sondern sind komplementär und sozial gebunden an die Gemeinschaft von Personen, die über das gleiche spezielle Wissen und Erfahrungen verfügen (Van de Ven, 2007, S. 4). Auch der geographische Raum erhält in dieser Argumentation

eine andere Bedeutung, insofern als Aktivitäten wie Lernen, Verstehen oder Wissen produzieren vom lokalen Kontext abhängen (Ibert, 2007). Damit erfordert erfolgreicher WTT aus dieser Perspektive die Lösung eines „Wissensproduktionsproblems“.

3.2 *Der Transfer von Wissen und Technologie*

Selten wird in der empirischen WTT-Literatur hinterfragt, wie Wissen und Technologie zueinander stehen. Alternierend wird entweder Wissens- oder Technologietransfer als der Überbegriff gesehen. Beispielsweise Santoro und Chakrabarti (2002, S. 1164–1165) differenzieren zwischen allgemeinem Wissenstransfer und dem mehr industrieorientierten Technologietransfer. Die Expertengruppe der Europäischen Kommission zu Wissenstransferindikatoren versteht Technologietransfer als den Teilbereich des umfassenderen Wissenstransfers, der sich mit dem Management geistigen Eigentums befasst (European Commission, 2009, S. 4). Roberts (2000, S. 432) und Dosa (1985, S. 147, zitiert in Charles & Howells, 1992, S. 4) nehmen eine gegensätzliche Position ein und stellen Wissenstransfer in den breiteren Zusammenhang des Technologietransfers.

Allesch (1990, S. 463) setzt Technologietransfer mit Wissenschaftstransfer aus der Sicht des Nutzers gleich. Yong S. Lee (1997, S. 6) konstatiert:

Thus, unless otherwise defined, the phrase ‚technology transfer‘ incorporates the ideas of diffusion, knowledge transfer, know-how transfer, research and development collaboration, technology cooperation, and technology collaboration.

Mehrere Verfasser beziehen den Transferbegriff auf das Transferobjekt (Bozeman, 2000, S. 629; Brooks, 1994, S. 478; Gibson & Smilor, 1991, S. 290; Leonard-Barton, 1990, S. 45; E. M. Rogers, 2002, S. 326; Schmoch, 2000, S. 4; Teece, 1977, S. 228):

- a) *Wissenstransfer* bezieht sich dann auf unkodiertes oder mittels Sprache kodiertes Wissen, wobei verschiedentlich noch zwischen kod(ifiz)iertem und implizitem Wissen (*tacit knowledge*) getrennt wird (European Commission, 2009, S. 5) (vgl. S. 40).

- b) *Technologietransfer* erfasst in diesem Verständnis den Transfer physischer Artefakte, die im Deutschen gemeinhin als „Technik“ bezeichnet werden (Schmoch, 2000, S. 4).

Ähnlich ist die Unterscheidung bei Landry, Amara und Ouimet (2007, S. 563), die Technologie als Werkzeuge, kodierte Informationen und etwas Materielles bezeichnen, während Wissen Theorien und Prinzipien, implizite und immaterielle Komponenten enthält. Autio und Laamanen (1995, S. 647) unterscheiden zwischen drei Technologiekonzepten: (1) Fähigkeiten (*abilities*), z. B. technische Probleme zu erkennen und neue Lösungen für sie zu entwickeln, (2) Konzepte (*concepts*), womit immaterielle Lösungen bezeichnet werden, und (3) Artefakte (*tangibles*) entwickelt zur Lösung technischer Probleme. Eine ähnliche Auffassung vertritt Layton (1974, S. 37–38): „We may view technology as a spectrum, with ideas at one end and techniques and things at the other, with design as a middle term“.

Die vorliegende Arbeit schließt sich dieser Unterscheidung anhand der Kodierung des Transferobjekts an, im Gegensatz zu einer Reihe von Autoren, die Technologie und Wissen gleichsetzen (z. B. Camp & Sexton, 1992, S. 69; Carayannis & Alexander, 1999, S. 247; Eveland, 1987, S. 305; Gibb, 1986, S. 47; Large & Barclay, 1992, S. 28). In diesem Sinne wird zwischen dem Transfer physischer Artefakte (Technologietransfer), kodierten Wissens (Informationstransfer) und impliziten Wissens (Wissenstransfer) unterschieden. „Implizit“ wird dabei mit „nicht artikuliert“ gleichgesetzt, was unter Umständen auch „nicht artikulierbar“ einschließt, entsprechend der Typologie in Cowan, David und Foray (2000, S. 229–234). Implizites Wissen, wie es hier verstanden wird, umfasst damit manuelle Fertigkeiten und Geschick aber auch Erfahrungswissen, das einen umfassenden Korpus an (Vor-)Wissen und Erfahrung braucht, um in der Praxis eingesetzt zu werden, wie insbesondere wissenschaftliche Fähigkeiten (Lawson & Lorenz, 1999, S. 311). Mithin ist das hier verwendete Verständnis von implizitem Wissen also umfassender, als dasjenige, das Michael Polanyi (2009, S. 4–6) ursprünglich unter dem Begriff des „tacit knowledge“ vertreten hat.

