Universität Hohenheim

Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Institut für Volkswirtschaftslehre

Lehrstuhl für Innovationsökonomik

Ambidextrie in Netzwerken komplexer Produkte: Exploration und Exploitation in der Luftfahrtindustrie

Freie wissenschaftliche Arbeit (Dissertation)

im Rahmen des Promotionsverfahrens von

Daniel Guffarth

Erstberichter
Prof. Dr. Andreas Pyka, Universität Hohenheim

Zweitberichter
Prof. Dr. Alexander Gerybadze, Universität Hohenheim

Abschluss des Promotionsverfahrens
Hohenheim, den 07.06.2016

Vorwort

An dieser Stelle darf ich den Menschen meinen Dank aussprechen ohne deren Zutun und Unterstützung die Fertigstellung der vorliegenden Dissertation nicht möglich gewesen wäre. Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater und Erstgutachter Herrn Prof. Dr. Andreas Pyka, der mir die Unterstützung und den Freiraum gewährte die Untersuchung nach meinen Vorstellungen zu gestalten. Darüber hinaus vermittelte er mir wertvolle Kontakte, für deren Unterstützung ich sehr dankbar bin. Ich bedanke mich auch bei meinem Zweitgutachter Prof. Dr. Alexander Gerybadze für seine Zeit sowie bei Prof. Dr. Ulrich Schwalbe für das Übernehmen des Prüfungsvorsitzes. Bei Herrn Dr. Michael W. Müller bedanke ich mich für das entgegengebrachte Vertrauen und für die Schaffung der unternehmensseitigen Rahmenbedingungen bei der MBtech Group GmbH & Co. KGaA, die diese Dissertation erst ermöglichten. Außerordentlicher Dank gilt Herrn Dr. Mathias Knappe, der mir als Lehrstuhl- und Arbeitskollege in unzähligen inspirierenden Diskussionen äußerst wertvolle Kommentare und Anmerkungen lieferte und mir während meines gesamten Dissertationsprojekts mit Rat und Tat zur Seite stand. Für die hervorragende Zusammenarbeit darf ich sowohl meinen Lehrstuhlkollegen Dr. Ben Vermeulen und Dr. Tobias Buchmann, als auch meinem Kollegen am Austrian Institute of Technology (AIT), Michael J. Barber, PhD danken. Darüber hinaus gilt mein Dank meinem Arbeitskollegen Herrn Lars Brembach für dessen Mithilfe bei der Durchdringung der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie Herrn Manuel Knäple für dessen Expertise der Programmierung und Datenverarbeitung. Ferner gilt mein Dank Frau Sina Guffarth, Frau Leonie Sieringer, Frau Viktoria Wagensommer und Herrn Jakob Sauter für die Unterstützung bei den finalen sprachlichen und formalen Korrekturen. Für ihren moralischen Rückhalt und ihre außerordentliche Geduld danke ich meinen Freundinnen und Freunden. Schließend möchte ich mich bei meinen Eltern Peter und Petra Guffarth für das mir vermittelte Wertegerüst und die vielfältige Unterstützung vor, während und nach Beendigung meines Dissertationsprojekts bedanken.

Daniel Guffarth

Inhaltsübersicht

Vorwort II
Inhaltsübersicht III
Inhaltsverzeichnis IV
Abbildungsverzeichnis VI
Tabellenverzeichnis VII
Abkürzungsverzeichnis VIII
Anhangsverzeichnis IX
1. Einleitung 1
1.1. Hinführung zum Thema und Problemstellung 1
1.2. Zielsetzung und Eingrenzung der Untersuchung 3
1.3. Aufbau der Untersuchung 4
2. Grundlagen und theoretischer Rahmen 8
2.1. Innovation und Wissen 8
2.2. Die Evolution von Industrien mit komplexen Produkten 25
2.3. Netzwerkdynamik im Zeichen von Erneuerung und Erhalt 66
2.4. Ambidextrie in industriellen Netzwerken bei komplexen Produkten 118
3. Die Evolution der Luftfahrtindustrie 125
3.1. Charakterisierung der Luftfahrtindustrie 125
3.2. Evolution in drei Etappen 130
3.3. Ambidextrie als technologische und strukturelle Kernherausforderung 153
4. Ambidextrie im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie 158
4.1. F&E-Netzwerke aus Förderdaten 158
4.2. Wissensentwicklung im F&E-Netzwerk 160
4.3. Die Struktur des F&E-Netzwerks 168
4.4. Beidhändige und spezialisierte Regionen 193
4.5. Ambidextrie in der europäischen Luftfahrtindustrie 204
5. Abschließende Betrachtung 208
5.1. Zusammenfassung zentraler Ergebnisse 208
5.2. Implikationen für Forschung, Praxis und Politik 210
5.3. Kritische Reflexion und Aussicht für die weitere Forschung 212
Quellenverzeichnis 215
Anhang 260

Inhaltsverzeichnis

Vorwort II
Inhaltsübersicht III
Inhaltsverzeichnis IV
Abbildungsverzeichnis VI
Tabellenverzeichnis VII
Abkürzungsverzeichnis VIII
Anhangsverzeichnis IX
1. Einleitung 1
1.1. Hinführung zum Thema und Problemstellung 1
1.2. Zielsetzung und Eingrenzung der Untersuchung 3
1.3. Aufbau der Untersuchung 4
2. Grundlagen und theoretischer Rahmen 8
2.1. Innovation und Wissen 8
2.1.1. Multi-Dimensionen-Ansatz von Innovation 8
2.1.1.1. Die Inhaltsdimension 9
2.1.1.2. Die Intensitätsdimension 11
2.1.1.3. Die prozessuale Dimension von Innovationen 14
2.1.2. Wissen als Triebfeder von Innovation 17
2.1.2.1. Dimensionierung und Charakteristika von Wissen 17
2.1.2.2. Die dynamische Perspektive von Wissen 21
2.2. Die Evolution von Industrien mit komplexen Produkten 25
2.2.1. Technik- und Technologieentwicklung als Determinante 25
2.2.1.1. Entwicklungsprinzipien technischen Fortschritts 26
2.1.2.2. Technologische Trajektoriephasen 29
2.2.2. Der Produkt- und Techniklebenszyklus komplexer Produkte 32
2.2.2.1. Komplexe Produkte 32
2.2.2.2. Produkt- und Techniklebenszyklen 35
2.2.3. Die Rolle von Staat und Nachfrage im Rahmen der Industrieevolution 41
2.2.3.1. Die Determinanten Nachfrage und Staat 41
2.2.3.2. Ko-evolutorische Determinanteninteraktion 45
2.2.4. Entwicklungsmuster von Industrien mit komplexen Produkten 51
2.2.4.1. Der Industrielebenszyklus 52
2.2.4.2. Vielschichtige Analyse bei komplexen Produkten 57
2.3. Netzwerkdynamik im Zeichen von Erneuerung und Erhalt 66
2.3.1. Die Industrie als Netzwerk 66
2.3.1.1. Netzwerkauffassung und -koordination 66
2.3.1.2. Innovations- und Produktionsnetzwerke 72
2.3.2. Ambidextrie in Industrien mit komplexen Produkten 78
2.3.2.1. Exploration, Exploitation und Ambidextrie 78
2.3.2.2. Ambidextrieanforderungen an Organisationen und Netzwerk 84
2.3.3. Ambidextrie und Netzwerkdynamik 89
2.3.3.1. Beidhändiges Lernen im Netzwerk 90
2.3.3.2. Netzwerktopologische Ambidextriemerkmale 99

2.3.3.3. Geographische Ambidextriemerkmale im Netzwerk 114
2.4. Ambidextrie in industriellen Netzwerken bei komplexen Produkten 118
3. Die Evolution der Luftfahrtindustrie 125
3.1. Charakterisierung der Luftfahrtindustrie 125
3.2. Evolution in drei Etappen 130
3.2.1. Die Anfangsjahre 131
3.2.2. Konsolidierung zum Duopol 136
3.2.3. Neue Konkurrenz und die Reorganisation der Zuliefererstruktur 148
3.3. Ambidextrie als technologische und strukturelle Kernherausforderung 153
4. Ambidextrie im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie 158
4.1. F&E-Netzwerke aus Förderdaten 158
4.2. Wissensentwicklung im F&E-Netzwerk 160
4.2.1. Die Entwicklung der Themen- und Wissensfelder 160
4.2.2. Explorative und exploitative Wissensentwicklung in Produkt und Prozess 164
4.3. Die Struktur des F&E-Netzwerks 168
4.3.1. Netzwerkcharakterisierung 169
4.3.2. Die Dynamik der Zusammensetzung 173
4.3.3. Selbstverstärkende Effekte und Stellung der Kernakteure 177
4.3.4. Exploration, Exploitation und Ambidextrie im F&E-Netzwerk 183
4.3.5. Langfristigkeit von Ambidextrie 187
4.4. Beidhändige und spezialisierte Regionen 193
4.4.1. Geographische Ausgestaltung und Entwicklung des F&E-Netzwerks 193
4.4.2. Regionale Spezialisierung versus Beidhändigkeit 197
4.4.3. F&E- vs. Produktionsnetzwerk 200
4.5. Ambidextrie in der europäischen Luftfahrtindustrie 204
5. Abschließende Betrachtung 208
5.1. Zusammenfassung zentraler Ergebnisse 208
5.2. Implikationen für Forschung, Praxis und Politik 210
5.3. Kritische Reflexion und Aussicht für die weitere Forschung 212
Quellenverzeichnis 215
Anhang 260

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1: Technologielebenszyklus 30
Abb. 2-2: Produkt- und Technologielebenszyklen 39
Abb. 2-3: Ko-evolutorisches Einflussfaktorengeflecht der Industrieevolution 50
Abb. 2-4: Der Industrielebenszyklus 53
Abb. 2-5: Subsysteminteraktionsformen bei komplexen Produkten 58
Abb. 2-6: Ambidextrie in Innovations- und Produktionsnetzwerken 86
Abb. 2-7: Explorative und exploitative Phasen über den Produktlebenszyklus 87
Abb. 2-8: Innovationsraten bei komplexen Produkten 88
Abb. 2-9: Netzwerkformen 102
Abb. 2-10: Beziehung zwischen Bindungsstärke, Dichte und Heterogenität 107
Abb. 2-11: Ambidextrieanforderungen und Netzwerkentwicklung 123
Abb. 3-1: Produktionsstückzahlen von Fluggeräten während des 1. Weltkriegs 132
Abb. 3-2: Produktion im 2. Weltkrieg 134
Abb. 3-3: Produktlebenszyklen nach Flugzeuggröße 140
Abb. 3-4: Absolute und prozentuale Produktionsvolumina nach Flugzeuggröße 142
Abb. 3-5: Konsolidierung der Luftfahrtindustrie seit 1950 144
Abb. 4-1: Entwicklung der Themen- und Wissensfelder 161
Abb. 4-2: Multitechnologische Ausgestaltung des F&E-Netzwerks 162
Abb. 4-3: Interindustrielle Anwendungsmöglichkeiten 163
Abb. 4-4: Zielbezogene Projektkategorisierung nach Artefakt 165
Abb. 4-5: Entwicklung der flugzeugbezogenen Produkt- und Prozessprojekte 166
Abb. 4-6: Entwicklung explorativer und exploitativer Produkt- und Prozessprojekte 167
Abb. 4-7: Relation explorativer und exploitativer Produkt- und Prozessprojekte 168
Abb. 4-8: Graphische Ausgestaltung des europäischen F&E-Netzwerks pro FP 170
Abb. 4-9: Zusammensetzung des F&E-Netzwerks nach Organisationstyp pro FP 174
Abb. 4-10: Gegenüberstellung der Unternehmensgröße und der Projektteilnahmen 175
Abb. 4-11: kumulative Distribution der Anzahl der Partner pro FP 178
Abb. 4-12: Vergleich der Partner- und Teilnahmeanzahl in FP7 179
Abb. 4-13: Degree- vs. Closeness-, Eigenvector- und Betweenness-Zentralität in FP7 180
Abb. 4-14: kumulative Verteilung der vereinheitlichen Zentralität Z_v 181
Abb. 4-15: Vereinheitlichte Zentralitäten der Kernakteure des F&E-Netzwerks pro FP 182
Abb. 4-16: explorative und exploitative Projekte pro Akteursgruppe 184
Abb. 4-17: Exploration, Exploitation und Ambidextrie pro Wertschöpfungskettenstufe 186
Abb. 4-18: Kernakteure des F&E-Netzwerk pro FP 191
Abb. 4-19: Verteilung der Verbindungsstärken der Kanten der Kernakteure 192
Abb. 4-20: Geographische Ausgestaltung des F&E-Netzwerks nach FP 194
Abb. 4-21: Kumulierte Verteilung der Projektteilnahmen der NUTS-2-Regionen 196
Abb. 4-22: Spezialisierungsmuster der NUTS-2-Regionen 199
Abb. 4-23: Standort der Airbus Zulieferer zwischen 2010 und 2013 201
Abb. 4-24: Regionale Partizipation im FP7 F&E-Netzwerk 203
Abb. 4-25: Standorte der Airbus Zulieferer 2012 203

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1: Strukturelle Netzwerkausgestaltung für Exploration und Exploitation.....105
Tab. 4-1: Ergebnisse der Netzwerkmetriken 171
Tab. 4-2: Anteil der einmalig teilnehmenden Akteure nach Typ.....177
Tab. 4-3: Teilnahmenkontinuität der Akteure über den Betrachtungszeitraum.....188
Tab. 4-4: Wiederholte paarweise Teilnahmen über den Betrachtungszeitraum 189

Abkürzungsverzeichnis

Dieses Verzeichnis enthält alle in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Abkürzungen und Akronyme, die über den aktuellen Stand des Dudens für deutsche Sprache hinausgehen.[1]

ATR	Avions de Transport Régional (französisch-italienisches Konsortium)
AVIC	Aviation Industry Corporation of China
BRIC	Brasilien, Russland, Indien und China
Bzgl.	Bezüglich
COMAC	Commercial Aircraft Corporation of China
EUFP	European Framework Programmes
F&E	Forschung und Entwicklung
FP	Framework Programme
i.d.R.	in der Regel
IPC	Internationale Patentklassifikation (*International Patent Classification*)
LCC	low cost countries (Niedriglohnländer)
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul (Wartung, Reparatur und Überholung)
OEM	*Original Equipment Manufacturer* sind Produzenten bzw. Hersteller von Produkten, die direkt unter einer eigenen Marke an den Endkunden vertrieben werden. In der vorliegenden Untersuchung: Flugzeughersteller.
RLM	Reichsluftfahrtministerium
RTD	Research & Technological Development
Tab.	Tabelle
u. a.	unter anderem

[1] http://www.duden.de/woerterbuch, Zugriff am 03.08.2015

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Wissensfelder und Kategorien 260
Anhang 2: Suchwörter Industrien 261

1. Einleitung

1.1. Hinführung zum Thema und Problemstellung

Wie wäre die Welt ohne die Luftfahrt? Wäre die Globalisierung derart ausgeprägt wie heute? Luftfahrt verbindet Menschen wie Kulturen und liefert einen großen Mehrwert für Unternehmen, die Märkte auf allen Kontinenten erreichen. Die herausragende volkswirtschaftliche Bedeutung der Luftfahrtindustrie wird bspw. durch die Einschätzung der Maschinen- und Kraftfahrzeugbaubranche in Deutschland unterstrichen, welche die Luftfahrt mit über 80 % als sehr wichtig für ihre Unternehmen klassifiziert.[2] Grundvoraussetzung für das weltumspannende Transportsystem der Luftfahrtindustrie sind die Hersteller von Passagier- und Frachtflugzeugen. In diesem Markt liegt ein langjähriges Duopol zwischen dem US-amerikanischen Hersteller Boeing und dem europäischen Hersteller Airbus vor. Ist die Luftfahrtindustrie also ein unspektakulärer Duopolfall ohne nennenswerte Dynamik? Wohl kaum! Denn diese Industrie, mit ihrem kaum zu substituierenden Gut, legt bei genauerer Betrachtung unter der scheinbar einfachen Oberfläche eine herausfordernde Dynamik offen. So zeichnet sich in diesem Sektor, mit seinem komplexen Produkt, der hohen staatlichen Intervention und den enormen Entwicklungs- und Herstellungskosten eine Dynamik ab, die die Hersteller und deren Wertschöpfungskette mit massiven Wandlungsprozessen konfrontiert.[3] Seit den ersten Flügen der Gebrüder Wright im Jahr 1903 mit segeltuchbeplankten Holzkonstruktionen, vor Kälte zitternden Flugpassagieren in den 1920er und 1930er Jahren, hin zu Großraumflugzeugen aus *Composite*-Strukturen, effizienteren Fan-Triebwerken und einem weltumspannenden Beförderungssystem wandelte sich die Luftfahrtindustrie innerhalb eines Jahrhunderts enorm.[4] Dieser Wandel von einem einfachen, hin zu einem **komplexen Produkt** war geprägt von evolutorischen und revolutionären, technischen wie auch industriestrukturellen sowie sozio-institutionellen Veränderungen und staatlichen Interventionen. Es bildete sich eine Industrie, deren Produkt heute wie kein anderes mit Ingenieurskunst, Pioniergeist und der Kombination aus Materialien, Technik und Wissen in Verbindung gebracht wird und gleichzeitig für so hohe Entwicklungs- und Produktionskosten steht.[5]

Ausgangspunkt dieser Untersuchung ist die Beobachtung, dass die der Luftfahrtindustrie inhärenten finanziellen wie technologischen Risiken Grund für die seit Jahren diskutierte effektivere und effizientere Ausrichtung der **Wertschöpfungskette** in der Luftfahrtindustrie sind.[6] In Europa tritt Airbus renditeorientiert auf und trimmt die Wertschöpfungskette auf Effizienz. Grund

---

2 Vgl. BDL (2013), S. 4
3 Vgl. Fasse (2013), S. 1 ff.
4 Vgl. Abraham (1982), S. 67
5 Vgl. Guffarth (2015), S. 537
6 Vgl. Machatschke (2010), S. 35 ff.

ist, dass Airbus Zulieferer sucht die ihre Produktion innerhalb von drei Jahren um 45 Prozent steigern.[7] Neben diesen kapazitativen und prozessbeschleunigenden Anforderungen wird gleichsam von den Zulieferern ein immer größerer Teil an eigenständiger Entwicklungsarbeit und damit die Beteiligung an den Risiken der kapital- und technologieintensiven Neuerungen, welche die Luftfahrtindustrie einer massiven Restrukturierung unterziehen, gefordert. Insgesamt scheint dabei klar, dass viele, vor allem deutsche, Lieferanten den Restrukturierungsprozess nicht überleben werden.[8] Geprägt durch die nationalstaatlichen Sicherungsmechanismen, dem Länderproporzdenken in Europa und der daraus historisch gewachsenen Industriestruktur, befinden sich die Zulieferer kaum in der Lage die kapazitativen, kapitalbezogenen und technologischen Anforderungen zu erfüllen. Ein Grund für diesen erhöhten Druck der schnellen Abarbeitung des Auftragsbestands ist in der angekündigten neuen Konkurrenz aus Asien sowie Süd- und Nordamerika zu sehen, die genau auf das *Cash-Cow*-Segment des bisher bestehenden Duopols abzielt.[9] Dabei ist das weltweite Streben erfolgreicher und sich erhebender Industrieländer nach der Etablierung einer nationalen Luftfahrtindustrie so zu deuten, dass diese Industrie eine besondere Rolle in der Relevanz staatlichen Interesses aufweist. Aufgrund ihrer Sicherheitsrelevanz bzw. ihrer militärischen Verknüpfung und technologischen Bedeutung ist die Luftfahrt als strategische Industrie anzusehen und unterliegt somit speziellen **staatlichen Interventionsmustern**. Ein wesentlicher Aspekt dessen ist neben der mittelfristigen Herausforderung die Produktion bestehender Sortimente auszubauen, ein **großer Innovationsdruck**. So setzen bspw. nicht nur die zunehmenden Proteste gegen Fluglärm sowie die nachhaltigkeitsbezogenen Überlegungen zur Treibstoffreduktion die etablierten Hersteller unter Druck. Auch die Ankündigungen der neuen Konkurrenz ihre Flugzeuge bspw. mit wesentlich sparsameren und leiseren Triebwerken auszustatten, führen zu deutlich früheren Markteinführungen neuer Technik bei den Etablierten. Die technologischen Lösungen müssen dabei heute nicht mehr nur vom OEM kommen, finden also nicht nur auf der Gesamtsystemebene des Flugzeugs statt, sondern auch in den Subsystemen und erhöhen damit den Druck auf die jeweiligen Zulieferer.[10]

Insgesamt ergibt sich ein Balanceakt zwischen der Ausbeutung bestehenden Wissens, mit dem Fokus der Steigerung der Produktionszahlen und der Forderung neues Wissen zu generieren, um den Nachfragern gerecht zu werden. Dies stellt vor allem die Zulieferer vor die überwiegend neue Aufgabe der **Ambidextrie**, die es sowohl technologisch als auch industriestrukturell zu lösen gilt. Diese Ausweitung der Ambidextrieanforderung in der Wertschöpfungskette und da-

---

7 Vgl. Fasse und Kersting (2012), S. 23

8 Vgl. Fasse und Kersting (2012), S. 23 sowie H&Z (2013)

9 Vgl. Machatschke (2010), S. 35 ff.

10 Zwar existieren heute schon Studien und Konzepte neuer Flugzeugtypen, wie bspw. Nurflüglern oder rein elektrischen Flugzeugen. Vgl. Döring (2014). Allerdings stellen diese für die aktuellen Restrukturierungsprozesse und technologischen Herausforderungen (noch) keinen Wandlungsimpuls dar.

mit die Untersuchung der Industrieevolution ist allerdings nicht mit herkömmlichen Analysemethoden, wie bspw. dem Industrielebenszyklus, analysierbar. Da sich der Wettbewerb im Bereich komplexer Produkte immer weniger auf der Ebene einzelner Unternehmen abspielt, sondern zunehmend durch ein Wechselspiel aus Innovations- und Produktionsnetzwerk gekennzeichnet ist, ist die Untersuchung dieser **Netzwerke** ein adäquateres Mittel zur Analyse der Industrieevolution und deren Erfolgsparametern. Dabei ist die Notwendigkeit eines industriellen Umwälzungsprozesses entscheidend, der die Unternehmenslandschaft durch Zusammenschlüsse zu großen Tier-1, Nischenbildung bzw. Spezialisierung von Kleinen, Wegfallen von Herstellern wie Zulieferern und dem Einstieg größerer branchenfremder Unternehmen von Grund auf verändert.[11] Im Umkehrschluss haben allerdings auch die dauerhaften und zyklischen Beidhändigkeitsanforderungen in der Durchsetzung von Exploration und Exploitation für unterschiedliche Wertschöpfungsstufen gravierende Folgen für die Ausgestaltung von Netzwerken.

Auf Basis dieser Beobachtungen und Zusammenhänge setzt die vorliegende Untersuchung an einem theoriebezogenen und einem praktischen Punkt an. Der **theoriebezogene Ansatzpunkt** setzt sich aus der Beweisführung der Inadäquatheit des klassischen Industrielebenszyklus zur Analyse von Industrien mit komplexen Produkten und Ambidextrie in Netzwerken als Erfolgsfaktor unternehmerischen Handelns zusammen.[12] So eröffnet die Luftfahrtindustrie aus wissenschaftlicher Perspektive ein Themenfeld, welches klassische innovationstheoretische Ansätze zur Industrieevolution, die die Rolle technologischer Triebfedern betonen,[13] mit den Erkenntnissen zur Klasse der komplexen Produkte kombiniert und koppelt.[14] Der **praxisbezogene Ansatzpunkt** greift diese Erkenntnisse auf und untersucht Ambidextriemerkmale in Netzwerken, prüft deren wechselseitige Implikationen und ermöglicht unter Bezugnahme auf die am Entwicklungs- und Herstellungsprozess beteiligten Akteure eine **Potentialabschätzung zur Zukunftsfähigkeit der europäischen Luftfahrtindustrie**. Ausgehend von diesen Ansatzpunkten leistet die vorliegende Untersuchung theoriebezogene Beiträge zu **Innovations-, Industrieökonomie- und Ambidextrieforschung** sowie einen praxisbezogenen Beitrag zur **Analyse der Luftfahrtindustrie**, die sich nicht ausschließlich auf die Herstellerebene beschränkt.

1.2. Zielsetzung und Eingrenzung der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung verfolgt drei Kernziele, deren Wechselspiel ein vertieftes Verständnis der Entwicklung von Industrien mit komplexen Produkten im Allgemeinen sowie für

[11] Vgl. Klein (2008), S. 1
[12] Vgl. Tushman und O'Reilly (1996), S. 8 ff., Raisch und Birkinshaw (2008), S. 375 ff.
[13] Vgl. Dosi (1982), S. 147 ff., Dosi und Nelson (2009), S. 1 ff., Abernathy und Utterback (1978), S. 40 ff.
[14] Vgl. Hobday (1998), S. 689 ff., Davies und Brady (1998), S. 293 ff.

die Notwendigkeit organisationaler Ambidextrie, vor allem in Netzwerken, im Speziellen eröffnet.

Kernziel 1 ist ein umfassendes Verständnis der Evolution von Industrien mit komplexen Produkten auf Basis eines wissenschaftlich-theoretischen Rahmens des technologischen Wandels mit einflussverändernden Wechselmechanismen zwischen Technologie, Technik, Produkt, Nachfrage, Staat und der Struktur der Industrie selbst. Dies beinhaltet die Erfassung der Verlaufsdeterminanten sowie die Analyse industrieevolutorischer Wechselmechanismen inkl. der selektiven empirischen Prüfung am Beispiel der Luftfahrtindustrie. Dabei steht die Überprüfung der Implikationsleistung zwischen technologischen und industriellen Lebenszyklusphasen im Fokus.

Gegenstand von **Kernziel 2** ist die Untersuchung der zeitlichen Perspektive von Ambidextrie in Industrien mit komplexen Produkten. Dabei ist die Erörterung der Ambidextrieanforderung an die unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen entscheidend, wobei eine Überprüfung anhand der Luftfahrtindustrie erfolgt.

In **Kernziel 3** wird ausgehend von der Auffassung von Industrien als Netzwerke Ambidextrie auf drei wesentlichen Ebenen analysiert und visualisiert. Auf allgemeiner Ebene stellen diese das beidhändige Lernen im Netzwerk, die netzwerktopologischen Ambidextrieausprägungen sowie die geographische Betrachtung dar. Gleichsam werden die Interdependenzen zwischen Innovations- und Produktionsnetzwerken aufgezeigt und deren Bedeutung für die Realisierung von Ambidextrie im Netzwerk herausgearbeitet. Anwendungsbezogen werden diese Dynamiken anhand der luftfahrtspezifischen F&E- sowie Produktionsnetzwerke operationalisiert und die Frage nach der Ausgangsbasis der europäischen Luftfahrtindustrie für die anstehenden Dynamiken beantwortet.

Zentrale **Untersuchungsgegenstände** der vorliegenden Analyse sind somit die Balance von Exploration und Exploitation im Verlauf industriellen Fortschritts sowie deren strukturelle, wissensbezogene und geographische Auswirkung auf Industrienetzwerke und zwischen ihnen. Begleitende strukturelle Wandlungsprozesse, wie bspw. die Wandlung des staatlichen Einflusses sowie der nachfrageseitigen Umstrukturierung werden nur in jeweils erforderlichem Umfang in den Argumentationsfluss einbezogen.

1.3. Aufbau der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung ist in fünf Kapitel untergliedert. Einer thematischen Einführung widmet sich **Kapitel 1**, welches die Hinführung zum Thema und dessen Problemstellung, Zielsetzung und Eingrenzung der Untersuchung sowie die Vorgehensweise und den Aufbau der Untersuchung umfasst.

In **Kapitel 2** wird die Untersuchung in einen übergeordneten theoretischen Rahmen eingeschlossen. Eine Darstellung und grundlegende Erweiterung wissenschaftlicher Grundlagen, vor allem der Kombination von Industrien mit komplexen Produkten und der Erkenntnisse zur Beidhändigkeit von Organisationen, stehen im Mittelpunkt. Die Theorie von **Innovation und Wissen** ist die erste Säule des wissenschaftlichen Fundaments, welche die Multidimensionalität des Innovationskonzepts sowie die Darstellung von Wissen als Triebfeder von Innovation in den Mittelpunkt rückt. Die Theorie des Wissens wird anhand ihrer Dimensionen und Charakteristika analysiert und anschließend in einen dynamischen Kontext gestellt. Diese Überlegungen dienen der konzeptionellen Ausgestaltung der zweiten Säule des wissenschaftlichen Fundaments: der **Evolution von Industrien mit komplexen Produkten**. Hierbei wird die **Technik- und Technologieentwicklung** als Determinante und Triebfeder der Entwicklung von Industrien anhand der Darstellung der Entwicklungsprinzipien technischen Fortschritts und einer Einteilung in technologische Trajektoriephasen erläutert. Mittels der Inkorporation von Technik in Produkte werden die spezifischen Wesensmerkmale **komplexer Produkte** angeführt. Aus diesen Charakteristika ergeben sich deutlich abweichende Verlaufsmuster von **Produkt- und Techniklebenszyklen** im Vergleich zu einfachen Produkten. Wesentliche Entwicklungstreiber sowohl der technik- und produktbezogenen Dynamik als auch der Industrieentwicklung, werden durch die besondere **Rolle von Staat und Nachfrage**, als zusätzliche ko-evolutorische Verlaufsdeterminante manifestiert. Der **Lebenszyklus einer Industrie mit komplexen Produkten** weist durch diese enge Verwobenheit sowie der technologischen Komplexität Merkmalsstrukturen auf, die eine rein technologisch zentrierte Erklärungssystematik übersteigen bzw. eine direkte Implikation zwischen technologischen Trajektoriephasen und Industrielebenszyklusphasen ausschließen und somit die Aussagekraft etablierter Modelle zur Analyse von Industrieentwicklungen anzweifeln. Aus dieser Einsicht ergibt sich die Notwendigkeit einer vielschichtigen Untersuchung von Industrien mit komplexen Produkten, welche als **Netzwerk** betrachtet werden. Die Industrieentwicklung wird nunmehr als **Netzwerkdynamik** aufgefasst, in welcher Organisationen externe Verbindungen nutzen, um die Anforderungen der Produktkomplexität zu bewältigen. Durch die multitechnologische Produktausgestaltung ergibt sich für die Industrie die Aufgabe der **Balance von Exploration und Exploitation** über den gesamten Produktebenszyklus hinweg. Diese Ambidextrieanforderungen an das Netzwerk werden auf drei Ebenen analysiert. Die erste Betrachtungsebene ist das **beidhändige Lernen im Netzwerk**. Die zweite Ebene der Untersuchung bezieht sich auf die **Netzwerktopologie**, also auf die strukturelle Ausgestaltung und Verknüpfung mit den Ambidextrieanforderungen. Auf einer dritten Betrachtungsebene wird die **geographische Ausgestaltung** des Netzwerks bzw. die Verknüpfung zwischen beidhändigen Anforderungen und der regionalen Realisierung thematisiert. Die abschließende Synthese fasst die Erkenntnisse zusammen und verknüpft sie (Kernziel 2).

Basierend auf dem wissenschaftlich-theoretischen Fundament widmet sich **Kapitel 3** dem praktischen Feld dieser Untersuchung. Hierbei erfolgt zunächst eine Charakterisierung der heutigen Luftfahrtindustrie als Paradebeispiel für eine Industrie mit komplexen Produkten. Die Entwicklung hin zu dieser industriellen Ausgestaltung wird anhand der Historie aufgezeigt. Die Darstellung des Einflusses der Entwicklungsdeterminanten mündet in einer Verlaufsprognose (Kernziel 1). Dabei werden die industriestrukturverändernden Wandlungsimpulse als pfadabhängige Resultate präsentiert und in die Notwendigkeit der Untersuchung von Ambidextrie im Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie transferiert.

Kapitel 4 greift die theoretisch erarbeiteten Erkenntnisse aus Kapitel 2 auf und wendet diese auf die Dynamiken der Luftfahrtindustrie aus Kapitel 3 an (Kernziel 3). Um die Methode der Erstellung und Analyse von Netzwerken aus geförderten Verbundprojekten für spätere Verwendungen transparent zu machen, erfolgt eine kurze Darstellung dieser Vorgehensweise. Hieran schließt sich eine Untersuchung der **Wissensentwicklung im F&E-Netzwerk** der europäischen Luftfahrtindustrie an, die deren multitechnologische und interindustrielle Ausgestaltung anhand der Entwicklung der Themen- und Wissensfelder in den Projekten aufzeigt. Dies bezieht die empirische Untersuchung der explorativen und exploitativen Wissensentwicklung mit ein, welche die anteiligen Verläufe produkt- und prozessbezogener, explorativer und exploitativer Projekte verdeutlicht. Um eine Zuordnung und Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen der Luftfahrtindustrie zu realisieren wird anschließend die **strukturelle Ausgestaltung des F&E-Netzwerks** analysiert. Hierzu wird das Netzwerk mittels diverser Metriken charakterisiert und durch eine Betrachtung der Dynamik der Zusammensetzung eingeordnet. Die Existenz selbstverstärkender Effekte und die Bedeutung der Stellung im F&E-Netzwerk liefern Erkenntnisse über die Wandlungsfähigkeit der Akteure in den einzelnen Wertschöpfungsstufen und bieten erste Anhaltspunkte für langfristige Erfolgschancen in einem sich wandelnden Umfeld. Die Kombination aus der Wissensentwicklung und den Akteuren der jeweiligen Wertschöpfungsstufe eröffnet ein Bild über die Lernarten und die organisationale Wissensausgestaltung in der Luftfahrtindustrie. Die resultierenden Ergebnisse werden anhand der Untersuchung wiederholter Partnerschaften und der Verbindungsstärke zwischen den Akteuren auf die langfristige Realisierungsmöglichkeit von Ambidextrie im F&E-Netzwerk hin untersucht. Die sich anschließende Analyse **beidhändiger und spezialisierter Regionen** rückt die geographische Dimension in den Mittelpunkt. Die Ausgestaltung der geographischen Dynamik identifiziert die europäischen Zentren der Luftfahrtindustrie. Der Analyse der regionalen Spezialisierungsmuster wird in einer ergänzenden Betrachtung das Produktionsnetzwerk gegenübergestellt. Die nachgelagerte Synthese fasst die Erkenntnisse, in Bezug auf die Zukunftsfähigkeit der europäischen Luftfahrtindustrie zusammen.

Den Abschluss der vorliegenden Untersuchung bildet **Kapitel 5** mit einer Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse sowie der Ableitung von Implikationen für Praxis, Politik und Forschung. Basierend auf einer kritischen Reflexion des Vorgehens werden weitere Ansätze für die Forschung aufgezeigt.

2. Grundlagen und theoretischer Rahmen

Dieses Kapitel widmet sich der Einordnung der relevanten Konzepte in den wirtschaftswissenschaftlichen Rahmen und der Begriffsklärung. Ziel ist die terminologische Klarheit bzgl. der begriffskonstituierenden Merkmale der in dieser Untersuchung auftretenden Termini und Konzepte, sowie deren Vorstellung und Erweiterung. Auf dieser Basis wird ein übergreifender wissenschaftlich-theoretischer Bezugsrahmen gebildet, der sich von der Thematisierung von Innovation und Wissen in Teilkapitel 2.1., über die Erörterung einer Evolution von Industrien mit komplexen Produkten in Teilkapitel 2.2., hin zu einer abschließenden Betrachtung von Exploration und Exploitation in Netzwerken in Teilkapitel 2.3. erstreckt. Teilkapitel 2.4. kombiniert die Erkenntnisse aus den vorangegangen Teilkapiteln und führt diese zum theoretischen Grundgerüst dieser Untersuchung zusammen.

2.1. Innovation und Wissen

Eine bekannte und weit verbreitete unternehmenszentrierte Innovationstaxonomie geht auf Joseph Alois Schumpeter zurück. Schumpeter unterscheidet hier zwischen Produkt-, Prozess- und Organisationsinnovationen sowie neuen Bezugsquellen von Rohmaterialien und der Durchführung organisationaler Neuerungen.[15] Die Tatsache, dass in der heutigen Literatur keine einheitliche Definition von Innovation vorliegt, ist auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Zum einen beschäftigen sich unterschiedliche Wissenschaften in einer stark ausgeprägten Variation an Fragestellungen mit dem Innovationsphänomen, was Innovation zu einem interdisziplinären Forschungsfeld macht.[16] Zum anderen ist das Innovationsphänomen mit einer hohen Komplexität und Vielschichtigkeit ausgestattet und besitzt einen Mehrdimensionalitätscharakter,[17] welcher in Abschnitt 2.1.1. Anwendung findet. Abschnitt 2.1.2. widmet sich dem Wissen, wobei in einem ersten Schritt eine Wissensdimensionierung und -charakterisierung mit anschließender Betrachtung der dynamischen Perspektive von Wissen und seine Bedeutung als Triebfeder von Innovationen durchgeführt wird.

2.1.1. Multi-Dimensionen-Ansatz von Innovation

Allen Innovationsdefinitionen ist die Generierung und erfolgreiche Einführung von etwas **Neuem** gemein.[18] So gestaltet sich die Mehrdimensionalität um diese Gemeinsamkeit des

---

15 Vgl. Schumpeter (1934), S. 100 f.
16 Vgl. Corsten et al. (2006), S. 2 ff.
17 Vgl. Hauschildt und Salomo (2011), S. 5
18 Vgl. Schumpeter (1934), S. 65, Schumpeter (1939), S. 88, Schmookler (1966), S. 2, Nelson und Winter (1982), S. 128, Kline und Rosenberg (1986), S. 279, Dosi (1988), S. 222 und OECD (2005), S. 46

Neuen als konstitutives Element einer Innovation und eröffnet die Möglichkeit einer tiefergehenden Charakterisierung.[19] Die inhaltliche Dimension bezieht sich auf die Neuerung bzw. den Gegenstand (Unterabschnitt 2.1.1.1.), während die Intensitätsdimension den Grad der Neuheit thematisiert (Unterabschnitt 2.1.1.2.). Der zeitlich-dynamische Aspekt einer Neuerung beinhaltet die prozessuale Dimension (Unterabschnitt 2.1.1.3.) und beantwortet dabei die Frage, wo eine Neuerung beginnt und endet. Im Allgemeinen ist eine subjektivistische Perspektive zur Bestimmung der Neuheit einzunehmen, wozu als Referenzsystem eine individualistische, betriebswirtschaftliche, industrieökonomische, national-ökonomische oder globale Sichtweise herangezogen wird.[20] Die normative Dimension stellt eine weitere Abstufungsmöglichkeit dar und versucht den Erfolg einer Neuerung einzuordnen. Die Erfolgsaussichten einer Neuerung können *ex ante* weder bestimmt noch prognostiziert werden,[21] was die normative Dimension zur Identifikation und Abgrenzung von Innovationen ungeeignet macht.[22]

2.1.1.1. Die Inhaltsdimension

Die Inhaltsdimension von Innovation erfasst die objekt- bzw. ergebnisorientierte Ebene. Eine erste Unterscheidungsmöglichkeit bieten etwaige Anwendungsfelder, in denen Innovationen stattfinden und die von den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen bearbeitet werden. In dieser Untersuchung wird zwischen techno-ökonomischen Neuerungen, administrativ-institutionellen Neuerungen, sowie sozialen Neuerungen und Umweltinnovationen unterschieden.[23]

Innerhalb des **techno-ökonomischen** Umfeldes wird zwischen Produkt-, Prozess-, und Organisationsinnovationen unterschieden und diese anhand ihres Ziel- und Durchsetzungsaspekts differenziert betrachtet. **Produktinnovationen** beziehen sich auf die Etablierung neuer Güter- und Dienstleistungen auf dem Markt und zielen durch ihre Einführung auf die Realisierung

---

19 Vgl. Hauschildt und Salomo (2011), S.5 ff.

20 Vgl. Hauschildt und Salomo (2011), S. 19f. Dieser Unterteilung kann man den folgenden Kategorien zuordnen. Während die individualistische und betriebswirtschaftliche Sichtweise die Mikro-Perspektive darstellen, kann die industrieökonomische Sichtweise als Meso-Perspektive und die national-ökonomische und globale Sichtweise als Makro-Perspektive angesehen werden.

21 Grund hierfür ist die der Innovation unterliegende hochgradige Unsicherheit. Vgl. Kline und Rosenberg (1986), S. 275. Diese Anschauung der starken Unsicherheit geht auf Knight (1921), S. 20 ff. zurück, der zwischen *measurable risk and unmeasurable uncertainty* unterscheidet. Während also unter dem Risikokonzept Eintrittswahrscheinlichkeiten von Ereignissen bestimmt werden können, sieht das Unsicherheitskonzept vor, dass alle möglichen Status der Natur nicht vorhersehbar sind. Diese Unvorhersehbarkeit wird als substantielle Unsicherheit bezeichnet und bildet zusammen mit der prozessualen Unsicherheit, welche die Unvollkommenheit und Heterogenität der Menschen bzw. Akteure betont, die starke Knight'sche Unsicherheit. Vgl. Dosi und Egidi (1991), S. 148 ff.