Aus der Unterscheidung folgt nicht, dass reale Transferprojekte grundsätzlich klar in Technologie-, Informations- oder Wissenstransfer getrennt werden könnten. In der Realität werden vielmehr häufig mehrere Wissensformen gemeinsam transferiert. Bozeman (2000, S. 629) begreift Wissens- und Technologietransfer als untrennbar, da der Transfer einer Technologie immer den Transfer des Wissens einschließt, auf dem die Technologie

basiert. Dodgson, Gann und Salter (2008, S. 303) und Jolly (1997, S. xv) sprechen von der Verlagerung einer technologischen Fähigkeit (*capability*), die typischerweise ein Paket aus Artefakten, Informationen, Rechten und Dienstleistungen darstellt.

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf bewusste, absichtliche oder geplante Wissens- und Technologietransfers (ähnlich wie Autio & Laamanen, 1995, S. 648; Large & Barclay, 1992, S. 28; E. M. Rogers, 2002, S. 329; Reinhard & Schmalholz 1996, S. 8). In gewisser Hinsicht spiegelt dies die Unterscheidung zwischen formellen Transfermethoden wie Forschungsvereinbarungen, Beratungsverträgen oder Lizenzen und informellen Methoden wie Literaturlauswertung oder Networking wieder (Bercovitz & Feldman, 2006, S. 177; D'Este & Patel, 2007, S. 1296; European Commission, 2009, S. 6). Die Beschränkung auf formelle Transfers hat Konsequenzen für die Ergebnisse zur Bedeutung des Internets, eines Nebenaspekts der vorliegenden Arbeit, insofern als das World Wide Web, neben E-Mail die nach wie vor zentrale Internetanwendung in Wissenschaft und Wirtschaft, eher zu den informellen Wissensquellen gezählt wird. Gleichwohl ist aber auch seine Rolle in formalen Transfers von Bedeutung, da es Auswirkungen auf deren Zustandekommen, räumliche Konfiguration oder Organisationsform haben kann.

Dabei unterscheidet die Arbeit im Wesentlichen vier formelle Transferkanäle: 1) Abschluss eines Vertrages der den Technologieempfängern die Nutzung der Technologie gegen eine Gegenleistung an die Technologieentwickler gestattet (typischerweise Lizenzverträge); 2) Ausgründung eines Spin-off Unternehmens; 3) Gemeinschaftsforschung; 4) Auftragsforschung der Forschungseinrichtung im Auftrag des Technologieempfängers. Einflussfaktoren auf Spin-offs werden in dieser Untersuchung nicht weiter betrachtet, da Kommunikation und Interaktion einen anderen Stellenwert im Transferprozess haben, insofern als ein wichtiger Teil des transferierten Wissens mit den Gründern aus der Hochschule zum Spin-Off übergeht (Casper & Karamanos, 2003, S. 809). Außerdem wirken eine Vielzahl von Faktoren auf die Technologiekommerzialisierung mittels Spin-offs, die über die hier im Zentrum stehenden Aspekte der Interaktion zwischen Technologiegeber (Forschungseinrichtung) und Technologienehmer (Unternehmen) hinausgehen (vgl. Clarysse, Wright, Lockett, Van de Velde & Vohora, 2005; Colombo & Piva, 2008; Degroof & Roberts, 2004; Wright, Birley & Mosey, 2004; Wright, Vohora & Lockett, 2004).

4. Aufbau der Arbeit

Die Struktur der Arbeit ist wie folgt: Das direkt anschließende zweite Kapitel „Modelle des Wissens- und Technologietransfers in der Literatur“ legt die Basis für den theoretischen Rahmen, das integrierte Wissens- und Technologietransfermodell, das in den weiteren Kapiteln erarbeitet und empirisch validiert wird. Dazu kategorisiert und diskutiert es Theorien und Modelle zum WTT im weitesten Sinne anhand von drei Dimensionen: strukturelle Dimension, relationale Dimension und Prozessdimension.