22 Vgl. Schön (2013), S. 19

23 Hierzu existieren auch alternative Kategorisierungsmodelle, wie bspw. die Unterscheidung zwischen technischen (Produkt- und Prozessinnovationen) und administrativen (Organisationsinnovationen) Innovationen. Vgl. Afuah (1998), S. 4

einer Nutzensteigerung ab.[24] Demnach wird mit Produktinnovationen ein höheres Effektivitätsniveau angestrebt, bei dem auch Effizienzgewinne inkludiert sein können.[25] **Prozessinnovationen** beziehen sich auf dauerhafte Veränderungen der Art und Weise, wie eine bereits existierende Marktleistung erstellt wird, folglich neue Fertigungs- und Verfahrenstechniken.[26] Sie zielen auf die Effizienzsteigerung ab, um so dem übergeordneten Ziel der Realisierung von Kostensenkungspotentialen gerecht zu werden.[27] Prozessinnovationen umschließen damit sowohl die Organisation des Produktionsprozesses, als auch die Anschaffung neuer, substantiell verschiedenartig arbeitender Ausrüstungen sowie die Distribution.[28]

Organisationsinnovationen umfassen Neuerungen durch die Einführung von neuen Organisationsstrukturen oder Managementtechniken. Die Unterscheidung zwischen Organisations- und Prozessinnovation ist dabei weniger trennscharf als die Differenzierung zwischen Produkt- und Prozessinnovationen. So ist bspw. die komplette Reorganisation eines Unternehmens als Organisationsinnovation anzusehen, während bspw. die Einführung von *just-in-time*-Prinzipien als Prozessinnovationen bewertet wird. Neben der genannten Reorganisation von Unternehmen, können Geschäftsmodellveränderungen,[29] sowie Marketing- und Serviceinnovationen zu den Organisationsinnovationen gezählt werden. Auch die angesprochenen Innovationstypen der Absatzmärkte und Bezugsquellen werden für den Zweck dieser Untersuchung den Organisationsinnovationen zugerechnet.

Neben diesen traditionell techno-ökonomischen Innovationsbegriffen finden sich seit geraumer Zeit weitere Aspekte der wirtschaftlich-gesellschaftlichen Entwicklung unter den Innovationsbegriffen. Zusammenfassend lassen sich institutionelle und sozio-kulturelle Neuerungen als weitere Dimensionen der Innovationsklassifizierung unterscheiden.[30] **Institutionelle Neuerungen** umfassen veränderte Rahmenbedingungen, wie z. B. politisch durchgesetzte Regulierungsregime, Notenbanken oder Fördermechanismen, die sich im Ordnungswettbewerb durchsetzen. Veränderte Werte, Bedürfnisse und Präferenzen, wie auch Lebensstile, Konsum- und Arbeitszeitmuster, die gesellschaftliche Verbreitung erfahren, werden in der Gruppe **sozio-kultureller Innovationen** zusammengefasst.[31] Eine neuerdings immer stärkere Innovationsart, die aufgrund der gesellschaftlichen, aber auch technologischen und ökonomischen Veränderung ins

---

24 Vgl. OECD (2005), S. 48
25 Vgl. Knappe (2014), S. 26
26 Vgl. Becker (2004), S. 93
27 Vgl. Schön (2013), S. 14
28 Vgl. Becker (2004), S. 93. Konrad und Nill (2001), S. 6 f. weisen darauf hin, dass eine subjektivistische Sichtweise bei der Betrachtung von Innovation zwar eingenommen werden muss, diese allerdings auch Fragen aufwirft. Bspw. ob ein Produkt oder Prozess nur für das innovierende Unternehmen selbst oder ganz allgemein eine Neuheit sein muss. Die Autoren folgern, dass dies vor allem davon abhängt, ob Innovationen aus einer Mikro- oder einer Makroperspektive betrachtet werden.
29 Vgl. Wentz (2008), S. 13 ff. und Zollenkop (2006), S. 107 ff.
30 Vgl. Ambriz (2010), S. 33, Kurz (2001), S. 47 f.
31 Vgl. Kurz (2001), S. 48

Zentrum der Betrachtung rückt und in ihrem intentionalen Kern den sozio-kulturellen Neuerungen zuzuordnen ist, ist die **Umweltinnovation**. Umweltinnovationen beziehen sich auf ökologisch-nachhaltiges Wirtschaften und umfassen alle Maßnahmen, Verhaltensweisen, Produkte und Produktionsverfahren die zu einer ökologisch bestimmten Nachhaltigkeit beitragen.[32] Damit umschließen Umweltinnovationen technisch-ökonomische, institutionelle und soziale Neuerungen und definieren eine gesamtzielgerichtete, dimensionsübergreifende Innovationsart.[33]

2.1.1.2. Die Intensitätsdimension

Die Betrachtung der Inhaltsdimension fokussiert auf den Gegenstand bzw. das Objekt der Innovation. Die Darstellung der Intensitätsdimension, stellt den Neuheitsgrad sowie das Ausmaß und die Reichweite der Neuerung in den Mittelpunkt. Dabei wird zwischen technologischen, ökonomischen bzw. marktbezogenen und organisationalen Auswirkungen unterschieden. Innerhalb der Intensitätsdimension ist in einem ersten Schritt zwischen inkrementellen und radikalen Innovationen zu differenzieren.[34] Die Beurteilung des Neuheitsgrades bzw. der Intensität von Innovationen ist subjektivistisch vorzunehmen,[35] was zum einen die Einteilung in inkrementell und/oder radikal und zum anderen die empirische Überprüfung erschwert. So kann bspw. eine Innovation die aus Sicht eines Herstellers inkrementell erscheint, aus der Sicht von Kunden und/oder Lieferanten radikal sein.[36]

Inkrementelle Innovationen sind fortlaufende, kontinuierlich stattfindende Produkt- und/oder Prozessverbesserungen.[37] Von einem technologischen Standpunkt aus betrachtet verursachen inkrementelle Innovationen geringe Änderungen im bestehenden Design bzw. beuten dieses

---

32 Vgl. Monßen (1993), S. 3 und Rennings (2005), S. 3

33 Vgl. Rudolf (2003), S. 2

34 Die Anzahl der verwendeten Begriffspaare ist durch die Vielzahl an Studien, neben dem in dieser Untersuchung verwendeten Begriffspaar von radikalen und inkrementellen Innovationen sehr groß. Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 275 ff. Nach Hauschildt und Salomo (2011), S. 12 existieren folgende weitere Begriffspaare. Größere (major) vs. geringere (minor), revolutionäre vs. evolutionäre, diskontinuierliche vs. Kontinuierliche und Basis- vs. Verbesserungs-Innovationen. Die Vielschichtigkeit ist neben der oben beschriebenen interdisziplinären Forschung zu Innovationen vor allem auf die unterschiedlichen Perspektiven und Blickwinkel aus denen Innovationen betrachtet werden, zurückzuführen.

35 Vgl. Zollenkop (2006), S. 109

36 Vgl. Afuah (1998), S. 20

37 Dienstleistungen sind hierbei inkludiert. Neben den hier angeführten Verbesserungsinnovationen, d.h. die Verbesserung einzelner oder mehrerer Qualitätsparameter, unterscheiden Pleschak und Sabisch (1996), S. 4 f. zwischen Anpassungsinnovationen (anpassen vorhandener Lösungen an spezifische Kundenwünsche – *customization*) und Imitation (Nachentwicklung bereits vorhandener Lösungen, die im Vergleich zur Konkurrenz zeitlich später auf den Markt geführt werden und ansonsten gleich sind). Fleming (2001), S. 117 ff. stellt zudem rekombinante Innovationen, also Innovationen die auf Basis der Kombination bestehender Wissensstände erzeugt werden, in den Vordergrund.

aus. Damit definiert sich der technologische Pfad bzw. die Entwicklungsdynamik einer Technologie durch die fortlaufenden inkrementellen Neuerungen.[38] Die marktbezogenen Auswirkungen gestalten sich wie folgt: Da sich inkrementelle Innovationen auf bestehendes Wissen stützen, bestärken diese Neuerungen die Vormachtstellung bereits etablierter und/oder dominierender Unternehmen durch das Anheben der Markteintrittsbarrieren.[39] Allerdings bringen inkrementelle Innovationen Produktdifferenzierungen hervor, durch die es zu einer erhöhten Fragmentierung der Industrie und zu Nischenbildungen kommen kann,[40] womit die verstärkte Spezialisierung der unterliegenden Wissensbasis einhergeht.[41] Aus organisatorischer Sicht dominiert der bereits vorgestellte kontinuierliche Charakter inkrementeller Innovationen. Die Umsetzung bzw. das Aufkommen von inkrementellen Verbesserungen geschieht dabei eher auf der Grundlage von *learning-by-doing* und *learning-by-using* als auf gezielter F&E-arbeit.[42] Das Voranschreiten und die Ausbeutung eines bestehenden Paradigmas beinhaltet auf allen Ebenen technologisch, ökonomisch und organisational eine reduzierte Unsicherheit.[43]

Demgegenüber stellen **radikale Innovationen** völlig neue Einführungen eines Produkts oder Prozesses dar.[44] Technologisch betrachtet können radikale Innovationen nicht aus den Bemühungen zur Verbesserung einer vorhandenen Technologie hervorgehen, was dem Wesen inkrementeller Innovationen geschuldet ist, da radikale Innovationen per Definition ein Neubeginn sind, der einen neuen technologischen Pfad eröffnet.[45] Somit ersetzen radikale Innovationen die bis dato dominante Technologie und verursachen einen technologischen Durchbruch, welcher die bisherige Art und Weise des Verfahrens revolutioniert.[46] Radikale Innovationen lassen bestehendes Wissen in der Regel obsolet werden und erfordern den Aufbau neuen Wissens und Fähigkeiten, was marktbezogene Veränderungen in Form der Schaffung neuer Anwendungsmöglichkeiten, neuer Märkte und damit einhergehend der Möglichkeit des Markteintritts für neue oder auch branchenfremde Unternehmen mit sich bringt.[47] Folge dieser gesunkenen

---

38 Vgl. Perez (1998), S. 4. Nelson und Winter (1977), S.36 f. sprechen hier von einer *natural trajectory* und Dosi (1982) bezeichnet den technologischen Pfad, als *technological paradigm.*

39 Vgl. Christensen (1997), S. 30. Dieser Vorgang wird nach Clark und Staunton (1989), sowie Abernathy und Clark (1985) als *entrenching* bezeichnet.

40 Vgl. Abernathy and Clark (1985), S. 10

41 Vgl. Henderson und Clark (1990), S. 9

42 Vgl. Freeman und Perez (1998), S. 46

43 Vgl. Mandl (2005), S. 2

44 Das Konzept der Basisinnovation oder *General Purpose Technologies* korrespondiert stark mit dem der radikalen Innovationen. Vgl. Schumpeter (1939), Konrad und Nill (2001) sowie Helpman 1998). Basisinnovationen stellen nach Knappe (2014), S. 29 bezüglich ihrer Radikalität ein Extremum dar, da sie als revolutionär-grundlegende technische Innovationen eine durchdringende gesellschaftlich-ökonomische Wirkung erzielen, der sich praktisch niemand entziehen kann.

45 Nach Freeman und Perez (1988), S. 46 sind radikale Innovationen häufig das Ergebnis gezielter F&E-arbeit, da sie prinzipielle Veränderungen bisheriger Lösungen darstellen.

46 Vgl. Pyka (1999), S. 64, Dodgson (1994), S. 57 und Tripsas (1997), S. 343

47 Vgl. Kline und Rosenberg (1986), S. 295ff., Abernathy und Clark (1985), S. 6, Christensen (1997), S. 30 und Dewar und Dutton (1986), S. 439 ff.

Markteintrittsbarrieren ist eine Rekonfiguration des Marktes bis hin zu einer Neudefinition einer Industrie.[48] Aus organisatorischer Sicht steht der diskontinuierliche Charakter radikaler Innovation im Vordergrund.[49] Organisationsinnovation und die Implementierung neuer Prozesse, bspw. der Zwang zur Einführung einer neuen Produktionstechnik gehen daher Hand in Hand und sorgen durch das hohe Maß an Unsicherheit für Turbulenzen in etablierten Unternehmen.[50] Inkrementelle Innovationen, die auf der Plattform der radikalen Innovation aufsetzen, erhöhen die Rendite der vorangehenden radikalen Innovation.[51] Dies verdeutlicht, dass die Unterscheidung in radikale und inkrementelle Innovationen nichts über den **ökonomischen Wert** einer Neuerung aussagt, denn in der Masse bzw. Häufigkeit ihres Auftretens sind inkrementelle Innovationen für Effizienzsteigerungen und Produktivitätszuwachs maßgeblich und machen einen Großteil aller Innovationen aus.[52]

Eine wichtige Erweiterung der Unterscheidung zwischen inkrementellen und radikalen Innovationen zeigen Henderson und Clark auf.[53] Auf Basis der Einsicht, dass inkrementelle Innovationen mit moderaten technischen Auswirkungen dramatische wettbewerbliche bzw. organisatorische Auswirkungen haben können, wenden sie die klassische Unterteilung von inkrementellen und radikalen Innovationen auf die Bereiche der Module und der Architektur von Produkten an. Dabei wird folglich zwischen **modularen und architektonischen Innovationen** unterschieden. Technologieseitig wird angenommen, dass ein Produkt aus Modulen und deren Verbindungen besteht. Unter Modulen versteht man die physisch getrennten Bausteine mit einem eigenen Designkonzept und bestimmter Funktion. Die Architektur des Produkts umfasst die Verbindung und die Zusammenarbeit der Module. Somit hat die Modulauswahl grundlegende Auswirkungen auf das Gesamtsystem.[54] Unter radikalen Innovationen ist eine Veränderung des Kerndesign mit einer gleichzeitigen Veränderung der Verbindungen der Komponenten bzw. Module zu verstehen. Inkrementelle Innovationen stellen im Gegensatz dazu kleinere Veränderungen in der Verknüpfung der Komponenten dar.[55] Entscheidend bei der Anwendung dieses Konzepts ist die Einhaltung der Betrachtungsperspektive. Denn modulare Veränderungen auf Gesamtsystemebene können gleichsam architektonische Veränderungen auf Modulebene bedeuten. Marktbezogene und organisationale Auswirkungen nehmen bei dieser Betrachtung

---

48 Vgl. Tripsas (1997), S. 341 ff. sowie Clark und Staunton (1989), S. 79 f.

49 Christensen (1997) nutzt deshalb den Begriff der disruptiven Innovationen, um das marktliche Scheitern vormals erfolgreicher Unternehmen zu erklären. Bei ihm gelten inkrementelle Innovationen als erhaltende Innovationen.

50 Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 275 ff., Tripsas (1997), S. 373 und Mandl (2005), S. 2.

51 Vgl. Wentz (2008), S. 29

52 Vgl. Kline und Rosenberg (1986), S. 283

53 Vgl. Henderson und Clark (1990), S. 9 ff.

54 Vgl. Henderson und Clark (1990), S. 11

55 Henderson und Clark (1990), S. 13 weisen dabei selbst auf eine gewisse Unschärfe ihrer Kategorien hin, die folglich als nicht trennscharf sondern fließend im Übergang angesehen werden sollten.

eine herausragende Rolle ein. Erstens haben die technologischen Veränderungen Auswirkungen auf die Marktstruktur. Inkrementelle Innovationen verbessern wie zuvor beschrieben die Wettbewerbsposition etablierter Unternehmen, da sie auf einer etablierten Wissensbasis aufbauen und diese verstärken. Architektonische Innovationen dagegen können sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Marktposition etablierter Unternehmen haben. Während auf der einen Seite vorhandenes Wissen übernommen werden kann und bestehende Technologien genutzt werden können, werden Teile davon obsolet und erfordern eine neue Suche in einem sich wandelnden Umfeld.[56] Für potentielle Industrieneulinge besteht ebenso die Herausforderung neues architektonisches Wissen aufzubauen, allerdings leiden diese nicht an einer etablierten, verwurzelten Architektur.[57] Der zweite Punkt, welcher die marktbezogene und organisationale Betrachtung des Modells unterstreicht, ist die Häufigkeit der Ausrichtung von Unternehmensorganisationsstrukturen an Modulen. So wird die Unternehmensstruktur nach der dominanten funktionalen Produktarchitektur gestaltet. Geht man bspw. von der Perspektive der Gesamtunternehmung oder des Produkts aus, stellen Veränderungen innerhalb eines Moduls (modulare Innovationen) die Architektur dessen nicht in Frage und die etablierten Schnittstellen bleiben erhalten. Dies gilt dann sowohl für das Produkt selbst, als auch für die Organisationsstruktur der Unternehmung. Als Konsequenz architektonischer Neuerungen auf Produktebene müssen architektonische Innovationen in der Organisationsstruktur erfolgen (Organisationsinnovation).[58]

2.1.1.3. Die prozessuale Dimension von Innovationen

Nach Klärung der Fragen nach Inhalts- und der Intensitätsdimension von Innovation, stellt sich nun die Frage wo die Neuerung aus zeitlicher Perspektive beginnt und endet. Die prozessuale Dimension beschäftigt sich mit dem zeitlichen Verlauf, also der Erstellung, Durchsetzung und Diffusion einer Innovation. Alle Aktivitäten von der Ideengenerierung, bis hin zur Implementierung im Unternehmen bzw. der Einführung in den Markt werden im **Innovationsprozess** zusammengefasst.[59] Grundsätzlich ist dabei zwischen den drei Phasen Invention, Innovation und Diffusion zu unterscheiden. Während **Invention** die Kreation neuer Kombinationen, also die Erfindung darstellt und somit als Ausgangspunkt des Innovationsprozesses anzusehen ist,[60]

---

56 Vgl. Henderson und Clark (1990), S. 17 f.

57 Vgl. Utterback (1994), S. 161

58 Da sich Neuerungen, gleich welcher Art diese zuzuordnen sind, nicht nur auf die direkt betreffende Unternehmung Auswirkungen haben, sondern ebenfalls vor- oder nachgelagerte Wertschöpfungsstufen beeinflusst, entwickelten Afuah und Bahram (1995) das ‚Hypercube-Modell'. Eine genauere Betrachtung dieses Aufbaus auf die Erkenntnisse von Henderson und Clark (1990) wird in Teilkapitel 2.3 in dieser Untersuchung vorgenommen.

59 Vgl. Hauschildt und Salomo (2011), S. 20 f. Dieser industrielle Innovationsprozess ist nach Rothwell (1992), S. 221 als Kommerzialisierung des technologischen Wandels zu sehen.

60 Die Invention an sich stellt die Umsetzung einer Idee in ein nicht-kommerzialisiertes Artefakt dar. Vgl. Nelson (1959), S. 103

umfasst die **Diffusion** die kommerzielle Verwertung und damit das Erreichen des Marktes der neuen Kombinationen.[61] Die Diffusion ist als konstitutives Merkmal zu sehen, da **Innovationen** nur dann vorliegen, wenn eine Kommerzialisierung der Invention stattfindet. Dabei ist der Grad der Kommerzialisierung bzw. der Diffusionsgrad entscheidend für den Erfolg einer Innovation.[62] Dies schließt die Erklärungsursache scheiternder Innovationen mit ein, da nicht jede Innovation eine marktdurchdringende Verbreitung erfährt, allerdings gemäß Definition mindestens einen Nutzer erreicht.[63] Für die Diffusion von entscheidender Bedeutung ist ferner die **Imitation**, die statt neuer Verbindungen eine Reproduktion bekannter und vorhandener Kombinationen ist.[64] Der Innovationsprozess wird dabei in der Literatur sehr unterschiedlich betrachtet und ist geprägt durch die jeweiligen wirtschaftlichen Voraussetzungen zur Zeit ihrer Entstehung.[65] Dabei ist zu konstatieren, dass zeitlich jüngere Modelle auf ihren Vorgängern aufbauen, diese erweitern, Erkenntnisse hinzufügen und ihnen teilweise widersprechen.[66]

Wie zuvor dargestellt beginnt der Innovationsprozess mit einer Idee die in eine Invention mündet und endet durch die Diffusion. Der Auslöser des Innovationsprozess variiert in den **Innovationsprozessmodellen**. So sind die beiden ersten Generationen des Innovationsprozesses nach ihrer Induktion zu unterschieden.[67] Während in der ersten Generation der Auslöser auf der Technologie- (*technology push*) und damit auf der Anbieterseite zu sehen ist, wird der Innovationsprozess in der zweiten Generation durch den Markt bzw. dessen Bedürfnisse (*market/need-pull*) ausgelöst und ist damit rückwärtsgerichtet.[68] Die als dritte Generation bezeichnete Modellierung des Innovationsprozesses ist das *coupling model*.[69] Dieses interaktiv-gekoppelte Modell ist zwar noch sequentiell ausgerichtet, aber nicht unbedingt regelmäßig. Es berücksichtigt Technologie-, Vermarktungs- und Produktgestaltungsaspekte und ist in der Lage inkrementelle

---

61 Im Falle von Prozess- und Organisationsinnovationen steht die Implementierung im Unternehmen bzw. der Organisation im Vordergrund.

62 Vgl. Rogers (1995), S. 5 f.

63 Vgl. Dosi und Nelson (2009), S. 37

64 Vgl. Fagerberg (2005), S. 8

65 Vgl. Rothwell (2002), S. 116 ff. und Rothwell (1992), S. 232

66 Vgl. Hobday (2005), S. 122 ff.

67 Die beiden ersten Innovationsprozessmodelle sind einfache, linear-sequentielle Prozesse. Vgl. Hobday (2005), S. 124 und Rothwell (1992), S. 232 ff.

68 Basierend auf Schumpeter's Erkenntnissen ist die erste Innovationsprozessmodellgeneration in den 1950-1960er Jahren zu verorten. Die zweite Generation ist den 1960-1970er Jahren zuzuordnen, wobei Schmookler (1962), stellvertretend für diese Modelle genannt werden kann. F&E wird in der ersten Generation betont, während in der zweiten Generation die Betonung auf dem Markt liegt. Die erste Generation ist mittelinduziert und es gilt der Leitsatz „je mehr F&E, desto mehr Innovation" gilt. Vgl. Grupp (1997), S. 17. Die zweite Generation ist zweckinduziert und der äußere Bedarf wird der Bedarfserschaffung übergeordnet. Vgl. Lasinger (2011), S. 104. Weitere Induktionsarten sind der *regulatory-push* sowie Macht. Vgl. Ömer-Rieder und Tötzer (2004), Rennings (1998) sowie Hauschildt (1998).

69 Zeitlich ist diese dritte Generation den 1970-1980er Jahren zuzuordnen. Ein Beispiel für ein Innovationsprozessmodell, welches sowohl Elemente der zweiten (*market pull*), als auch der dritten Generation (*push/pull Kombination*) aufweist ist das *stage-gate model* von Cooper (1987). Das *funnel model* von Wheelwright und Clark (1992) oder das *concomitance-model* von Schmidt-Tiedemann (1982) sind dagegen Beispiele für Innovationsprozessmodelle der dritten Generation.

und radikale Neuerungen hervorzubringen.[70] Der Fokus dieses Modells liegt auf der Integration der F&E- und Marktschnittstelle, sodass der Innovationsprozess als komplexes Netz aus Kommunikationspfaden aufgefasst wird, welches sowohl intra- als auch extra-organisational die zahlreichen *in-house*-Funktionen vernetzt und das Unternehmen mit dem Markt sowie den wissenschaftlichen Organisationen verbindet.[71] Die vierte Generation von Innovationsprozessmodellen wird als integriertes Modell bezeichnet.[72] Erstmals wird der rein sequentielle Charakter aufgegeben und durch eine parallele Entwicklungsansicht mit simultanen Elementen und integrativen Ansätzen ersetzt.[73] Somit stellen diese Modelle darauf ab sowohl den hohen Grad an funktionsübergreifender Integration im Unternehmen selbst, als auch deren externe Integration durch Aktivitäten in anderen Unternehmen, wie Zulieferer und Kunden bzw. Organisationen, wie Universitäten und politische Einheiten, zu erfassen.[74] Diese wechselseitigen Verflechtungen und Verknüpfungen auf vertikaler und horizontaler Ebene sind Grundvoraussetzung für die Entwicklung der fünften Generation, die als **systemintegriertes Netzwerkmodell** bezeichnet wird.[75] Das vernetzte Innovationsbild ist dabei seiner Vorgängerversion sehr ähnlich.[76] Erweitert wird es vor allem um die gegenseitige Beeinflussung aller Phasen des Innovationsprozesses, wobei die einzelnen Prozessschritte als wiederkehrende, miteinander verkettete Prozesse zu interpretieren sind.[77] Es entsteht ein Problemlösungsprozess systemischer Art, welcher einen hohen Grad an Integration und Parallelität sowie funktions- und unternehmensübergreifender Beteiligungen aufweist.[78] Wesentlich sind die starken Verbindungen zu Zulieferern mit denen nicht nur eine reine Belieferungsverbindung besteht, sondern eine strategische Interaktion bzw.

---

70 Vgl. Rothwell (1992), S. 222 f.

71 Vgl. Rothwell und Zegveld (1985), S. 50

72 Zeitlich ist diese vierte Generation den 1980-1990er Jahren zuzuordnen. Als Beispiel dafür kann das *spiral model* von Boehm (1988) herangezogen werden.

73 Kline's *chain-linked model* kann stellvertretend hierfür herangezogen werden. Vgl. Kline und Rosenberg (1986), S. 291 sowie Gerybadze (2004), S. 25 ff. Durch die Aufgabe der linear-sequentiellen Modelle wird die Diskussion um die Auslöser des Innovationsprozesses teilweise obsolet, da in den nun komplexeren Modellen wechselseitige Verflechtungen im Zentrum stehen und ein konkreter Auslöser für den Innovationsprozess nicht betrachtet wird.

74 Vgl. Hobday (2005), S. 125

75 Zeitlich ist diese fünfte Generation den 1990er Jahren zuzuordnen. Rothwell (1992), S. 222 ff. bezeichnet diese Generation als *systems integration and networking model (SIN).*

76 Auffallend ist, dass jede Nachfolgergeneration die Kritikpunkte ihrer Vorgänger aufgreift und ihre Modelle integriert, sodass die dargestellten Innovationsprozessmodelle eine Art Evolutionskette bilden. Vgl. Forrest (1991), S. 440 f. und Hobday (2005), S. 127 ff.

77 Vgl. Pyka (1999), S. 46 und von Au (2011), S.25. Rothwell (1992), S. 237 merkt an, dass durch das komplexere Innovationsbild und die gestiegene Interaktionshäufigkeit, zur Erhaltung der Flexibilität, Effizienz und Effektivität eine geeignete Organisationsstruktur etabliert werden muss.

78 Vgl. Knappe (2014), S. 46. Für diese kollektiv-systemischen Interaktionen unterschiedlichster Akteure in wechselnden Rahmbedingungen bzw. Umwelten prägte Pyka (1999) den Begriff des kollektiven Innovationsprozesses.

Integration vorliegt, was zu Auslagerungen der Entwicklungstätigkeiten und einer interdependenten Entwicklung zwischen den Zulieferern und Herstellern führt.[79] Dieses Innovationsprozessbild erlaubt somit eine ko-evolutorische Analyse von Technologie, Organisation, Nachfrage und institutionellem Rahmen.[80]

2.1.2. Wissen als Triebfeder von Innovation

Ähnlich der Tatsache einer fehlenden eindeutigen Innovationsdefinition gestaltet sich die Situation im Bereich der Definition von Wissen. Es existiert eine Vielzahl wissensbezogener Studien mit unterschiedlichen Ansichten und Schwerpunktsetzungen.[81] Geschuldet ist dies der **Interdisziplinarität und Vielschichtigkeit des Wissensbegriffs** in seiner Forschungsanwendung. Mit Blick auf die Historie wird klar, dass Wissen seit jeher, wenn auch mit veränderter Gewichtung, eine maßgebliche Rolle in der Betrachtung in der ökonomischen Forschung spielt.[82] Das Wachstum eines Unternehmens wird mit dem im Unternehmen angesammelten Wissen in Verbindung gebracht, welches sich durch das gebündelte Wissen der Mitarbeiter vor allem in der Innovationstätigkeit des Unternehmens zeigt.[83] Somit wird Wissen in einem ökonomischen Kontext als Grundvoraussetzung für Innovation, technischen Fortschritt sowie organisationale und institutionelle Veränderungen angesehen. Der Aufbau dieses Abschnitts gestaltet sich demnach folgendermaßen: Ausgehend von einer Dimensionierung und Charakterisierung (Unterabschnitt 2.1.2.1.) wird der dynamische Charakter von Wissen und dessen Konzeptualisierung (Unterabschnitt 2.1.2.2.), mit dem Ziel der in Teilkapitel 2.2. betrachteten Analyse der Industrieevolution als Grundlage zu dienen, vorgestellt.

2.1.2.1. Dimensionierung und Charakteristika von Wissen

Es existiert keine allgemeingültige Definition des Wissensbegriffs, weshalb eine stufenweise Annäherung durch das Aufzeigen der unterschiedlichen Dimensionen und Charakteristika von Wissen erfolgt.[84] In einem ersten Schritt gilt es eine begriffliche Abgrenzung zwischen **Wissen,**

---

79 Vgl. Rothwell (1992), S. 236. Ferner sieht Rothwell die Einführung umfangreicher IT-Systeme bzw. elektronischer Hilfsmittel, die eine solche unternehmensüberschreitende Zusammenarbeit erst ermöglichen. Vgl. Hobday (2005), S. 126

80 Diese Sichtweise wird in Teilkapitel 2.2. auf Gesamtindustrieebene aufgegriffen und verfeinert.

81 So listet z. B. das Wörterbuch der Kognitionswissenschaft von Strube (1996) vierzig gebräuchliche Spezifizierungen des Wissensbergriffs auf.

82 Schon Adam Smith (1776) stellte heraus, dass die Arbeitsteilung nicht nur die physischen Produktivkräfte, sondern zugleich damit auch die geistigen Fähigkeiten des Menschen zu entwickeln vermag. Vgl. Helmstädter (2011), S. 18. Erste Überlegungen ein Unternehmen durch die in ihm repräsentierten Kenntnisse und Fähigkeiten gegenüber seiner Umwelt abzugrenzen, finden sich bei Marshall (1920), der in Wissen und Organisation wesentliche Bestandteile des Unternehmenskapitals sieht. Vgl. Pyka (1999), S. 47

83 Vgl. Penrose (1959), S. 1 ff.

84 Wissenstypologien im Allgemeinen finden sich in Nonaka (1991), Lundvall und Johnson (1994), Lagendijk (1999), Meusburger (1998) und Matthiesen et al. (2003), Mattiesen et al (2004) sowie Matthiesen (2008).

Information und Daten zu treffen. In der Literatur finden sich hauptsächlich Stufenmodelle,[85] welche die Beziehungen zwischen den genannten Begriffen repräsentieren, weswegen hier von einer Abfolge von Daten über Information hin zu Wissen ausgegangen wird. Daten werden als regelhaft verknüpfte Zeichen, bspw. durch eine Syntax wie das Alphabet, angesehen. Sie stellen somit speicherbare Informationseinheiten oder codierte Beobachtungen dar.[86] Daten werden zu Informationen durch die Einbettung in einen situativen Kontext,[87] d.h. durch die sinnvolle, problembezogene Verknüpfung von Daten.[88] Somit stellen Informationen abrufbare Beschreibungen einer Sache (materiell) oder eines Zusammenhangs (immateriell) dar.[89] Erst durch die Anreicherung einer Information mit einem bestimmten Bedeutungskontext kann Wissen aufgebaut werden.[90] Wissen basiert demnach auf Informationen, die verarbeitet, reflektiert und verinnerlicht werden und dadurch eine Vorstufe des Wissens bilden.[91] Somit setzt sich Wissen aus an Personen oder Organisationen gebundene, spezifische und zweckgerichtete Information zusammen, wobei der Wissensaufnahme bzw. -aneignung, im Gegensatz zu Information, immer ein Lernprozess vorausgeht.[92] Dabei ist die Wissensaneignung gemeinhin von bereits vorhandenem subjektivem Vorwissen abhängig. Zusammenfassend ist also von einem Prozess der Wissenserzeugung zu sprechen. Dabei ist Lernen der Prozess und Wissen das Ergebnis, während die Umwandlung von Daten in Information und Wissen die Einbettung in einen Kontext sowie die Aufnahme in den persönlichen Erfahrungsschatz voraussetzt.[93]

Neben der Abgrenzung von Daten, Informationen und Wissen steht die Abgrenzung unterschiedlicher **Wissensarten** im Fokus. Zusammengenommen existiert eine Fülle an Literatur, die sich lediglich mit der Unterscheidung von Wissensarten beschäftigt, wobei die bekannteste und in der Wirtschaftswissenschaft gebräuchlichste Unterscheidung zwischen *know-what* bzw. *know-that*, also Fakten- und Tatsachenwissen, *know-why*, also Kausal- und Prozesswissen und *know-how*, also Handlungswissen und prozedurales Wissen differenziert.[94] Während *know-what* bzw. *know-that* und *know-why* eher theoretischer Natur sind und somit Sachwissen dar-

[85] Vgl. Rehäuser und Krcmar (1996), Amelingmeyer (2002), Davenport und Prusak (1998) sowie North (1998), welcher dabei eher auf den Vernetzungsgrad als auf eine sequentielle Stufenabfolge abzielt.
[86] Vgl. Wulfert (2011), S. 15
[87] Vgl. Krcmar (2000), S. 11 ff.
[88] Vgl. Rehäuser und Krcmar (1996), S. 3 ff.
[89] Vgl. Pohle (2003), S. 4
[90] Vgl. Peters et al. (2006), S. 100
[91] Vgl. Meusburger (2006), S. 287
[92] Vgl. Pohle (2003), S. 4
[93] Vgl. Willke (1998), S. 8ff.
[94] Vgl. Ryle (1949), S. 25 ff.. Lundvall und Johnson (1994) ergänzen in ihren Ausführungen über die *learning economy* die ökonomisch relevanten Wissensarten um *know-who*. Diese Wissensart ist dem *know-how* in seinen Ausprägungen anzugliedern. Arrow (1962a) thematisiert das prozedurale Wissen.

stellen, ist *know-how* eher anwendungsorientiert und damit dem Verfügungswissen zuzuordnen.[95] Die Unterscheidung zwischen theoretischem und anwendungsorientiertem Wissen spielt vor allem im Kontext des Wissenstransfers eine herausragende Rolle. Man unterscheidet hier zwischen Ursache-Wirkungs-Wissen (theoretisches Wissen) und Ziel-Mittel-Wissen (anwendungsorientiertes Wissen).[96] Ersteres umfasst Grundlagenforschung, Faktenwissen, allgemeinnütziges Kausalwissen und ist somit eine öffentliche Aufgabe, während Ziel-Mittel-Wissen die Lösung praktischer Probleme und damit einhergehend die kommerzielle Nutzung und den Wissensschutz umfasst.[97] Innerhalb der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur findet man dem Wissen sinngemäß sehr ähnlich verwendete Begriffe wie Fähigkeiten, Kompetenzen, Fertigkeiten und Kenntnisse, wobei diese weder trennscharf noch einheitlich behandelt werden.[98] Im Grundtenor der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur lässt sich allerdings eine Tendenz der Unterscheidung bzgl. der Anwendung erkennen. Grundlage für diese Annahme ist die Ausgestaltung von Wissen mit zwei Polen. Hierbei wird ein Pol als Information bezeichnet und der andere als Wissensumsetzung. Demnach sind Kenntnisse eher dem Informationspol zuzuordnen, während Fähigkeiten, Kompetenzen und Fertigkeiten eher in Richtung des Pols der Wissensumsetzung resp. Wissensanwendung anzusiedeln sind.[99] In dieser Perspektive wird Kompetenz als Handlungs- und Durchsetzungsfähigkeit bezeichnet und grenzt sich so von Wissen und Intelligenz ab, da diese nicht zwangsläufig zu Handlungen führen.[100] Zudem konkretisieren sich Kompetenzen immer erst im Moment der praktischen Wissensanwendung, was also den Handlungsbezug von Kompetenzen gegenüber Wissen herausstellt.[101]

Wie an den dargestellten Wissensarten bereits erkennbar ist, tritt Wissen in unterschiedlichen **Erscheinungsformen** auf. Eine Unterscheidung lässt sich dabei sowohl zwischen **explizitem und implizitem Wissen** als auch zwischen individuellem und kollektivem Wissen vornehmen.[102] In dieser dichotomischen Gegenüberstellung geht es um die Verfügbarkeit von Wissen und damit vielmehr um den vorliegenden Aggregatszustand als die Wissensart.[103] Um diese beiden Erscheinungsformen voneinander abzugrenzen wird als Hauptunterscheidungskriterium

---

95 Vgl. Caspers et al. (2004), S. 25. Neben dem Sachwissen und Verfügungswissen unterscheiden die Autoren noch das Orientierungswissen, welches das Wissen um Handlungsmaßstäbe, also moralisches Wissen, Werte und Kenntnisse von Kulturen, meint.

96 Vgl. Schwirten (2003), S. 31 ff.

97 Vgl. Wulfert (2011), S. 20

98 So bezeichnet bspw. Probst et al. (1998, S. 44) Wissen als die Gesamtheit aller Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen nutzen, während andere Quellen Wissen und Fähigkeiten gleichsetzen.

99 Diese nicht eindeutige Abgrenzbarkeit und die sehr enge Verwandtschaft sind der Grund, weshalb in dieser Untersuchung die Begriffe Wissen, Fähigkeiten, Kompetenzen, Fertigkeiten und Kenntnisse weitgehend synonym verwendet werden. An Stellen, an denen sich eine eindeutige Unterscheidung anbietet, wird darauf hingewiesen.

100 Vgl. Meusburger (1998), S. 76

101 Vgl. Peters et al. (2006), S. 100

102 Vgl. Polanyi (1966), S. 1 ff.

103 Vgl. North (1998), S. 48

die Kodifzierbarkeit und Transferierbarkeit herangezogen, wobei die Möglichkeit Wissen in eindeutige Regeln und Beziehungen zu strukturieren als Kodifizierbarkeit verstanden wird.[104] Explizites Wissen ist systematisch in formaler Sprache beschreib- und darstellbar und steht somit in kodifizierter Form zur Verfügung.[105] Zusammen mit der Eigenschaft personenungebunden und dadurch relativ einfach transferierbar zu sein ergibt sich eine starke Überlappung und eher schwierige Zuordnungsmöglichkeit der oben beschriebenen Wissensarten von *know-what/-that* und *know-why*. Implizites Wissen (*tacit knowledge*) ist im Gegensatz hochgradig personengebunden sowie kaum formulier-, kodifizier- und kommunizierbar.[106] Die Stellung des Individuums als Wissensträger lässt eine Verknüpfung mit der Wissensart *know-how* zu, wobei implizites Wissen kognitive Elemente, wie bspw. Denkmuster und technische Elemente im Sinne spezieller Fähigkeiten, umfasst.[107] Somit ist implizites und erfahrungsbezogenes Wissen erforderlich um kodifiziertes und explizites Wissen zu verstehen.[108] Bezugnehmend auf die Unterscheidung zwischen **individuellem und kollektivem Wissen** ist die Bedeutung der organisationalen Wissensbasis ausschlaggebend. Diese setzt sich aus dem individuellen Wissen der Mitarbeiter und dem kollektiven Wissen zusammen. Es ist in ein Beziehungsnetz, bestehend aus gemeinsamen Verhaltensmustern und der Unternehmenskultur eingebettet.[109]

Anknüpfend an die Unterscheidung der Erscheinungsformen von Wissen stellt sich die Frage mit welchen **Attributen** Wissen ausgestattet ist. Da Wissen kein homogenes Gut ist, ist die Untersuchung der Wissensattribute nicht ohne eine Unterscheidung der jeweiligen Arten und Erscheinungsformen machbar.[110] Dabei ist grundsätzlich zwischen zwei epistemologischen Anschauungen zu unterscheiden. Während die objektivistische Sichtweise das explizite Wissen in den Vordergrund rückt, fokussiert die anwendungsbasierte Anschauung das implizite Wissen.[111] Somit steht die soziale Interaktion von Individuen und Organisationen im Vordergrund und Wissen ist in einem dynamischen Kontext zu betrachten. Diese kontextspezifische Betrachtung von Wissen, die eine Abhängigkeit von Zeit und Raum voraussetzt, liegt dem kompetenzbasierten bzw. *dynamic-capability*-Ansatz zugrunde. Die neue Innovationsökonomik berücksichtigt beide der genannten Anschauungen und betont das Zusammenspiel der beiden Ansätze. Wissen wird in der Literatur häufig das Charakteristikum eines öffentlichen Guts zugeschrieben.[112] Allerdings muss durch die ausdrückliche Berücksichtigung impliziten Wissens inner-

[104] Vgl. Kogut und Zander (1992), S. 387
[105] Vgl. Willke (1998), S. 11 f.
[106] Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 76 ff., Nonaka (1991), S. 98 f. und Willke (1998), S. 12 f.
[107] Vgl. Schön (2013), S. 92
[108] Vgl. Strambach (2004), S. 4
[109] Vgl. Saviotti (2005), S. 106
[110] Vgl. Caspers et al. (2004), S. 26
[111] Vgl. Hislop (2009), S. 18
[112] Hierzu finden sich Ausführungen in Nelson (1959) sowie Arrow (1962b).

halb der neuen Innovationsökonomik, im Gegensatz zur Neoklassik, die attributive Ausgestaltung von Wissen differenziert betrachtet werden und ist mit den Wissensattributen **Globalität und Lokalität** zu beurteilen. Explizites Wissen kann, unabhängig davon ob wissenschaftliches oder unternehmensnahes Wissen vorliegt, als global bezeichnet werden, da dessen Übertragbarkeit, aufgrund der kodifizierten Form, uneingeschränkt möglich ist.[113] Implizites Wissen hingegen ist nicht uneingeschränkt übertragbar. Denn durch die Bindung der Fähigkeiten an das Wissen und den im Zeitverlauf kumulierten Aufbau in Organisationen entwickelt sich eine Spezifität, die Wissen als lokal identifiziert.[114] In diesem Zusammenhang ist der Grad der **Komplexität** entscheidend, der sich aus den zu integrierenden wissenschaftlichen Disziplinen und den nötigen Anwendungskompetenzen in Bezug auf Produktion, Markt- und/oder Nachfragecharakteristik zusammensetzt.[115] Eine erhöhte Komplexität verringert die Wahrscheinlichkeit der Übertragbarkeit auf andere Wissensträger, da die Aneignungsmöglichkeiten geringer werden.[116] Damit resultiert aus den Eigenschaften des impliziten Wissens, der Lokalität und der Komplexität das Charakteristikum eines **latent öffentlichen Guts**.[117] Aus den Ausführungen im vorliegenden Unterabschnitt folgt für diese Untersuchung ein Wissensverständnis im weiteren Sinne, d.h. neben der engeren Definition auf den theoriebezogenen Aspekt geistiger Kenntnisse bzw. des intellektuellen Verständnisses werden auch anwendungs- resp. routinebezogene Fähigkeiten und das Humankapital als Wissens- und Kompetenzträger betrachtet.[118]

2.1.2.2. Die dynamische Perspektive von Wissen

Die im vorangegangen Unterabschnitt aufgezeigten Dimensionen von Wissen und die Betonung des wissensbasierten Ansatzes der neuen Innovationsökonomik werden nun in einem dynamischen Kontext betrachtet. Die dynamische Perspektive von Wissen in Bezug auf die Zeit

---

113 Hierbei ist zu beachten, dass die Uneingeschränktheit sich nur auf die Verfügbarkeit bezieht. Die Übertragbarkeit von Wissen bedarf, sowohl auf individueller, als auch auf organisationaler Ebene, die Aufnahmefähigkeit des jeweiligen Akteurs. Dies wird durch das Konzept der absorptiven Fähigkeiten beschrieben.