In Kapitel drei „Ein integriertes Modell des Wissens- und Technologietransfers“ wird auf der Basis dieser theoretischen Überlegungen und der empirischen Evidenz aus früheren Untersuchungen ein dreidimensionales integriertes Modell des WTT aufgestellt, das den Erfolg von WTT-Aktivitäten zwischen Wissenschaft und Wirtschaft erklären kann. Es besteht aus einer strukturellen Dimension, zu der die transferrelevanten Merkmale der Technologie, Akteure und Kommunikationskanäle gezählt werden. Weiterhin werden unter der relationalen Dimension drei Aspekte der Beziehungen zwischen den Elementen in einem Transferprojekt gefasst: ihre räumliche Distanz, kulturellen Unterschiede und die Organisationsform. Die prozedurale Dimension widmet sich dem Projektverlauf und thematisiert Ereignisse und Aktivitäten als dessen wesentliche Elemente. Das Modell enthält nicht zuletzt eine Konzeptualisierung des WTT-Erfolgs und schließt Hypothesen für die empirische Untersuchung ein. Weitere Hypothesen werden dann zu einem Nebenaspekt und speziellen Fokus der Untersuchung, den Konsequenzen des Internets für den WTT, formuliert, die ebenfalls auf der theoretischen und empirischen Literatur aufbauen.

Kapitel vier „Untersuchungsdesign, Methoden und Operationalisierung des Modells“ dokumentiert und diskutiert die empirischen Methoden der Untersuchung, die Operationalisierung der Variablen und die Fallauswahl. Die Untersuchung greift auf die Fallstudienmethode zurück, da alleine Fallstudien in der Lage sind, die große Anzahl an Kontextvariablen und komplexen Zusammenhänge in Wissens- und Technologietransfers zufriedenstellend zu erfassen. Um einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Transfers und die von Yin (2003, S. 10) geforderte „theoretische Generalisierung“ zu ermöglichen, wird der Weg der multiplen Fallstudien gewählt. Mehrere Fallstudien, welche Gemeinsamkeiten aber auch (kontrollierte) Unterschiede aufweisen, werden dabei aufbereitet und miteinan-

der verglichen. Die Datenerhebung fand insbesondere mittels persönlicher und telefonischer Interviews mit Beteiligten der Technologiegeber als auch der Technologienehmer statt. Ergänzend wurden Projektberichte, Publikationen, Patentschriften, Webauftritte, Broschüren und anderes verfügbares Material ausgewertet.

Das fünfte Kapitel „Vergleich der Fälle und Hypothesendiskussion“ fasst zunächst die einzelnen Fallstudien kurz zusammen. Die ausführlichen Fallbeschreibungen mit einem einheitlichen Inhaltsraster (transferierte Technologie, Eigenschaften von Technologiegeber und -empfänger, Transferkanäle und Kommunikation, räumliche, kulturelle und organisatorische Distanz zwischen den Hauptbeteiligten, Erfolg des Transfers) sind im Anhang wiedergegeben. Es nimmt weiterhin einen ausführlichen Quervergleich zwischen den Fallstudien vor und präsentiert die Ergebnisse im Hinblick auf die Hypothesen.

Das sechste und letzte Kapitel „Zusammenfassung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse und Ansatzpunkte für die Steuerung von WTT-Aktivitäten“ fasst die Ergebnisse der theoretischen und empirischen Arbeiten auf der Mikroebene der WTT-Projekte zusammen und diskutiert sie im makroregionalen Kontext. Daraus werden die Antworten auf die Untersuchungsfragen abgeleitet und das vorab gebildete theoretische Modell validiert und modifiziert. Zuletzt werden einige Empfehlungen für die Gestaltung von WTT-Projekten und Steuerung von WTT-Aktivitäten abgeleitet – der Hauptfokus der Arbeit liegt aber in der Grundlagenforschung zum WTT und nicht in dessen praxisbezogener Anwendungsoptimierung.

Im Anhang sind die Projekte in ausführlichen Fallbeschreibungen und tabellarischen Übersichten dokumentiert und ergänzende Tabellen sowie die empirischen Instrumente der Untersuchung wiedergegeben.

Kapitel 2: Modelle des Wissens- und Technologietransfers in der Literatur

Das folgende Kapitel dokumentiert, diskutiert und kategorisiert für den WTT relevante Modelle und Theorien. Dies geschieht vor allem mit dem Ziel, einen theoretischen Rahmen des WTT zu etablieren. Dieser theoretische Rahmen sollte alle Faktoren enthalten, die den Erfolg von Transferprozessen determinieren. Dann wird eine größere Erklärungskraft und bessere Prognosefähigkeit des Erfolges von WTTs erreicht.