114 Im Falle von technologischem Wissen wird zusätzlich zu einer Unternehmens- bzw. Organisationsspezifität, eine Technologiespezifität sichtbar, welche den lokalen Charakter von technologischem Wissen zusätzlich stärkt. Dadurch wird explizit die neoklassische Ausgestaltung der Produktionsfunktion angesprochen, die sich unter technologischer Lokalität nicht als Ganzes verschiebt, sondern einzelne Punkte eine Veränderung erfahren. Vgl. Stiglitz (1987), S. 125 ff. Eine zusammenfassende Betrachtung findet sich in Pyka (1999), S. 52 f. Von Hippel (1994) prägt den Begriff des *sticky*, also klebrigen Charakters von Wissen als synonym zu dem hier verwendeten Begriff des impliziten Wissens.

115 Vgl. Malerba und Orsengio (1993), S. 49

116 Vgl. Pyka (1999), S. 57

117 Vgl. Nelson (1989), S. 232. Während explizites Wissen einen öffentlichen Charakter besitzt und implizites Wissen durchaus Privat-Gut-Züge annehmen kann, erwähnt Helmstädter (2011), S. 18 in diesem Zusammenhang der Konzeption eines Guts auf einen weiteren Aspekt, indem er anmerkt, dass Wissen sich weder durch den individuellen noch durch den gesellschaftlichen Gebrauch nicht abnutzt, sondern in beiden Fällen auf, denn über die ökonomische Anwendung neuen Wissens entsteht weiteres Wissen.

118 Vgl. Schumann (2011), S. 114 f.

rückt den Transfer und die wettbewerbliche Wissensausstattung von Organisationen in den Anschauungsmittelpunkt.[119] Wissen ist aufgrund seines impliziten Charakters und der dadurch entstehenden Organisationsspezifität sowie seiner Komplexität nicht mehr nur das Nebenprodukt unternehmerischer Aktivität, sondern ist ein gezielt betriebener Prozess.[120] Die Dynamisierung von Wissen zeigt sich in Lernprozessen, d.h. die kontinuierliche Generierung neuen Wissens und dessen Integration und Speicherung in den bestehenden Wissensstock. Die Generierung neuen Wissens innerhalb einer Organisation vollzieht sich dabei sowohl auf individueller Ebene als auch im Zusammenspiel mit den in der Organisation zugrunde liegenden etablierten Routinen und Prozessen,[121] welche durch die Anwendung neuen Wissens in das soziale System der Organisation eingeht.[122] Die Funktion der Organisation besteht zum einen in der rahmenschaffenden und verstärkenden Rolle als Institution in Bezug auf das individuelle Lernen und zum anderen in der Bewerkstelligung der Integration in das organisationale Wissensnetzwerk.[123] Somit besteht organisationales Lernen, im Gegensatz zu individuellem Lernen, in der zyklischen Verknüpfung und Iteration aus explizitem und implizitem Wissen.[124] Damit ist die Generierung von Wissen Voraussetzung für die permanente Anpassung der organisationalen **Wissensbasis** an sich verändernde Umweltbedingungen und folglich für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Organisation verantwortlich.[125] Für den Prozess der Aufrechterhaltung und des Ausbaus der Wissensbasis stehen grundsätzlich zwei Strategien zur Verfügung. Dies sind einerseits die Exploitation bestehenden Wissens und andererseits die Exploration neuer Wissensbestände.[126] So wird ein Problemlösungsprozess als zweistufig angesehen. Der

---

119 Vgl. Penrose (1959), Carlsson und Eliasson (1994) sowie Pyka (1999)

120 Vgl. Pyka (1999), S. 49

121 Unter Routinen versteht man hier die im Entscheidungsprozess angewandten Heuristiken und Daumen-Regeln, wodurch sich Routinen als regelbasiertes Verhalten bei einer Betrachtung über einen längeren Zeitraum definieren lassen. Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 14 f. Diese Anschauung geht auf das durch Unsicherheit und Dynamik geprägte Akteursumfeld zurück, in welchem die Akteure lediglich über eine eingeschränkte Rationalität als Entscheidungsgrundlage verfügen. Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 35 sowie Simon (1955), S. 113

122 Vgl. Kogut und Zander (1992), S. 383 ff.. Nach Nelson und Winter (1982), S. 99 f. thematisieren die Speicherung von Wissen innerhalb der in der Organisation zugrunde gelegten Routinen und Prozesse, sowie die Speicherung auf individueller Ebene. Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 81

123 Vgl. Nonaka (1994), S. 17 ff.. Auch hier existieren unterschiedliche betrachtungsperspektivische Ansätze. Während Argyris und Schön (1978) den kognitionstheoretischen Blickwinkel in das Zentrum stellen, heben March und Olson (1976) auf den Aspekt der Interaktion zwischen Organisation und Umwelt ab.

124 Für eine detaillierte Betrachtung des Wissensgenerierungsprozesses innerhalb einer Organisation unterscheidet Nonaka (1994), S. 18 ff. zwischen vier Formen der Wissensgenerierung: Sozialisation, Kombination, Externalisierung und Internalisierung. Den Wissensgenerierungsprozess stellt Nonaka (1994), S. 20 als Spirale der gegenseitigen Beeinflussung und Abfolge der vier Wissensgenerierungsformen dar.

125 Vgl. Jensen et al. (2007), S. 680 ff. sowie Levitt und March (1988), S. 319 ff.

126 Vgl. March (1991), S. 71 ff. Im analytischen Zusammenhang der neuen Innovationsökonomik ist davon auszugehen, dass eine Wissensbasis nie lückenlos oder vollkommen sein kann. Diese Lücke zwischen den vorhandenen Fähigkeiten und den Herausforderungen des zu lösenden Problems werden von Heiner (1983), S. 562 als C-D-Lücke (*competence-difficulty-gap*) bezeichnet.

erste Schritt ist der Rückgriff auf den vorhandenen Wissensstock (Exploitation).[127] Gelingt dieser nicht, wird in einem zweiten Schritt die Generierung neuen Wissens initiiert (Exploration).[128] Im Rahmen der **Exploitation** wird eine Fokussierung auf die organisationseigenen Kompetenzen bzw. deren Kombination etabliert, was sich in einer inkrementellen Verbesserung bestehender Lösungsansätze in Bezug auf Produkte, Prozesse und Organisation zeigt.[129] Die Exploitation zielt somit auf Effizienz und auf eine Reduktion von Unsicherheiten im Lern- und Innovationsprozess ab. Durch die Tatsache, dass neues Wissen auf Bestehendem aufbaut, kommt der kumulative und pfadabhängige Charakter des Lernens zum Ausdruck.[130] Dies hat zur Folge, dass die bestehende Wissensbasis die zukünftigen Entwicklungen der Wissensgenerierung beeinflusst und eine breite Wissensbasis, aufgrund von Synergien, Mengen- und Lernkurveneffekten, die weitere Wissensakkumulation fördert.[131] Auf Basis dieser Erkenntnis lässt sich folgern, dass die reine Fokussierung auf eine exploitative Strategie des bestehenden Wissens, zumindest auf lange Sicht, die Gefahr einer Austrocknung der Wissensbasis besteht, da es aufgrund des kumulativen und pfadabhängigen Charakters von Wissen zu sogenannten *Lock-in*-Effekten kommen kann.[132] Um dies zu vermeiden muss eine Balance zwischen der Exploitation und der Wissenserschließung aus anderen Bereichen erhalten werden.[133] Unter dieser Erschließung aus anderen Bereichen, versteht man die **Exploration** von Wissen. Somit wird die zentrale Rolle organisationaler Lernstrategien für aktuelle Kernbereiche einerseits und die Erschließung wissensbasierter Zugänge zu aufkommenden Wissensfeldern andererseits hervorgehoben. Auf dieser Einsicht gründet das in Unterabschnitt 2.1.1.3 vorgestellte *systems integration and networking model*.[134] Es betont die Bedeutung internen und externen Lernens damit, dass Wissen einerseits innerhalb der Organisation generiert, oder auch durch externe Verbindungen die organisationale Wissensbasis erweitert wird.[135] Um dies zu gewährleisten müssen die Organisation und damit auch das Individuum, die Fähigkeit besitzen neues Wissen aufzunehmen und zu verarbeiten.[136] Hierfür steht der Begriff der **absorptiven Fähigkeiten**, welche die Empfängerkompetenz der Identifikation, Bewertung, Integration und Nutzung externen Wissens durch dessen Verknüpfung mit der internen Wissensbasis umfasst.[137] Ergänzt um die

---

127 Vgl. Kline und Rosenberg (1989), S. 291
128 Vgl. zudem Levinthal und March (1993).
129 Vgl. March (1991), S. 71
130 Vgl. Cohen und Levinthal (1990), S. 128 ff. und Kogut und Zander (1992), S. 383
131 Vgl. Diereckx und Cool (1989), S. 1507 und Itami und Roehl (1987), S. 41. Weil mit der Größe bzw. Breite der Wissensbasis gleichsam der Aufwand zu deren Nutzung steigt, stellt Boisot (1988), S. 57 f. fest, dass effektives Lernen nur innerhalb eines bestimmten Korridors, der sich zwischen der Varietät und Bestimmtheit der Wissensbasis etabliert, stattfinden kann.
132 Vgl. Levinthal und March (1981), S. 307 ff. und Leonard-Barton (1992), S. 111 ff.
133 Vgl. March (1991), S. 41
134 Vgl. Rothwell (1992), S. 130 ff.
135 Vgl. Kogut und Zander (1992), S. 385
136 Vgl. Matusik und Heeley (2005), S. 550
137 Vgl. Cohen und Levinthal (1989), S. 569. Ein ähnliches Konzept der Empfängerkompetenz liefert Eliasson (1990).

Fähigkeit der vorherigen Transformation bzw. Anpassung des externen Wissens wird die Integration in die bestehende Wissensbasis ermöglicht.[138] Dadurch wird eine Unterscheidung zwischen potentieller Absorptionsfähigkeit, also der Bewertung und Integration und realisierter Absorption, also der Transformation und Anwendung des Wissens notwendig.[139] Externes Lernen bzw. der Aufbau neuen Wissens aus externen Wissensquellen setzt somit den aktiven und aufwändigen Aufbau der absorptiven Fähigkeiten voraus. Dabei stehen die eigenen F&E-Anstrengungen im Mittelpunkt.[140] Dies verdeutlicht, dass eigenes Wissen als Voraussetzung zur Verwertung externen Wissens den kumulativen Charakter und einen Aufbau von absorptiven Fähigkeiten im Umfeld der eigenen Wissensbasis zur Folge hat.[141] Somit stellen die absorptiven Fähigkeiten sowohl das Ergebnis, als auch die Voraussetzung für organisationales Lernen dar und bilden im Innovationsprozess den kognitiven Aspekt.[142]

Eine Erweiterung des Ansatzes der absorptiven Fähigkeiten bietet das Konzept der **dynamischen Fähigkeiten**. Der Ansatz der dynamischen Fähigkeiten geht von einem langfristigen Wettbewerbsvorteil für Organisationen aus der aus der Adaptierbarkeit ihrer Fähigkeiten, die sie durch organisationsspezifische Routinen erzeugen, resultiert.[143] Die Reaktionsfähigkeit und -geschwindigkeit der Organisation auf die Umweltdynamik gilt dabei als erfolgskritisch, wobei die Fähigkeit zur Adaption, Integration und Rekonfiguration interner und externer Fähigkeiten und Ressourcen den Schwerpunkt bilden.[144] Der Aufbau von dynamischen Fähigkeiten entsteht durch Kombination der Fähigkeit zur Integration externer Fähigkeiten, also aus absorptiven Fähigkeiten und einer externen Kommunikationsstruktur sowie aus der Relevanz geographisch distribuierter Forschungseinrichtungen.[145] Die Ausgestaltung der dynamischen Fähigkeiten hängt dabei stark von der Organisationsumwelt bzw. deren Dynamik und Struktur ab.[146] Während in einer stabilen Umwelt die Etablierung von Routinen und erfahrungsbasierten Entscheidungsregeln auf Basis des vorhandenen Wissens im Vordergrund stehen, rückt in einer dyna-

---

138 Vgl. Zahra und George (2002), S. 186

139 Einen ähnlichen dreistufigen Prozess der externen Wissenserschließung stellen Lane et al. (2006), S. 856 vor, wobei in einem ersten Schritt das Erkennen und Verstehen, in einem zweiten Schritt die Anpassung und Aufnahme und in einem dritten Schritt die Kreation neuen Wissens von statten geht.

140 Vgl. Cohen und Levinthal (1989), S. 150. Es wird also internes Lernen zur Aufnahme externen Wissens vorausgesetzt. Neben den Investitionen in F&E-tätigkeiten der Organisationen führen aber auch *learning-by-doing* oder *learning-by-using* Prozesse zu einem Aufbau der Wissensbasis. Vgl. Pyka 1999, S. 81

141 Vgl. Pyka (1999), S. 81. Mit der Installierung eines Grundstocks an Wissen fällt der Aufbau neuen Wissens zunehmend leichter, da Abgrenzungen von externen erfolgs- und nicht-erfolgsversprechenden Entwicklungen möglich werden, wodurch sich die Anzahl an Alternativen verringert.

142 Vgl. Pyka (1999), S. 82

143 Vgl. Teece und Pisano (1994), S. 537 ff.

144 Vgl. Teece und Pisano (1994), S. 537 ff. und Teece et al. (1997), S. 516

145 Vgl. Tripsas (1997), S. 341. Die geographische Ausgestaltung von Organisationen und Organisationsnetzwerken wird in Teilkapitel 2.3. näher erläutert.

146 Vgl. Eisenhardt und Martin (2000), S. 1110 f.

mischen Umwelt die flexible und schnelle Generierung des benötigten Wissen als Wettbewerbsvorteil in den Vordergrund.[147] Das Konzept der dynamischen Fähigkeiten eröffnet danach das Potential zur Identifikation und Behebung von Routinen und Pfaden durch die Berücksichtigung der dynamischen Umwelt und der Reaktionsfähigkeit und -geschwindigkeit der organisationalen Strukturen.[148] Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass sowohl Innovation als auch Wissen komplexe Phänomene sind, die situations- und betrachtungsebenenspezifisch erörtert werden müssen. In einer organisationsübergreifenden Sicht des kollektiven Innovationsprozesses werden Lernen und Wissen zu zentralen Produktivitätsfaktoren und haben somit eine herausragende Bedeutung für die Industrieevolution. Diese wird im folgenden Teilkapitel betrachtet.

2.2. Die Evolution von Industrien mit komplexen Produkten

Ausgehend von der dargelegten Rolle von Wissen und Innovationen stellt sich die Frage, wie es in der Realität zu mehr oder weniger geordneten Entwicklungen von Technologien, Technik, Produkten und schlussendlich ganzen Industrien kommt. Der Begriff der Industrie wird im Zuge dieser Analyse als die Summe aller an der Erstellung von Technik beteiligten Akteure verstanden. Schon in dieser Definition wird die maßgebliche Rolle von Technologie und Technik für die Industrieevolution sichtbar.[149] So beschreibt die Industrieevolution die Entwicklung und die verschiedenen Entwicklungsstadien, die eine Industrie über die Zeit durchläuft, fokussiert somit eine dynamische Perspektive und bezieht mikro-, meso- und makroökonomische Betrachtungen mit ein. Dabei ist der Begriff der Evolution aufgrund der evolutorischen Modellen zugrundeliegenden Ergebnisoffenheit bzgl. zukünftiger Entwicklungen zu wählen.[150] Im Zuge dieser ergebnisoffenen Betrachtungsweise ist die Industrie als adaptives System zu begreifen, welches sich durch Innovationsaktivitäten der Unternehmen und selektive Mechanismen in einem technologischen, politischen, rechtlichen und sozialen Kontext über den Zeitverlauf hinweg entwickelt.[151]

2.2.1. Technik- und Technologieentwicklung als Determinante

Technologie und Technik kommt in der wissenschaftlichen Literatur eine tragende Rolle für die wirtschaftliche Entwicklung und damit der Industrieevolution zu. Nach Schumpeter ist tech-

[147] Vgl. Barney (1991), S. 103
[148] Vgl. Teece und Pisano (1994), S. 545
[149] Diese Aussage wird entscheidend von Schumpeter (1942) sowie Nelson und Winter (1982) vertreten.
[150] Im Rahmen dieser Analyse werden die Begriffe Industrieevolution und Industrieentwicklung, aufgrund der Lesbarkeit synonym verwendet, obwohl im eigentlichen Sinne der Begriff der Evolution eine Art der Entwicklung darstellt.
[151] Die selektiven Mechanismen werden von Alchian (1950), S. 211 ff. angeführt. Burr et al. (2011), S. 498 ff. betonen den Kontext der Innovationsaktivitäten in diesem Zusammenhang.

nischer Wandel der Prozess, der unaufhörlich die Wirtschaftsstruktur von innen heraus revolutioniert, dabei alte Strukturen zerstört, neue schafft und so als schöpferische Zerstörung bezeichnet wird.[152] Dabei wird eine Unterscheidung zwischen Technologie und Technik sichtbar, obwohl in der heutigen wirtschaftswissenschaftlichen Literatur oftmals dasselbe gemeint ist.[153] In dieser Untersuchung wird eine Trennung der beiden Begriffe vorgenommen. So versteht man unter **Technologie** die Summe des gebündelten Wissens, inkl. der Kenntnisse und Fähigkeiten um naturwissenschaftliche Zusammenhänge zur technischen Problemlösung. **Technik** wiederum ist die Umsetzung von Technologie in Produkte oder Verfahren.[154] Mit Technik ist somit die konkrete Nutzbarmachung von naturwissenschaftlichem Wissen gemeint, während mit Technologie die Gesamtheit aller Prozesse und Verfahren gemeint ist, die nicht notwendigerweise in einem Artefakt realisiert sein müssen.[155] Damit ist Technologie eine Voraussetzung zur Erstellung von Technik, wobei Technik immer Technologie miteinschließt, nicht allerdings umgekehrt.[156]

2.2.1.1. Entwicklungsprinzipien technischen Fortschritts

Am Beispiel der Technik- und Technologieentwicklung lassen sich die Grundprinzipien der Industrieevolution aufzeigen und veranschaulichen.[157] Unter diesen Grundbedingungen sind Pfadabhängigkeit, technologische Paradigmen und Trajektorien, sowie technologische Möglichkeiten zu verstehen. Unter dem evolutorischen Grundprinzip der **Pfadabhängigkeit** versteht man im Allgemeinen die Abhängigkeit gegenwärtiger Entwicklungen und Zustände von vergangenen.[158] Die Differenzierung begründet sich in der Berücksichtigung des historischen Pfades, was im Fall der Technologie die Determinierung ihrer Entwicklungsrichtung darstellt. Pfadabhängigkeiten engen somit die Handlungsalternativen resp. Entwicklungsrichtungen ein und wirken so auf deren Evolution.[159] Dabei sind die Ursachen für das Auftreten von Pfadab-

---

152 Vgl. Schumpeter (1942), S. 83

153 Pyka (1999), S. 52 führt diese Tatsache auf die im angelsächsischen Sprachraum nicht-existente Unterscheidung zwischen Technologie und Technik zurück, sodass sich im deutschen Sprachraum diese Tradition ebenfalls durchgesetzt hat und es vermehrt zu einer Gleichsetzung der beiden Begriffe kommt.

154 Vgl. Schuh et al. (2011), S. 33 ff.

155 Vgl. Grupp (1997), S. 10

156 Vgl. Knappe (2014), S. 48

157 Diese Grundprinzipien werden an dieser Stelle im Rahmen der Technologie und Technik diskutiert und besitzen einen allgemeingültigen Charakter auch außerhalb der hier aufgezeigten Anwendung. So lassen sich bspw. Pfadabhängigkeiten sowohl auf Technologie als auch auf Institutionen und Organisationen anwenden. Vgl. Thelen (1999) sowie Sydow et al. (2009). Hierbei muss zwischen der Makro-, Meso- und Mikroebene unterschieden werden. Vgl. Vergne und Durand (2010), S. 737. Pfadabhängigkeit auf Makroebene werden von North (1990) und Pierson (2000), auf Mesoebene von David (1985) und Arthur (1989) und auf Mikroebene von Teece et al. (1997) sowie Sydow et al. (2005) behandelt.

158 Vgl. Pyka (1999), S. 144. Nach Beyer (2005), S. 7 wird der Begriff der Pfadabhängigkeit vor allem auf Arthur (1989) und David (1971) zurückgeführt, die mit ihren Studien die Effizienzannahmen der Neoklassik in Frage stellen.

159 Vgl. Beyer (2005), S. 6

hängigkeiten vielfältig und betreffen sowohl die technologische als auch die durchsetzungsbezogene Ebene. Neben der technologischen Interdependenz spielen Skalenerträge, Routinen und Suchheuristiken, Verhaltensmuster der beteiligten Akteure, deren Machtposition und vor allem die Irreversibilität von Investitionen eine wesentliche Rolle.[160] Folglich erzeugt Pfadabhängigkeit einerseits, aufgrund ihrer Anschlussfähigkeit an Vorhandenes, eine Richtungstendenz fortführender Entwicklung. Anderseits generiert sie Trägheit und zeichnet sich für die Durchsetzung sowie *Lock-in*-Effekte in inferiorer Standards verantwortlich.[161] Dabei müssen *Lock-ins* keine persistenten Zustände sein. Sie bezeichnen die Widerstände die für einen technologischen Wandel überwunden werden müssen, wobei Pfadwechsel mit sehr hohen Kosten belastet sind.[162]

Eng mit dem Konzept der Pfadabhängigkeit verbunden ist das Konzept **technologischer Paradigmen**, welches für einen bestimmten Zeitraum den Rahmen für normalen technischen Fortschritt vorgibt und dadurch den technologischen Wandel beschreibt.[163] Ein technologisches Paradigma wird so als Lösungsmuster ausgewählter techno-ökonomischer Probleme definiert, die zum einen auf naturwissenschaftlichen Zusammenhängen und zum anderen auf bestimmten Methoden des unternehmerischen Wissenserwerbs basieren.[164] Ein technologisches Paradigma stellt dabei ein Fortschrittskonzept dar, das sich durch spezifische techno-ökonomische *trade-off*-Beziehungen auszeichnet und verbleibende Problembereiche und lösungsrelevante Wissensfelder und -quellen definiert.[165] Hierdurch gibt das Paradigma ebenso die Richtung und die Intensität des Fortschritts resp. einen Entwicklungsrahmen vor.[166]

Die Ausprägung eines technologischen Paradigmas ist als artefaktbezogene Konkretisierung des Entwicklungsrahmens resp. der funktionalen Architektur der abgeleiteten Produkte aufzufassen, was als **Basisdesign** bezeichnet wird.[167] Die technologische Entwicklung des Paradigmas wird maßgeblich durch die Weiterentwicklung des Basisdesigns bestimmt, wobei diese Betrachtung die Technik sowie die Technologie umfasst.[168] Ein Basisdesign definiert sich folglich durch die erstmalige Anwendung eines physikalisch anderen Wirkprinzips der Technik

---

160 Vgl. Wetzel (2005), S. 9, Beyer (2005), S.8 ff. sowie Linscheidt (1999), S. 9 ff. Irreversibilität zeitlicher Abläufe ist als weiteres Merkmal einer evolutorisch-dynamischen Betrachtungsweise technischen Wandels (bzw. generell von Entwicklung) anzusehen und betont die Unmöglichkeit der Zurücknahme von bereits stattgefundenen Ereignissen, wodurch Zeit zu *historischer Zeit* wird. Vgl. Pyka (1999), S. 145 sowie Dosi (1988), S. 1144

161 Vgl. Knappe (2014), S. 68, Malerba (2006), S. 17 sowie Linscheidt (1999), S. 12

162 Vgl. Beyer und Wielgohs (2001), S. 365

163 Unter normalem technischem Fortschritt versteht Dosi (1982), S. 187 insbesondere inkrementelle Verbesserungsinnovationen.

164 Vgl. Dosi (1988), S. 1127

165 Vgl. Dosi (1982), S. 148, Dosi (1988), S. 1127 sowie Pyka (1999), S. 63 f.

166 Vgl. Pyka (1999), S. 62

167 Vgl. Abernathy und Utterback (1978), S. 44

168 Vgl. Pyka (1999), S. 63 f.

bzw. der erstmaligen Anwendung einer Technologie und sagt noch nichts über die Überlegenheit in der mengenmäßigen Anwendung gegenüber Konkurrenzprodukten bzw. -technologien aus. Dies wird mithilfe des Konzepts des **dominanten Designs** realisierbar,[169] welches eine Betrachtung der Rolle des Produktdesigns in einer zeitlich dynamischen Perspektive bewerkstelligt. Ein Design gilt dann als dominant, wenn entweder das wettbewerbsfähigste alternative Design unterliegt oder das Design einen klaren Vorsprung im Marktanteil gegenüber den Alternativen erringt und sich eine Vergrößerung dieses Vorsprungs abzeichnet.[170] Nach dem Aufkommen eines dominanten Designs ist dessen Adaption ein entscheidender Faktor für das Überleben von Unternehmen, da es Unsicherheit reduziert und Kontinuität sowie pfadabhängige Charakteristiken, wie *Lock-in*-Effekte, verstärkt.[171] In einem so beschriebenen technologischen Paradigma wird deutlich weshalb in der Regel kein willkürlicher Innovationsprozess zu beobachten sondern eine trajektoriegeleitete Anstrengung zu erkennen ist.[172]

Ein technologisches Paradigma selektiert aus der Auswahl an technologischen Entwicklungsmöglichkeiten auf zwei Ebenen. Zum einen entsteht auf Branchenebene ein Basisdesign und zum anderen werden auf Unternehmensebene die zur Anwendung kommenden Suchheuristiken selektiert, wobei sich ein kumulativer und zielgerichteter technischer Fortschritt ergibt.[173] Diese Entwicklung entlang eines Pfades resp. der Pfad selbst wird als **technologische Trajektorie** bezeichnet.[174] Aufgrund der fokussierten Entwicklungsperspektive bilden technologische Trajektorien einen Pfad schrittweiser Verfeinerung und Verbesserung und sind so als Prozess der Ausbeutung von Skaleneffekten, komplementären Technologien, spezifischer Infrastruktur und technischer Standards zu begreifen.[175] Parallel dazu liegt es in der Natur einer technologischen Trajektorie, dass mit fortschreitender, kumulativer Erschließung der Entwicklungspotentiale zunehmend Engpässe aufgrund naturgesetzmäßiger Beschränkungen entstehen,[176] wodurch sich der Spielraum für weitere Entwicklungen einschränkt.[177]

---

169 Vgl. Tushman und Rosenkopf (1992), S. 320 ff., Suarez und Utterback (1995), S. 416

170 Vgl. Suarez (2004), S. 281, Knappe (2014), S. 70 f. sowie Abernathy und Utterback (1978), S. 44. In der Literatur existieren einige in der Stoßrichtung der Diskussion zu technologischen Paradigmen eng verwandte Konzepte, wie bspw. bei Sahal (1981), S. 33, der anstatt von Basisdesign von technologischen Wegweisern spricht oder Rosenberg (1969), der fokussierende Objekte an Stelle der hier verwendeten Begrifflichkeit des Artefakts verwendet und Nelson und Winter (1982), S. 258 f., die von technologischen Regimen die sich entlang natürliche Pfade entwickeln.

171 Vgl. Tushman et al. (1997), S. 10

172 Vgl. Pyka (1999), S. 64

173 Vgl. Pyka (1999), S. 65

174 Vgl. Dosi (1982), S. 152 f.

175 Vgl. Dosi (1988), S. 1146

176 Vgl. Dosi (1988), S. 1138 sowie Coombs (1988), S. 297. Ayres (1988), S. 96 liefert dafür das Beispiel der naturgesetzmäßigen Beschränkung bei Flugzeugantrieben.

177 Vgl. Sahal (1985), S. 63

Dieser Entwicklungskorridor lässt sich mithilfe des Konzepts der **technologischen Möglichkeiten** erklären.[178] Technologische Möglichkeiten beschreiben das Entwicklungspotential einer Technologie und den Schwierigkeitsgrad technologischer Verbesserungen.[179] Dabei unterscheidet sich die Charakteristik der Erschließung technologischer Möglichkeiten in Abhängigkeit von Technologiequellen, Kundenanforderungen und Aneignungsbedingungen.[180] Der Ursprung technologischer Möglichkeiten ist technisches Wissen. In diesem Zusammenhang kommt dem externen Lernen eine zentrale Rolle bei der Überwindung und/oder Umgehung interner F&E-Engpässe zu, da es neue Impulse bietet und so neue technologische Möglichkeiten eröffnet.[181] Grundsätzlich ist zwischen intensiven und extensiven technologischen Möglichkeiten zu unterscheiden. Intensive technologische Möglichkeiten bezeichnen das spezifische und beschränkte Entwicklungspotential einer Trajektorie, wohingegen extensive technologische Möglichkeiten aus der wechselseitigen Beeinflussung und den Komplementaritäten unterschiedlicher Technologien erwachsen.[182] Die positiven Effekte der Erschließung extensiver technologischer Möglichkeiten werden als *Cross-Fertilisations*-Effekte bezeichnet und nehmen innerhalb des vernetzten Innovationsbilds eine entscheidende Rolle ein.[183]

2.1.2.2. Technologische Trajektoriephasen

Diese besprochenen Entwicklungsprinzipien des technischen Fortschritts lassen sich dabei in einer zeitlich-dynamischen Veranschaulichung in drei wesentliche Trajektorie-Phasen unterteilen: Exploration, Exploitation und Reife (vgl. Abb. 2-1).[184] In der **Explorationsphase**, auch als *era of ferment* bezeichnet,[185] spielt die aus der Diskontinuität resultierende technologische Dimension der Unsicherheit eine entscheidende Rolle.[186] Dies gründet maßgeblich auf der offenen Verlaufsrichtung innerhalb einer potentiell einzuschlagenden Paradigma-Trajektorie-Kombination oder der noch ausstehenden Selektion einer solchen. Dementsprechend zeichnet sich die Explorationsphase durch die geringe Reife der Technologie und der die Technologie inkorpo-

178 Vgl. Pyka (1999), S. 66
179 Vgl. Pyka (1999), S. 66
180 Vgl. Pavitt (1984), S. 343
181 Vgl. Pyka (1999), S. 67
182 Vgl. Coombs (1988), S. 304
183 Vgl. Mokyr (1990), S. 281 f.
184 Vgl. Perez (2010), S. 187. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass die in der Literatur verwendete Bezeichnung eines Technologielebenszyklus auf Basis der zu Beginn des Teilkapitels getroffenen Unterscheidung zwischen Technologie und Technik als nicht zulässig erscheint und deshalb hier keine Anwendung findet. Vielmehr kann sich ein Lebenszyklus nur durch die Inkorporation der Technologie in einem Produkt manifestieren, was zu dem in Abschnitt 2.2.2. dargestellten Techniklebenszyklus führt. Grund hierfür ist, dass das Erreichen einer technisch-physikalischen Leistungsgrenze unabhängig von der Inkorporation einer Technologie in einer Technik ist und sich so ein zeitlich verschobenes Bild von technologischer Reife und produktbezogener Reife darstellt. Vgl. Krubasik (1982), S. 29 sowie Höft (1992), S.115
185 Vgl. Tushman und Rosenkopf (1992), S. 318 ff.
186 Vgl. Pyka (1999), S. 182

rierenden Produkte aus, was gleichbedeutend mit noch umfangreichen technologischen Möglichkeiten ist.[187] Zudem existieren weder im Produkt noch im (Herstellungs-) Prozess technischen Standards.[188] Daraus erwächst die Tatsache, dass in dieser Phase die Anzahl, Diversität und Dynamik der Basisdesigns am höchsten ist und sich ein Wettbewerb potentieller Paradigma-Trajektorie-Kombinationen ergibt. [189] Die Explorationsphase findet mit der Durchsetzung eines Basisdesigns zum dominanten Design ein Ende. Die Durchsetzung eines dominanten Designs markiert gleichsam den Beginn der **Exploitationsphase**, die auch als *era of incremental change* bezeichnet wird.[190] Durch die Festlegung einer Paradigma-Trajektorien-Kombination reduziert sich die technologische Unsicherheit maßgeblich.[191] Grund hierfür ist die Fokussierung auf die intensiven technologischen Möglichkeiten des eingeschlagenen Pfades, d.h. es findet ein technologischer Exploitationswettlauf mit Produkten statt. Sowohl die Anzahl als auch die Diversität und Dynamik der Produktdesigns reduzieren sich durch inkrementelle Entwicklungen entlang der Trajektorie.[192]

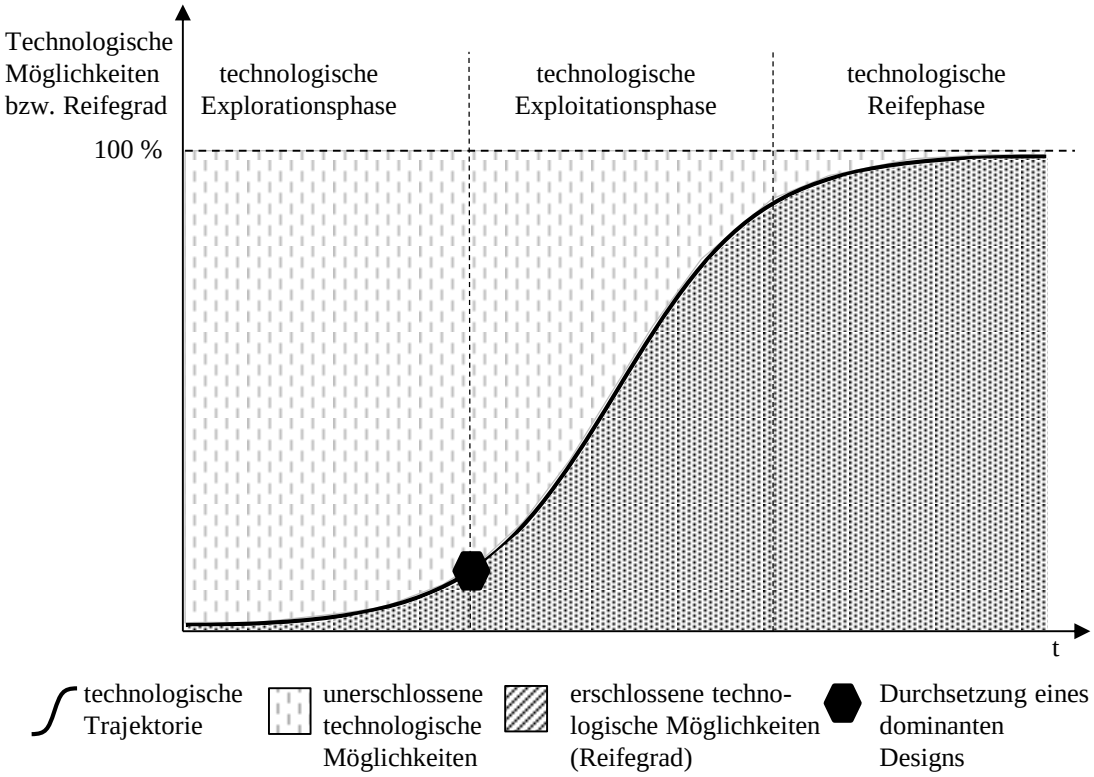


Abb. 2-1: Technologielebenszyklus[193]

[187] Vgl. Klepper (1997), S. 148
[188] Vgl. Klepper (1997), S. 146 ff.
[189] Vgl. Klepper (1996), S. 565 f., Perez (2010), S. 186, Tushman et al. (1997), S. 9 sowie Suarez (2004), S. 280
[190] Vgl. Tushman und Rosenkopf (1992), S. 323 ff., Klepper (1997), S. 148 sowie Geels (2005), S. 54
[191] Vgl. Abernathy und Utterback (1978), S. 45
[192] Vgl. Klepper (1996), S. 565
[193] Eigene Darstellung in Anlehnung an Perez (2010), S. 187 sowie Knappe (2014), S. 85

Das Einsetzen der **Reifephase** markiert der, durch die Ausbeutung der intensiven technologischen Möglichkeiten, steigende Aufwand bei abnehmendem Reifegewinn und das Einsetzen abnehmender Renditen der erreichten technischen Verbesserungen.[194] Die Erschöpfung der intensiven technologischen Möglichkeiten geht mit einer geringen Unsicherheit bzgl. der Technologieentwicklung einher.[195] In der Reifephase ist eine geringe Diversität und Dynamik des dominanten Designs zu beobachten. Allerdings findet verstärkt eine Variation und Ausdifferenzierung dessen statt, was sich in einem Kosten- und Qualitätswettlauf sowie der Fokussierung auf Prozesse niederschlägt.[196] Es ist ein hoher Standardisierungsgrad sowohl im Produkt als auch in dessen (Herstellungs-) Prozessen festzustellen, wobei die Prozesse und Methoden stark technologiebezogen differenziert und spezialisiert sind.[197] In Summe ergibt sich so ein s-förmiger Verlauf der Technologieentwicklung in einem Spannungsfeld zwischen technologischer Reife bzw. technologischen Möglichkeiten und der Zeit.[198] Mit dem weiteren Fortlauf der Reifephase stellt sich die Frage nach der nachfolgenden Entwicklung und der Reaktion auf die Erschöpfung der technologischen Möglichkeiten entlang der Trajektorie. Dabei stehen zwei grundsätzliche Reaktionen zur Verfügung. Entweder die vertiefte Suche nach intensiven Möglichkeiten oder ein **Paradigmenwechsel** der die geordnete, normale Phase unterbricht.[199] Wiederum sind zwei wesentliche Auslöser eines Paradigmenwechsels zu beobachten. Diese Triebfedern sind einerseits die Eröffnung umfangreicher, technologischer Möglichkeiten abseits des aktuellen Paradigmas und andererseits die Erschöpfung von Potentialen des aktuellen Paradigmas.[200] Welche Faktoren für einen Umbruch verantwortlich sind und welche Faktoren einem Umbruch dabei im Wege stehen, ist innerhalb der Literatur nicht eindeutig geklärt bzw. erfährt eine Beeinflussung durch mehrere Aspekte, die auch außerhalb der Technologie zu sehen sind.[201] Die Selektion von technologischen Paradigmen reicht dabei über die technische Ebene hinaus und eröffnet die Möglichkeit die exogene Betrachtung technischen Fortschritts um weitere Erklärungsfaktoren zu erweitern.[202] Neben den ökonomischen Faktoren stehen hierbei die organisationale Expertise resp. deren bisherige Entwicklung sowie institutionelle Faktoren, wie öffentliche Einrichtungen und politische Interessenlagen, im Vordergrund.[203]

---

194 Vgl. Saviotti und Pyka (2008), S. 174 sowie Perez (2010), S. 186 und Geels (2005), S. 54
195 Vgl. Klepper (1997), S. 146 ff.
196 Vgl. Klepper (1996), S. 565
197 Vgl. Klepper (1997), S. 146 ff. sowie Williamson (1975), S. 215
198 Das Konzept der S-Kurven referenziert stark auf Wachstums- und Sättigungskurven, wobei die Konzeptanwendung einen nahezu universellen Charakter aufweist. Vgl. Höft (1992), S. 113 ff. Bezogen auf den Reifegrad lässt sich der Verlauf nach Dosi et al. (1988), S. 471 mit dem Wolff'schen Gesetz der sinkenden Grenzerträge inkrementeller Innovationen erklären.
199 Vgl. Pyka (1999), S. 64
200 Vgl. Knappe (2014), S. 75
201 Vgl. Pyka (1999), S. 65
202 Vgl. Dosi (1982), S. 155
203 Vgl. Tushman et al. (1997), S. 9

Diese Betrachtungsweise für die ursprüngliche Intention der Auswahl von technologischen Paradigmen lässt sich auf eine höhere Betrachtungsebene extrapolieren, indem man der Frage nach den sich wechselseitig beeinflussenden Faktoren der Industrieevolution nachgeht. Diese Untersuchung folgt in Abschnitt 2.2.3., unter Berücksichtigung der technologischen und ökonomischen Elemente sowie unter Beachtung der Einflussfaktoren der Nachfrage und des Staats.

2.2.2. Der Produkt- und Techniklebenszyklus komplexer Produkte

In diesem Abschnitt wird auf die technische Umsetzung sowie die Inkorporation von Technologien und Technik in Produkte fokussiert, die für den weiteren Verlauf der Untersuchung entscheidend sind. Hierzu rückt Unterabschnitt 2.2.2.1. die Erörterung unterschiedlicher Produktcharakteristika in den Betrachtungsmittelpunkt und stellt auf die verlaufsverändernden Mechanismen von Produkt- und Techniklebenszyklen ab, die in Unterabschnitt 2.2.2.2. aufgezeigt werden.

2.2.2.1. Komplexe Produkte

Unter Technik ist die Umsetzung von Technologie in Produkten oder Verfahren zu verstehen.[204] Allerdings ist Technik nicht mit einem Produkt oder Verfahren gleichzusetzen.[205] Dies muss bei der Analyse von Produkt-, Technik- und damit Industrieentwicklungen berücksichtigt werden. Meist setzen sich Produkte aus mehreren Technologien bzw. Techniken zusammen und werden deshalb als Systeme aufgefasst.[206] Diese **additive Charakteristik** von Technik ist ein wesentliches Differenzierungsmerkmal von Produkten und bestimmt deren Charakteristik, die maßgeblich von der Komplexität der Technologie und Technik abhängt.[207] Nach dem Komplexitätsgrad geordnet ergibt sich somit ein Spektrum, das sich von einfachen Produkten hin zu

[204] Vgl. Schuh et al. (2011), S. 33 ff. sowie Abschnitt 2.2.1.
[205] Im Folgenden wird auf Produkte fokussiert.
[206] Vgl. Gann und Salter (2000), S. 959
[207] Der Begriff der Komplexität wurde ursprünglich in der Systemtheorie zur Beschreibung nicht antizipierbarer, nicht-linearer, schwer erklärbarer und deshalb als komplex bezeichneter Phänomene geprägt. Elementar ist dessen Abgrenzung gegenüber einfachen, trivialen, deterministischen und geschlossenen Systemen. Im Zusammenhang dieser Untersuchung wird der Begriff komplex, aufgrund der im englischen Sprachgebrauch als synonym anzusehenden Bedeutung von komplex und kompliziert (beherrschbare Komplexität) als in seiner Bedeutung über diese Begriffe gleichzusetzenden Art verwendet, solange in einem spezifischen Abschnitt keine eindeutige Differenzierung vorgenommen wird. Vgl. Schmidt (2009), S. 81 f. und Herzog (2010), S. 37

komplexen Produktsystemen erstreckt.[208] **Komplexe Produkte**[209] weisen meist eine **systemische Struktur** auf, d.h. sie setzen sich aus mehreren Elementen, Komponenten und/oder Subsystemen zusammen, die in hierarchischer Struktur organisiert sind.[210] Die Funktion der einzelnen Komponenten ist abhängig vom Zusammenspiel des Gesamtsystems bzw. dessen Struktur und Architektur.[211] Daraus ergibt sich die große Anzahl an interagierenden Komponenten und Subsystemen, die durch Schnittstellen gekennzeichnet und durch die Systemarchitektur begrenzt sind.[212] Weiter sind komplexe Produkte durch Nichtlinearität gekennzeichnet. Nichtlinearität besagt, dass kleinste Veränderungen einer Komponente zu großen Veränderungen in Sub- oder Gesamtsystem führen können und sich daraus die Schwierigkeit von Funktionsveränderungen ergibt.[213] Bei der Unterscheidung von Produkten auf einem Komplexitätskontinuum bezieht sich der hohe **Komplexitätsgrad** auf die große Anzahl interagierender Komponenten sowie auf die Breite und Tiefe des benötigten Wissens und der Fähigkeiten, die zur Herstellung eines komplexen Produkts erforderlich sind.[214] Über den Zeitverlauf hinweg können sich Produkte allerdings auf dem dargestellten Komplexitätskontinuum bewegen und legen

---

[208] Der Grad der Komplexität ergibt sich nach Bohne (1998), S. 22 aus der Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente und ihrer Relationen, der Zahl und Verschiedenartigkeit von Beziehungen (Relationen) zwischen den Elementen, der Anzahl möglicher Systemzustände und der Veränderlichkeit von Elementen, Beziehungen und Systemzuständen im Zeitablauf (Dynamik).Von der klassischen Unterscheidung zwischen Konsum- und Investitionsgütern ist in diesem Fall Abstand zu nehmen, auch wenn Konsumgüter aufgrund des häufig auftretenden Massenfertigungscharakters auf einem Komplexitätskontinuum eher bei den einfachen Produkten und Investitionsgüter häufig auf der Seite der komplexen Produkte verortet werden können. Vgl. Hobday (1998), Davies (1997) und Hobday (2005). Für eine nach dem Komplexitätsgrad unterscheidbare Klassifikation von Investitionsgütern vgl. Strothmann (1987), S. 62 f.

[209] Auch wenn mittlerweile in der Literatur einige Anstrengungen unternommen wurden komplexe Produkte und Systeme ganzheitlich zu systematisieren und abzubilden, so haben diese Ausführungen vor allem eins gemeinsam: die Charakterisierung der Produkteigenschaften an sich, weshalb dieser Teil der CoPS-Theorie (*complex products and systems*) hier als maßgeblich übernommen wird. Vgl. Mitchell und Singh (1996), Hobday (1998), Hobday (2000), Hobday et al. (2000), Prencipe (2000), Hardstone (2004), Schmidt (2009) und Bräutigam und Gerybadze (2011). Das Konzept der CoPS geht allerdings weit über die Produktebene hinaus und stellt ferner auf das Management, die Produktionssystematik und industriestrukturelle Auswirkungen ab, wobei allerdings der dynamische Charakter von Produkten vernachlässigt wird und sich die vorliegende Untersuchung in dieser fundamentalen Annahme der Wandelbarkeit von Produktcharakteristika von den bisherigen Ausführungen zu komplexen Produkten unterscheidet. Eng verwandt mit dem CoPS-Konzept und den komplexen Produkten an sich ist das von Hughes (1983) dargestellte Konzept der LTS (*large technical systems*), wobei sich CoPS und komplexe Produkte als Teilsystem (sie fokussieren auf die Angebotsseite) eines LTS darstellen. Erste Untersuchungen dieser Thematik gründen auf Woodwad (1958), Hughes (1983), Walker et al. (1988), Kline (1990) und Shenhar (1994).

[210] Vgl. Rycroft und Kash (1999), S.55 ff. sowie Hobday et al. (2000b), S. 795, Teece (1986), S. 289 sowie Haberfellner et al. (2012), S. 33 f. Der Begriff der Hierarchie stellt in diesem Zusammenhang nicht auf unterschiedliche Machtverhältnisse ab, sondern impliziert eine logische Zugehörigkeit von Subsystemen einer niedrigeren Ebene zu einem Subsystem auf einer höheren Ebene. Vgl. Göpfert (1998), S. 16 f.

[211] In diesem Zusammenhang ist die Irreduzibilität komplexer Systeme zu nennen, die besagt, dass das System als Ganzes mehr ist als die Summe aller Teile. Vgl. Casti (1994)

[212] Vgl. Henderson und Clark (1990), S. 9 ff. sowie Unterabschnitt 2.1.1.2.

[213] Vgl. Miller et al. (1995), S. 368

[214] Vgl. Wang und von Tunzelmann (2000), S. 805 f. sowie Ren und Yeo (2006), S. 521. Für einfache Produkte ist genau der gegenteilige Fall zutreffend.

so eine gewisse **Wandlungsfähigkeit** offen.[215] Diese Dynamik wird grundsätzlich von zwei gegenläufigen Entwicklungen beeinflusst. Zum einen erfahren Produkte über die Zeit hinweg eine funktionale und technische Ausdehnung, was den Komplexitätsgrad steigen lässt.[216] Zum anderen wirken die produzierenden Unternehmen diesem Komplexitätsanstieg entgegen, indem sie einen möglichst effizienten Umgang mit der systemischen Komplexität in Bezug auf die Gestaltung und Beherrschung der Komplexität anstreben.[217] Diese Strategie umfasst u. a. die Modularisierung von Produkten und die Etablierung von Plattformstrategien zur Erweiterung in Produktfamilien.[218] **Modularisierung** zielt darauf ab, Systeme in relativ autonome, entkoppelte Module zu zerlegen und dadurch modulare Produktarchitekturen mit physisch und funktional relativ unabhängigen Elementen zu schaffen,[219] die in ihrer Gesamtheit das System bilden und durch Schnittstellen kommunizieren.[220] Allerdings unterliegen Teilsysteme und Module oftmals eigenen technologischen Zyklen mit variierender Bedeutung der einzelnen Module für die Gesamtarchitektur über den Zeitverlauf hinweg.[221] Eine wesentliche Rolle in diesem Prozess spielt die technische Standardisierung.[222] Dabei ist eine **Welle der Standardisierung** durch die Produktarchitektur zu beobachten, die auf Gesamtsystemebene durch die Etablierung einer funktionalen Architektur als Standard (dominantes Design) einsetzt und sich im zeitlichen Fortlauf auf die Subsysteme ausbreitet, wobei in der Regel zuerst die Schnittstellen und anschließend die Subsysteme Ziel der Standardisierungsbemühungen sind.[223] Neben der Modularisierung gelten Plattformstrategien als wichtiges Element der Standardisierung, die ebenfalls nach dem Aufkommen eines dominanten Designs implementiert werden.[224] Plattformen ermöglichen den Ausbau der Produktpalette auf Produktfamilien, welche dann die Architektur, die

---

[215] Hierbei ist anzumerken, dass die dichotome Trennung in einfache und komplexe Produkte zu kurz greift und stattdessen fließend ist und in ihrer Gesamtheit ein Kontinuum darstellt, welches durch vielzählige Abstufungen und Attributszuweisungen charakterisiert ist. Der im Fortlauf dieser Untersuchung angewandte Dualismus zwischen einfachen und komplexen Produkten dient dabei der argumentativen Abgrenzung im Allgemeinen und der Herausstellung der Eigenarten komplexer Produkte im Speziellen.

[216] Vgl. Hobday (1998), S. 700

[217] Vgl. Schuh (2005), S. 33 ff.

[218] Sowohl Modularisierung (Brechungsstrategie) als auch Plattformstrategie (Bündelungsstrategie) sind als Bestandteile des Variantenmanagements aufzufassen, welches wiederum dem Komplexitätsmanagement zugerechnet werden kann. Vgl. Schuh (2005), S. 33 ff. Ziel dieser Managementfelder ist die Festlegung, Begrenzung, Reduktion, Beherrschung und Verlagerung der Vielfalt in Produkten und Prozessen. Vgl. Buchholz (2012), S. 9 ff.

[219] Vgl. Baldwin und Clark (2006), S. 175 ff.

[220] Vgl. Huang (2000), S. 150 und Ruppert (2007), S. 21 ff. Anzumerken ist hier, dass die Umsetzung modularer Produktarchitekturen weitreichende Konsequenzen für die Aufbau- und Ablauforganisation der industriellen Wertschöpfungskette hat, sowohl unternehmensintern als auch -extern, indem sie Spezialisierung und Standardisierung vereinfacht und somit den Innovationsprozess und den Netzwerkaufbau beeinflusst. Vgl. Tidd (1995), S. 308, Baldwin und Clark (1997) sowie Teilkapitel 2.3.

[221] Vgl. Tushman et al. (1997), S. 7 f.

[222] Vgl. Suarez und Utterback (1995), S.416

[223] Vgl. Christensen (1997), S. 118 sowie Zollenkop (2006), S. 214 f.

[224] Vgl. Meyer und Utterback (1993) sowie Tushman et al. (1997), S. 10

Komponenten und Schnittstellenmuster teilen. Auf diese Weise kann die Komplexität, mit dem primären Ziel, Kosten- sowie Koordinationsaufwände zu reduzieren, minimiert werden.[225]

In Summe ergibt sich ein Bild, welches zunächst aufgrund der mangelnden Standardisierung, gepaart mit einer Funktionalitätsausdehnung zu einem erhöhten Komplexitätsniveau führt, welches sich, vorausgesetzt die Standardisierungsbemühungen sind erfolgreich, über die Zeit hinweg absenken lässt. Es variiert allerdings nur um ein, dem der Produktcharakteristik inhärentes, Komplexitätsniveau.[226] So ist es bspw. sehr unwahrscheinlich, dass sich ein komplexes Produkt in ein einfaches Produkt verwandelt. Durchaus realistisch gestalten sich hingegen die Veränderungen von komplexen Produkten in Bezug auf ihre Herstellung. Während bspw. in frühen Phasen, verursacht durch das hohe Komplexitätsniveau, eine Produktion großer Stückzahlen nahezu auszuschließen ist, kann durch Standardisierung und Modularisierung das Outputniveau komplexer Produkte stark gesteigert werden.

2.2.2.2. Produkt- und Techniklebenszyklen

Eine anschauliche Darstellungsmöglichkeit der Entwicklung von Produkten und Techniken über den Zeitverlauf hinweg bieten Lebenszykluskonzepte. Diese sind aus einem Analogieschluss der Biologie abgeleitet und besagen,[227] dass das Untersuchungsobjekt ähnlich der Entwicklung biologischer Systeme ein typisches, beobachtbares Verlaufsmuster in zeitbezogener und/oder sachlogischer Dynamik folgt.[228] Aufgrund ihrer Allgemeingültigkeit werden Lebenszyklusmodelle in zahlreichen Wissenschaftsdisziplinen genutzt.[229] Im klassischen **Produktlebenszyklus** wird der Verlauf des Produktabsatzes von Markteinführung bis Marktaustritt, also die Diffusion über die Zeit hinweg abgebildet und schließt sich folglich an die F&E-phase an.[230] Das resultierende Verlaufsschema, das sich im Grundmodell in Form einer Glockenkurve darstellt, wird in verschiedene Phasen unterteilt.[231] Für den Zweck der vorliegenden Untersuchung

---

225 Vgl. Tushman et al. (1997), S. 10

226 Der umgekehrte Fall ist jedoch sehr realistisch: Einfache Produkte mutieren durch Bündelung und Funktionsausweitung zu komplexen Produkten.

227 Vgl. Senti (1994), S. 9

228 Vgl. Cathomen (1996), S. 75 f. sowie Zehbold (1996), S. 2

229 Vgl. Zehbold (1996), S. 73

230 Vgl. Rink und Swan (1979), S. 220 sowie Höft (1992), S. 16 ff. Neben der klassischen Sichtweise der Messung des Produktabsatzes finden sich zahlreiche weitere Ausführungen die unterschiedliche Aggregationsniveaus nutzen. Neben den einzelnen Produkten finden sich Studien zu Marken, Produktformen, -gruppen und -klassen. Generell ist die Wahl des Aggregationsniveaus vom Untersuchungsgegenstand bzw. der Fragestellung abhängig. Höft (1992), S. 17 ff. bietet hierfür ein Sammlung von Anwendungsbereichen an, die von der Beschaffung und des Einkaufs, über das Produktmanagement und die Produktplanung, bis hin zur Arbeitskräfteplanung sowie Frühwarnsystemen und Prognosen reichen. In dieser Untersuchung liegt der Mehrwert des Produktlebenszykluskonzepts weniger im prognostischen Bereich als in der Möglichkeit der Typologisierung evolutorisch relevanter Situationen, wofür nach Michel (1987), S. 15 eine möglichst hoch aggregierte Betrachtungsebene von Vorteil ist.

231 Die Anzahl der verwendeten Phasenabgrenzungen variiert dabei zwischen drei und sechs Phasen. Vgl. Höft (1992), S. 18 ff.

wird die geläufigste Unterteilung in vier Phasen verwendet. Diese Phasen sind Entstehung, Wachstum, Reife und Niedergang.[232] Dabei ist die Entstehungsphase von geringen Stückzahlen geprägt, die in der Wachstumsphase einen Anstieg mit hohen Wachstumsraten erfahren. Diese Wachstumsrate lässt in der Reifephase nach und markiert den Wendepunkt bzw. das Kippen hin zu einem geringeren Produktabsatz, welcher in der Niedergangsphase sinkt, ehe das Produkt vom Markt genommen wird.[233] In der Empirie können sich sehr unterschiedliche Verlaufsformen zeigen.[234] Von links- bis rechtsseitig gestauchten Kurven über Wellenbewegungen bis hin zu dauerhaft bzw. über sehr lange Zeiträume stabile Verläufe wurden alle Formen festgestellt.[235] Daraus ergibt sich die Frage, durch welche Faktoren die Verlaufsform von Produktlebenszyklen und deren Phasenabgrenzung beeinflusst werden.[236]

Diese Faktoren lassen sich anhand des folgenden **Parametersets** darstellen, welches sich grob in Produktcharakteristik, unternehmensinterne Faktoren bzw. Anbieterseite und Unternehmensumwelt bzw. Nachfrageseite gliedert.[237] Im Falle der **Produktcharakteristik** spielt wie oben bereits dargestellt der Komplexitätsgrad eine entscheidende Rolle. Beispielhaft ist in diesem Zusammenhang der Verlauf von Investitionsgütern anzuführen, die aufgrund der anbieter- und anwenderseitigen Einführungsbarrieren durch eine sehr lange Einführungs- und langsame Wachstumsphase gekennzeichnet sind.[238] Ein weiterer Faktor des Parameters Produkt ist dessen Platzierung und Variation. So können Produkte einzeln oder in Produktfamilien oder -linien im Markt vorkommen. Dabei wird auf die verlaufsverändernden Interaktionen und die Verbundenheit der Produkte innerhalb der Linien abgestellt.[239] Hierdurch treten **unternehmensinterne Faktoren** in den Mittelpunkt. Denn um bspw. mehrere Modelle zu produzieren, betreuen und verkaufen zu können braucht die Unternehmung eine gewisse Ressourcenausstattung.[240] Dabei spielen die Verfügbarkeit von Arbeitskräften, die finanzielle Ausstattung sowie Auslastungsfaktoren eine wichtige Rolle.[241] Ferner ist das Management bzw. die Unternehmensstrategie ein Faktor innerhalb der unternehmensinternen Parameter.[242] Zudem wird das Lernen innerhalb

---

232 Vgl. Höft (1992), S.17
233 Vgl. Rink und Swan (1979), S. 220
234 Vgl. Rink (1976), S. 232
235 Vgl. Rink und Swan (1979), S. 222, Easingwood (1988), S. 27 sowie Kluyver (1977), S. 26
236 Vgl. Baker (1985), S. 54
237 Für eine Aufstellung bzw. einen Vergleich unterschiedlicher Einflussfaktorensets vgl. Höft (1992), S.154 ff., sowie Abschnitt 2.2.3. der die Einflussfaktoren auf Industrieebene adressiert. Diese können dann in ab- oder umgewandelter Form wesentlich Einfluss auf das Produkt nehmen.
238 Vgl. Strothmann (1987), S. 60 f.
239 Vgl. Rink und Swan (1979), S. 234
240 Vgl. Smallwood (1969), S. 29 f. sowie Rink und Swan (1979), S. 234
241 Vgl. Audretsch (1987), S. 298 sowie Scheuing (1969), S. 114 f. Rink und Swan (1979), S. 233 stellen hierbei auf die Unternehmensgröße und deren Einfluss auf die Verlaufsform ab.
242 Vgl. Baker (1985), S. 54

einer Organisation als zentral angesehen.[243] Hierbei ist anzumerken, dass je nachdem wie weitsichtig die Planung der Produktion ausgeführt wird, die Einführungsphase steiler verläuft, wobei ein steilerer Erfahrungskurvenverlauf gleichzeitig einen steileren Produktlebenszyklusverlauf einer einzelnen Unternehmung bedeutet.[244] Neben der Produktcharakteristik und den unternehmensinternen Einflussfaktoren ist die **Unternehmensumwelt** als weiterer Parameter zu nennen.[245] Hierbei ist neben der Marktstruktur, den Marktanteilen und seiner Technologieneigung sowie dem Wettbewerb und seiner Intensität vor allem auf die Rolle der Nachfrage zu verweisen.[246] Zusammengenommen ist also der Verlauf des Produktlebenszyklus abhängig von der Einführung des Produkts, der jeweiligen Phase des Industrielebenszyklus, welcher in Abschnitt 2.2.4 näher untersucht wird. Durch die wechselseitige Interaktion von Produkt, Unternehmen und Markt werden sowohl der Kurvenverlauf als auch die Phasenlängen beeinflusst.[247]

So wird **komplexen Produkten**, zu welchen bis dato kaum empirisch nachweisbare Produktlebenszyklen erforscht wurden,[248] aufgrund ihrer Produktkomplexität eine besonders lange Einführungsphase unterstellt.[249] Weiter wird davon ausgegangen, dass je höher der Wert bzw. die Investitionskosten sind, desto länger wird der Beschaffungsprozess beim Anwender des Guts andauern.[250] Zusätzlich zur langen Lebensdauer der meisten komplexen Produkte ergibt sich ein Verlaufsschema das sich über Jahrzehnte hinziehen kann.[251] Gerade in Bezug auf die Niedergangsphase ist das Aufzeigen eines idealtypischen Verlaufsbilds kaum realisierbar, denn gerade im Fall komplexer Produkte lässt sich die Niedergangsphase durch Modifikation des Produkts mitunter strecken.[252] Diese Veränderungen des Produkts nach seiner Markteinführung lassen sich durch den sehr hohen Grad an direkter nachfrageseitiger Teilnahme am Innovationsprozess erklären. So ist festzuhalten, dass über den gesamten Produktlebenszyklus eine anwenderseitige Beteiligung an F&E, Design und Produktion zu beobachten ist, was komplexe Güter von einfachen Produkten unterscheidet, da diese Kommunikation normalerweise über den Markt stattfindet und höchstens in der frühen Phase einbezogen wird.[253] Somit findet ein

[243] Vgl. Geels (2005), S. 55
[244] Vgl. Yelle (1980), S. 315
[245] Vgl. Baker (1985), S. 54 f.
[246] Vgl. Zollenkop (2006), S. 177 ff. sowie Audretsch (1987), S. 298
[247] Vgl. Day (1981), S. 60 sowie Rink (1976), S. 232. So merkt Höft (1992), S. 40 an, dass die Länge und Form der einzelnen Phasen bspw. durch die Absatzpolitik der Unternehmung, durch Preispolitik, Produktgestaltung und Werbung beeinflusst werden kann. Für eine Entwicklung all dieser Faktoren über den Zeitverlauf hinweg innerhalb eines idealtypischen massengefertigten Produkts. Vgl. Höft (1992), S.38 f. sowie Zollenkop (2006), S. 179 f.
[248] Hierbei ist eine Zusammenfassung bzw. Verallgemeinerung von Individualzyklen gemeint die eine allgemeingültige ganzheitliche Analyse erlauben.
[249] Diese deckt sich nach Höft (1992), S. 28 mit dem Produktlebenszykluskonzept nach Wasson (1976), S. 302, der für sog. *high-learning-products* eine Einführungsphase unterstellt die im Vergleich zu sog. *low-learning products* relativ lang ist.
[250] Vgl. Höft (1992), S. 71
[251] Vgl. Hobday (1998), S. 699
[252] Vgl. Höft (1992), S. 73
[253] Vgl. Hobday (1998), S. 701

sich fortführender Austauschprozess statt, wodurch sich Innovations- und Diffusionsphase überschneiden und sich zumindest zeitlich nicht einfach voneinander trennen lassen.[254] Damit entsprechen komplexe Produkte mehr als andere Produkte dem Innovationsprozess fünfter Ordnung, also dem systemintegrierten Netzwerkmodell und erfahren Produktinnovation bzw. Verbesserungen über den gesamten Produktlebenszyklus, zumindest aber über die Einführungs-, Wachstums- und Reifephase hinweg.[255] Zudem spielen Netzwerkeffekte bei komplexen Produkten primär auf Anwenderseite eine wichtige Rolle in deren Beschaffungsverhalten und haben somit Einfluss auf das Nachfrageverhalten nach komplexen Produkten.[256] Ein weiterer Einflussfaktor ist die ressourcenseitige Kapazität in der Produktion. Durch die hohe Produktkomplexität lassen sich komplexe Produkte nur schwer in hohen Stückzahlen produzieren bzw. bedürfen viel Erfahrung und Lernprozessen,[257] die sich aufgrund der kleinen Stückzahlen wiederum sehr lange hinziehen können.[258] Dies stützt wiederum die lange Einführungsphase und das generell niedrige Niveau der Stückzahlen. Die genannten Faktoren, gepaart mit der sehr hohen Kapital- und Technologieintensität komplexer Produkte,[259] fordern von Herstellern die Bewältigung hoher finanzieller, technologischer und koordinativer Aufwände zur Etablierung von organisationalen Strukturen zur F&E und Produktion.[260] Dies legt den Schluss nahe, dass in der empirischen Beobachtung viele fehlschlagende Versuche sowie plötzlich endende Produktlebenszyklen aufgrund finanzieller Schieflagen der Produzenten, zu beobachten sind.

Wie in Abb. 2-2 exemplarisch dargestellt folgt Produkt P_2 Produkt P_1 in zeitlicher Hinsicht, wobei sich die beiden Produktlebenszyklen überschneiden und sich die Frage nach der **Produktnachfolge** bzw. deren Auswirkungen ergibt.[261] Geht man davon aus, dass ein neues Produkt seinem Vorgänger funktionsseitig überlegen ist,[262] so gilt, dass radikale Innovationen zwar bereitwilliger angenommen werden, wenn der zuvor beschrittene Pfad erschöpft ist, aber der Einführung zu einem beliebigen Zeitpunkt und damit dem Beschneiden des Lebenszyklus der Produkte, an deren Stelle sie treten, nichts im Wege steht.[263] Dagegen spricht allerdings das

---

254 Vgl. Rothwell und Gardiner (1989) sowie Leonard-Barton (1988)

255 Vgl. Unterabschnitt 2.1.1.3. zum systemintegrierten Netzwerkmodell.

256 Netzwerkeffekte auf Anwenderseite im Fall komplexer Produkte bestehen bspw. durch den finanziellen und zeitlichen Vorteil bei Wartungsarbeiten von Produkten eines Herstellers, da diese Produkte, im Vergleich zu Produkten eines anderen Herstellers, meist ähnliche technische Konfigurationen und Aufbauten haben. Um einen Wechsel zu einem Konkurrenzprodukt zu tätigen, muss diese Hürde, welche auch als *Lock-in* aufgefasst werden kann, gemeistert werden.

257 Vgl. Hobday (1998), S. 699

258 Vgl. Yelle (1979), S. 302 ff.

259 Vgl. Hobday (1998), S. 699 ff.

260 Vgl. Herzog (2010), S. 37 ff.

261 Hier sei nochmals klargestellt, dass es sich bei den beiden Produkten um einzelne Produkte einer Unternehmung handelt und nicht um die Summe aller der Befriedigung einer Nachfrage zusammengefassten Produkte mehrerer Unternehmen. Für eine generelle Diskussion zur Ableitung von Timing-Strategien auf Basis von Lebenszykluskonzepten vgl. Höft (1992), S. 199 ff. Für eine Diskussion über Substitutions- und Diffusionsverläufe einzelner Produktgenerationen vgl. Norton und Bass (1987), S. 1069 ff.

262 Vgl. Geels (2005), S. 55

263 Vgl. Perez (1998), S. 5

Problem der **Kannibalisierung** der Erträge aus den Verkäufen des Vorgänger-Produkts. Gerade bei komplexen Produkten, die durch ihre sehr hohen Investitionskosten einen sehr späten oder teilweise keinen *Break-even* erfahren, ist die vorzeitige Einführung eines Nachfolgeprodukts ein großes Problem.[264] Ein weiterer Faktor der Produktnachfolge ist die Beachtung der Variationsmöglichkeit der Phasenabfolgen. So kann auf eine Sättigungs- bzw. Reifephase eine erneute Wachstumsphase folgen,[265] die dann die Einführung eines neuen Produkts als ökonomisch nachteilig erscheinen lässt.[266] Wie bereits zu Anfang dieses Abschnitts dargestellt, korrespondieren die Reifephasen von Technologien und Techniken keineswegs mit dem Lebenszyklus eines Produkts, was gerade im Fall komplexer Produkte zu sehr unterschiedlichen Lebenszyklen einzelner Komponenten eines Produkts führt.[267]

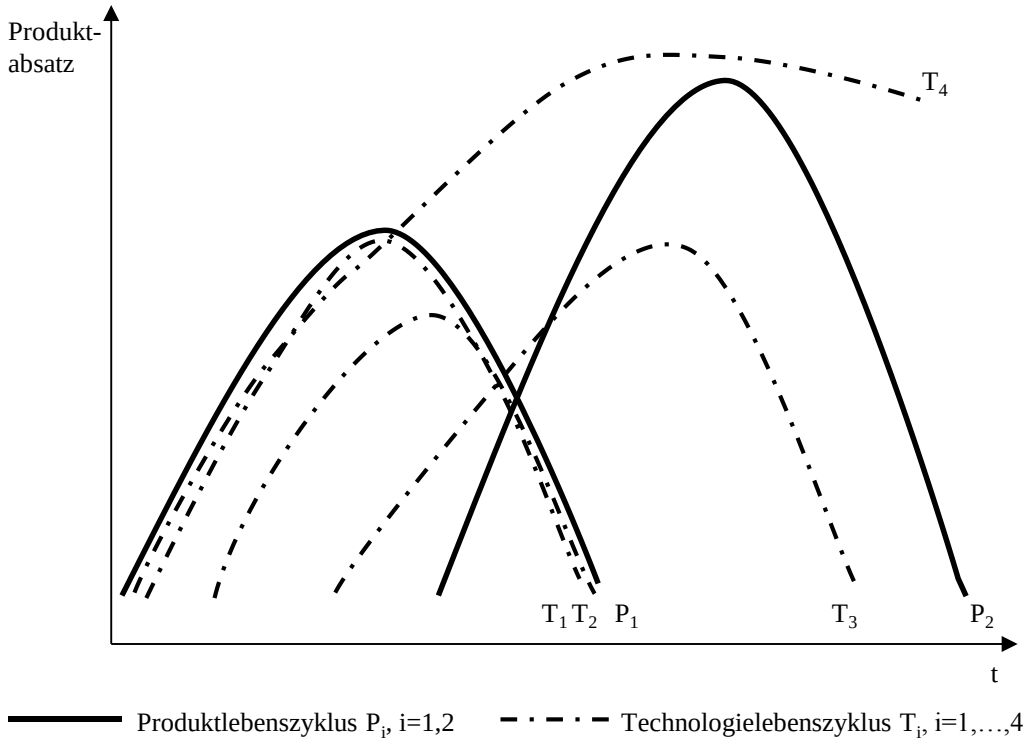


Abb. 2-2: Produkt- und Technologielebenszyklen[268]

[264] In diesem Zusammenhang wird zwischen technologischer und ökonomischer Substitution unterschieden. Während die ökonomische Substitution aus den angeführten Gründen eine Gefahr darstellt, ist die technologische Substitution in Situationen der technologischen Obsoleszenz eine Notwendigkeit, welche die Einführung einer neuen Technologie zwingend notwendig macht, auch wenn aus ökonomischer Sicht vorerst keine Veranlassung dazu besteht. Vgl. Geels (2005), S. 55 f. sowie Diez (1990), S. 272 f..

[265] Vgl. Höft (1992), S. 40

[266] Auch bei der Analyse der Produktnachfolge stellen strategische Entscheidungen der Unternehmen einen wichtigen Faktor dar.

[267] Vgl. Tushman und Rosenkopf (1992), S.7 f. Die Reife einzelner für sich betrachteter Technologien spielt zwar eine Rolle, allerdings ist die Reife des Zusammenspiels der Technologien und Techniken von entscheidender Bedeutung für die Qualität des Produkts.

[268] Eigene Darstellung

Während in Abschnitt 2.2.1 die Technologie- und Technikentwicklung bearbeitet wurde, wird hier auf deren Anwendung bzw. produktseitige Inkorporation abgestellt. Diese wird im Folgenden als **Techniklebenszyklus** bezeichnet, wobei das Verlaufsschema des Techniklebenszyklus in seinen Determinanten ebenso wie der Produktlebenszyklus techno-ökonomischen Gesichtspunkten folgt.[269] So können Techniken grundsätzlich drei Verlaufsformen annehmen. Im ersten Fall entspricht der Technikeinsatz dem Produktverlauf, was in Abb. 2-2 durch T_1 repräsentiert wird und eine speziell auf dieses Produkt abgestimmte Technik und Technologie darstellt. In der zweiten Variante ist der Technikeinsatz kürzer als der Produktzyklus. Dabei kann der Anfangs- und Endzeitpunkt variieren. T_2 repräsentiert eine solche Verlaufsform. Hier wird die T_2 während des Produktzyklus neu installiert bzw. substituiert und hält sich bis zum Ende des Produktlebenszyklus. Techniken müssen somit nicht zwangsläufig den gesamten Lebenszyklus eines Produkts durchlaufen, sondern können auch verdrängt und aufgegeben werden. Dabei sind als Ursache nicht-technologische Gründe, wie z. B. die fehlende Wettbewerbsbedeutung oder technologische Ursachen, wie eine Verdrängung durch leistungsfähigere Technik, anzuführen.[270] Auf der anderen Seite können Techniken auch mehrere **zeitlich-nachgelagerte Produktlebenszyklen** durchlaufen. Gründe sind dann bspw. die Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit und die Etablierung als leistungsfähigste Technologie (dominantes Design). In diesem dritten Fall überdauert die Technik folglich das Produkt, wobei wie in T_3 eine Technik in Produkt P_1 substituiert oder addiert wird und in Produkt P_2 entfällt oder durch eine andere Technik ersetzt wird. Außerdem kann eine Technik auch mehrere Produkte überdauern, was durch den Techniklebenszyklus T_4 dargestellt wird. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Verlaufsform eines Produktlebenszyklus maßgeblich durch die eingesetzten Technologien beeinflusst wird. Allerdings treten zu bestimmten Zeiten spezifische Wirkfaktoren dominant auf, welche die Diffusion maßgeblich beeinflussen.[271]

In den vorangegangen Ausführungen wurde sowohl auf Technologie, Technik und Produktebene die Bedeutung nicht-technologischer Einflussfaktoren auf die jeweiligen Verlaufsformen der Lebenszyklen betont. Unabhängig von der Betrachtungsebene werden diese Parameter in den Modellen durch die abhängige Variable Zeit als stellvertretende Größe für alle auf den Verlauf wirkenden Einflüsse dargestellt.[272] Vor allem aber in Bezug auf komplexe Produkte stellen sich die spezifischen Einflussfaktoren als wichtig heraus. Aus deren Produktcharakteristik erwächst auch die Bedeutung für die am Evolutionsprozess beteiligten Akteursgruppen. So ist eine enge Vernetzung zwischen Hersteller, Nutzer und regulativen Institutionen typisch für komplexe Produkte, was eine Anhebung der Bedeutung der selektierenden Umwelt in der

[269] Abb. 2-2 ist dabei an das von Ansoff (1984) entwickelte Modell der Technologie-Stabilität angelehnt, der zwischen *stable technologies*, *fertile technologies* und *turbulent technologies* unterscheidet.
[270] Vgl. Geels (2005), S. 33
[271] Vgl. Bischof (1976), S. 61 sowie Cathomen (1996), S. 82
[272] Vgl. Meffert (1974), S. 104

Gewichtung des Einflusses im Vergleich zu einfachen, massengefertigten Gütern auf die Industrieevolution mit sich bringt und deshalb im folgenden Abschnitt näher erläutert wird.[273]

2.2.3. Die Rolle von Staat und Nachfrage im Rahmen der Industrieevolution

Es wurde gezeigt, dass die Technologie bzw. Technik sowie deren Inkorporation in Produkte den Verlauf der Industrie als intrinsischer Motor maßgeblich prägt. Allerdings tragen auch weitere nicht-technologische Faktoren einen erheblichen Anteil zur Entwicklung bei, vor allem zur **Entwicklungsrichtung und -geschwindigkeit**.[274] Diese nicht-technologischen Einflussfaktoren der Industrieevolution lassen sich in die beiden Haupteinflussgruppen Nachfrage und Staat bzw. Politik untergliedern. Gerade im Fall von Industrien mit komplexen Produkten spielen diese Einflussfaktoren eine entscheidende Rolle, da sowohl die Nachfrageseite, als auch der Staat über einen stärkeren Einfluss verfügen als in Industrien mit vergleichsweise einfachen Produkten.[275] Aus diesem Grund werden nun anhand der Verbindungen zwischen Industrie, Technologie, Nachfrage und Staat die wechselseitigen Kausalzusammenhänge dargestellt.[276]

2.2.3.1. Die Determinanten Nachfrage und Staat

Generell gehen von der **Nachfrage** zwei Impulse aus. Durch die Veränderung des der Nachfrage zugrunde liegenden Werte- und Anforderungssets vollzieht sich ein ko-evolutorischer Entwicklungs- bzw. Innovationsprozess mit der Anbieterseite der Technik. Zudem entsteht Handlungsdruck auf den Staat bzw. die Politik.[277] Das **Werte- und Anforderungsset der Nachfrage** reflektiert alle Bedürfnisse und artikulierten Interessen, wobei grundsätzlich zwischen materiellen und immateriellen Aspekten zu unterscheiden ist.[278] Unter materiellen Werten lässt sich die Sicherstellung eines gewissen Wohlstandsniveaus verorten, ebenso wie alle damit verbundenen institutionellen Ausgestaltungen eines Wirtschaftsraums. Unter die nicht-ökonomischen Faktoren fallen bspw. die menschlichen Grundbedürfnisse, wie Nahrung, Si-

[273] Vgl. Hobday (1998), S. 700
[274] Vgl. Grupp (1997), S. 82
[275] Vgl. Hobday (1998), S. 702
[276] Der Einflussfaktor der Technologie bzw. deren Verbindung zur Industrie wurde bereits in Abschnitt 2.2.1. und 2.2.2. ausführlich diskutiert wird hier nicht gesondert aufgeführt. Insgesamt fokussiert dieser Abschnitt fokussiert dabei auf die statischen Kausalzusammenhänge. Eine dynamische Perspektive wird in Abschnitt 2.2.4. vorgenommen.
[277] Vgl. Dosi und Nelson (2009), S. 21
[278] Inglehart (1977) prägte mit seiner Studie den Begriff der (post-) materiellen Werte. Dabei ist unter materiellen Werten Sicherheit und Versorgung und unter postmateriellen Werten Selbstverwirklichung, Sozialstatus und Solidarität, zu verstehen. Inglehart nennt für eine Verschiebung der materiellen zu postmateriellen Werten vordringlich ein Hauptgrund: Menschen halten Dinge für besonders wertvoll, die knapp sind, somit räumen Menschen, die in materiellem Wohlstand aufwachsen, Wohlstandsgütern einen geringeren Stellewert ein.

cherheit und Mobilität sowie ökologische und soziale Aspekte. Dieses Anforderungsset verändert sich über die Zeit und unterscheidet sich in Bezug auf die Region.[279] Der sich ständig vollziehende Wertewandel beruht auf der durch einen dynamischen und kollektiven Prozess gekennzeichneten Bildung von Werten. Dabei haben bestehende Werte in einem System solange Bestand, wie sie Lösungen für die Gesellschaft bereitzustellen vermögen. Wird diese Prämisse nicht mehr erfüllt, entsteht ein sozialer Änderungsdruck und Werte verfallen, intensivieren oder wandeln sich.[280] Diese Werte stehen also im Hintergrund der Nachfrage und stellen ein lösungs- und technologieoffenes Problemfeld dar,[281] welches durch die Anbieter bzw. Hersteller einer Technik zu befriedigen versucht wird. Angebot und Nachfrage stellen für sich genommen zwar notwendige, aber keine hinreichenden Bedingungen für technische Innovation dar und müssen deshalb gleichzeitig existieren.[282] Dieser wechselseitige Prozess aus sich anpassender bzw. verändernder Technologie und verändernder bzw. sich anpassender Nachfrage ist als dynamisch und damit als ko-evolutorisch anzusehen und stellt einen entscheidenden Treiber der Technologieentwicklung und damit der Industrieevolution dar.[283]

Bei **komplexen Produkten** ergibt sich allerdings oft die Besonderheit einer zweistufigen Ausprägung der Nachfrage. Hier wird zwischen Nutzer und Hersteller eines Produkts eine weitere Nachfrageebene implementiert, die als Betreiber der Technik bezeichnet wird. Der Grund hierfür liegt wiederum im Produkt bzw. seiner Komplexität. Durch den hohen Komplexitätsgrad ergibt sich ein Produkt, welches nur durch professionelle Anwender betrieben werden kann, da Inbetriebnahme, Bedienung und Wartung von Laien kaum bewerkstelligt werden können.[284] Dabei ist die Nachfrage durch die über die Zeit immer weiter steigenden Anforderungen an

[279] So ist in den heutigen Dienstleistungsgesellschaften eine eindeutige Veränderung zugunsten ökologischer Faktoren zu beobachten, die noch vor wenigen Jahrzehnten eine untergeordnete Rolle gespielt haben. Eine recht allgemeine und einfache Unterscheidung lässt sich durch eine Einteilung in Dienstleistungsgesellschaften, Schwellenländer und Entwicklungsländer bewerkstelligen. Eine alternative Einteilung kann mit dem politischen System einhergehen und so zwischen Demokratien, Diktaturen und der kommunistischen Gesellschaftsform unterschieden werden. So werden bspw. in Dienstleistungsgesellschaften andere Faktoren priorisiert als in Schwellen-, oder Entwicklungsländer. Bezugnehmend auf die Ausführungen von Inglehart (1977) weist die Weltbevölkerung abhängig von Kontinent zu Kontinent und Land zu Land nicht denselben Wohlstandsgrad auf. Der Wohlstand der breiten Masse ist in den industrialisierten Ländern gegeben, wohingegen Entwicklungsländer in Armut und damit mit der Notwendigkeit der Ausrichtung ihrer Werte an materiellen Gütern behaftet sind.