Modelle zur formalen Übertragung (im Sinne von Transfer oder gemeinschaftlicher Produktion) von physischen Artefakten, Informationen oder/und implizitem Wissen wurden in verschiedenen Forschungsgebieten entwickelt. Sie unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich des transferierten Objekts und der in den Transfer involvierten Organisationen oder Personen und konzeptualisieren:

- Wissenstransfers und Lernprozesse innerhalb von Organisationen (Argote, McEvily & Reagans, 2003; Bresman, Birkinshaw & Nobel, 1999; Hansen, 1999; Leonard-Barton, 1988; Nonaka, 1991, 1994; Szulanski, 1996, 2000, 2003),
- Innovationen (S. J. Kline & Rosenberg, 1986; Teece, 1989),
- Technologietransfers zwischen Wirtschaftsunternehmen (Amesse & Cohendet, 2001; Camp & Sexton, 1992; Lin & Berg, 2001; Teece, 1977),
- Wissens- und Technologietransfers zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (Bercovitz & Feldman, 2006; Goldhor & Lund, 1983; Large & Barclay, 1992; Siegel et al., 2004; Walter, 2003),
- Wissenstransfers und -verwendung in den Sozialwissenschaften und der Medizin (Huberman, 1990, 1994; Landry, Amara & Lamari, 2001; Landry, Lamari & Amara, 2003; Landry et al., 2007).

Eine Konzeptualisierung des Wissens- und Technologietransfers zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sollte sich deshalb nicht nur auf Untersuchungen zu diesem Thema im engeren Sinne beschränken. Sie sollte auch andere, ähnliche Vorgänge und Transfers in einem anderen Umfeld berücksichtigen.

sichtigen und prüfen, inwiefern die Aussagen und Ergebnisse übertragbar sind.

Verfügbare Typisierungen von WTT-Modellen betonen üblicherweise ein Kriterium, das entweder verschiedene Modelle voneinander unterscheidet oder dass sie alle gemeinsam haben. Diese Kriterien führen etwa zu Unterscheidungen zwischen:

- Struktur- oder Systemmodellen gegenüber Prozessmodellen (Becker & Knudsen, 2006; Walter, 2003, S. 31),
- Marktbasierten (*arm's length*) Modellen versus solchen mit einer kooperationsbezogenen Perspektive (Harmon et al., 1997, S. 425–426),
- Kommunikationsmodellen versus Interaktionsmodellen (Carlile, 2004; Van de Ven, 2007, S. 237–259).

Allerdings passen üblicherweise einzelne Arbeiten nicht in diese dichotomen Kategorien, weil sie Aspekte von beiden kombinieren oder sich in einer anderen Dimension unterscheiden. Deshalb geht der vorliegende Ansatz über diese Dichotomien hinaus und typisiert die Modelle mittels eines neuen dreidimensionalen Schemas, das gleichzeitig die Grundlage für das eigene Modell bildet. Diese drei Dimensionen sind: 1) Prozessdimension, 2) strukturelle Dimension und 3) relationale Dimension. Damit wird der Blick hinsichtlich der Einflussfaktoren im WTT geweitet, indem neben den strukturellen Voraussetzungen und dem Transferprozess auch die Bedeutung der Beziehung zwischen den Hauptakteuren betont wird. Nachfolgend werden die Modelle nach der jeweils dominanten Dimension zugeordnet und kurz beschrieben (Abschnitte 1–3). Die Reihung innerhalb jeder dominanten Dimension erfolgt nach dem Publikationsjahr. In Abschnitt 4 schließt sich dann eine zusammenfassende Bewertung an.

1. Transfermodelle mit Schwerpunkt in der Prozessdimension

Die Prozessdimension bricht den WTT in verschiedene Prozesse und Phasen auf. Prozessorientierte Modelle nehmen dazu unterschiedliche Perspektiven ein (siehe auch Walter, 2003, S. 31–32):