[280] Für eine ausführliche Diskussion über die Mechanik eines Wertewandels vgl. Duncker (2000).

[281] Kauf- bzw. Konsumentscheidung richten sich vornehmlich an der techno-ökonomische Ebene des Kosten-Nutzen-Verhältnisses aus, wodurch ein lösungs- und technologieoffenes Problemfeld entsteht. Vgl. Knappe (2014), S. 217

[282] Vgl. Mowery und Rosenberg (1979), S. 143

[283] Diskussionen zu ko-evolutorischen Beziehungen zwischen Technologie und Nachfrage bzw. Nutzern finden sich bei Coombs et al. (2001), Clark (1985), Lundvall (1988), Leonard-Barton (1988), Nelson und Consoli (2010) sowie Saviotti und Pyka (2013).

[284] Vgl. Hobday (1998), S. 700

Leistung, Kapazität und Verlässlichkeit mitverantwortlich für die steigende Komplexität systemischer Produkte.[285] Hieran zeigt sich auch, dass die Nutzernachfrage durch die Betreiber aufgenommen und an die Hersteller des Produkt bzw. der technischen Lösung weitergegeben wird. Komplexe Produkte weisen hier eine Besonderheit auf, denn oftmals ist die Nachfrageseite bzw. der Betreiber direkt in den Entwicklungsprozess eines komplexen Produkts miteinbezogen, wodurch sich eine Art *user push* ergibt.[286] Wiederum ist die Ursache hierfür in der Produktcharakteristik zu finden. Durch die geringe Absatzmenge verbunden mit sehr hohen Entwicklungskosten bzw. Produktwerten ergibt sich, gepaart mit der sich daraus erwachsenen Unsicherheit,[287] die Notwendigkeit diese Risiken durch die Integration der Nachfrager zu minimieren, da dies für den Erfolg eines Produkts und die Akzeptanz der Nachfrager eine wesentliche Voraussetzung ist.[288] Da Nachfrager als heterogen in ihren Ansprüchen anzusehen sind,[289] zumindest was die konkrete Ausgestaltung einzelner Produktelemente angeht, ist es sinnvoll für die konkrete Einbindung in den Entwicklungsprozess sog. *Lead-user* zu bestimmen.[290] Zudem weisen komplexe Produkte aufgrund technologischer und produktbezogener Abhängigkeiten eine zeitraumbezogene Verbundenheit auf.[291] Somit hängen vergangene, gegenwärtige und zukünftige Kaufentscheidungen der Nachfrager voneinander ab und führen zu einem veränderten Kaufverhalten und Nachfrageunsicherheiten im Vergleich zu einfachen Produkten.[292] Diese Abhängigkeit kann bspw. im Bereich der Wartung komplexer Produkte liegen,[293] die ein erheblicher Kostenfaktor im Nachgang zur Kaufentscheidung sind. So ist es von Vorteil viele sich ähnelnde komplexe Produkte zu besitzen, da dadurch erhebliche Kosteneinsparungen realisierbar werden. In der Konsequenz kann ein Initialkauf dann zu *Lock-in*-Effekten führen und dadurch das zukünftige Nachfrageverhalten stark beeinflussen, da negative bzw. entwertende Systemwechseleffekte vorherrschen.[294]

---

285 Vgl. Hobday (1998), S. 700 sowie Davies und Hobday (2005), S. 44. Saviotti und Pyka (2013), S. 463 merken hierbei an, dass eine nutzerfreundliche Gestaltung der Produkte zur Unsicherheitsreduzierung auf Nachfragerseite von Vorteil ist.

286 Vgl. Hobday (1998), S. 703

287 Vgl. Hobday (1998), S. 701

288 Vgl. Gloede und Hennen (2005), S. 8

289 Vgl. Malerba (2006), S. 10

290 Vgl. von Hippel (1986), S. 791 ff. sowie Malerba (2006), S. 3 ff.

291 Vgl. Weiber (1997), S. 283

292 Vgl. Schmidt (2009), S. 108

293 Davies (2006), S. 343 stellt dabei heraus, dass bei komplexen Produkten entlang des gesamten *value streams* eine Abhängigkeit und wechselseitige Beeinflussung zwischen unterschiedlichen Akteuren auftreten kann, die wie im Fall der Wartung durch die sehr hohen finanziellen Aufwendungen zu anders gerichteten Verbindungen und Entscheidungen im Vergleich zu einfachen Produkten führen. Dieser *value stream* umfasst dabei die Stufen der Herstellung, der Systemintegration, der operationalen Dienstleistungen (worunter auch die Wartung fällt) sowie das Bereitstellen zusätzlicher Dienstleistungen.

294 Vgl. Backhaus und Voeth (2007), S. 407. Verstärkt wird dieser Effekt durch die Tatsache, dass Konsumenten ebenso routinegeleitetes Verhalten an den Tag legen wie Firmen. Vgl. Malerba (2006), S. 10

Der **Staat bzw. die Politik** ist neben der besonderen Ausgestaltung der Nachfrage einen weiteren Baustein der Entwicklung von Industrien.[295] Dabei geht unser heutiges Politikverständnis auf Aristoteles zurück, der unter der Aufgabe der Politik die Planung und Gestaltung von Gemeinschaften und die Entwicklungen allgemeiner Wert- und Zweckvorstellungen verstand.[296] Ergänzt um das von Hobbes und Rousseau entwickelte Verständnis der Politik als den Prozess der gegenseitigen Auseinandersetzung und Einflussnahme im Kampf um Macht und Vorherrschaft,[297] ergibt sich ein Staatsbild, welches sowohl auf den Politikinhalt als auch auf den Prozess des Politikmachens fokussiert.[298] So wird in dieser Untersuchung nicht zwischen Staat und Politik unterschieden, sondern beide Elemente als eine gemeinsame rahmenschaffende Institution in einem evolutorischen Verständnis definiert. Der Staat zeichnet sich durch seine Überlegenheit gegenüber privaten Akteuren in der Einflussnahme auf das ökonomische System und die überlegene Koordinationsmöglichkeit zwischen verschiedenen Institutionen aus.[299] Vor diesem Hintergrund dienen dem Staat das Suchen nach etwaigen Verbesserungen im Sinne des öffentlichen Interesses sowie die Mediation zwischen diesem Interesse und dem evtl. entgegenstehenden Interesse der ökonomischen Akteure als Entscheidungsgrundlage.[300] So erwachsen aus den Bestrebungen des Staats die Wahrscheinlichkeit experimentellen Verhaltens zu erhöhen,[301] Innovationen zu überwachen und zu fördern,[302] sowie der Unsicherheit bzgl. der gewünschten ökonomischen Trajektorien, einige Schwierigkeiten.[303] Neben dem Anreizproblem in Bezug auf Überbürokratisierung, Lobbying und *rent seeking* stehen im evolutorischen Sinne vor allem die Wissens- und Informationsasymmetrien im Vordergrund, denn der Staat hat *a priori* keine besseren Informationen als die privaten Akteure.[304] Zudem unterliegen sowohl der Markt als auch der Staat, in einem evolutorischen Verständnis, der Irreversibilität und Pfadabhängigkeit.[305]

---

295 Vgl. Porter (1990), S. 1 ff.

296 Vgl. Remer (1982), S. 24

297 Vgl. Bilgeri (2001), S. 33

298 Vgl. Kempf (2007), S. 73

299 Vgl. Moreau (2004), S. 854 sowie Metcalfe (1995), S. 26 ff. Im Vergleich dazu geht der neoklassische Ansatz des Staats von einer höheren Macht des Staats in Bezug auf die Transaktionskosten und die ihm zugrundeliegenden Mechanismen der Besteuerung, der Möglichkeit Verordnungen zu erlassen, sowie der Bestrafungsmöglichkeit aus. Vgl. Moreau (2004), S. 854

300 Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 386 f. Im Vergleich dazu dient dem Staat unter einem neoklassischen Ansatz die kollektive intertemporale Wohlfahrtsmaximierung oder zumindest quasi-Pareto Verbesserungen. Vgl. Stiglitz (1988), S. 9 ff.

301 Vgl. Metcalfe (1995), S. 25 ff.

302 Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 371 ff.

303 Die neoklassische Sichtweise zielt in ihrer Begründung staatlichen Eingreifens vor allem auf die Korrektur von Marktfehlallokationen, sowie auf das Erstellen eines ökonomischen Gerüsts im Sinne der Etablierung einer Rechtsstruktur ab.

304 Vgl. Moreau (2004), S. 854

305 Hier sei ausdrücklich klargestellt, dass die vorgenommen Ausführungen theoretische Gebilde sind, welche sich in der realen Welt durchaus überschneiden. Zudem unterliegt der Staat bzw. die Politik ebenso wie private Akteure einem generellen Wandel in Bezug auf Gewichtung und Einflussnahme gegenüber der Gestaltung des ökonomischen Systems. So können einzelne politische Entscheidungen zu unterschiedlichen Handlungen

2.2.3.2. Ko-evolutorische Determinanteninteraktion

Innerhalb dieses Politikverständnisses verfolgt der Staat die Aufgabe der Wahrung der Bürgerinteressen und deren Schutz, wobei das Einflussfaktorenfeld der Verbindung zwischen dem **Staat und der Nachfrage** manifestiert wird. Dabei wird das oben dargestellte Werte- und Anforderungsset der Nachfrage als Ausgangspunkt für die staatlichen und politischen Bemühungen angesehen. D.h., dass von der Nachfrageseite direkte Impulse bzw. Bedürfnisse vor allem im Bereich der gesellschaftlichen, sozialen und ökologischen Anforderungen bestehen.[306] Gerade komplexe Produkte weisen oft einen direkten nachfrageseitigen Bezug und dadurch einen hohen Grad an staatlicher Intervention auf. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn das Sicherheitsbedürfnis adressiert wird. Sowohl die öffentliche Sicherheit, als auch die nationale Sicherheit stellen in diesem Rahmen besondere Motivatoren staatlichen Eingriffs dar.[307] Ein weiteres Themenfeld, welches im Rahmen komplexer Produkte von Bedeutung ist, ist die Internalisierung externer Effekte die aus dem Produkt erwachsen. Technologien, die einen großen Energiebedarf haben, verursachen eine ökologische Dysfunktionalität, bspw. durch emittierte Schadstoffe, Lärm und die Energienutzung, welche den Staat vor die Aufgabe stellt diese im öffentlichen Interesse zu lösen.[308] Diese Motivatoren gehen somit von der Nutzerseite der zweigeteilten Nachfrage aus und adressieren dabei auch die Interessen potentieller Nutzer sowie die Interessen der Nicht-Nutzer. Die Interessen der Betreiberseite sind zumindest in Bezug auf die Sicherstellung menschlicher Bedürfnisse kein wesentlicher Anreiz für staatliches Handeln, jedoch tritt der Staat im Kontext komplexer Produkte oftmals als direkter Nachfrager auf.[309] Dies ist bspw. der Fall bei militärischen Systemen.[310] Somit agiert der Staat im Bereich komplexer Produkte, neben seiner allgemeinen Funktion als Entwicklungsleitplanke des nicht-ökonomischen Interesses, als direkter Teilnehmer und Nachfrager, wobei das Ausmaß in diesem Fall über die Schaffung von Nischen zur Erprobung und Entwicklung neuer Technik hinausgeht.[311]

Dieses direkte Interesse an einem komplexen Produkt drückt die enge Beziehung zwischen **Staat und Technologie** aus.[312] Wie in den vorangegangen Abschnitten aufgezeigt, spielt die technologische Entwicklung eine Hauptrolle in der Industrieevolution, wobei Richtung und Geschwindigkeit der technologischen Entwicklung in vielerlei Hinsicht nicht exogen vorgegeben,

---

des Staats in Bezug auf die gleiche Problemstellung sein und unterschiedliche Begründungen eines staatlichen Eingreifens zu denselben Ergebnissen führen.

306 Wirtschaftliche Faktoren, wie Wohlstand und die Sicherstellung der Arbeitsplätze werden durch die Technologie bzw. die Industrie katalysiert und werden deshalb untenstehend diesen Verbindungen zugeordnet.

307 Vgl. Hobday et al. (2000), S. 795

308 Vgl. Weber et al. (2005), S. 1 ff.

309 Vgl. Hobday et al. (2000), S. 800 sowie Nelson (1983), S. 504. Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Staat selbst als Betreiber auftritt.

310 Vgl. Hobday (1998), S. 702

311 Vgl. Oltra und Saint Jean (2009), S. 571

312 Vgl. Gann und Salter (2000), S. 960

sondern in einem gewissen Maße gestaltbar sind.[313] Um diese Entwicklung aufrecht zu erhalten und um die Bürgerinteressen zu wahren, greift der Staat aktiv in den technologischen Entwicklungsprozess durch technologie- und innovationspolitische Maßnahmen mit dem Ziel Wachstumsimpulse und technologische Entwicklungsrichtungen zu generieren ein.[314] Somit knüpft die Verbindung zwischen Staat und der technologischen Entwicklung an die Diskussion zum techno-ökonomischen Paradigma an und lässt die Bedeutsamkeit von Institutionen erkennen.[315] Das institutionelle Gefüge ist dabei der Rahmen staatlichen Eingreifens, wobei die Akkumulation wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Wissens sowie dessen Kombination durch verbindende Institutionen (*bridging institutions*) in einem Kontext der neuen Innovationsökonomik einen entscheidenden Platz einnimmt. Die Idee der verbindenden Institutionen gründet vor allem auf der *ex-ante* Selektionsschwäche technologischer Entwicklungsrichtungen des Marktmechanismus und rechtfertigt deren Existenz.[316] Diese institutionelle Etablierung fällt unter das Konzept der finanziellen Förderung von F&E, die einen erheblichen Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung trägt.[317] Da das in subventionierten Forschungsprojekten erschlossene Wissen üblicherweise eine Veröffentlichung erfährt, begünstigen diese Institutionen zudem *Spillover* sowie *crossfertilization*-Effekte und erschließen Synergien. Dies ist vor allem in Bezug auf komplexe Produkte ein entscheidender Faktor zur Durchführbarkeit von F&E-Projekten. Dabei rechtfertigen die sehr hohen Kosten komplexer Produkte die Entwicklung und Nutzung anderer Technologiefelder, bspw. die Nutzung aus Synergien zwischen militärischen und zivilen Entwicklungen sowie Hilfen der öffentlichen Hand.[318] Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass komplexe Produkte ohne die Zuhilfenahme staatlicher Institutionen keine technologische Entwicklung erfahren würden oder im Extremfall nicht existent wären. Dies stellt zudem die Zielvorgabe politischer Maßnahmen zur Bildung eines Entwicklungsrahmens der eine technologieoffene Stimulation selbstorganisierender und eigendynamischer Such- und Selektionsprozesse ermöglicht in Frage.[319] Zudem können, wie zuvor dargestellt, aus dem Versuch der Internalisierung externer Effekte technologische Anreize resultieren. Dabei ist oftmals schon die Ankündigung von Veränderungen in der Rechtsvorschrift eine ausreichend große Drohkulisse, um die technologische Entwicklung voranzutreiben (*pending regulations*).[320] Ein Beispiel stellen die angekündigten Festlegungen von Schadstoffausstoßobergrenzen für Personenkraftwagen in der EU dar. Während fortwährend neu festgelegte Grenzen

[313] Vgl. Dachs et al. (2003), S. 8 f.
[314] Vgl. Dolata (2008), S. 272
[315] Vgl. Perez (1983), S. 357 ff. sowie Nelson (1994), S. 47 ff.
[316] Vgl. Dosi (1982), S. 155
[317] Vgl. Dosi und Nelson (2009), S. 9
[318] Vgl. Begemann (2008), S. 83. Die Bedeutung des Technologietransfer wird ebenso von Rosenthal (1993), S. 85 ff. sowie King und Nowack (2003), S. 303 ff. hervorgehoben.
[319] Vgl. Knappe (2014), S. 223
[320] Zu dieser Art Regulierung zählen nach Sharp und Pavitt (1993) die staatlichen Eingriffe in Bezug auf die menschliche Gesundheit, Sicherheit und umweltbezogene Einschränkungen.

zu einer inkrementellen Verbesserung bestehender technologischer Lösungen führten, wird in den kommenden Jahren eine Grenze der technologischen Möglichkeiten erreicht sein, die eine technologisch diskontinuierliche Entwicklung erzwingt.[321] Neben all diesen, dem technologischen Fortkommen zuträglichen, Eingriffsmöglichkeiten des Staates besteht die Gefahr politischer Fehllenkung, welche zu Ressourcenfehlallokationen, asymmetrischer Regionalentwicklung sowie dem Abrücken von Grundlagenforschung zu Gunsten anwendungsorientierter Forschung führen kann.[322] Gestützt wird diese Gefahr durch institutionelle Pfadabhängigkeiten sowie den Einfluss von Interessengruppen (*Lobbying*), woraus sich negative Konsequenzen sowohl in Form von institutioneller Stabilisierung, als auch der Selektion technologisch inferiorer Pfade ergeben können.[323] Zusätzlich stellt sich gerade bei komplexen Produkten die Frage nach der Vermeidung der Gefahr eines *Lock-ins*.[324] Durch die sehr hohen Kosten bei der Finanzierung komplexer Produkte erwächst die Gefahr von Steuerverschwendung und unsachgemäßem Einsatz von öffentlichen Ressourcen.[325]

Neben dieser technologischen Einflussnahme besteht eine direkte Verbindung zwischen **Industrie und Staat**. Eine staatliche Intervention neben der technologischen Verbindung ist typisch für komplexe Produkte.[326] Diese Spezifität ergibt sich aus der Produktcharakteristik bzw. die an das Produkt gestellten nachfrageseitigen Anforderungen, wie das hohe Maß an Sicherheit und die große Kapitalintensität. Vor allem bei Auftreten einer militärischen Bedeutung des Produkts oder der Abhängigkeit in Bezug auf die Transportautarkie eines Staates werden die politischen Funktionen des Produkts angesprochen, was eine enge Bindung zwischen Staat und Industrie rechtfertigt.[327] Zudem ist komplexen Produkten gemein, dass in der Regel viele hoch qualifizierte Arbeitsplätze mit dessen Herstellung verbunden sind und so ein staatliches Eingreifen im Falle eventueller industrieller Schieflagen zu rechtfertigen versucht wird.[328] Darüber hinaus besteht ein Interesse Wachstumsimpulse zumindest quantitativer Art außerhalb der technologischen Förderung zu generieren, wie bspw. durch Absatzfinanzierungshilfen.[329] Ein weiteres gerade in Bezug auf komplexe Produkte hoch relevantes Ziel staatlichen Eingriffs ist das

---

321 Vgl. Knappe (2014) S. 106
322 Vgl. Dolata (2008), S. 272
323 Vgl. Knappe (2014), S. 224
324 So untersuchte Walker (2000), S. 833 ff. die Gefahr eines *Lock-ins* bei staatlichen Infrastrukturprojekten.
325 Vgl. Hobday et al. (2000), S. 797 ff.
326 Vgl. Hobday (1998), S. 689 ff. sowie Hobday et al. (2000), S. 793 ff.
327 Vgl. Pompl (2007), S. 63 f.
328 Eine allgemeine Art der Unterstützung stellt die Sicherstellung einer geeigneten Infrastruktur dar, die neben der Rechtsstruktur auch eine angemessene Bildungspolitik miteinschließt und es Industrien erlaubt, ihren Fortbestand zu sichern. Vgl. Landgrebe (2006), S. 17
329 Vgl. Rosenthal (1993), S. 97 f. Wird ein komplexes Produkt (noch) nicht in einem bestimmten Staat hergestellt, wird aber zur Wahrung bzw. Sicherstellung der staatlichen Interessen benötigt, was oft in Schwellenländern zu beobachten ist, greift der Staat direkt und massiv in den Markt ein, um diese bestimmte Industrie zu fördern bzw. aufzubauen. Vgl. Hobday (2005), S. 129 ff. sowie Hobday et al. (2000), S. 802. Da Beweggründe, Herangehensweise und Ausgestaltung recht unterschiedlich ausfallen können, wird auf eine generalisierte Erklärung von *catching-up*-Prozessen an dieser Stelle verzichtet, jedoch auf die entscheidende Rolle

Wettbewerbs- und Kartellrecht, da komplexe Produkte aufgrund ihrer Produkteigenschaften zu natürlicher Monopolbildung neigen.[330] Dabei umfasst das Wettbewerbs- und Kartellrecht eine Vielzahl von Regeln die der staatlichen Kontrolle von Märkten und Unternehmen, durch eine Beschränkung erlaubter Marktstrukturen und Verhaltensweisen, dienen. Ziel ist dabei ein wettbewerbsfreundliches Umfeld zu initiieren und aufrechtzuerhalten.[331] Allerdings stellen komplexe Produkte mit der hohen direkten staatlichen Verbindung einen Extremfall dar. Dies gründet neben den Sicherheitsaspekten auf der hohen Kapitalintensität und der Langfristigkeit in Bezug auf etwaige Rückerstattungen von Investitionen. Dies kann dazu führen, dass der private Kapitalmarkt keine (ausreichende) Finanzierungsmöglichkeit für Unternehmen in Industrien mit komplexen Produkten liefert, wodurch der Staat als finanzielle Ersatzinstitution einspringt.[332] Dies unterstreicht die Tragweite der engen wechselseitigen Beziehung zwischen Unternehmen und politischen Organen, die ein dynamisches Netz aus Macht- und Abhängigkeitsrelationen bilden.[333] Unter dieser Prämisse stellt das Leitbild unternehmerischen Handelns in Richtung der politischen Seite eine Beeinflussung der Rahmenbedingungen in einer Weise dar, die es den Unternehmen erlaubt ihren eigenen Handlungsspielraum zu vergrößern.[334] Die Methode dieser Machtausübung stellt im Fall komplexer Produkte vor allem auf den Lobbyismus ab, da durch die enge Verbindung der Industrie mit dem Staat eine solche Interaktionsform zwischen den politischen und unternehmerischen Akteuren erleichtert wird.[335] Durch die finanzielle Verkettung und die enge Interessenlage ergibt sich ein hoher Grad an Überwachung, der sich sowohl durch den Besitz, die Kontrolle oder die enge Beaufsichtigung der Produktion und des Betriebs komplexer Produkte äußert. Dies ist bspw. in Industrien wie der Kernenergie, der Telekommunikation oder der Luftfahrt der Fall.[336] Wie stark der staatliche Einfluss auf die Industrie ist und welche Maßnahmen dabei favorisiert werden hängt dabei auch von der Ära ab,[337]

von Staaten in der Ausgestaltung ihrer Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich hingewiesen. Vgl. Porter (1990), S. 1 ff.

330 Vgl. Hobday (1998), S. 702

331 Vgl. Pindyck und Rubinfeld (2001), S. 360

332 Vgl. Hobday et al. (2000), S. 795

333 Vgl. Crozier und Thoenig (1976), S. 563. Der Faktor ‚Macht' wird zusätzlich auch bei der Koalitionsbildung für technologische Entwicklungen von Nelson (1995), S. 174 in Betracht gezogen, was dann unweigerlich zu der Verneinung ökonomischer Effizienz im Vergleich zu Machtpositionen in der Entwicklung steht. Vgl. Bijker et al. (1989). Jedoch wird zusätzlich die Bedeutung der Betrachtung von politischen und sozialen Faktoren betont. Vgl. Nelson (1995), S. 174

334 Vgl. Picot (1977), S. 45

335 Unter Lobbyismus wird hier eine vertrauensbasierte und reziproke Ausprägung der Interessensvertretung verstanden, die mit informellen Regeln und Verhaltenskonventionen zwischen den politischen und ökonomischen Akteuren bestehen. Vgl. Picot et al. (2002), S. 23. Hier sei auf die große Anzahl eher deskriptiv orientierter Beiträge und Fallstudien verwiesen, welche sich mit dem Lobbyismus und seinen Auswirkungen befassen, so bspw. Farnel (1994), Shuldiner und Raymond (1998) sowie Landgrebe (2006) und Leif und Speth (2006).

336 Vgl. Hobday (1998), S. 703

337 Die regional unterschiedliche Ausgestaltung muss dabei ebenso berücksichtigt werden.

denn der staatliche Einfluss ist in seiner Intensität und Wirkrichtung als dynamisch anzusehen.[338] Neben dem allgemeinen politischen Wandel, welcher Wechsel in politischen Parteien sowie den Einfluss wissenschaftlicher Erkenntnisse und deren politische Umsetzung miteinschließt, bestehen vor allem in Bezug auf die ökonomische Gestaltung einer Volkswirtschaft große Veränderungen über den Zeitverlauf hinweg.[339] So ist ein Wandel von einer eher exogen anzusehenden Vertretung des öffentlichen Interesses hin zu einem endogenen Prozess, der mehrere Interessenlager miteinschließt, zu beobachten.[340] Von besonderer Bedeutung für Industrien mit komplexen Produkten ist ein Wandel der politischen Ansicht über die Verbindung zwischen Staat und Industrie. Hierzu zählen u. a. die Privatisierungstendenzen und Deregulierungsprozesse, die eine Veränderung in der direkten Einflussintensität des Staats nach sich ziehen, ohne dabei Sicherheit und nationales Interesse zu gefährden.[341]

Zusammengenommen ist also die Entwicklung einer Industrie einer Vielzahl an exogenen und endogenen Treibern unterworfen, welche die Richtung und Geschwindigkeit der Evolution determinieren und an dieser Stelle nochmals zusammenfassend dargestellt werden. In Abb. 2-3 werden anhand der Einflussfaktoren Technologie, Staat und Nachfrage die ko-evolutorischen Beziehungen zwischen den Einflussfaktoren und deren Interdependenzen mit der Industrie aufgezeigt, wobei zu jedem Zeitpunkt *t* ein Selektionsmechanismus auf Basis der Interaktionen der Einflussfaktoren einsetzt, der für die Weiterentwicklung der Industrie richtungsweisend ist. Zu jedem dieser Zeitpunkte evaluieren Staat und Nachfrage das Nutzen-Kosten-Niveau und geben Richtungsimpulse ab.[342]

Der horizontale Richtungspfeil repräsentiert die **Verbindung zwischen Technologie, Technik, Produkten und der Industrie**. In diesem Kontext wurde gezeigt, dass Technologie und Technik Motor der intrinsischen Entwicklung einer Industrie sind und damit den Fortschritt prägen.[343] Technischer Wandel inkludiert den Prozess der schöpferischen Zerstörung und wird als pfadabhängiges Konstrukt aufgefasst, welches durch spezifische techno-ökonomische *trade-off*-Beziehungen gekennzeichnet ist. Begrenzt wird das Fortschreiten und Wandeln entlang ei-

---

338 Vgl. Nelson (1995), S. 182 sowie Paraskevopoulou (2012), S.1058

339 Auf die Technologie bezogen sind bspw. Veränderungen in Bezug auf die Ausgestaltung der Zielsetzung von Fördermaßnahmen zu verzeichnen, wobei eine grundsätzliche Unterscheidung hierbei zwischen ‚missionsorientierten', also der Förderung spezifischer Technologien und ‚diffusionsorientierten', also die Förderung im Rahmen nicht-zielgebundener und heterogenitätsfördernder Maßnahmen vorzunehmen ist. Vgl. Cantner und Pyka (2001) sowie Ergas (1987)

340 Insgesamt ist zumindest in den europäischen Industriestaaten eine Erweiterung der neoklassischen Sichtweise hin zu neuen innovationstheoretischen Ausprägungen (bspw. Clusterbildung, Wissen als Agenda-Ziel, etc.) zu beobachten.

341 Vgl. Hobday (1998), S. 698.

342 Eine ausführliche Diskussion zu dem Werte- und Anforderungsset der Nachfrage bzw. dessen Inkorporation in staatliche Handlungen findet sich in Abschnitt 2.2.3.

343 Für eine detaillierte Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Technologie, Technik, Produkt und deren Einwirken auf die industrielle Entwicklung vgl. Abschnitt 2.2.1. sowie Abschnitt 2.2.2.

ner technologischen Trajektorie durch die technologischen Möglichkeiten, die das Entwicklungspotential einer Technologie und den Schwierigkeitsgrad deren Erschließung beschreiben. Industrien bzw. die einer Industrie zuzurechnenden Unternehmen bewegen sich innerhalb dieses technologischen Rahmens und treiben dessen Entwicklung über den Zeitverlauf voran. D.h. sie verfeinern und verbessern schrittweise die Technik entlang einer Trajektorie bis hin zu einem Punkt der Erschöpfung der technologischen Möglichkeiten, die dann einen Paradigmenwechsel stimulieren kann.

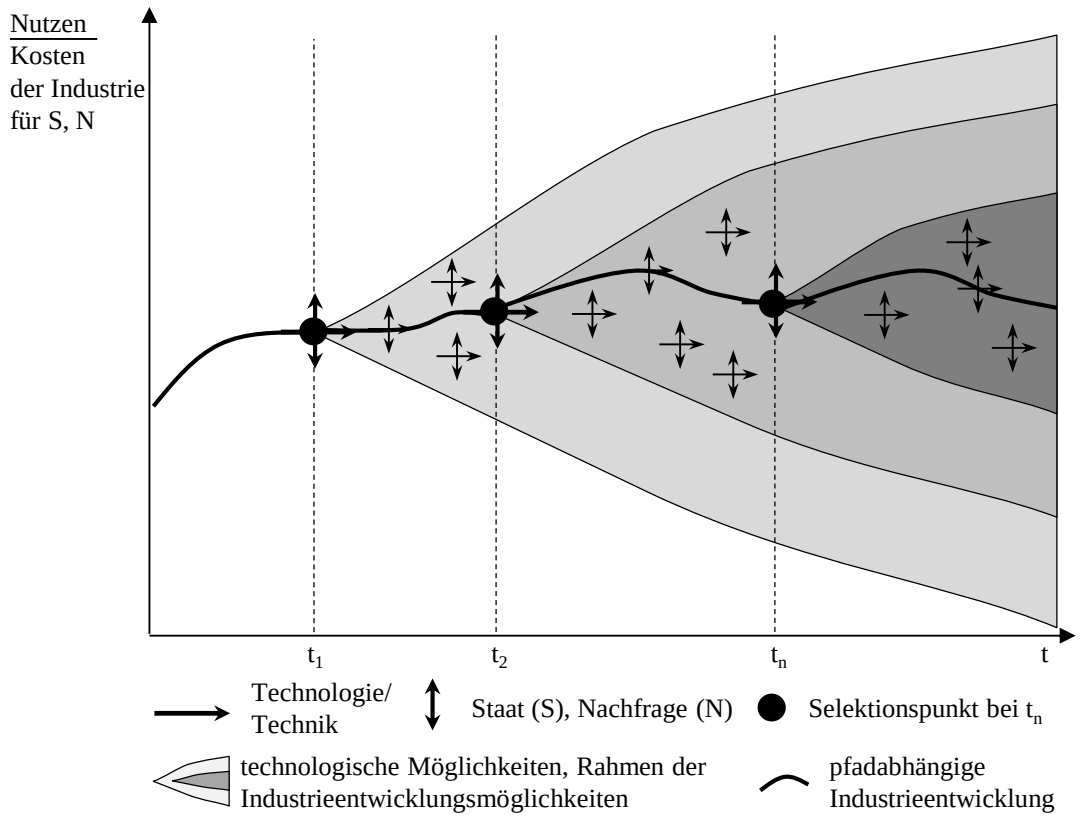


Abb. 2-3: Ko-evolutorisches Einflussfaktorengeflecht der Industrieevolution[344]

Die Entwicklungsrichtung und -geschwindigkeit wird auch durch die beiden nicht-technologischen Einflussfaktoren des **Staats und der Nachfrage** bestimmt, die miteinander verwoben sind und in Abb. 2-3 durch den vertikalen Doppelpfeil repräsentiert sind. Es wurde gezeigt, dass gerade im Fall komplexer Produkte die Nachfrage und der Staat über einen stärkeren Einfluss verfügen als in Industrien mit vergleichsweise einfachen Produkten.[345] Zum einen gehen von der Nachfrageseite direkte Impulse, basierend auf dem Werte- und Anforderungsset für die staatlichen und politischen Bemühungen aus, die sich dann in rahmenschaffenden Regularien

[344] Eigene Darstellung
[345] Vgl. hierzu Abschnitt 2.2.3.

ausprägen. Zum anderen tritt der Staat im Fall komplexer Produkte oftmals als direkter Nachfrager auf und erweitert dabei seine originäre Funktion als Entwicklungsleitplanke des nicht-ökonomischen Interesses.[346] Im Fall des Staats besteht eine separiert zu betrachtende Einflussnahme auf Technologie und Industrie. Die Verbundenheit zwischen **Staat und Technologie** gründet vor allem auf dessen Intention der Wahrung der Bürgerinteressen und mündet in technologie- und innovationspolitischen Maßnahmen, sowie der Etablierung eines institutionellen Gefüges. Speziell bei komplexen Produkten ist dieser Zusammenhang stark ausgeprägt, da diese zumeist Hochtechnologien inkorporieren und gepaart mit sehr hohen Entwicklungskosten ein staatliches Eingreifen erfordern. Diese starke Verbundenheit spiegelt sich auch in der direkten industriellen Einflussnahme des Staats wieder, welche sich in finanzieller Verkettung und direkter produktbezogener Interessen äußert.[347]

Der Zusammenhang zwischen **Nachfrage und Technologie** bzw. der Industrie wird als weiteres ko-evolutorisches Beziehungsgeflecht angesehen. Die Nachfrageseite eröffnet den Anbietern einer Technologie ein lösungs- und technologieoffenes Problemfeld, dessen Befriedigung sich durch einen wechselseitigen Prozess zwischen Technologie und Nachfrage führt. Im Fall komplexer Produkte existiert neben den Nutzern einer Technik die Nachfrageebene der Betreiber, welche direkten Einfluss auf die Technikentwicklung und damit auf die industrielle Entwicklung nehmen.[348] Während also in Industrien mit eher einfachen Produkten die Gewichtung über die Einflussintensität der genannten Faktoren eindeutig auf der Technologieseite liegt, verschiebt sich diese in Industrien mit komplexen Produkten in Richtung des Staats. Das Wechselspiel aller drei Faktoren wird allerdings weiterhin als entscheidend angesehen. Es ist ein ko-evolutorisches Beziehungsgefüge, welches den Verlauf der Industrieevolution determiniert und bestimmte Verlaufsmuster erklärt.

2.2.4. Entwicklungsmuster von Industrien mit komplexen Produkten

Aufbauend auf den Ausführungen in den vorangestellten Abschnitten widmet sich dieser Abschnitt in Unterabschnitt 2.2.4.1. zunächst der Darstellung des Industrielebenszyklus für den Fall eher einfacher Produkte, um nachfolgend in Unterabschnitt 2.2.4.2. den Bezug zu komplexen Produkten herzustellen und die Notwendigkeit einer vielschichtigen Analyse, die über die Entwicklung der obersten Wertschöpfungsstufe hinausgeht, aufzuzeigen. Um die Verknüpfung zwischen Produktlebenszyklen und ko-evolutorischen Einflussfaktoren zu gewährleisten wird der Industrielebenszyklus anhand der Parameter Absatz und Anzahl der Hersteller über die Zeit

[346] Dieser Zusammenhang wird in Abschnitt 2.2.3. ausführlich diskutiert.
[347] Die Verknüpfung zwischen Staat, Nachfrage und der Technologie, sowie der Industrie wird in Abschnitt 2.2.3. ausgeführt.
[348] Die Verknüpfung zwischen Nachfrage, Technologie und Industrie ist Gegenstand des Abschnitts 2.2.3.

analysiert.[349] Nimmt man hierbei Technologie und deren Umsetzung in Produkten, also Technik, als industrieinternen Entwicklungsprozess wahr, so haben Produktlebenszyklen einen entscheidenden Einfluss auf die Industrieevolution.[350]

2.2.4.1. Der Industrielebenszyklus

Der Industrielebenszyklus ist ein Ansatz zur Modellierung der Interdependenzen zwischen technischem Wandel, industrieller Organisation und Marktcharakteristika im Verlauf des technischen Fortschritts.[351] Er lässt sich folglich als die Summenkurve der Produktlebenszyklen darstellen. Trotz industriespezifischer Unterschiede in der Ausprägung einzelner Parameter,[352] ist eine Vereinheitlichung des Verlaufs in einem breiten Spektrum an Randbedingungen entlang dieses Grundmusters durchführbar.[353] Dabei lässt sich die Entwicklung einer Industrie grundsätzlich in drei Phasen - Entstehung, Wachstum und Reife - unterteilen.[354] Um sowohl eine volumenbezogene Betrachtung des Industrielebenszyklus als auch in den jeweiligen Phasen Markteintritte und -austritte zu analysieren, werden in Abb. 2-4 die Verlaufskurven von Absatz und Anzahl der Akteure aufgezeigt und argumentativ mit den ko-evolutorischen Verlaufsdeterminanten verknüpft.[355] Grundsätzlich wird die **Entstehungsphase** eines Industrielebenszyklus durch einen technologischen Durchbruch ausgelöst, der zu einer radikalen Innovation in Form eines neuen Produkts führt.[356] Die Akteure sind mit einer sehr hohen technologischen Unsicherheit konfrontiert,[357] was sich in einem wissensseitigen, extensiv-explorativen Lernprozess niederschlägt.[358] Durch die hohe Unsicherheit ist kein Akteur bereit in Prozessinnovationen zu investieren, um die nötige Flexibilität aufrechtzuerhalten. Produktionsprozesse sind folglich ineffizient ausgestaltet und die Akteure nutzen überwiegend Standardmaschinen und -materialien.[359] Neben der hohen technologischen Unsicherheit besteht eine große marktbezogene Unsicherheit,[360] die eine erhöhte Offenheit in Bezug auf die technischen Entwicklungen fordert.

---

349 Alternative Darstellungsvarianten können sich auf den Umsatz, Marktanteil, Gewinn, oder, wie in den meisten Fällen praktiziert, auf die Anzahl der im Markt befindlichen Hersteller beziehen. Vgl. Höft (1992), S. 91 ff.

350 Vgl. Agarwal and Gort (2002), S. 184 ff.

351 Vgl. Pyka (2000), S. 28. Für eine Diskussion der Abwägung etwaiger Vor- und Nachteile von Lebenszyklusmodellen vgl. Abschnitt 2.2.2. sowie Zollenkop (2006), S. 172 ff.. Einzelne Aspekte aus dem Bereich der Lebenszyklusmodelle wurden bspw. von Kuznets (1929) oder Schumpeter (1939) eingeführt, wobei die wichtigsten Beiträge in diesem Bereich in den 1960er Jahren von Vernon (1966) sowie Hirsch (1967) stammen. Vgl. Karlsson und Nyström (2003), S. 135

352 Vgl. Dosi und Nelson (2009), S. 49

353 Vgl. Saviotti und Pyka (2008), S. 168

354 Vgl. Klepper (1996), S. 563 ff. sowie Williamson (1975), S. 215. Über die exakte Anzahl an Phasen herrscht in der Literatur eine große Varianz vor. Je nach Analysehintergrund wird zwischen drei und bis zu sechs Phasen unterschieden. Allerdings lassen sich diese in einer drei Phasenabgrenzung zuordnen, wodurch kein Erkenntnisverlust vorherrscht. Vgl. Höft (1992), S. 103 ff.