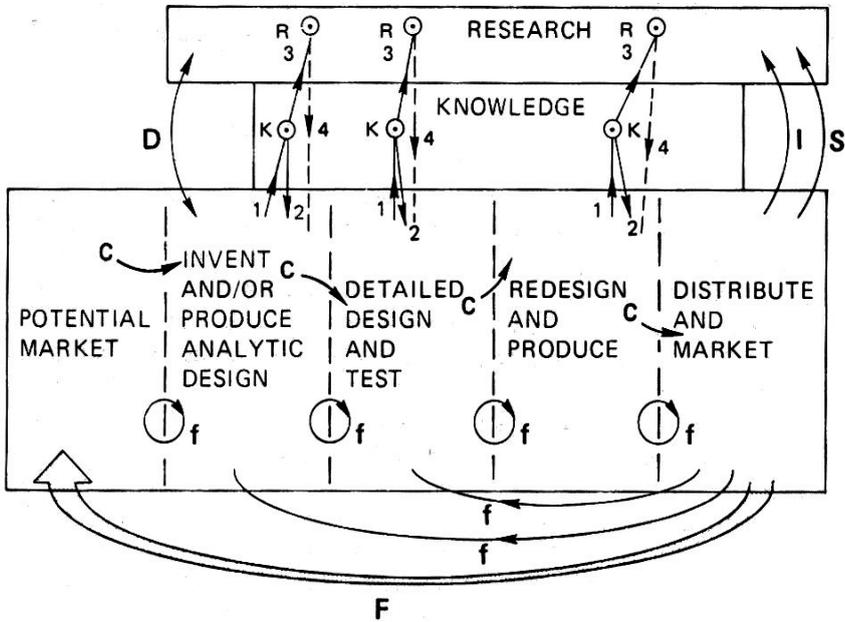
- Viele Modelle fassen WTT als einen Teil des Innovationsprozesses auf. Sie unterscheiden zwischen Forschungs-, Design-, Entwicklungs-, Produktions- und Marketingphasen oder ähnlich. Insbesondere die frühen Modelle gingen von einer linearen Abfolge der Phasen aus.
- Die zweite Perspektive fokussiert sich auf die Empfänger des Wissens oder der Technologie und modelliert die anschließenden Lernprozesse in der Organisation.
- Die dritte Gruppe an Modellen geht primär vom Technologieproduzenten aus und bildet ab, welche Schritte der Technologietransfer aus deren Sichtweise umfasst.

Anschließend werden kurz die wichtigsten Prozessmodelle in jeder dieser Perspektiven dargestellt.

1.1 Innovationsprozessmodelle

Das *lineare Innovationsmodell* – beschrieben und kritisiert beispielsweise von Godin (2006), Kline und Rosenberg (1986, S. 281–285) oder Layton (1974, S. 31–41) – nahm eine lineare Abfolge von Grundlagenforschung, angewandter Forschung, technologischer Entwicklung, Produktion und Marketing an. Die Wissenschaft hat dabei komplett die Verantwortung für die Grundlagenforschung und zum Teil für die angewandte Forschung. Sie stellt ihre Forschungsergebnisse und Erfindungen als Input für die angewandte Forschung, technologische Entwicklung und anschließende Kommerzialisierung durch die Industrie bereit (Godin, 2006, S. 12–16). Die Hauptkritikpunkte an diesem Modell sind, dass es Rückkopplungen vernachlässigte, dass Design (und nicht die Wissenschaft) oft die wichtigste Quelle für Innovationen darstellte und dass die Wissenschaft auch von der Technologie profitierte und nicht nur umgekehrt. Jedoch haben auch die Gegner dieses Modells eingestanden, dass Innovationen ihren Ursprung in der Wissenschaft haben können, wenn auch deutlich seltener als vordem vorgeschlagen (S. J. Kline & Rosenberg, 1986, S. 293).

Abbildung 1: Das rekursive Innovationsmodell (Kline & Rosenberg, 1986, S. 290, Abdruck mit freundlicher Genehmigung der National Academies Press, Washington D.C.)



C = Zentrale Innovationskette, f = Feedbackschleifen, F = besonders wichtiges Feedback.
 K–R = Verbindungen über das Wissen zur Forschung und Rückleitungen. Wenn ein Problem in Punkt K gelöst wird, dann wird die Verbindung 3 zu R nicht aktiviert. Die Rückleitung aus der Forschung (Verbindung 4) ist problematisch – deshalb die gestrichelte Linie.
 D = Direkte Verbindung zur und von der Forschung aus Problemen bei Erfindung und Design.
 I = Unterstützung wissenschaftlicher Forschung durch Instrumente, Maschinen, Werkzeuge und Verfahren der Technologie.
 S = Unterstützung der Forschung in wissenschaftlichen Disziplinen, die dem Produktbereich zugrunde liegen, um direkt Informationen zu erhalten und durch die Beobachtung der Arbeit außerhalb. Die gewonnenen Informationen können irgendwo entlang der Innovationskette verwendet werden.

Das *rekursive Innovationsmodell* (S. J. Kline & Rosenberg, 1986, S. 289–293) ist wahrscheinlich das seit seiner Entstehung am meisten zitierte Modell des Innovationsprozesses. Anders als in anderen der hier besprochenen Modelle wird der Hauptbeitrag der Wissenschaft zu Innovationen nicht so sehr in Forschungsergebnissen und Erfindungen gesehen, die in neuen