355 Vgl. Rink und Swan (1979), S. 219 ff.

356 Vgl. Klepper (1997), S. 146 ff., Perez (2010), S. 187 sowie die Unterabschnitte 2.2.1 und 2.2.2.

357 Vgl. Tushman und Rosenkopf (1992), S. 318 ff.

358 Vgl. Knappe (2014), S. 82 sowie Zollenkop (2006), S. 207

359 Vgl. Abernathy und Utterback (1978), S. 45 sowie Utterback (1994), S. 93

360 Vgl. Tushman und Rosenkopf (1992), S. 318 ff.

Zudem besteht eine kundenseitige Unsicherheit, die sich in einer geringen Nachfrage niederschlägt und den Absatz auf niedrigem aber steigendem Niveau hält. In Bezug auf die Herstelleranzahl ist die Entwicklung umfassend erforscht.[361] Durch die offene technologische Entwicklung und niedrigen Markteintrittsbarrieren ist die Entstehungsphase des Industrielebenszyklus durch hohe Markteintritts und -austrittsraten,[362] mit einer steigenden Anzahl an Herstellern gekennzeichnet.[363] Es herrscht ein Wettbewerb um die Produktfunktionalität.[364] Die Marktanteile der zahlreichen kleinen und mittleren Unternehmungen sind volatil,[365] der Kapitalbedarf hoch,[366] die Organisation informell und unternehmerisch im Sinne Schumpeters.[367] Der Produktionsprozess ist ineffizient aber flexibel, d.h. prinzipielle Veränderungen sind einfach zu bewerkstelligen.[368]

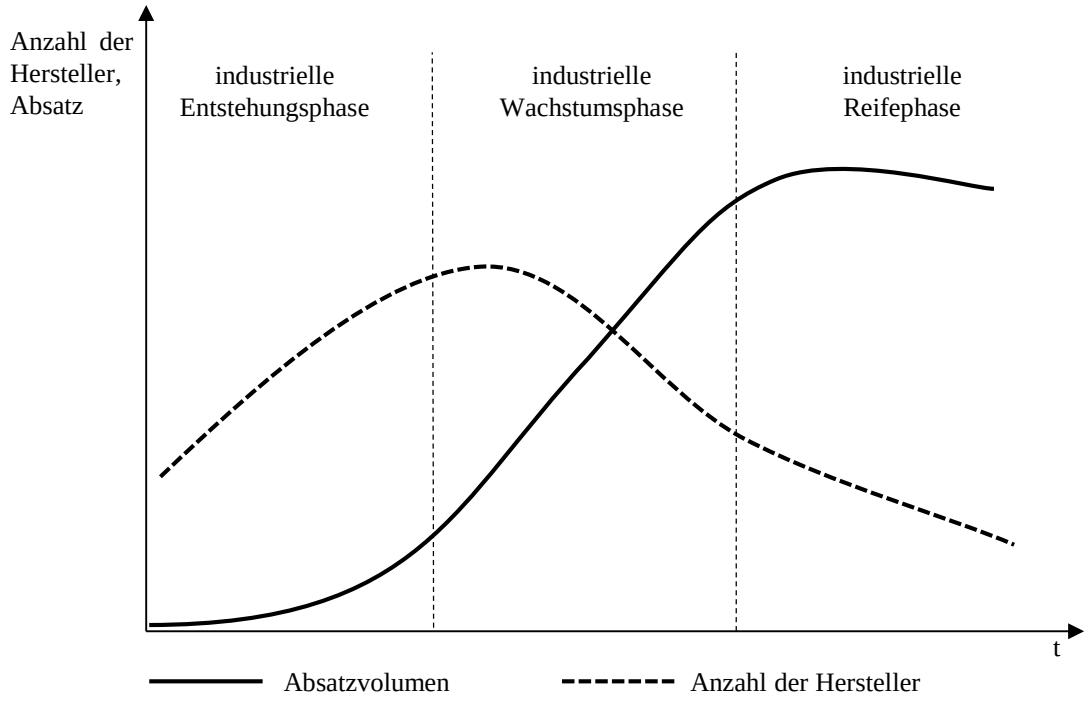


Abb. 2-4: Der Industrielebenszyklus[369]

361 Vgl. Klepper (1996), Klepper (1997) sowie Geels (2005)
362 Vgl. Geels (2005), S. 54
363 Vgl. Klepper (1996), S. 564 f. sowie Saviotti und Pyka (2008), S. 174 ff. In der Empirie zeigen sich nach Klepper (1996), S. 564 allerdings zwei wesentliche Verlaufsmuster der Markteintrittsraten: entweder sie reduziert sich stetig, oder sie steigt temporär an, um sich dann stetig zu reduzieren.
364 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
365 Vgl. Geels (2005), S. 54
366 Vgl. Zollenkop (2006), S. 194
367 Vgl. Abernathy und Utterback (1978), S. 40
368 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
369 Eigene Darstellung in Anlehnung an Klepper (1996), S. 564 für den Verlauf der Herstelleranzahlkurve sowie Höft (1992), S. 66 ff. für die Entwicklung der Absatzkurve.

Es ergibt sich eine Industriestruktur, welche als flüssig und damit als heterogen-dynamisch zu beschreiben ist und die eine geringe interindustrielle Interdependenz aufweist.[370] In dieser Phase sind selbst bislang dominante Akteure durch radikale Produktinnovationen in ihrer Position bedroht.[371] Der Übergang in die **Wachstumsphase** ist durch die Etablierung eines dominanten Designs gekennzeichnet,[372] was tiefgreifende Veränderungen in der Wettbewerbsstruktur und den Erfolgsfaktoren mit sich bringt.[373] An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf verwiesen, dass für die Durchsetzung eines dominanten Designs keine technologischen Gründe bestehen. Denn die Definition eines dominanten Designs ergibt sich aus der Überlegenheit eines Basisdesigns gegenüber dem wettbewerbsfähigsten alternativen Basisdesign bzw. durch einen klaren Marktanteilsvorsprung gegenüber den Alternativen und einer sich abzeichnenden Vergrößerung dieser wettbewerbsbezogenen Stellung.[374] Folglich sind nachfrageseitige Gründe für die Durchsetzung und Weiterentwicklung eines Basisdesigns von Bedeutung. In der Wachstumsphase fallen die Produktinnovationsrate und damit die Produktvielfalt steil ab, während die Anzahl der Prozessinnovationen ihren Höhepunkt erreicht, sodass zunehmend Spezialequipment zum Einsatz kommt.[375] Damit ist ein Wechsel der Innovationsart von radikal zu inkrementell auf Produktseite und von inkrementell zu radikal auf Prozessseite zu konstatieren.[376] In der Folge verschiebt sich nach der Herausbildung des dominanten Designs der wissensseitige Fokus auf spezifische Produktmerkmale.[377] Insgesamt findet also eine Schärfung der Wissensbasiskonturen, einhergehend mit einem intensiven, sich ausdifferenzierenden Lernprozess statt.[378] In dieser Phase verbessert sich die Produktqualität aufgrund der technologischen Festlegung auf ein Basisdesign beträchtlich.[379] Es findet eine Sortimentserweiterung in der Branche statt, in der das Potential der verwendeten Technologien zur Erweiterung der vorhandenen Produktlinien genutzt wird.[380] Der technologische Einfluss auf die Entwicklung des Industrielebenszyklus ist durch die zunehmende Fokussierung nach der Herausbildung des dominanten Designs als maximal anzunehmen. Die marktbezogene und technologische Unsicherheit reduziert sich.[381] Dadurch verbessert sich die Produktqualität, der Preis sinkt und die Nachfrage steigt an. Die Produktionsmenge nimmt als Reaktion auf die wachsende Nachfrage und

370 Vgl. Geels (2005), S. 54
371 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
372 Vgl. Suarez und Utterback (1995) sowie Tushman und Rosenkopf (1992)
373 Vgl. Utterback (1994), S. 24
374 Vgl. Suarez (2004), S. 281
375 Vgl. Abernathy und Utterback (1978), S. 44 f. sowie Afuah und Utterback (1997), S. 185
376 Vgl. Utterback und Abernathy (1975), S. 645
377 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
378 Vgl. Klepper (1997), S. 149
379 Vgl. Grant (2010), S. 277
380 Vgl. Zollenkop (2006), S. 193
381 Vgl. Klepper (1997), S. 146 ff.

der Entdeckung erweiterter Anwendungsgebiete rapide zu.[382] Dies führt zu einem starken Anstieg in der Absatzleistung der Industrie, die durch die verbesserten Produktionsprozesse realisierbar wird. Die Herstelleranzahl erreicht ihr Maximum,[383] durch den sich intensivierenden Wettbewerb werden die Markteintrittsbarrieren erhöht und die Markteintrittsrate reduziert. Dies führt zu einer Konzentration und anschließender Stabilisierung von Industriestruktur und Marktanteilen, womit sich das Profil des Markts schärft.[384] In diesem technologiegetriebenen *shakeout* sinkt die Herstelleranzahl beträchtlich, wobei der Absatz weiter wächst und sich eine Umverteilung von Ressourcen der verbleibenden Kapazitäten zwischen den Aussteigern und den verbleibenden Unternehmen aufzeigt.[385] Der Kapitalbedarf steigt überproportional an.[386] Hersteller mit einem hohen Effizienz- und Qualitätsniveau können Vorteile für sich generieren, da der Produktionsprozess zunehmend starr und prinzipielle Veränderungen seltener werden.[387] Der Markt wandelt sich infolge der Produktionsausweitung vom Verkäufer- zum Käufermarkt.[388] Der Staat nimmt in der Wachstumsphase eine untergeordnete Rolle ein. In seltenen Fällen werden die Subventionsleistungen, die zur Errichtung einer Industrie gewährt werden, weitergeführt. Eher sogar finden erste Regulierungstendenzen durch das Auftreten von Externalitäten statt. Die **Reifephase** einer Industrie ist die letzte Phase im Lebenszyklus. In dieser Phase ist das verbleibende Wachstum gering und vorhersehbar.[389] Es sind umfassende und genaue Informationen zur weiteren Entwicklung von Markt und Technologie vorhanden, wobei der verbleibende technologische Unsicherheitsgrad als gering zu bezeichnen ist.[390] Folglich stellt sich ein Massenmarkt mit gesunkenen Preisen, wiederholten Käufen und einer preissensitiven Nachfrage ein.[391] Es erfolgen nur noch graduelle Produktinnovationen,[392] sowie kumulative Produktivitäts- und Qualitätsverbesserungen.[393] Die Prozessinnovationsrate sinkt kontinuierlich, wobei sich Produkt- und Prozessinnovationen in hohem Maße als interdependent auszeichnen.[394] Grund für die niedrige Prozessinnovationsrate ist die Nutzung der Technologien für die Produktlinienerneuerung und Rationalisierungsmaßnahmen.[395] Damit verschiebt sich

382 Vgl. Perez und Soete (1988), S. 472 sowie Grant (2010), S. 277
383 Vgl. Klepper (1996), S. 564 f. sowie Saviotti und Pyka (2008), S. 174 ff.
384 Vgl. Geels (2005), S. 54 sowie Klepper (1996), S. 564 f. und Klepper (1997), S. 146 ff.
385 Vgl. Jovanovic und Tse (2006), S.
386 Vgl. Zollenkop (2006), S. 194
387 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
388 Vgl. Pyka (2000), S. 29 sowie Utterback und Suarez (1993), S. 5 f.
389 Vgl. Klepper (1997), S. 146 ff.
390 Vgl. Klepper (1997), S. 146 ff.
391 Vgl. Grant (2010), S. 277
392 Vgl. Utterback (1994), S. 96 sowie Afuah (1988), S. 32
393 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
394 Vgl. Utterback (1994), S. 96
395 Vgl. Zollenkop (2006), S. 193

auch der wissensseitige Fokus auf graduelle Produkt- und Prozesstechnologien.[396] Das Produktsortiment erfährt eine langsame und geringe Erweiterung,[397] wobei produktseitige Tendenzen hin zu einer *commoditization* zeigen,[398] was zu Differenzierungsversuchen in den Bereichen Qualität, Markenstrategie und Preispolitik führt.[399] In der Reifephase reduziert sich die Herstelleranzahl aufgrund des intensiven Preis- und Kostenwettbewerbs bei hohem Marktvolumen weiter,[400] häufig hin zu einem Oligopol.[401] Unter diesen Oligopolisten sind vermehrt Unternehmen zu finden die bereits früh in den Markt eingetreten sind,[402] da das Risiko des Marktaustritts durch die höhere Innovationsrate reduziert ist.[403] Die Markteintrittsrate befindet sich auf einem niedrigen Niveau und reduziert sich weiter.[404] In Summe dieser Effekte wird ein langsameres Wachstum bei gleichzeitig stärkerem Wettbewerb um Marktanteile sichtbar.[405] Die organisationale Steuerung wird von formalen Aufbau- und Ablaufprozessen dominiert.[406] Der Produktionsprozess ist effizient und starr, wobei ihm hohe Veränderungskosten inhärent sind.[407] Die Kundenstruktur weist erfahrene Wiederholungskäufer auf und die Produktion ist geprägt von Skaleneffekten.[408] Die resultierenden Beharrungskräfte vorhandener Kunden- und Lieferantenbeziehungen etablieren hohe Barrieren, die lediglich vorhandenen Unternehmen ein Überleben ermöglichen und den Eintritt in den reifen Markt blockieren.[409]

Während Produkte die typischen Phasen der Entstehung, Wachstum, Reife und Niedergang durchlaufen,[410] hält diese Aufteilung für Industrien nicht unmittelbar.[411] Die Phase des Niedergangs ist nur eine von mehreren Alternativen, wodurch sich ein Entwicklungsspektrum über die Reifephase hinaus eröffnet. Dieses Entwicklungsspektrum reicht von der produktseitigen

396 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
397 Vgl. Zollenkop (2006), S. 194
398 Vgl. Porter (1983), S. 299 ff.
399 Vgl. Grant (2010), S. 277
400 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207 sowie Klepper (1997), S. 146 ff.
401 Vgl. Saviotti und Pyka (2008), S. 174 ff. sowie Klepper (1996), S. 564 ff.
402 Vgl. Klepper (2002), S. 646 sowie Klepper und Simons (2005), S. 24. Dieses Phänomen wird in der Literatur als *early mover advantage*, *success breeds success* oder *rich get richer dynamic* bezeichnet.
403 Vgl. Klepper und Simons (2005), S. 40. Allerdings birgt früher Markteintritt die Gefahr eines *Lock-in* in Trajektorien, die mit späteren dominanten Designs inkompatibel sind. Vgl. Suarez (2004), S. 277
404 Vgl. Klepper (1996), S. 564 f. sowie Klepper (1997), S. 146 ff. Nach Klepper und Simons (2005), S. 23 f. kann ein *shakeout* von bis 90 % der vormaligen Maximalherstelleranzahl erfolgen, obwohl die industrielle Produktionsmenge stetig zunimmt.
405 Vgl. Porter (1983), S. 299 ff.
406 Vgl. Abernathy und Utterback (1978), S. 40
407 Vgl. Zollenkop (2006), S. 207
408 Vgl. Porter (1983), S. 299 ff.
409 Vgl. Klepper (1997), S. 148 sowie Dosi und Nelson (2009), S. 49 f. Dosi und Nelson betonen zudem, dass in Industrien in denen kleine Unternehmungen eine wesentliche Innovationsquelle darstellen und/oder hohe Innovationsraten vorliegen eine größere Anzahl von Unternehmungen überleben kann.
410 Siehe hierzu Abschnitt 2.2.2.
411 Speziell zeitlich jüngere Untersuchungen verweisen sowohl für den Unternehmens- als auch den Industrielebenszyklus auf eine grundsätzliche Möglichkeit der Revitalisierung und Erneuerung als immanenten Bestandteil des Lebenszyklusmodells. Vgl. Tichy (1980), S. 164 sowie Aldrich (1999), S. 26 f.

Neuorientierung und/oder technologischen Verjüngung und Erneuerung und damit einem erhöhten Absatz, über Industrieverschmelzungen oder Vernischungen mit der Möglichkeit eines Verharrens auf hohem Niveau,[412] bis hin zu einem Wegfall einer ganzen Industrie. Wobei letzterer Fall eher einen regionalen als globalen Charakter aufweist.[413] Die Hauptursachen für den Niedergang einer Branche bzw. Industrie sind zum einen in technischer Substitution und zum anderen in demographischen Entwicklungen und Verschiebungen der Bedürfnisse zu sehen.[414]

2.2.4.2. Vielschichtige Analyse bei komplexen Produkten

Aufbauend auf der Beschreibung des Standardmodells widmen sich die nachfolgenden Ausführungen der Klärung der Frage, warum der Industrielebenszyklus im Fall komplexer Produkte differenziert betrachtet werden sollte und warum für dessen Untersuchung eine **vielschichtige Analyse der Industrieentwicklung** nötig wird. Hierzu werden Einflussströme für die Entwicklung einer Industrie separiert betrachtet und zwischen den Bereichen Technologie und Produkt sowie Nachfrage und Staat unterschieden. Diese Unterteilung stellt somit auf eine Unterscheidung zwischen den dem Industrielebenszyklus unterliegenden Dynamiken und den äußeren, verlaufsverändernden Momenten des Staats und der Nachfrage ab.

Komplexe Produkte sind modular aufgebaute Systeme, deren Interaktionssystematik zwischen Subsystemen und Gesamtsystem in Abb. 2-5 anhand des Auftretens einer radikalen Innovation in Subsystem 1 (SS_1) dargestellt ist. Setzt sich die radikale Innovation in SS_1 durch, so hat dies Folgen für die anderen Subsysteme SS_2-SS_n. Diese Auswirkungen erstrecken sich von einem Verbleib in ihrem Zustand, über die Schnittstellenadaption oder einer Adaption der veränderten Funktionalität in SS_1 bis hin zur radikalen Innovation in SS_2-SS_n. Radikale Subsysteminnovationen können zu einem beliebigen Zeitpunkt zu einem neuen dominanten Design führen,[415] da architektonische Veränderungen auf Gesamtsystemebene induziert werden, die eine Neuentwicklung des Gesamtsystems erfordert.[416] In Abb. 2-5 wird dies durch gleichzeitige radikale Innovationen in SS_1 und SS_2-SS_n sichtbar. Bleiben die Subsysteme SS_2-SS_n unverändert so induziert die radikale Innovation in SS_1 höchstens eine modulare Innovation in SS_2-SS_n. Gleichsam kann bei Adaption der SS_2-SS_n evtl. neuer Schnittstellen ebenso von einer architektonischen Innovation gesprochen werden. SS_1 beeinflusst andererseits nicht nur SS_2-SS_n, sondern auch umgekehrt. Demnach können die SS_2-SS_n die Durchsetzung der radikalen Innovation in SS_1 ebenso verhindern. Als Konsequenz verhindern dann die Persistenzen in SS_2-SS_n die

412 Vgl. Höft (1992), S. 111

413 Neben den der Organisations- und Industrielebenszyklen zuzuordnenden Überlegungen zu entwicklungsoffenen Spektren, bestehen allerdings auch evolutionsbezogene Ansätze der Weiterentwicklung von Produkten. Vgl. Tellis und Crawford (1981), S. 125 ff.

414 Vgl. Porter (1983), S. 324 f.

415 Vgl. Niosi und Zhegu (2008), S. 12

416 Vgl. Henderson und Clark (1990), S. 9 ff.

Durchsetzung einer radikalen Innovation in SS_1 und verzögern so die Entwicklung von SS_1 und in der Folge das Gesamtsystem (GS). Gleichsam bedeuten die uneinheitlichen Auswirkungen der radikalen Innovation in SS_1 auch alternative Entwicklungsmöglichkeit der SS_2-SS_n. Angenommen SS_2 befindet sich in einer Reifephase (R) und SS_n in seiner Wachstumsphase (W), so hat die radikale Innovation in SS_1 (E) konkrete Auswirkungen auf die Produktlebenszyklusphase von SS_2-SS_n. Sowohl bei einem Verbleib als auch bei einer nicht architektonisch-wirksamen Adaption verbleiben SS_2-SS_n in ihren Lebenszyklusphasen, während eine architektonische Innovation die Möglichkeit enthält, alle Subsysteme in eine Entstehungsphase (E) zu setzen.[417] Als Konsequenz ergibt sich die Kernaussage, dass eine produktbezogene Einordnung des Gesamtsystems unter Berücksichtigung der Subsystemreife nicht oder nur schwer durchführbar ist. Da es sich bei komplexen Produkten oftmals um sicherheitsrelevante Technik handelt,[418] ist eine frühe technologische Reife in Bezug auf die Produktqualität zu konstatieren. Abgrenzend hierzu stellt sich eine Reifung des komplexen Produkts in Bezug auf die Lebenszyklusphase sehr spät, selten oder nie ein.[419]

radikale Innovation in SS_1	E	keine Durchsetzung	Persistenzen der SS_2 – SS_n bremsen die Entwicklung des SS_1 und damit des GS		
		Durchsetzung	Modulare Innovation		Architektonische Innovation
Reaktion			Verbleib	Adaption	Radikale Innovation
SS_2	R		R	R/E	R/E
SS_n	W		W	W/E	W/E
GS	grundsätzlich keine eindeutige Phasenzuordnung möglich				

SS	Subsystem
GS	Gesamtsystem
E	Entstehung
W	Wachstum
R	Reife

Abb. 2-5: Subsysteminteraktionsformen bei komplexen Produkten[420]

Diese technologischen Eigenheiten der Produktlebenszyklen auf Subsystemebene haben somit massive Auswirkungen auf die Aussagefähigkeit bzw. die Einordnungsmöglichkeit einer Industrie in Industrielebenszyklusphasen. Bei einfachen Produkten ist eine direkte Kopplung zwischen Produktlebenszyklen und den Phasen des Industrielebenszyklus durchführbar, womit

[417] Grundsätzlich verändern architektonische Innovationen, wie in Abschnitt 2.1.1. dargestellt, nicht die Subsysteme selbst, sondern beziehen sich auf die Schnittstellen zwischen den Modulen. Aus dieser Schnittstellenveränderung ergibt sich dann das heterogene Potential eines Wechsels in der Lebenszyklusphase (herbeigeführt durch die Notwendigkeit einer Neuentwicklung eines Subsystems) oder einem Verbleib des Subsystems durch die einfache Anpassung der Schnittstelle des vorhandenen Subsystems.

[418] Als Beispiel kann hier ein Atomkraftwerk herangezogen werden, welches erst dann in Betrieb genommen wird, wenn alle sicherheitsrelevanten Aspekte abgeklärt sind.

[419] Vgl. Davies und Hobday (2005), S. 40

[420] Eigene Darstellung

eine direkte Implikationsleistung zwischen Technologie mit Explorations- und Exploitationsphase sowie technologischer Reifephase und dem Industrielebenszyklus mit Entwicklungs-, Wachstums- und industrieller Reifephase erzeugt wird. Diese Zusammenhänge der Industrieentwicklung bestehen für Industrien mit komplexen Produkten nicht unmittelbar.[421] Grund sind die sich permanent in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen befindenden Subsysteme, die eine fortwährende Dynamik in Bezug auf die Gesamtsystemrelevanz erfahren.[422] Dabei ist anzunehmen, dass je heterogener die Subsysteme sind, desto komplexer konstituieren sich Gesamtprodukt und Industrieentwicklung.

Trotz der eingeschränkt aussagefähigen technologischen Argumentationsbasis lassen sich einige, für Industrien mit komplexen Produkten typische, Verlaufsmuster auf Gesamtsystem- und Herstellerebene ableiten, die sich auf Basis der aggregierten Produktlebenszyklen sowie der Nachfrage und des Staats benennen lassen. Da diese Verlaufsdeterminanten direkt an der Herstellerebene bzw. an der **Absatzentwicklung der Industrie** ansetzen, unterscheiden sie sich nur in ihrer Wirkintensität von Industrien mit einfachen Produkten und nicht, wie auf technologischer Ebene, in ihren grundsätzlichen Wirkmustern. Da sich die Problematik der technologischen Implikationsleistung für die Industrieentwicklung allerdings erst in Phasen ergibt in denen Subsysteme etabliert werden, lässt sich festhalten, dass für die **Entstehungsphase** der Industrie, die Technologie als maßgeblicher Treiber der Entwicklung, sowohl für Industrien mit einfachen Produkten als auch solcher mit komplexen Produkten, herangezogen werden kann. Im Fall komplexer Produkte ist die bivalente Rolle der Nachfrage hervorzuheben: Während einerseits nachfrageseitige Anforderungen an Qualität und Funktionalität die Komplexität über den Zeitverlauf erhöhen, wirkt sich andererseits der direkte Einbezug der Nachfragerseite positiv auf deren Produktakzeptanz aus, wodurch die Absatzmenge steigt.[423] Neben der geringen Nachfragemenge spielt bei komplexen Produkten die geringe Produktionsmenge eine entscheidende Rolle. Grund hierfür sind die in der Entstehungsphase noch nicht etablierten, allerdings erfolgskritischen Lern- und Erfahrungswerte im Herstellungsprozess. Somit ist in der Entstehungsphase ein nur sehr geringer Zuwachs der Absatzmenge auf geringem Niveau zu beobachten, der zudem zu einer zeitlichen Ausdehnung der Entstehungsphase im Industrielebenszyklus im Vergleich zu einfachen Produkten führt.[424] Während also in der Entstehungsphase weitestgehend übereinstimmende Verlaufsdeterminanten zwischen Industrien mit einfachen und komplexen Produkten gelten, ändert sich dies in der **Wachstums- und Reifephase**, die im Fall von Industrien mit komplexen Produkten wiederum kaum voneinander zu trennen sind und einen

[421] Vgl. Hobday et al. (2000), S. 796
[422] Vgl. Tushman (1997), S. 8 ff.
[423] Vgl. hierzu Abschnitt 2.2.3.
[424] Vgl. Schmidt (2009), S. 104

fließenden Übergang – falls überhaupt feststellbar – bilden.[425] Der Grund hierfür ist in der Produktcharakteristik zu sehen, welcher mit der Durchsetzung des dominanten Designs Einzug hält. Hieraus ergibt sich eine Reduzierung auf überschaubare und kontrollierbare Subsysteme mit definierten Schnittstellen.[426] Diese technische Zergliederung wird erst durch die sinkende technologische Unsicherheit bzw. einem technologischen *Lock-in* auf Gesamtsystemebene realisierbar bzw. stellt sich als iterierender Prozess zwischen technologischer Unsicherheit und Schnittstellenstandardisierung dar. Gleichsam erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von radikalen Innovationen auf Subsystemebene.[427] Es wird folglich postuliert, dass der Produktlebenszyklus komplexer Produkte dazu tendiert, bestimmte Charakteristika der flüssigen Phase beizubehalten.[428] Deshalb wird im Fortlauf dieser Untersuchung von einer **paradigmatischen Phase** als eine Zusammenfassung von Wachstums- und industrieller Reifephase gesprochen.[429] In dieser gestaltet sich die Absatzentwicklung auch unter komplexen Produkten als stark steigend. Allerdings ist hier sowohl eine sehr große Volatilität innerhalb kurzer Zeitspannen als auch eine Unregelmäßigkeit über längere Zeiträume zu konstatieren. Während die kurzfristige Volatilität auf die enge Kopplung der Nachfrage mit der gesamtwirtschaftlichen Lage zurückzuführen ist, wird die langfristige Volatilität durch die Produktcharakteristik komplexer Produkte induziert, da diese oftmals Investitionsgüter darstellen.[430] Dabei ist die Nachfrageseite als wahrscheinlicher Auslöser der radikalen Subsysteminnovationen zu sehen.[431] Somit kann es im Fall komplexer Produkte zu einem weiteren Anstieg der technologischen und marktseitigen Unsicherheit über die Entstehungsphase hinaus kommen, weshalb sinkende Absatzzahlen oftmals sehr viel früher als erst bei der Einführung einer Neuentwicklung auftreten können. Kündigt ein Hersteller ein neues, verbessertes Produkt an werden potentielle Abnehmer auf das neue Produkt warten und auf eine Investition in die aktuelle Produktreihe verzichten. Somit kannibalisiert sich ein Hersteller selbst, wenn eine Neuentwicklungsankündigung weit vor der Fertigstellung des neuen Produkts kommuniziert wird. Dies ist gerade bei komplexen Produkten mit Entwicklungszeiten, die sich über Jahrzehnte erstrecken können ein Problem. Umso wichtiger gestaltet sich demnach die unternehmerische Fähigkeit, Lernkurveneffekte zu nutzen, um die Zykluszeiten in der Produktentwicklung und nachgehend auch in der Produktion zu reduzieren. In der paradigmatischen Phase verbleibt der Preis auf einem hohen Niveau und stellt, im Gegensatz

---

425 Vgl. Davies (1997), S. 234

426 Der Prozess der wellenartigen Ausbreitung der Standardisierung über die Modulebenen wurde in Abschnitt 2.2.2. näher betrachtet.

427 Ergänzend sind radikale Innovationen auf Gesamtsystemebene mit zunehmend großen Herausforderungen verbunden, da die Subsysteme und Komponenten meist von unterschiedlichen Unternehmen gefertigt werden. Vgl. Tidd (1995), S. 308

428 Vgl. Davies (1997), S. 234 sowie Miller et al. (1995), S. 374

429 Die Unterscheidung zwischen paradigmatischer und präparadigmatischer Phase geht auf Dosi (1988), S. 1134 zurück.

430 Vgl. Hobday et al. (2000), S. 793

431 Hier können die unterschiedlichsten Motive vorliegen. So kann bspw. auf die Größe und damit die Beförderungskapazität bei Flugzeugen oder die Verbrauchseffizienz hingewiesen werden.

zur Qualität, kein wesentliches Differenzierungsmerkmal dar, wobei der Unsicherheitsgrad auf einem erhöhten Niveau verbleibt,[432] da zwischen frühen und späten Produktentwicklungsphasen stetige Rückkopplungen bestehen. Somit sind komplexen Produkten äußerst selten Charakteristika der Reifephase zuzuordnen, da sich der technologische und nachfrageseitige Einfluss in der nachträglichen Modifikation oder Funktionsausweitung von Subsystemen niederschlägt.[433] Folglich spielt die technologische Entwicklung in der paradigmatischen Phase eine bedeutende Rolle, welche sich auf die Profitabilität der Hersteller auswirkt. Allerdings nur unzureichend vom Konzept des Industrielebenszyklus erfasst wird. In diesem Zusammenhang stellen die nachträglichen Änderungen und deren Kommerzialisierung ein strategisches Instrument für die Hersteller dar.[434] Zudem ist die enge Verknüpfung mit dem Staat eine weitere entwicklungsdynamisch relevante Größe, da sich in der paradigmatischen Phase die Motivation staatlicher Intervention von ihrem Grundsatz nicht verändert.[435] Staaten bzw. deren Politik sind als wichtiger Treiber in der Entwicklung von industrieseitigen Wettbewerbsvorteilen zu sehen und mitverantwortlich für die Entwicklungsrichtung und -geschwindigkeit.[436] Im Allgemeinen kann der Staat dabei sowohl in Kapital- und Faktorbedarfsfällen direkt durch Subventionen oder temporäre Protektion oder indirekt in der Schaffung von Anreizstrukturen der Innovationsförderung eingreifen.[437] Gründe für staatliche Intervention sind insbesondere die Wahrung von Bürgerinteressen, wobei die Sicherheit bzw. Militär sowie Transport-, Versorgungs-, und Energieautarkie eine zentrale Rolle spielen.[438] Da bei komplexen Produkten eine besondere strategische und/oder sicherheitsbezogene Relevanz vorliegt, unterliegt die Industrie meist staatlichem Einfluss.[439] Da ein Eingreifen in der Entstehungsphase die produktseitigen Ent-

---

432 Vgl. Schmidt (2009), S. 81

433 Vgl. Hobday et al. (2000), S. 795

434 Vgl. Sutton (2001), S. 469

435 Siehe hierzu Hobday (1998), S. 702

436 Vgl. Porter (1990), S. 87 f.

437 Vgl. Porter (1990), S. 87 f. Die Art und Weise der ergriffenen Maßnahmen der staatlichen Intervention hängt dabei nicht nur von der jeweiligen Lebenszyklusphase einer Industrie ab, sondern auch von den allgemeinen Tendenzen politischer Auffassung. So wurde bspw. in den 1960er und 1970er Jahren in Europa eine staatlich unterstützte und initiierte Konsolidierung in strategischen Industrien mit komplexen Produkten vollzogen, die in der Formierung von sog. *national champions* mündete. Gleichsam war bis in die 1980er Jahre hinein eine direkte staatsseitige Einflussnahme auf Industrien komplexer Produkte durch Eigentum, Kaufentscheidungen, Subventionen und Protektionsmaßnahmen zu beobachten. Dies änderte sich gegen Ende der 1980er Jahre und mündete in einer eher indirekten staatsseitigen Einflussnahme in Richtung eher wettbewerbsfördernden Maßnahmen. Vgl. Davies und Brady (1998), S. 296 f. Regulative Maßnahmen sind in der Entstehungsphase einer Industrie eher ungewöhnlich.

438 Vgl. Hobday (1998), S. 695

439 Vgl. Tyson (1992), S. 5. In dieser Analyse wird die generelle Frage nach der wohlfahrtsökonomischen Sinnhaftigkeit von staatlichen Interventionen nicht betrachtet. Erste Analysen für die Betrachtung des Falls Boeing versus Airbus finden sich bei Baldwin und Krugman (1988) sowie Klepper (1994). Diese Untersuchungen gehen von einem wohlfahrtsreduzierenden Effekt staatlicher Intervention für die europäische Bevölkerung aus. Allerdings sind wohlfahrtstheoretische Überlegungen in Industrien mit strategischer und militärischer Bedeutung irrelevant, da sich diese auf offene Handelsbeziehungen und kooperative Länderbeziehungen berufen. Zudem werden die unterschiedlichen Möglichkeiten staatlicher Interventionen nicht berücksichtigt;

wicklungen zur Sicherstellung der staatlichen Interessen gewährleistet, ist staatliche Intervention oftmals schon in sehr frühen Phasen der Entwicklung zu beobachten.[440] Dies hat einen nicht zu unterschätzenden technologischen Einfluss. Aufgrund der oftmals hohen Sicherheitsrelevanz komplexer Produkte, ist entgegen der Entwicklung bei einfachen Produkten, die in der frühen Phase eine eher schlechte Qualität und eine hohe Fehleranfälligkeit aufweisen,[441] eine relativ frühe technologische und produktseitige Reife zu konstatieren. Dies ist bei Industrien mit komplexen Produkten zwar auch möglich, allerdings bleibt die Subventionierung erhalten. Einen wichtigen Schritt, welcher allerdings eher auf den allgemeinen Wandel politischer Gesinnung in Bezug auf die Bereitstellung öffentlich wichtiger Dienstleistungen und Produkte fokussiert und damit kaum einer bestimmten Entwicklungsphase einer Industrie zuzuordnen ist, ist die Möglichkeit einer Entstehung bzw. Belebung einer Industrie durch die Liberalisierung einer zuvor regulierten Branche.[442] Die Deregulierung von Sektoren wie der Telekommunikation, Luftfahrt, Kernenergie und Elektrizität führte einerseits zu einem Anstieg der Nachfrage nach den ihr unterliegenden komplexen Produkten und andererseits zu einem produktseitigen Wettbewerb, um das Netzwerk auf den neuesten Stand zu bringen, bei gleichzeitig sinkenden Preisen.[443]

Diese auf die Absatzentwicklung bezogenen Effekte werden begleitet von Spezifika in Bezug auf die **Entwicklung der Herstelleranzahl**. Allgemein sind sowohl in Industrien mit einfachen als auch komplexen Produkten technologisch induzierte, frühe *shakeouts* zu verzeichnen.[444] Allerdings kann aufgrund der Charakteristik komplexer Produkte, also fortwährenden technologisch-induzierten Dynamiken und radikalen Produktveränderungen in den Subsystemen und

eine Unterscheidung zwischen regionalen Institutionen und ländereigenen-, sowie länderübergreifenden Institutionen können zwar unterschiedliche Gründe für ihr Eingreifen aufzeigen, allerdings stellt sich in einem theoretischen Modell deren Einfluss als ein Wirkmechanismus auf den Industrielebenszyklus heraus und wird deshalb in dieser Analyse als staatlicher Einfluss summiert.

440 Vgl. Davies and Brady (1998), S. 297. Als Beispiel sei hier die Entwicklung der raketengetriebenen Militärflugzeuge in den 1930er Jahren durch Wernher von Braun innerhalb der Heinkel Werke angeführt. Vgl. Younossi et al. (2002), S. 100 f. Allerdings ist hier aus neo-Schumpeterianischer Sicht das Argument des unmöglichen *perfect foresight* anzubringen. Staaten sind demnach nur eingeschränkt in der Lage, die Potentiale einer Industrie bzw. Technologie ex ante abzuschätzen, woraus sich die Gefahr von Fehlallokationen staatlicher Mittel resultiert.

441 Vgl. Grant (2010), S. 277

442 Vgl. Deans et al. (2003), S. 10

443 Vgl. Hobday (1998), S. 698

444 Anhand von Industrielebenszyklen lässt sich die Beurteilung des Konsolidierungsgrades sowie von Übernahmen und Fusionschancen bzw. -risiken in einer Industrie messen, wobei die Marktanteilsverteilung in den verschiedenen Phasen eine *shakeout*-Abschätzung ermöglicht. Vgl. Deans et al. (2003) Diese können je nach Erklärungsansatz aus folgenden Gründen auftreten. Abernathy und Utterback (1978), Tushman und Anderson (1986) sowie Utterback und Suarez (1993) führen das Aufkommen eines dominanten Designs an. Jovanovic und MacDonald (1994) sehen fortlaufende technologische Schocks als verantwortlich an. Wohingegen Klepper (1996) sowie Klepper und Simons (2005) auf zusätzliche Diskontinuitäten sowie kumulative Erlöse aus der F&E abstellen.

Komponenten,[445] lange nach Auslieferung eines Produkts,[446] die Gesamtsystemarchitektur verändert werden und so auch in späteren Phasen *shakeouts* auslösen.[447] Damit ist das Aufkommen eines dominanten Designs im Fall komplexer Produkte kein Signal für eine sinkende Rate technischer Entwicklung.[448] Im Umgang mit diesen Dynamiken ist es für die Hersteller unabdingbar ihr Wissen in Breite und Tiefe aufrecht zu erhalten, um einem *shakeout* zu entgehen.[449] Deshalb sind die technologischen Kapazitäten eines Unternehmens bei der Industriekonsolidierung in reifen Industrien ausschlaggebend.[450] Bekräftigt wird dies durch die in der Realität beobachteten spät einsetzenden *shakeouts*, die selbst unter radikalen Innovationen, weiterhin die etablierten Oligopolisten als dominierende Akteure bestätigen.[451] Dies steht damit diametral der Entwicklung früher *shakeouts* in Industrien mit einfachen Produkten gegenüber, die eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Überleben der neu eintretenden Unternehmen als realistisch und empirisch überprüft erachten.[452] Daraus ist zu folgern, dass im Umfeld komplexer Produkte radikale Innovationen für etablierte Unternehmen eher kompetenzerweiternd als kompetenzzerstörend oder -entwertend wirken.[453] In der Konsequenz wirken radikale Produktinnovationen bei komplexen Produkten in Bezug auf ihre Konsolidierungswirkung analog der Prozessinnovationen bei einfachen Produkten.[454] Als verantwortlicher Mechanismus können dabei steigende F&E-Erträge gepaart mit einem limitierten Unternehmenswachstum sowie eine Situation, in der Produkte simultan auf mehreren Ebenen verbessert und in Form neuer Modelle in den Markt eingeführt werden, angesehen werden.[455] Zudem führen Industrieumgebungen, welche beständig neue Innovationsmöglichkeiten offenlegen und dadurch hohe F&E-raten und -ausgaben erfordern sowie signifikante Veränderungen in der Arbeitsweise mit sich bringen, zu einer Konsolidierung der Herstelleranzahl.[456] In der Konsequenz ist ein Konzentrationsprozess zu beobachten, der erfolgreiche Unternehmen über Zeit und technologische Diskontinuitäten hinweg einen wachsenden Marktanteil übernehmen lässt.[457] Für späte *shakeouts* in Industrien mit komplexen Produkten spielen neben den technologieinduzierten Veränderungsmechanis-

---

445 Vgl. Davies (1997) sowie Teece (1986)
446 Vgl. Hobday (1998), S. 700
447 Vgl. Bergek et al. (2008), S. 6 f. sowie Ren und Yeo (2006), S. 521
448 Vgl. Bergek et al. (2008), S. 7
449 In welcher Form dieses Wissen aufrechterhalten, erworben oder erlernt werden kann ist dabei offen, wobei Kooperation oder der Aufkauf bzw. das Verschmelzen mit anderen Wissensträgern in diesem Fall ein häufig eingesetztes Mittel etablierter Unternehmen ist. Vgl. Hardstone (2004), S. 192
450 Vgl. Teece (2007), S. 1319 ff. und Bergek et al. (2008), S. 7
451 Vgl. Hardstone (2004), S. 192
452 Vgl. Henderson (1993), S. 248 ff.
453 Vgl. Tushman und Anderson (1986), S. 442 f. und Hardstone (2004), S. 192
454 Vgl. Phillips (1971), S. 10 ff. sowie Klepper (1997), S. 151 f.
455 Vgl. Klepper (1996), S. 581, sowie Teece (2007), S. 1328
456 Vgl. Phillips (1971), S. 10 ff.
457 Vgl. Klepper (1997), S. 151 f. Der Prozess wird als *success-breeds-success* oder *rich-get-richer* Dynamik bezeichnet.

men, **staatsinduzierte Industriestrukturveränderungen** eine bedeutende Rolle. Durch Subventionen fördern Staaten die Grundlagen- und Anwendungsforschung, was die Profitabilität und das Überleben einzelner Unternehmen massiv beeinflusst.[458] Wird diese Subvention nicht allen Herstellern einer Industrie gewährt, kann dies zu *shakeouts* und der Kreierung von nationalen *champions* führen.[459] So stellen nationale Präferenzen sowie hohe Markteintrittsbarrieren für lokale Hersteller ein Umfeld dar, welches technologisch schwachen Akteuren erlaubt, spezifische Märkte zu dominieren und den technischen Fortschritt über lange Zeiträume gering zu halten. Auch deshalb werden von Regierungsseite hohe Forschungssubventionen gewährt. Zudem wird von Regierungsseite versucht, privatwirtschaftliche Finanzierungsinitiativen zu stützen, welche das Risiko von staatlicher Seite auf den privaten Sektor abwälzen sollen.[460] Aufgrund der technologischen und sicherheitsbezogenen Relevanz komplexer Produkte sind allerdings im umgekehrten Fall, trotz der sehr hohen Markteintrittsbarrieren, auch staatsinduzierte Markteintritte zu verzeichnen.[461] Dies ist eng verknüpft mit der ökonomischen Stärke und finanziellen Ausstattung von Ländern oder Regionen.[462] Seitdem die ehemaligen Schwellenländer massiv über Kapital verfügen und deren Ansprüche zur Nutzung von Hochtechnologien gestiegen sind, sind solche Eintritte vermehrt zu erwarten. Der Eintritt eben dieser Marktteilnehmer wird zudem durch eine gewisse technologische Reife auf Gesamtsystemebene, also dem Sinken der technologischen Markteintrittsbarrieren, begünstigt.[463] Ferner spielt bei kleinen Produktionsvolumina die Erschließung neuer Märkte eine entscheidende Rolle. In einem Prozess der Globalisierung und Investition in Schwellenländer wird der Kompetenzaufbau eben dieser über die Zeit forciert und die Entwicklung eigener Konkurrenz geschürt.[464] Die phasenweisen Neueintritte sind demnach als staatlich-induzierte Projekte anzusehen.

---

458 Vgl. Nelson (1983), S. 504.

459 Wird auf eine vollständige Kontrolle verzichtet, spricht man von einer Deregulierung bzw. Liberalisierung. Ein Beispiel hierfür stellt die Telekommunikationsindustrie dar, welche durch die Liberalisierung und einer gleichzeitig einsetzenden digitalen Revolution eine deutliche Ausdifferenzierung und Umstrukturierung in ihrem Akteursspektrum zu verzeichnen hatte und dabei die vormals engen und stabilen Staatsverflechtungen durch eine internationalisierte, fragmentierte und lose geknüpfte Beziehungsstruktur abgelöst wurden. Vgl. Dolata (2007), S. 17

460 Vgl. Hobday (1998), S. 702 f.

461 An dieser Stelle sei noch eine weitere Form des staatsinduzierten Markteintritts vermerkt: Durch die Umstellung auf eine Kriegsproduktion werden Kapazitäten stark ausgedehnt und Wissen verteilt. Bei Kriegsende können so neue, vormals nicht in der Industrie befindliche Akteure, aufgrund dieser kriegsbedingten Indoktrination aufgebaute Akteure in den Markt eintreten. Allerdings ist eine solche Situation oftmals nicht durch Langfristigkeit ausgezeichnet, sondern erfährt einen schnellen anschließenden *shakeout*. Vgl. Sutton (2001), S. 470

462 Vgl. Ren und Yeo (2006), S. 520

463 Hierbei spielt insbesondere die eindeutige Definition und Standardisierung der Schnittstellen eine entscheidende Rolle, die auch neue Markteilnehmer mit ausreichender Kapitalausstattung einen Eintritt ermöglicht, da relevante Technik zugekauft und integriert werden kann. Angemerkt sei allerdings, dass selbst solche Vorzugssituationen oftmals unterschätzt werden und die Systemintegratorrolle eine dezidierte Kenntnis der zu integrierenden Subsysteme voraussetzt, woran viele potentielle Markteintritte scheitern.

464 Vgl. Wells (1983) sowie Niosi und Zhegu (2008), S. 3 f.

Aus diesen Parameterveränderungen im Fall komplexer Produkte ergeben sich zusammengenommen **industriestrukturelle Spezifika**. So ist aufgrund der Kapitalintensität komplexer Produkte eine Tendenz des Markts zu einem Monopol und einer hohen Bürokratisierung zu beobachten.[465] Zudem stellt sich kein Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt ein und der Preis bleibt aufgrund von Komplexitäts- und Funktionsausweitung auf einem sehr hohen Niveau. Außerdem kann die Nachfragestruktur in Industrien mit komplexen Produkten einen Konzentrationsprozess antreiben. Denn gerade hier etabliert sich oftmals ein nachfrageseitiger *Lock-in*, da sich Skaleneffekte bspw. in der Wartung oder im Betrieb durch die Nutzung eines Herstellermodells ergeben, wodurch die Wechselkosten, die durch einen Wechsel des Anbieters entstehen können, drastisch steigen.[466] Insgesamt ist die Industriestruktur als konzentriert zu bezeichnen, in der sich allerdings ein fortwährender Wettbewerb um Marktanteile zwischen den etablierten Unternehmen auf Basis der technologischen Kapazitäten abspielt.[467] Somit ist bei Industrien mit komplexen Produkten, selbst in der paradigmatischen Phase, ein technologischer Wettbewerb zu verzeichnen, wodurch sie sich von Industrien mit einfachen Produkten deutlich unterscheiden. Die bisherige Analyse der Industrieevolution erklärt den Entwicklungsverlauf einer Industrie ausschließlich auf der Ebene der Hersteller bzw. deren Einflussfaktoren auf Gesamtindustrieebene mit Hilfe des Konzepts des Industrielebenszyklus. Zum einen wird die schlichte Benennung der Anzahl der Hersteller oder Absatzzahlen den Dynamiken kaum gerecht und zum anderen werden die technologischen Implikationen, die sich aus den Entwicklungen der Subsysteme auf die Industrieentwicklung ergeben, vernachlässigt. Gerade weil von einer ständigen Dynamik der Module innerhalb des Gesamtdesigns ausgegangen wird und radikale Innovationen mit architektonischen Auswirkungen jederzeit auftreten können, macht es Sinn einen Blick über die Herstellerebene hinaus zu werfen.[468] Um Industrien mit komplexen Produkten zu verstehen, benötigt es einen Analyserahmen der in der Lage ist die direkte Kopplung zwischen Technologie- und Industriephasen im Fall komplexer Produkte zu gewährleisten. Weiterhin muss dieser Analyserahmen der Prämisse, dass eine Industrie alle an der Herstellung eines Produkts beteiligten Akteure umfasst, unterliegen. Ein solches Analyseinstrument sind Netzwerke, da sie in der Lage sind alle Akteure und Wertschöpfungsstufen sowie Einflussfaktoren zu erfassen. Inwiefern Netzwerke die Möglichkeit schaffen technologische

[465] Vgl. Hobday (1998), S. 702

[466] Vgl. Schmidt (2009), S. 119

[467] Vgl. Bergek et al. (2008), S. 7. Bergek et al. (2008) sprechen in diesem Zusammenhang von *industrial dynamics of an oligopoly* im Vergleich zu Klepper und Simons (2000), die von einem Prozess des *making of an oligopoly* in den Vordergrund stellen.

[468] So konnten Bonaccorsi und Giuri (2000) für Industrien mit komplexen Produkten ein nicht-*shakeout*-Szenario, unter der Besonderheit des den Herstellern unterliegenden Netzwerks am Beispiel der Flugzeug-Triebwerkindustrie, aufzeigen.

Phasenentwicklungen komplexer Produkte differenziert zu betrachten und dabei die Dynamiken in Subsystemen zu integrieren sowie die Implikationen für die Entwicklung von Industrien mit komplexen Produkten gangbar zu machen, wird im nachfolgenden Teilkapitel dargestellt.

2.3. Netzwerkdynamik im Zeichen von Erneuerung und Erhalt

Ausgehend von der dargelegten problematischen Anwendung klassischer Industrielebenszyklen für Industrien mit komplexen Produkten, greift vorliegendes Teilkapitel diese Thematik auf und legt einen alternativen Anschauungs- und Analyserahmen von Industrien dar. Dazu wird in Abschnitt 2.3.1. die Industrie als Netzwerk aufgefasst und in Verbindung mit einer kurzen Darstellung der Koordinationsmöglichkeiten, eine Definition von Innovations- und Produktionsnetzwerken als maßgebliche Analysegegenstände erarbeitet. Es folgt in Abschnitt 2.3.2. eine begriffliche Abgrenzung von Exploration, Exploitation und deren Balance, welche anschließend in einer phasenbezogenen Darstellung der Netzwerkevolution mit dem wissensseitigen Anforderungsset der Organisationen im Netzwerk zusammengeführt werden und die Bedeutung von Ambidextrie in Industrien mit komplexen Produkten verdeutlichen. Eine fokussierte Analyse der Auswirkungen der dargestellten Erkenntnisse findet in Abschnitt 2.3.3. statt, wobei auf das beidhändige Lernen im Netzwerk, netzwerktopologische Ambidextriemerkmale und geographische Ambidextriemerkmale im Netzwerk abgestellt wird.

2.3.1. Die Industrie als Netzwerk

Auf Basis der Auffassung, dass eine Industrie alle an der Herstellung eines Produkts beteiligten Akteure umfasst, wird in diesem Abschnitt die Grundlage für den spezifischen Analyserahmen nachfolgender Ausführungen gelegt. Neben der Klärung der Begrifflichkeit des Netzwerks, wird vor allem auf die Beziehungen und die Differenzierung von Netzwerken nach Formationsmotiven abgestellt. Ziel ist die Bildung eines Untersuchungsrahmens um die komplexen Mechanismen der Industrieevolution zu greifen und zu analysieren sowie eine technologisch-industriestrukturelle Implikations- und Kopplungsgrundlage zu schaffen.

2.3.1.1. Netzwerkauffassung und -koordination

Netzwerke stellen anwendungsunabhängige Konstrukte dar, die im Allgemeinen mit Ansätzen der Graphentheorie beschrieben werden können. Sie sind demnach Gebilde aus Knoten und Kanten.[469] Die Knoten stehen stellvertretend für Akteure bzw. Objekte. Die Kanten verbinden

[469] Vgl. Perl (2006), S. 62

die Knoten miteinander und repräsentieren Abläufe, Abhängigkeiten oder andere Beziehungsmuster.[470] Netzwerke können also als Konstrukte aus mindestens drei Akteuren aufgefasst werden, die sich in einem spezifischen Beziehungszusammenhang befinden.[471] Eine Begrenzung des Netzwerks ist aufgrund der Flexibilität und zeitlichen Veränderbarkeit objektiv schwierig und somit meist nur subjektiv zu bestimmen.[472] Nach diesem Verständnis von Netzwerken lässt sich deren universelle Anwendbarkeit als Untersuchungsmodell, vor allem von komplexen Interaktionsmustern erahnen. So ist die Visualisierung des Internets, die Darstellung von Verkehrsflüssen, Stromnetzen oder die Untersuchung von Wissensflüssen als Netzwerke nur einige mögliche Anwendungsfälle von Netzwerken.[473]

Da eine Industrie alle an der Herstellung eines Produkts beteiligten Akteure umfasst, sind die Knoten des Netzwerks durch diese Akteure repräsentiert und deren Beziehung zueinander durch die Kanten verkörpert. In diesem Kontext spricht man von einem **Unternehmensnetzwerk**.[474] Ein solches Netzwerk ist dann eine auf die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen zielende Organisationsform ökonomischer Aktivitäten, die sich durch komplex-reziproke, eher kooperative denn kompetitive und relativ stabile Beziehungen zwischen rechtlich selbständigen, wirtschaftlich jedoch zumeist abhängigen Unternehmen auszeichnet.[475] Um allerdings eine Industrie als Netzwerk zu beschreiben greift diese Definition zu kurz. Zwar stellen Unternehmensnetzwerke das Grundgerüst des Verständnisses einer Industrie dar, allerdings bedarf es einer Ausweitung der rein unternehmensbezogenen Perspektive, um die Entwicklung einer Industrie zu analysieren.[476] Ausgehend von der Erkenntnis, dass die technologische Entwicklung der Motor industrieller Entwicklung ist,[477] erfordern solche Veränderungen einerseits von industriezugehörigen Akteuren neue Kompetenzen und können andererseits auch neue Akteure in den Sektor ziehen, die bisher formell nicht diesem Wirtschaftszweig angehörten.[478] Dabei

---

470 Vgl. Männel (1996), S. 25. Dabei können Kanten auf zwei Arten ausgestaltet sein: Direktionale Kanten werden bspw. zur Repräsentation von Weisungsstrukturen verwendet, während ungerichtete Kanten keinen Richtungsimpuls der Verbundenheit wiederspiegeln. Durch die Möglichkeit der Gewichtung von Kanten besteht eine weitere Differenzierungsmöglichkeit in der Ausprägungsstärke der Verbundenheit. Vgl. Borgatti und Foster (2003), S. 991 ff.

471 Vgl. Sydow (1993), S. 47 ff. sowie Beck (1998), S. 271. Dabei wird von der oftmals postulierten Gleichrangigkeit der Akteure und einer nicht-hierarchischen Beziehung abgesehen. Vgl. Perl (2006), S. 62 ff.

472 Vgl. Thorelli (1986), S. 42 sowie Kutschker und Schmid (1995), S. 3

473 Vgl. Dodge und Kitchin (2001), S. 1 ff. sowie Börner et al. (2007), S. 537 ff. Der Anspruch einer Aufstellung von Netzwerktypologien ist nicht Ziel dieser Untersuchung, womit bspw. auf Sydow et al. (2003), S. 48 ff. verwiesen sei.

474 Vgl. Perl (2006), S. 63

475 Vgl. Sydow (1992), S. 79 sowie Sydow und Möllering (2009), S. 16

476 Die nachfolgenden Ausführungen gründen somit auf den Ausführungen Hughes (1986), S. 287 sowie Hughes (1987), S. 56 der einen Perspektivwechsel vom singulären technischen Artefakt hin zum technologischen System vorgenommen hat, welches sich aus einer Vielzahl vernetzter technischer wie nicht-technischer Komponenten zusammensetzt, wodurch der Netzwerkcharakter betont wird und ein weiterer Perspektivwechsel vom Einzelerfinder (*entrepreneur*) hin zum Akteur-Netzwerk angedeutet wird.

477 Vgl. Teilkapitel 2.2.

478 Vgl. Blöcker et al. (2009), S. 16 f.

sind neue Akteure neben Unternehmen auch Wissensintermediäre, wie bspw. Forschungs- und Bildungseinrichtungen. Als Netzwerk setzt sich die Industrie somit aus horizontalen, also der gleichen Wertschöpfungsstufe angehörigen Unternehmen, vertikalen, ergo unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen der Industrie angehörigen Unternehmen, sowie lateralen Akteuren, somit branchenfremden Akteuren und/oder Wissensintermediären zusammen. Zudem steht es offen ob die Annahme in der obigen Definition eines Unternehmensnetzwerks über die hauptsächlich kooperative Beziehungsform und die Stabilität des Netzwerks auf die in der Realität zu beobachtenden Netzwerke innerhalb einer Industrie übertragbar sind. Wie bilden und entwickeln sich also Netzwerke? Welche Formen können sie annehmen? Und wie ist ihre Dynamik zu bewerten?

Um diesen Fragen nachzugehen richtet sich der Fokus zunächst auf die Beziehungen der Netzwerkakteure. Dabei ist vor allem auf den komplex-reziproken Charakter der Beziehungen zu verweisen.[479] Um diese **Netzwerkevolution** verstehen zu können ist ein Rahmen erforderlich der die Mikro-Mechanismen, also das Akteursverhalten derartiger Prozesse, berücksichtigt und ein tieferes Verständnis der Natur dynamischer Prozesse der Akteursinteraktionen ermöglicht.[480] Einen solchen Rahmen bildet die Auffassung von Netzwerken und deren Akteuren als **komplexe adaptive Systeme**.[481] Neben den Knoten und Kanten besteht ein Netzwerk bzw. ein Akteur aus Ressourcen, wie bspw. Wissen. In diesem Zusammenhang sind Akteure reaktive und proaktive Teilsysteme, die auf der Grundlage von Adaption und Exaptation mit anderen Akteuren und ihrer Systemumwelt interagieren.[482] Ein Wandel im Verhalten der Akteure und damit im Netzwerk ist getrieben von dieser Akteursinteraktion, wobei sich das Resultat der Interaktionen zwischen einzelnen Akteuren nicht auf die an den Interaktionen beteiligten Akteure beschränkt, sondern Auswirkungen auf das ganze Netzwerk hat.[483] Somit beeinflussen die Akteure ihre Umwelt und die Umwelt beeinflusst die Akteure, was sich in einem ko-evolutorischen Entwicklungsprozess widerspiegelt.[484] Diese Einbindung bewirkt, dass organisationaler Wandel nicht nur akteursendogen und -exogen, sondern zusätzlich auch netzwerkendogen, z. B. durch kritische Ereignisse im Beziehungsgeflecht der Partnerorganisationen, ausgelöst werden

---

479 Vgl. Buchanan (2003), S. 18. Pyka und Scharnhorst (2009), S. 1 merken dazu an, dass im letzten Jahrzehnt komplexen Netzwerke aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten im Bereich natürlicher und sozialer Phänomene große Aufmerksamkeit zukam.

480 Vgl. Barabási (2005), S. 70 f. Netzwerke stellen die Analyse von Mechanismen und Effekten auf Mikro-, Meso- und Makro-Ebene sicher und ermöglichen so eine Integration von Wirkmechanismen auf einer vielschichtigen Analyseebene. Vgl. Pyka und Scharnhorst (2009), S. 5 f. sowie Trezzini (2010), S. 193 ff. In diesem Zusammenhang ist die Kritik von Newman et al. (2006), S. 7 zu nennen, die anmerken, dass traditionelle Ansätze zur Analyse von Netzwerken den dynamischen Charakter zwischen strukturellen Eigenschaften eines Systems und dessen unterliegendem Verhalten zu stark vereinfacht oder gar übersehen haben.

481 Vgl. Holland (1995), S. 1 ff. sowie March (1991), S. 71

482 Für die Begrifflichkeiten von Adaption und Exaptation. Vgl. Gould und Vrba (1982), S. 4 ff.

483 Vgl. Barabási (2007), S. 33 ff.

484 Vgl. Kutschker und Schmid (1995), S. 10. Da in dieser Analyse die Industrie als Netzwerk aufgefasst wird, stellen die in Teilkapitel 2.2. dargelegten Einflussfaktoren die Systemumwelt des Gesamtnetzwerks dar.

kann.[485] Ein Akteur ist folglich als offenes System zu betrachten, welches benötigte Ressourcen und Wissen nicht nur in Eigenleistung generiert, sondern auch von und mit externen Partnern erschließt.[486] Die Netzwerkpositionen werden in diesem Zusammenhang mittels Rekonfigurationsprozessen erwirkt und hängen maßgeblich sowohl von der Diversität der Akteure als auch deren jeweiliger Möglichkeit der Einflussnahme ab. Folglich wird die Dynamik des Netzwerks als eine Abfolge von einzelnen Ereignissen definiert, welche nach Regeln Relationen bilden und damit eine spezifische Netzwerkstruktur generieren, erhalten oder auflösen.[487] Diese Definition betont die Erweiterung der strukturellen Betrachtung um eine zeitbezogene Perspektive. Pfadabhängigkeit und Nicht-Linearität charakterisieren die Netzwerkentwicklung.[488] Dadurch stellt sich weder ein linearer Trend der Entwicklung, noch ein chaotisches Bild ein.[489] Dies spiegelt vor allem die Erkenntnis wider, dass Netzwerkentwicklung mehr ist als die Summe der einzelnen Akteursinteraktionen.[490] Eine weitere Charakteristik der Dynamik von Netzwerken besteht in der strukturellen Veränderung durch Positionswechsel der Akteure.[491] Diese Dynamik kann das gesamte Netzwerk betreffen oder auf Teilnetzwerke beschränkt bleiben, da der Positionswandel von Akteuren nicht auf etwaige bilaterale Beziehungen beschränkt bleibt, sondern multiple Beziehungsveränderungen mit sich bringt.[492] Solche Positionsveränderungen können einerseits durch Ein- und Austritte von Akteuren in bzw. aus dem Netzwerk verursacht werden, andererseits aber auch durch den Wandel der vorhandenen Akteure, z. B. in Bezug auf die ressourcenseitige Ausgestaltung, initiiert sein. Somit ist ein Netzwerk nicht starr, sondern ein flexibles Muster, welches sich aus Akteursinteraktionen ergibt und sich durch diese verändert.[493] Nach dieser Auffassung entwickelt sich ein Netzwerk nicht durch die explizite Gestaltung einzelner Akteure, sondern wird über struktur-emergente, pfadabhängige Rigiditäten und *Lock-ins* bestimmt.[494]

---

485 Vgl. Sydow (2003), S. 343

486 Vgl. Chesbrough (2003), S. 35 ff.

487 Vgl. Trier (2010), S. 206

488 Vgl. Holland (1995), S. 41 ff.

489 In der Literatur werden unterschiedliche Auffassungen vertreten, die sich vor allem durch ihren Linearitätsgrad unterscheiden lassen. So stellt das Phasenmodell von Dwyer et al. (1987) auf eine klare Linearität ab, während das Prozessmodell von Ring und van de Ven (1994) auf eine nicht-lineare Entwicklung zwischen Kooperation und Netzwerk abstellt. Ebenso kann das Prozessmodell von Doz (1996) als nicht-lineares Modell aufgefasst werden, welches dabei vor allem auf die Möglichkeit positiver und negativer Rückkopplungen, Krisen, organisationalem und interorganisationalem Lernen und Umstrukturierungsmöglichkeiten in Kooperation und Organisation fokussiert. Vgl. Sydow (2003), S. 335

490 Vgl. Holland (1995), S. 5

491 Vgl. Windeler (2001), S. 128 ff.

492 Vgl. Halinen et al. (1999), S. 779 ff. Dabei ist anzumerken, dass die Beziehungen zwischen den Akteuren im Netzwerk sehr unterschiedlich ausgestaltet sein können. Vgl. Sydow (2003), S. 341

493 Vgl. Holland (1995), S. 23

494 Trotz dieser grundsätzlichen Gültigkeit kann das Auftreten von *triggering entities* erforderlich sein, wenn die Interessen der Netzwerkteilnehmer verschieden ausfallen und/oder ursprüngliche Verflechtungen der Akteure gering sind. Vgl. Doz et al. (2000), S. 251. Zudem ist anzumerken, dass Impulse für die Netzwerkentwicklung nicht zwangsläufig aus dem Zentrum des Netzwerks stammen müssen, sondern auch periphere Akteure maßgeblichen Einfluss ausüben können. Vgl. Sydow (2003), S. 342

Neben diesen grundsätzlichen Annahmen, dass alle Akteure in einem Netzwerk für dessen Evolution prägend sind, existieren unterschiedlich große Einflussbereiche der einzelnen Akteure,[495] weshalb innerhalb von Netzwerken unterschiedliche **Koordinationsformen** koexistieren.[496] Unter Koordination wird im Allgemeinen die Abstimmung von Maßnahmen zur Erreichung von Zielen verstanden, wobei drei Grundmechanismen – machtbasierte Verhaltensanweisung, preisbasierter Wettbewerb und vertrauensbasierte Kooperation – zu unterscheiden sind.[497] Den Zweck der Koordination von Arbeitsteilung und Aufgabenerfüllung ist dabei allen drei Koordinationsformen immanent. **Machtbasierte Verhaltensanweisung** vollzieht dies mittels Anordnung bzw. Weisung durch übergeordnete Instanzen und wird strukturell durch Hierarchie ermöglicht.[498] Anwendung findet dieser Koordinationsmechanismus vor allem bei hoher Spezifität und Unsicherheit, da eingeschränkte Rationalität und eine erhöhte Gefahr opportunistischen Verhaltens zu einer Internalisierung von Funktionen führt.[499] Die Akteursbeziehungen zeichnen sich innerhalb dieser Koordinationsform durch Stabilität und Kontinuität aus,[500] da sie mit höheren Investitionssummen und reduzierter Flexibilität einhergeht.[501] Im **preisbasierten Wettbewerb** werden die Akteure durch das Streben nach Durchsetzung gegen ihre Wettbewerber angetrieben, was sich strukturell als Markt ausprägt.[502] Anwendung findet dieser Koordinationsmechanismus vor allem bei unspezifischen Leistungen und geringer Unsicherheit, wobei der Austritt allen Akteuren freisteht und sich eine emergente, also nicht bewusst geplante, Entwicklung ergibt.[503] Die Akteursbeziehungen gestalten sich kompetitiv und volatil,[504] wobei eine gemeinsame Zielverfolgung der Akteure nicht vorliegt.[505] **Vertrauensbasierte Kooperation** ermöglicht Arbeitsteilung und gemeinsame Aufgabenerfüllung unter den Akteuren,

---

495 Wichtig an dieser Sichtweise ist, dass sowohl gleichrangige als auch hierarchische Beziehungen zwischen diesen Akteuren möglich sind. Für eine Diskussion von Akteursverflechtungen in Netzwerken vgl. Mayntz (1996), S. 491.

496 Die Gesamtheit aller nebeneinander bestehenden Formen der kollektiven Regelung werden unter dem Begriff *governance* subsummiert. Vgl. Mayntz (2004), S. 5. Der Begriff stellt damit nicht eine explizite Form der Steuerung dar, sondern wird als Oberbegriff für unterschiedliche Formen der Koordination und Steuerung verwendet. Vgl. Benz et al. (2007), S. 1 ff.

497 Vgl. Knappe (2014), S. 92

498 Vgl. Knappe (2014), S. 92

499 Vgl. Coombs et al. (1996), S. 6 sowie Pyka (2002), S. 152 ff. Gleiches gilt für die Übernahme oder Fusion mit anderen Akteuren. In diesem Prozess werden eher wettbewerbs- oder vertrauensbasierte Relationen in machtbasierte umgewandelt und so ein höherer Grad an Kontrolle und direkter Steuerung erzeugt. Vgl. Schonert (2008), S. 79 ff. sowie Schön (2013), S. 32 f.

500 Vgl. Borchert et al. (2004), S. 4

501 Vgl. Rautenstrauch et al. (2003), S. 8

502 Vgl. Knappe (2014), S. 93

503 Vgl. Sydow und Möllering (2009), S. 21 f. Dieser Prozess wird von Hayek (1968, 1972) mit dem Begriff der spontanen Ordnung belegt.

504 Vgl. Etter (2003), S. 46

505 Vgl. Schonert (2008), S. 80

wobei ein Abhängigkeitsverhältnis in Bezug auf die Erreichung gemeinsamer Ziele entsteht.[506] Der Auffassung, dass Kooperation in einem Kontinuum zwischen den Polen Markt und Hierarchie zu verorten ist, muss an dieser Stelle entgegnet werden, da sich Kooperation nicht aus der Kombination der klassischen Koordinationsformen ergibt, sondern aus einem kooperativ-synergetischen Aspekt resultiert und somit eine eigenständige Koordinationsform darstellt.[507] Die Entwicklung eines kooperativen Milieus ist eine Grundvoraussetzung von Netzwerken,[508] kann allerdings aufgrund fehlender Kohäsion, divergierender Ziele und hoher Wettbewerbsintensität scheitern, sodass Kooperation nicht jedem Netzwerk inhärent ist.[509] Darüber hinaus bietet die Nähe zwischen Koordinationsform und Struktur den Nährboden für eine zu enge Auslegung oder gar direkte Zuweisung von Struktur und Koordinationsmechanismus. Stattdessen kann grundsätzlich jede Koordinationsform in jeder Struktur auftreten.[510] So versuchen Unternehmen in kooperativen Netzwerken die Vorteile marktbasierter Koordination mit denen hierarchischer Koordination zu vereinen,[511] um damit sowohl eine bessere Zielerreichung als auch die Erschließung kooperativ-synergetischer Potentiale zu erzielen.[512] Ebenso bilden Akteure, die innerhalb einer Wertschöpfungskette im Wettbewerb stehen, kooperative Bindungen, um so synergetisch ein höheres Nutzenniveau zu erlangen.[513] So gilt gerade für Unternehmensnetzwerke, dass diese einen kompetitiven wie kooperativen Charakter aufweisen.[514] Dies wird als **Koopetition** bezeichnet und beinhaltet, dass sich Akteure in ihrer kooperativen Position bewähren müssen und dabei dauerhaft mit Unternehmen innerhalb und außerhalb des Netzwerks konkurrieren.[515] Der Grad der vorherrschenden Koordinationsmechanismen in einem Netzwerk ist dabei abhängig von der individuellen Ausprägung der Akteure bzw. deren Verhalten.[516] Von besonderer Bedeutung ist dieser Charakter für die Analyse von Industrien mit komplexen Pro-

---

506 Vgl. Knappe (2014), S. 93. Die Entwicklung von Netzwerken wird häufig mit dem Ziel kooperativen Verhaltens unter den Akteuren konzipiert, weshalb Kooperation häufig als konstituierendes Merkmal von Unternehmensnetzwerken eingestuft wird. Vgl. de la Mothe (2002), S. 255, Dodgson (1993), S. 10, Schonert (2008), S. 109 sowie Dachs et al. (2004), S. 2

507 Vgl. Richardson (1972), S. 895, Chesnais (1996), S. 25 sowie Möllering (2010), S. 11

508 So rücken neben dem kooperativen Aspekt des Netzwerkaufbaus auch kognitive Aspekte, wie absorptive Fähigkeiten, als Erfolgsfaktoren in Netzwerken in den Vordergrund.

509 Vgl. Knappe (2014), S. 93 f. sowie Schonert (2008), S. 97

510 Vgl. Knappe (2014), S. 95

511 Vgl. Schonert (2008), S. 84 sowie Borchert et al. (2004), S. 5

512 Vgl. Schonert (2008), S. 104 sowie Borchert et al. (2004), S. 15

513 Vgl. Takeishi (2001), S. 404 f. sowie Knappe (2014), S. 94

514 Vgl. Gulati et al. (2000), S. 212

515 Vgl. Schmid (2010), S. 93 ff. sowie Gomes und Casseres (1994), S. 66. Der Begriff Koopetition (*coopetition*) setzt sich dabei aus den englischen Begriffen *competition* und *cooperation* zusammen und unterstreicht die Verbindung dieser Koordinationsformen in Netzwerken. Vgl. Jarillo (1988), S. 31 ff.

516 Vgl. Richardson (1972), S. 895 f.

dukten, denn diese existieren meist in Form dichter Netzwerke bzw. verfolgen Produktrealisierungen auf Grundlage der in diese Netzwerke eingebetteten, intraorganisationalen Projekte.[517] Koopetition weist dabei wesentliche Ursachenfelder auf.[518] Die erste Ursache ist die Technologie. Aufgrund produktspezifischer Realisierungshürden ergibt sich für Akteure in Industrien mit komplexen Produkten ein gleichzeitiger Kooperations- und Wettbewerbszwang.[519] Die modulare Ausgestaltung von komplexen Produkten begünstigt die Stabilität koopetitiver Beziehungen, da eine Entkopplung von Arbeitsteilung und Wissensteilung realisierbar wird und sich der interorganisationale Austausch vertraulichkeitsbezogener Informationen auf systemrelevante technische Schnittstellenparameter beschränkt. Zudem reduziert der zeitkritische Charakter von Wissen durch Technologieerosion das Risiko des ungewollten Informationstransfers und begrenzt den Grad der Verwundbarkeit.[520] Ferner ist Kapital eine Ursache für koopetitives Verhalten. Aufgrund des hohen Kapitalbedarfs in Industrien mit komplexen Produkten ist eine reziproke Abhängigkeit und entsprechend eine kooperative Interdependenz zwischen den Akteuren zu verzeichnen.[521] Weiterhin ist die Industrie- bzw. Netzwerkstruktur zu nennen, da strukturbedingte Faktoren eine wesentliche Rolle bei der Konstitution von Wettbewerberkooperationen zukommt.[522] So sind koopetitive Interdependenzen insbesondere in oligopolistischen Strukturen, einem Kernmerkmal von Industrien mit komplexen Produkten, anzutreffen.[523] Grund sind die geförderten zirkularen Interdependenzen der Akteure, die diese dazu bewegen die Interessen und Entscheidungen anderer Akteure in ihr eigenes Kalkül miteinzubeziehen.[524] Zusammenfassend besteht kein lineares Kontinuum zwischen den Polen Wettbewerb und Kooperation. Beide Wirkungskräfte bilden sich unabhängig voneinander aus und eröffnen ein Spannungsfeld der Interdependenz und dem gleichzeitigen Bestehen von Kooperation und Wettbewerb, also Koopetition.[525]

2.3.1.2. Innovations- und Produktionsnetzwerke

Mit den dargestellten Koordinationsformen werden zwar gemeinhin strukturelle Ausprägungen assoziiert, allerdings können grundsätzlich alle Koordinationsformen allen Strukturen immanent sein. So stellt sich die Frage wie sich Netzwerke bilden und typisieren lassen. Selbst innerhalb einer ersten Einschränkung auf interorganisationale Netzwerke in einem industriellen

---

517 Vgl. Hobday (2000), S. 871 ff., Davies und Hobday (2005), S. 47 f. sowie Hobday (1998), S. 706. Der direkte Bezug zwischen Industrien mit komplexen Produkten und Koopetition wurden bisher kaum analysiert. Ausnahmen stellen die Untersuchungen von Caspary und Nishiguchi (2001), Carayannis und Alexander (2001) sowie Herzog (2010) dar.

518 Vgl. Herzog (2010), S. 121 f. und S. 138 f.

519 Vgl. Herzog (2010), S. 141

520 Vgl. Moxon et al. (1988), S. 270 sowie Herzog (2010), S. 234 f.

521 Vgl. Herzog (2010), S. 141

522 Vgl. Bengtsson und Kock (2000), S. 416

523 Vgl. Ngo und Okura (2007) sowie Roy und Yami (2006)

524 Vgl. Schreyögg (1984), S. 12 f.

525 Vgl. Herzog (2010), S. 169

Kontext existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Klassifizierungen.[526] Allen Kategorien ist allerdings gemein, dass es sich um zielgeleitete Netzwerkbildungen handelt. Dabei kann die Zielstellung in einem realwirtschaftlichen Kontext verortet sein,[527] oder durch theoretische Netzwerkbildung durch den Analysierenden herbeigeführt werden.[528] Im Kontext der hier betrachteten Industrieentwicklung und deren Auffassung als komplexes Netzwerk spielen vor allem Innovations- und Produktionsnetzwerke eine besondere Rolle für die Analyse der Entwicklung einer Industrie.[529] **Innovationsnetzwerke** spielen primär vor dem Hintergrund der Industrieentwicklung und unter den Erkenntnissen aus Teilkapitel 2.1. eine wesentliche Rolle als Motor der Industrie und Selektionsmechanismus der Akteure.[530] So werden Innovationsnetzwerke als soziale Konstrukte rechtlich selbständiger, in Bezug auf die Zielerfüllung jedoch abhängiger, heterogener Akteure aufgefasst.[531] Dieses System ist auf das Ziel der Invention und Innovation ausgerichtet.[532] Um dies zu erreichen wird ein Flechtwerk meist kooperativer Beziehungen etabliert,[533] wodurch sich ein vertrauensbasiertes Verhältnis zwischen den Partnern und somit relativ stabile soziale Beziehungen einstellen.[534] Diese Auffassung impliziert, dass Innovationsnetzwerke aus einer Vielzahl von Akteuren bestehen, die eine Innovationsentwicklung arbeitsteilig angehen, indem sie ihre jeweiligen Kompetenzen und ihr spezifisches *Know-how* in die Zusammenarbeit einbringen.[535] Im Kern geht es darum, die auf die heterogenen Akteure verteilten vorhandenen, komplementären Wissensbasen zu kombinieren sowie produktiv für

---

526 Bspw. stellt Rasche (2002) auf zehn Netzwerkdimensionen der Klassifizierung ab. Neben dem Öffnungsgrad und der Wertschöpfungsrichtung werden Netzwerke nach Steuerbarkeit, Wettbewerb, Vertrauen, Technologie, Exklusivität, Monopolisierung, Dynamik und Politisierung unterschieden.

527 Bspw. Produktionsnetzwerke oder F&E-Netzwerke. Vgl. Sydow et al. (2003), S. 55 ff. sowie Pyka und Scharnhorst (2009), S. 9

528 Bspw. Informations- und Kommunikationsnetzwerke, Macht- und Einflussnetzwerke oder Vertrauensnetzwerke. Vgl. Sydow et al. (2003), S. 55 ff.

529 Ein weiterer Netzwerktypus im Rahmen der Analyse von Industrien mit komplexen Produkten sind *policy*-Netzwerke. Dabei werden unter dem Begriff des *policy*-Netzwerks alle Interaktionsformen zwischen staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren verstanden, bspw. Lobby-Netzwerke, Regulationsnetzwerke, etc. Diese werden hier nicht als eigener Typus analysiert. Allerdings werden erzielte Erkenntnisse in die Untersuchung der Industrienetzwerke einbezogen. Für eine theoretische Diskussion zu *policy*-Netzwerken vgl. Weyer (2011), S. 189 ff.

530 Begründet werden kann diese Aussage auf Basis des von Schumpeter vorgestellten Grundcrescendo der wirtschaftlichen Entwicklung, welches nicht-innovierenden Unternehmen eine schlechtere Perspektive in einem sich wandelnden Kontext industrieller Entwicklung einräumt. Vgl. Schumpeter (1942), S. 68

531 Vgl. Borchert et al. (2004), S. 7, Duschek (2002), S. 44 sowie Blöcker et al. (2009), S. 19

532 Vgl. Borchert et al. (2004), S. 7

533 Vgl. Hauschildt (1997), S. 76 sowie DeBresson und Amese (1991), S. 364 ff.

534 Vgl. Borchert et al. (2004), S. 7 sowie Duschek (2002), S. 44

535 Vgl. Blöcker et al. (2009), S. 18. Diese Auffassung von Innovationsnetzwerken spiegelt den Kern des Literaturstrangs zu Innovationssystemen dar. Vgl. Lundvall (1988), Nelson (1993) und Edquist (1997). Die unterschiedlichen Formen von Innovationssystemen spiegeln die Systemgrenzen wider. So wird bspw. zwischen nationalen (NIS), technologischen (TIS), sektoralen (SIS) und regionalen (RIS) Innovationssystemen unterschieden. Da allerdings dem Fokus auf Innovationsnetzwerke eine Kopplung mit den Ausführungen zu Produktionsnetzwerken an die Seite gestellt wird, wird hier im allgemeinen weiterhin von Innovationsnetzwerken gesprochen, auch wenn die Ideen zu Innovationssystemen in diesen Ausführungen integriert werden. Nichtsdestotrotz besteht eine große Nähe zwischen den Ausführungen zu der Industrie als Netzwerk und dem SIS.

die Innovationsentwicklung zu aktivieren und in Innovationen zu transformieren.[536] Innovation ist demnach sowohl als das Ergebnis von Netzwerkaktivitäten als auch Teil der Netzwerkentwicklung anzusehen.[537] Dies wird durch die Wissenscharakteristik deutlich. Da Wissen nicht als rein öffentliches Gut betrachtet wird, sondern als teilweise lokal und implizit, sowie firmenspezifisch und komplex, ist ein Wissenstransfer allein durch den Markt als ausgeschlossen anzusehen.[538] Stattdessen bieten sich Netzwerke als Austausch- und Diffusionsinstrument an.[539] Dabei werden zwei wesentliche Motive zur Teilnahme an Netzwerken identifiziert. Das erste sind **wissensorientierte Motivationsfaktoren**, die sich aus Markterschließung, technologischer Kompetenz bzw. Wissen sowie Transparenz der Technologieentwicklung zusammensetzt.[540] Neben den wissensseitigen Faktoren stellen **anreizorientierte Motive**, wie Kosten, Unsicherheit, Vorkaufsrechte und Marktpenetration weitere Teilnahmemotivationen für Akteure dar.[541] Insgesamt zielt also die Teilnahme an Innovationsnetzwerken auf die Schaffung einer effizienteren Informationsstruktur sowie auf die Generierung von Wissensvorteilen gegenüber Akteuren außerhalb des Netzwerks, durch den Zugang zu externem Wissen und Ressourcen, ab.[542] Innerhalb dieser allgemeinen Auffassung nach dem Zielgehalt, existiert eine Bandbreite an weiteren Unterscheidungen zwischen einzelnen Innovationsnetzwerkformen.[543] Für das weitere Verständnis sind im Wesentlichen die Unterscheidungen zwischen Innovationsnetzwerken angewandter und grundlagenorientierter Forschung, sowie der Differenzierung formaler und informeller Netzwerke relevant. Innovationsnetzwerke im angewandten Forschungsbereich zeichnen sich durch ein hohes Maß an Zielgerichtetheit, geringe Unsicherheit und durch einen hohen Fokussierungsgrad auf die Vermarktungsfähigkeit, also die Verbindung zu einem spezifischen praktischen Problem oder der Erstellung eines Artefakts, aus.[544] Im Gegensatz dazu sind grundlagenforschungsorientierte Innovationsnetzwerke durch sehr hohe Unsicherheit und ein geringes Maß an Zielgerichtetheit angelegt, wobei die Kommerzialisierung

536 Vgl. Blöcker et al. (2009), S. 19 sowie Koschatzky et al. (2001), S. 5

537 Vgl. Pyka und Scharnhorst (2009), S. 1

538 Vgl. Dosi (1988), S. 1126

539 Vgl. Valente (1996), S. 69 ff. sowie Deroian (2002), S. 835 ff. Der Erfolg einzelner Akteure bei der Suche von Partnern im Netzwerk wird dabei maßgebliche durch die absorptiven Fähigkeiten gesteuert. Vgl. Cohen und Levinthal (1990), S. 128 ff. sowie Abschnitt 2.1.2.

540 Vgl. Pyka (2002), S. 159 f.

541 Vgl. Pyka (2002), S. 159 f. sowie Hagedoorn (1993), S. 371 ff. Für eine Betrachtung der Besonderheit von Innovationsnetzwerken als Potentialgeber zur Bewältigung von Unsicherheit vgl. Weyer (2011), S. 219.

542 Vgl. Siebert (2010), S. 7 ff. sowie Perl (2006), S. 65

543 Eine weitere Herangehensweise wird von Schön und Pyka (2012) dargelegt, wobei Innovationsnetzwerke nach ihrer Entstehung (geplant oder spontan) sowie dem jeweiligen Stand innerhalb ihres Lebenszyklus analysiert werden.

544 Vgl. Caspers et al. (2004), S. 114 sowie 144. Nooteboom (2000), S. 10 führt hierzu eine Reihe von Beispielen zur Illustration der divergierenden Unsicherheit zwischen angewandter und grundlagenorientier Forschung auf.

unklar ist.[545] Ein wichtiges Differenzierungsmerkmal ist die Unterscheidung nach dem Formalitätsgrad.[546] Formelle Netzwerke sind demnach vertraglich fixierte Konstrukte kooperativen Verhaltens, wobei informelle Netzwerke als lose und nicht vertraglich vereinbarte Kooperationsstrukturen zwischen in F&E engagierten Unternehmen anzusehen sind. Gerade für implizites Wissen nehmen diese informellen Netzwerke eine wichtige Rolle ein, da diese vor allem für die Bildung gegenseitigen Vertrauens ursächlich sind.[547]

Insbesondere die oben angeführten anreizorientierten Motive zur Netzwerkbildung haben einen übergeordneten Charakter und lassen sich auf den zweiten Netzwerktypus übertragen, die **Produktionsnetzwerke**. Unter einem Produktionsnetzwerk werden im Kontext dieser Untersuchung, die Akteure und deren Verbindungen im Produktionsprozess eines technischen Artefakts verstanden. Dabei lassen sich unterschiedliche Wertschöpfungsstufen unterscheiden, wobei auf jeder Stufe dem Ausgangsprodukt durch Hinzufügen oder Veredelung ein weiterer Wert addiert wird.[548] Diese breit verzweigten Netzwerke nehmen häufig die Form einer Pyramide an.[549] Wie ein solches Produktionsnetzwerk im Speziellen ausgestaltet ist hängt maßgeblich von den äußeren Einflüssen der für die Ausgestaltung verantwortlichen Unternehmen ab.[550] Zwar gilt die allgemeine Auffassung von Netzwerken, dass alle am Produktionsprozess beteiligten Akteure einen gewissen Einflussspielraum haben und so als Gestalter des Netzwerks mitwirken, allerdings wird die strukturelle Ausgestaltung im Fall von Produktionsnetzwerken, mehr als in Innovationsnetzwerken, *top down* geprägt.[551] Dieser Betrachtung ist in seiner klassischen Form eine gewisse Sequenzialität immanent, die sich vor allem auf die Lieferantenkette bezieht.[552] Der einfache Beziehungszusammenhang zwischen Lieferant und Kunde wird in den letzten Jahren allerdings immer mehr von der Betrachtung sogenannter Wertschöpfungsnetzwerke abgelöst.[553] Dabei handelt es sich um Unternehmensnetzwerke, in denen organisations-

545 Vgl. Nelson (1959), S. 297 ff.

546 Vgl. Pyka (2002), S. 160 f.

547 Vgl. Hakansson (1989), S. 1 ff. Dabei ist wichtig zu erkennen, dass jedem formellen Netzwerk, mehrere informelle Netzwerke im Hintergrund zuzuordnen sind. Vgl. Pyka (1999), S. 76 ff.

548 Vgl. Porter (1999) sowie Kuhn und Hellingrath (2002), S. 16

549 Vgl. Hirsch-Kreinsen (2003), S. 19 f. Dies stellt sich vor allem dann so dar, wenn von der Zurechnung industrieunabhängiger Basislieferanten, wie bspw. Rohstofflieferanten, abgesehen wird.

550 Unter äußeren Einflüssen sind sowohl die Verhalten aller anderen sich in der Industrie befindlichen Akteure, als auch die Lebenszyklusphase, die Technologie und die beiden Hauptentwicklungsdeterminanten des Staats und der Nachfrage gemeint.

551 So differenzieren Sydow und Möllering (2009), S. 18 zwischen der strategischen Ausrichtung des Produktionsnetzwerks, welches durch eine Unternehmung geführt werden kann und der Steuerung des Netzwerks welches als polyzentrisches System angesehen werden sollte und niemals eine zentrale Steuerung ermöglicht.

552 In der Literatur finden sich zahlreiche synonym oder/und komplementär verwendete Begrifflichkeiten wie logistische Kette, Wertschöpfungskette, Wertkette oder der aus dem engl. entlehnte Begriff der *supply chain*. Vgl. Otto (2002), S. 92

553 Dies stellt eine entgegengesetzte Auffassung von Kunden-Lieferant-Beziehung im Vergleich zu klassischen Anschauungen dar. So führen Martin et al. (1995), S. 589 ff. bspw. aus, dass diese Beziehungen vornehmlich antagonistisch anzusehen waren und sich beide Parteien durch Profitmaximierungswunsch gegenüberstanden.

übergreifende Leistungen netzwerkartig, d.h. durch die Zusammenarbeit mehrerer Partner, erstellt werden.[554] Grundsätzlich ist zwischen zwei Ordnungsmodellen der Ausgestaltung von Produktionsstrukturen zu unterscheiden, die als *Chandlerismus* und *Wintelismus* bezeichnet werden.[555] Während unter *Chandlerismus* ein Erklärungsmodell zur vertikalen Integration und Diversifikation hierarchisch geführter Großunternehmen zur Erreichung eines dauerhaften Wettbewerbsvorteils verstanden wird,[556] plädiert der *Wintelismus* für vertikale Desintegration fragmentierter und spezialisierter Akteure unter hoher Komplexität und sich wandelnder Machtverhältnisse entlang der Wertschöpfungskette.[557] Nach dem Verständnis des *Chandlerschen* Modells übernehmen die OEM die dominante Rolle in der Gestaltung der Wertschöpfungskette und legen proprietäre Standards und Abläufe für alle anderen Akteure der Kette fest.[558] Demgegenüber legt der *Wintelismus* sein Hauptaugenmerk auf die Beziehungen der Akteure. Er postuliert dabei einen Wettbewerbsvorteil durch Kooperation vertikal desintegrierter spezialisierter Unternehmen.[559] Damit kommt dieser Ansatz dem hier dargelegten Verständnis eines Produktionsnetzwerks nahe, wodurch die Unternehmen nicht nur die bereits thematisierten Vorteile einer Beteiligung in netzwerkartigen Strukturen erfahren,[560] sondern gleichsam Koopetition als Koordinationsform vorfinden.[561] Gerade in Industrien mit komplexen Produkten ist die Struktur des Produktionsnetzwerks stark durch Technologie und Technik determiniert und folgt weitestgehend dem modularen Aufbau des Produkts. **Modulare Produktionsnetzwerke** haben oftmals einen marktlichen Charakter in den Beziehungen zwischen dem OEM und Systemintegratoren einerseits und den Auftragfertigern andererseits.[562] Dieser marktliche Charakter hängt allerdings maßgeblich von den Relationen der Akteure ab und ist vor

Als Prototyp netzwerkartiger Produktionsstrukturen kann der Fall des Automobilgiganten Toyota angesehen werden. Vgl. Dyer (1996), S. 271 ff. sowie Dyer und Nobeoka (2000), S. 345 ff.

554 Vgl. Perl (2006), S. 100

555 Der Begriff *Chandlerismus* geht auf das Ordnungsmodell von Alfred D. Chandler (1990) zurück. Der Begriff *Wintelismus* leitet sich aus der Wortkombination von Windows und Intel ab und wurde zur Zeit der New Economy als Erklärungsversuch der Kooperation von in Konkurrenz stehenden Unternehmen innerhalb des Silicon Valley entwickelt. Vgl. Borrus und Zyman (1997), S. 141 ff.

556 Vgl. Langlois (2003), S. 351 ff.

557 Vgl. Naschold et al. (1999)

558 Vgl. Jürgens und Meißner (2003), S. 393 ff.

559 Vgl. Jürgens und Meißner (2003), S. 393 ff.

560 Zu den weiteren Vorteilen der Produktion in Netzwerken zählen u. a. reduzierte Lieferzeiten, die Nutzung von Skaleneffekten, Flexibilitätszugewinne sowie Qualitätsverbesserungen, Risikoreduzierung durch Teilung der Kosten und daraus resultierend eine bessere Positionierung im Kosten- und Preiswettbewerb sowie eine Verbesserung der Markteintrittsbedingungen bei der Erschließung neuer Märkte, sowohl geographisch als auch ressourcen- und technikbezogen. Vgl. Sydow und Möllering (2009), S. 16 ff., Männel (1996), S. 18 f. sowie Perl (2006), S. 65 ff. Mit den Vorteilen gehen gleichsam allerdings auch Nachteile einher, wie bspw. *Lock-ins* durch hoch spezifische Investitionen und Kompetenzspezialisierung (Gefahr des Kompetenzverlusts), Einbuße strategischer Autonomie bzw. Abhängigkeit, Steigerung der Koordinationskosten sowie unkontrolliertem Abfluss von Wissen. Vgl. Sydow und Möllering (2009), S. 17 ff.

561 Dabei ist durchaus zwischen unterschiedlichen Wertschöpfungsebenen zu unterscheiden. So findet man bspw. zwischen OEM und Systemlieferant eher kooperative Beziehungen vor, als zwischen den Unternehmen in unteren Wertschöpfungsstufen. Vgl. Sydow und Möllering (2009), S. 211 sowie Unterabschnitt 2.3.1.1.

562 Vgl. Sydow und Möllering (2009), S. 234

allem im Fall einer nicht-singulären Beziehung von Zulieferern zu Kunden festzustellen.[563] Treten eher einseitig orientierte Beziehungen auf, kann eine weitere übergeordnete Wettbewerbsebene zwischen interorganisational-kooperativen Wertschöpfungsverbünden identifiziert werden, sodass Netzwerkwettbewerb entsteht.[564] Der modulare Charakter von Produktionsnetzwerken wird durch die Übertragung der Koordinationsfunktion auf die Systemlieferanten sichtbar und spiegelt sich in der pyramidalen Ausgestaltung unterhalb der Systemlieferanten wider.[565] Aufgrund der spezifischen Produktanforderungen ist ein Wechsel zwischen Zulieferern schwierig, wobei vor allem die großen Zulieferer über Macht verfügen. Das asymmetrische Machtverhältnis zugunsten der OEM wird zwar nicht aufgehoben, jedoch relativiert.[566]

Das innovative Potential interorganisationaler Beziehungen besteht nicht nur in Innovationsnetzwerken, sondern auch in Produktionsnetzwerken, in denen erhebliche Vorteile zur Verbesserung von Produkt und Prozess erschlossen werden.[567] Diese Erkenntnis macht zusammen mit der Einsicht, dass auch im Innovationsnetzwerk produktionsrelevante Verbesserungen erforscht werden deutlich, dass die **Abgrenzung zwischen Innovations- und Produktionsnetzwerken** nicht überschneidungsfrei ist. Dabei ist anzumerken, dass Überschneidungsmöglichkeiten nicht nur zwischen Innovations- und Produktionsnetzwerken bestehen, sondern nahezu alle Netzwerktypen, bspw. *policy*-Netzwerke, betreffen. Diese **Überschneidungen** bestehen somit sowohl auf der Akteursebene, da Akteure Bestandteil beider oder mehrerer Netzwerke,[568] als auch thematisch, da im Innovationsnetzwerk produktionsrelevante Fragestellungen und im Produktionsnetzwerk innovative Produktverbesserungen bearbeitet werden. Zudem bestehen auf den **zeitlichen Horizont** der Netzwerke bezogene Differenzierungsmöglichkeiten. So ist zwischen zeitlich begrenzten Netzwerken, die sich durch ein höheres Maß an unternehmensübergreifender Arbeitsteilung sowie größere Flexibilität auszeichnen und eher stabilen Netzwerken, die sich durch langfristige Zusammenarbeitspotentiale und der daraus resultierenden effizienten Marktbearbeitung auszeichnen, da Lern- und Synergiepotentiale daraus erwachsen,

563 Vgl. Lüthje et al. (2002), S. 1 ff.
564 Vgl. Knappe (2014), S. 95
565 Vgl. Sydow (2006), S. 397
566 Vgl. Heidling (2011), S. 144. Für eine Diskussion von Machtasymmetrien in Netzwerken vgl. zudem Sydow (1992), S. 287, Wurche (1994), S. 150, Pohlmann (1995), S. 149 sowie Langlois (1992), S. 165 ff.
567 Vgl. Sydow und Möllering (2009), S. 257 ff. sowie Weyer (2011), S. 219
568 Für einen Akteur können sich aus der multiplen Teilnahme an Netzwerken, vornehmlich aus der Beteiligung an mehreren Innovationsnetzwerken, sowohl Vor- als auch Nachteile für die Teilnahme an anderen Netzwerken entstehen. So kann bspw. die Teilnahme an einem bestimmten Netzwerk dem Akteur zum Vorteil ausgelegt werden, wenn in diesem Netzwerk Wissen und Kompetenzen vorrätig sind, die einem anderen Netzwerk benötigt werden. Gleichsam kann dies auch ein Ausschlusskriterium darstellen, wenn bspw. die Befürchtung besteht, dass der Akteur Wissen aus dem einen in ein anderes Netzwerk transferiert. Diese Fragestellung ist wiederum eng verknüpft mit der Permeabilität, also der Durchlässigkeit des Netzwerks. Vgl. Caspers et al. (2004), S. 123

zu unterscheiden.[569] Ein wichtiges Differenzierungsmerkmal zwischen Innovations- und Produktionsnetzwerken ist der akteursseitige Beteiligungsgrad. So enthalten Innovationsnetzwerke **laterale Akteure**, also industriefremde Unternehmen sowie Wissensintermediäre bzw. Forschungs- und Bildungseinrichtungen privater und staatlicher Natur, die über die klassischen horizontalen und vertikalen Kooperationen zwischen Herstellern und Zulieferern hinausreichen.[570] Zwischen beiden Netzwerkarten bestehen zudem direkte **Beeinflussungspotentiale**. So hat bspw. die anhaltende Innovationsdynamik die Arbeitsteilung zwischen den Akteuren der Prozesskette verändert. Interdependenzen und die Komplexität von Entwicklungsprozessen sowie ihre Beschleunigung haben zu neuen Konfigurationen und Steuerungsmechanismen geführt, die von hierarchisch und durch den OEM gesteuerten Entwicklungsprozessen hin zu netzwerkförmigen Strukturen, in denen Systemlieferanten umfangreichere Leistungen und Verantwortung übernehmen, reichen.[571] Wie Netzwerke und ihre Dynamik in Bezug auf die Verbindungen zwischen den Akteuren, die Intensität der Kooperation und die geographische Verteilung der Akteure ausgestaltet sind wird in Abschnitt 2.3.3., unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus 2.3.2., untersucht.[572]

2.3.2. Ambidextrie in Industrien mit komplexen Produkten

Begreift man Industrien als Netzwerke und besteht daneben nicht die Möglichkeit von technologischen auf industriestrukturelle Dynamiken zu schließen, stellt sich die Frage nach einer alternativen Analysemethode. Da zu dieser Analyse ein umfassendes Verständnis von technologisch-induzierten Wandlungsimpulsen wesentlich ist, werden in Unterabschnitt 2.3.2.1. die Begrifflichkeiten und Anwendungsdimensionen von Exploration, Exploitation und Ambidextrie erläutert. Unterabschnitt 2.3.2.2. beschäftigt sich mit dem Auftreten von Ambidextrie in Industrien mit komplexen Produkten und legt erste Anforderungen für Organisationen und Netzwerke offen.

2.3.2.1. Exploration, Exploitation und Ambidextrie

Exploration und Exploitation bezeichnen in ihren Grundzügen Lernprozesse.[573] Dabei wird **Exploration** mit Begriffen wie Suche, Variation, Risikoübernahme, Flexibilität und Entdeckung konnotiert.[574] Hierbei spielt die Erschließung neuen Wissens durch Grundlagenforschung oft

---

569 Gerade für Industrien mit komplexen Produkten stellen projektbasierte Entwicklung und Produktion einen wichtigen strukturellen Faktor dar. Vgl. Hobday (2000), S. 871 ff.

570 Vgl. Preissl und Solimene (2003), S. 1 ff.

571 Vgl. Meil et al. (2004), S. 186 sowie Mazaud (2007), S. 244 ff.

572 Vgl. Blöcker et al. (2009), S. 19, DeBresson und Amese (1991), S. 363 ff., Fritsch (1992), S. 89 ff. sowie Granovetter (1982), S. 105

573 Vgl. hierzu Abschnitt 2.1.2., welches sich ausführlicher mit den Auswirkungen von Exploration und Exploitation auf die organisationale Wissensbasis beschäftigt und somit Lernprozesse, also den dynamischen Charakter von Wissen thematisiert.

574 Vgl. March (1991), S. 71

eine besondere Rolle.[575] Für Organisationen bringt eine Ressourcenzuweisung zu Gunsten explorativer Prozesse unsichere Erträge, oftmals negativer Art, längere Zeithorizonte bis zum Erreichen konkreter Ergebnisse und grundsätzlich diffusere Wirkungen mit sich.[576] Im Gegenzug wird **Exploitation** mit Begriffen wie Verbesserung, Effizienz, Selektion und Implementierung assoziiert.[577] So wird unter Exploitation die Nutzung, Ausbeutung und Weiterentwicklung bereits bestehenden Wissens verstanden, die eine Fokussierung auf Routinen, Standardisierung und systematische Kostenreduktion sowie die Verbesserung und Verfeinerung vorhandener Fähigkeiten, Technologien oder Produkte.[578] Daraus folgt, dass erfolgreiche Organisationen versuchen sollten ihre Routinen zu replizieren, um rasches Wachstum und Skalenerträge zu generieren.[579] Die durch diese Lernart zu erwartenden Erträge sind, zumindest in der kurzen Frist, positiv und voraussagbar.[580] Zusammengenommen lässt sich Exploitation also mit einer effizienzorientierten und somit routinierten Ressourcen- bzw. Wissensverwertung assoziieren.[581] Als **Auslöser** von explorations- und exploitationsbezogenen Anforderungsbedürfnissen wird im Sinne der Ausführungen in Abschnitt 2.2.1. die Technologie angesehen, allerdings sind ebenso organisationsinterne und -externe Faktoren für einen Wandel beider Lernarten mitverantwortlich.[582] Auf Basis technologischer Veränderungen lassen sich dann Adaptionspotentiale in Bezug auf organisationales Lernen sowie strukturelle Ausgestaltung bzw. das organisationale Design ableiten. So öffnet sich ein breites Forschungsfeld, welches unterschiedliche Ansätze der Anwendung von Explorations- und Exploitationsanforderungen an Organisationen widerspiegelt. Diese lassen sich in die vier Hauptforschungsströme unterteilen.[583] Erstens, richtet sich der Fokus auf die Unterscheidung bei der Betrachtung technischer Innovation auf radikale und inkrementelle Innovationen.[584] Zweitens ist die Art und das Ausmaß des Lernens sowie die

575 Vgl. March (1991), S. 71 ff. sowie Levinthal und March (1993), S. 105

576 Vgl. Sydow et al. (2003), S. 74

577 Vgl. March (1991), S. 71

578 Vgl. Sydow et al. (2003), S. 74

579 Vgl. Nelson und Winter (1982), S. 112 ff. Dabei ist zu beachten, dass Routinen nicht ausschließlich auf Exploitation ausgerichtet sind, sondern durchaus auch selbst als Explorationsmechanismus aufgefasst werden können. Unter dieser Erkenntnis ist Lernen ein Reflexionsmechanismus über die eigene Replikationsstrategie und ermöglicht so Erneuerung und Revitalisierung auf organisationaler Ebene. Vgl. Konlechner und Güttel (2010), S. 50

580 Vgl. March (1991), S. 85

581 Vgl. Wollersheim (2010), S. 7

582 Vgl. Romanelli und Tushman (1994), S. 1141. Hierzu bestehen grundsätzlich unterschiedliche Auffassungen und Ansätze. Allerdings lassen sich diese bei genauerer Betrachtung auf technologische Veränderungen zurückführen oder auf nicht im Fokus dieser Untersuchung stehende Phänomene beziehen. So sind die Ausgangspunkte unterschiedlicher Untersuchungen vor allem in Umweltdynamik (exogene Schocks, Wettbewerb, Unsicherheit, u. a.), organisationale Gründe (Struktur, Kultur, Unternehmensgröße und -alter und *slack resources*) sowie managementbezogene Faktoren zu unterteilen. Vgl. Lavie et al. (2010), S. 118 ff. sowie Rosenkranz (2012), S. 121 ff.

583 Raisch und Birkinshaw (2008), S. 377 ff. liefern eine Zusammenfassung der von March (1991) beeinflussten Forschungsströme.

584 Vgl. Tushman und Smith (2002), S. 386 ff., Benner und Tushman (2003), S. 238 ff., Jansen et al. (2006), S. 1661 ff. sowie Rothaermel und Deeds (2004), S. 201 ff.

Präsenz und Absenz der Lernart im Feld des organisationalen Lernens Untersuchungskern.[585] Drittens wird im Untersuchungsfeld der organisationalen Adaption und des organisationalen Designs auf Effizienz und Flexibilität sowie deren Umsetzung in den Organisationsstrukturen fokussiert.[586] Viertens ist die Kernfrage bezogen auf das strategische Management die Varianzregelung sowie die auf Selektion und Adaption ausgerichteten Prozesse.[587] Insgesamt ist die Separation zwischen Exploration und Exploitation nicht trennscharf abzubilden.[588] Somit sind Zwischenformen der beiden Konzepte zuzulassen und diese selbst als Pole eines **Kontinuums** zu begreifen.[589] Darüber hinaus besteht ein Entwicklungszusammenhang von explorativem und exploitativem Wissen, da sich über die Zeit einstmals exploratives Wissen durch exploitative Routinen in der organisationalen Wissensbasis verfestigt.[590] Damit unterstellt diese Unterscheidung vor allem einen **zeitlichen Differenzierungsgrad** der Anwendung der Konzepte. Während Exploitation für die Sicherung der gegenwärtigen Lebensfähigkeit einer Organisation steht, wird Exploration für die Sicherung zukünftiger Wettbewerbsfähigkeit als notwendig erachtet.[591] Diesem Befund, dass der Erfolg bzw. das Überleben von Organisationen die Balance von Exploration und Exploitation angestrebt werden sollte, ist die Frage inhärent wann und wie sich diese beiden Lernarten im Zeitverlauf kombinieren lassen.[592] Begründet wird dies damit, dass dauerhaft zu viel Exploration den kurzfristigen Erfolg schmälert, während Exploitation zu organisationaler Trägheit führt.[593] Die Fokussierung auf nur ein Fähigkeitenset führt demnach nur kurzfristig zu Erfolg und steigert auf lange Sicht die Misserfolgswahrscheinlichkeit.[594] Dabei kann eine einseitige Fokussierung auf Exploitation zwar die aktuelle Leistungsfähigkeit der Organisation in Bezug auf finanzielle, produktionsmengenbezogene o.ä. Faktoren kurzfristig erhöhen, allerdings führt eine Vernachlässigung der Exploration auf lange Sicht in eine Kom-

585 Vgl. Gupta et al. (2006), S. 694, Rosenkopf und Nerkar (2001), S. 287 ff., Vassolo et al. (2004), S. 1045 ff., Vermeulen und Barkema (2001), S. 457 ff., Baum et al. (2000), S. 768, Senge (1990), S. 14, Argyris und Schön (1978), S. 2 f., Levinthal (1997), S. 939 sowie McKee (1992), S. 232 f.

586 Vgl. Leana und Barry (2000), S. 753, Tushman und Romanelli (1985), S. 171, Volberda (1996), S. 359, Tushman und O'Reilly (1996), S. 11, Meyer und Stensaker (2006), S. 217, Sheremata (2000), S. 389 ff., Thompson (1967), S. 15, Burns und Stalker (1966), S. vii, Burns und Stalker (1966), S. 96 ff. sowie Duncan (1976), S. 172 ff.

587 Vgl. Burgelmann (2002), S. 325, Ghemawat und Ricart i Costa (1993), S. 59 sowie Volberda et al. (2001), S. 160

588 Vgl. Felin und Foss (2009), S. 157 ff. sind bspw. der Auffassung, dass Wissen welches exploitiert wird zunächst gebildet, also durch Exploration generiert werden muss. Andererseits kann Exploration auch als die Suche bzw. Festlegung eines Suchrahmens (*window of opportunity)* angesehen werden, innerhalb dessen dann exploitatives Lernen stattfindet und das Wissensfeld verfeinert.

589 Vgl. Lavie et al. (2010), S. 114

590 Vgl. Lavie et al. (2010), S. 114. So ist die Fähigkeit neues Wissen zu generieren und aufzugreifen nach Cohen und Levinthal (1990), S. 128 ff. von der aktuellen Wissensbasis der Organisation abhängig.

591 Vgl. Levinthal und March (1993), S. 105

592 Vgl. Tushman (1997), S. 17, Volberda (1996), S. 359, Gibson und Birkinshaw (2004), S. 209 sowie Jansen et al. (2006), S. 1661

593 Vgl. Levinthal und March (1993), S. 95, Huy (2002), S. 31 und Gilbert (2005), S. 741 ff.

594 Vgl. Tushman und O'Reilly (1996), S. 11

petenz- bzw. Lernfalle, in der Unternehmen nicht mehr in der Lage sind auf zukünftige Änderungen in der Umwelt adäquat zu reagieren.[595] Somit spielt die Organisationsumwelt eine weitere entscheidende Rolle, da in einer technologisch stabilen Umwelt das Verfolgen einer Exploitationsstrategie zu einer Verbesserung der Wettbewerbssituation führen kann, in einer technologisch dynamischen Umwelt allerdings in der besprochenen Kompetenzfalle mündet.[596]

Die Balance von Exploration und Exploitation wird als **Ambidextrie** bezeichnet und meint in ihrem Wortursprung die Fähigkeit beide Hände gleich geschickt einsetzen zu können.[597] Als Metapher beschreibt Ambidextrie übertragen auf Organisationen, in einer ressourcen- und kompetenzorientierten Sichtweise, die Sicherstellung einer Balance zwischen Exploration und Exploitation, also der Ausgewogenheit von Lernprozessen.[598] Der Begriff Ambidextrie schließt folglich die Ausübung der Fähigkeit beide Lernprozesse in Balance zu halten mit ein. Aufbauend auf dieser Definition von Ambidextrie, stellt sich die Frage ob Exploration und Exploitation simultan oder sequentiell in der Organisation als tatsächliche Tätigkeit auftreten sollten bzw. ob eine dauerhafte Aktivität oder lediglich eine dauerhafte Fähigkeit als erfolgsfördernd gilt. Die Anforderung gleichzeitig unterschiedliche Dinge tun zu können,[599] scheint auf den ersten Blick eine unvereinbare Spannung der Kontinuumspole Exploration und Exploitation aufzuwerfen,[600] da beide Lernarten unterschiedliche Denkmuster und organisationale Routinen verkörpern.[601] Darüber hinaus stellen diese Routinen selbstverstärkende Aktivitätsmuster dar, die im Fall von Exploration eine *failure trap* und in Bezug auf exploitative Tätigkeiten eine *success trap* verursachen können.[602] Zudem stehen sie in direkter Konkurrenz um begrenzte Ressourcen.[603] Allerdings ist diesen Ausführungen entgegenzuhalten, dass Wissen zum einen als infinit

---

595 Vgl. Ahuja und Lampert (2001), S. 523 sowie Leonard-Barton (1992), S. 111

596 Vgl. Koza und Levin (1998), S. 256 sowie Levinthal und March (1993), S. 307 ff.

597 Vgl. Duden, http://www.duden.de/rechtschreibung/Ambidextrie, Zugriff am 05.02.2015

598 Vgl. Stephan und Kerber (2010), S. V sowie Wessel (2010), S. 128. Erstmals verwendet wurde der Begriff der beidhändigen Organisation (im Engl. *ambidextrous organization*) von Duncan (1976). Die trade-off-Beziehung zwischen Exploration und Exploitation geht auf March (1991) zurück und markiert dabei die erste explizite Thematisierung der Ambidextriediskussion. Kritik wird neben der begrifflichen Ebene auch auf konzeptioneller Ebene angebracht. Weitere Kritikpunkte finden sich bei Proff und Haberle (2010), S. 88.

599 Vgl. Stöckmann (2010), S. 79

600 Vgl. March (1991), S. 71 ff., Hannan und Freeman (1977), S. 931, Simsek et al. (2009), S. 864 ff. sowie Proff und Haberle (2010), S. 83. Van Deusen und Müller (1999, S. 190) zeigen in ihrer empirischen Untersuchung eine negative Korrelation zwischen Exploration und Exploitation auf. Allerdings deuten andere empirische Untersuchungen, bspw. He und Wong (2004), S. 481 ff. sowie Uotila et al. (2009), S. 221 ff. darauf hin, dass die Koexistenz von Exploitation und Exploration den Unternehmenserfolg positiv beeinflusst.

601 Vgl. March (1996), S. 280

602 Ein *failure trap* bezeichnet die schleifenartige Wiederholung von Exploration, aufgrund des Scheiterns eines Großteils von Explorationsversuchen im Vorfeld begründet durch die breite Dispersion möglicher Ergebnisse, während ein *success trap* durch den schnellen Erfolg von Exploitation begründet werden kann, der die Tendenz zu mehr Exploitation verstärkt. Vgl. Gupta et al. (2006), S. 695. Dies wird als Erfolgsparadoxon bezeichnet, da aktuelle und vergangene Erfolge den zukünftigen Niedergang veranlassen können. Vgl. Tushman und O'Reilly (1996), S. 18 sowie Tushman (1997), S. 18. Gleichsam gilt der umgekehrte Fall, in dem Unternehmen durch Exploration erfolgreich geworden sind und eine Fokussierung auf die Exploitation angeraten wird. Vgl. Lodahl und Mitchell (1980), S. 201 sowie Kimberly (1979), S. 447 f. und Kimberly (1980), S. 30 f.

603 Vgl. March (1991), S. 71 ff. sowie March (1996), S. 278 ff.

angesehen und zum anderen eine Erweiterung der internen Ressourcen- bzw. Wissensbasis durch externe Ressourcen bzw. externes Wissen ausgeglichen bzw. angeeignet werden kann.[604] Zudem bezieht sich die Anforderung der gleichzeitigen Ausübung der Lernarten bzw. die Exklusivität der Denkmuster und Routinen auf einzelne Ressorts, wie bspw. Abteilungen innerhalb eines Unternehmens.[605] Weiter besteht durchaus die Möglichkeit, dass sich Exploration und Exploitation gegenseitig positiv beeinflussen. So kann bspw. das durch Exploration generierte Wissen in exploitationsbezogenen Tätigkeiten verwertet werden.[606] Exploration und Exploitation stellen demnach keine inkompatiblen Denkmuster dar, sondern sind orthogonale und damit gleichzeitig zu erreichende Fähigkeiten.[607]

Basierend auf der Idee technologisch induzierter Ambidextrieanforderungen steht der sequenzielle Ausgleich von Exploration und Exploitation im Mittelpunkt der Betrachtung. Dieser wird als **zyklische Ambidextrie** bezeichnet.[608] Womit sich den situativen Erfordernissen über den Zeitverlauf ein Wechsel der schwerpunktmäßigen Ausführung des einen oder anderen Aktivitätsmusters einstellt,[609] welche im Idealfall sequentielle Gleichgewichte im Sinne der *punctuated equilibria* darstellen.[610] Die Balance zwischen Exploration und Exploitation wird somit durch ein periodisches Durchlaufen von Phasen erzielt,[611] wobei Exploitationsphasen als lange Zyklen, unterbrochen durch kurze Brücken der Exploration angesehen werden.[612] Dem *trade-off*-Gedanken verpflichtet,[613] sind dabei die Aktivitäten der Exploration oder Exploitation nur solange mit Unternehmensressourcen zu versorgen, wie sie einen den Aktivitäten des jeweils anderen Handlungsmusters übersteigenden Nutzen für die Organisation versprechen.[614] Dadurch birgt die zyklische Ambidextrie allerdings ein großes Trägheitsrisiko.[615] Ein Wechsel vom einen ins andere Handlungsmuster erfordert nämlich einen ressourcenaufwendigen Organisationsstrukturwandel und Kulturwechsel, was einen Verzicht bzw. die Gefahr der Nicht-Realisierung eines Wechsels mit sich bringen kann.[616] Aufbauend auf dieser Erkenntnis empfiehlt

604 Vgl. Gupta et al. (2006), S. 695 ff. sowie Shapiro und Varian (1998), S. 7 ff.
605 Vgl. Gupta et al. (2006), S. 695 ff.
606 Vgl. O'Reilly und Tushman (2008), S. 2 sowie He und Wong (2004), S. 481
607 Vgl. Gupta et al. (2006), S. 695 ff.
608 Vgl. Simsek et al. (2009), S. 882 ff.
609 Vgl. Simsek et al. (2009), S. 882 ff.
610 Vgl. Burgelmann (2002), S. 325 ff., Simsek et al. (2009), S. 864 ff. sowie Tushman und O'Reilly (1996), S. 8 ff. Weitere Ausführungen finden sich bei Eldregde und Gould (1972), S. 82 ff., Merton (1949), S. 151 ff. sowie Tushman und Romanelli (1985), S. 171 ff.
611 Vgl. Stöckmann (2010), S. 75 f. sowie Tushman und Romanelli (1985), S. 171
612 Vgl. Gupta et al. (2006), S. 698 sowie Burgelman (2002), S. 325 ff., Siggelkow und Levinthal (2003), S. 650 ff., Romanelli und Tushman (1994), S. 1141 ff. sowie Venkatraman et al. (2007), S. 1 ff.
613 Vgl. March (1991), S. 85 sowie Smith und Tushman (2005), S. 522 ff.
614 Vgl. Keller (2012), S. 27
615 Vgl. Chen und Katila (2008), S. 197 ff.
616 Vgl. Adler et al. (1999), S. 43 ff.

sich also beide Lernarten parallel auszuführen bzw. die Fähigkeit dazu **dauerhaft in der Organisation zu verankern**.[617]

Zu der Frage wie Ambidextrie in der Organisation parallel verankert werden kann, herrschen unterschiedliche Auffassungen. So unterscheidet man zwischen positionsbasierter, struktureller und kontextueller Ambidextrie. Die **positionsbasierte Ambidextrie** sieht die Durchsetzung von Ambidextrie auf unterschiedlichen Hierarchieebenen verankert, deren Rolle für die Steuerung von Exploration und Exploitation wichtig ist. Dabei bleibt die Frage welche Hierarchieebene dazu am geeignetsten erscheint, offen. So wird oftmals auf das Top-Management verwiesen,[618] allerdings bestehen auch Überlegungen zur Positionierung auf unterschiedlichen Hierarchieebenen.[619] Unter **struktureller Ambidextrie** versteht man die Aufbautrennung von Organisationseinheiten und/oder deren Gewährleistung durch räumliche Trennung.[620] In dieser räumlich-strukturellen Lösung werden separate Einheiten gebildet, die sich entweder auf Exploration oder Exploitation konzentrieren und die spezifischen Anforderungen aufrechterhalten.[621] Somit befähigt dieses Konzept zur simultanen Ausübung der Lernarten.[622] In dieser Form besteht die Gefahr, dass durch die partielle Anpassung räumlicher Trennung weniger flexible Bereiche Veränderungsbedarfe nicht erkennen und an etablierten Routinen festhalten.[623] Dies kann in organisationaler Trägheit münden.[624] Neben der Umsetzung innerhalb eines Unternehmens,[625] ist vor allem die Durchsetzung der Ambidextrie auf Makroebene durch marktliche Verbindungen zwischen Unternehmen und somit über Unternehmensgrenzen hinweg ein wesentlicher Analysepunkt.[626] Hierunter fallen auch die Ausübung von Exploration oder Exploitation durch Outsourcing und Allianzen.[627] Die **kontextuelle Ambidextrie** bezeichnet die

---

617 Vgl. Tushman und O'Reilly (1996), S. 8 ff. Dass sich die simultane Erreichung von Ressourcenerneuerung und -verwertung positiv auf den Organisationserfolg auswirkt wird u. a. von Levinthal und March (1993), Gupta et al. (2006), Benner und Tushman (2003), Tushman und O'Reilly (1996) thematisiert. Zur empirischen Überprüfung vgl. Lubatkin et al. (2006), He und Wong (2004) sowie Gibson und Birkinshaw (2004). Dennoch bleibt anzumerken, dass aus einer Koexistenz von Exploration und Exploitation Abstimmungskosten erwachsen, die wiederum Friktionen und Abweichungen von der gewinnmaximalen Organisationsleistung verursachen. Vgl. Gibson und Birkinshaw (2004), S. 209 ff. sowie Proff und Haberle (2010), S. 84 ff. für weitere Kosten der Ambidextrie in Unternehmen.

618 Vgl. Volberda et al. (2001), S. 159 ff. sowie Smith (2006), S. 2 ff.

619 Vgl. Floyd und Lane (2000), S. 154 ff.

620 Vgl. Gibson und Birkinshaw (2004), S. 211, Wollersheim (2010), S. 16, Raisch und Birkinshaw (2008), S. 389 sowie Christensen und Bower (1996), S. 197 ff.

621 Vgl. Raisch und Birkinshaw (2008), S. 389 f. sowie Gilbert (2005), S. 742

622 Vgl. Jansen et al. (2006), S. 1661 ff. sowie Kauppila (2010), S. 283 ff.

623 Vgl. Wollersheim (2010), S. 16

624 Vgl. Hannan und Freeman (1984), S. 149 ff.

625 Vgl. Adler et al. (1999), S. 43. Benner und Tushman (2003), S. 247 beschreiben die Logik hinter der strukturellen Ambidextrie auf der Ebene der Einzelorganisation. Der Grad der Trennung von explorativen und exploitativen Einheiten stellt dabei einen offenen Diskussionspunkt in der Literatur dar. Vgl. Christensen (1997), S. 217, Levinthal (1997), S. 834 f., Leonard-Barton (1995), S. 74 ff. sowie O'Reilly und Tushman (2004), S. 76 f.

626 Vgl. Gupta et al. (2006), S. 699 f.

627 Verwiesen sei hier auf die Untersuchungen von Lavie und Rosenkopf (2006), Rothaermel und Deeds (2004), Holmqvist (2004) sowie Baden-Fuller und Volberda (1997).

Trennung zwischen explorativen und exploitativen Tätigkeiten auf der Ebene des Individuums.[628] Somit ist sie das Gegenkonzept zur strukturellen Separation und versucht die Probleme der Isolation und die mangelnde Akzeptanz innerhalb innovativer Tätigkeiten zu vermeiden.[629] Allerdings erscheint, aufgrund des divergierenden Charakters von Wissen in Exploration und Exploitation und einer routinegeleiteten Kompetenzentwicklung, dieser Ansatz als kaum praktikabel. Allen drei Überlegungen ist die Absicht gemein Exploration und Exploitation in der Organisation zu etablieren und aufrecht zu erhalten. Während die positionsbasierte Ambidextrie nach einer vertikalen Trennung verlangt, stellt die strukturelle Ambidextrie den Versuch einer horizontalen bzw. geographischen Trennung in den Mittelpunkt ihrer Überlegung. Die kontextuelle Ambidextrie sieht im Gegensatz dazu keine Trennung als zielführend an. Welche Etablierungsart dabei am erfolgversprechendsten ist, hängt wiederum vom spezifischen Kontext der Organisation ab und bedarf einer individuellen Analyse.

Ausgehend von diesem Forschungsstand stellt sich Ambidextrie als eine dynamische Fähigkeit von Organisationen bzw. als Fähigkeit zur Dynamisierung von Fähigkeiten, also eine Metafähigkeit heraus, die vor allem ein Phänomen bei Wandlungsbedarf in dynamisch-technologischem Umfeld mit häufigen und starken Veränderungen bedeutsam ist.[630] Ambidextrie beinhaltet somit die Anforderung Exploration und Exploitation an den jeweils spezifischen Umweltkontext anzugleichen und durchzusetzen.[631] Welche Anforderung an eine Organisation in einem jeweiligen Kontext gestellt wird und durch wen sie umgesetzt wird, ist Gegenstand des nachfolgenden Unterabschnitts.

2.3.2.2. Ambidextrieanforderungen an Organisationen und Netzwerk

Wenn die technische Implikationsleistung auf die organisationalen Anforderungen in Bezug auf deren Innovationsstrategien und Wissensbasen analysiert wird, rückt die Unterscheidung von Produkt- und Prozessinnovationen in den Vordergrund der Untersuchung. Denn für die Herstellung eines Produkts braucht es neben den produktseitigen Entwicklungen ebenso Prozessinnovationen, um die Strukturen sowie Ein- und Vorrichtungen mit denen produziert wird anzupassen.[632] Hierbei besteht eine starke Kopplung zwischen Produkt- und Prozessinnovationen (vgl. Abb. 2-6), wobei Wirkungsimpulse in beide Richtungen verlaufen können.[633] So führen Produktinnovationen in der Regel auch zu Anpassungen in der Produktion und damit zu

[628] Dieses Konzept geht auf Gibson und Birkinshaw (2004), S. 210 zurück.
[629] Vgl. Birkinshaw und Gibson (2004), S. 49
[630] Vgl. Simsek (2009), S. 617
[631] Vgl. O'Reilly und Tushman (2008), S. 185 ff. sowie Jansen et al. (2009), S. 797 ff.
[632] Prozessinnovationen stellen somit auf Fertigungs- und Herstellungsverfahren zur Erstellung des Produkts ab. Vgl. Becker (2004), S. 93
[633] Vgl. Abschnitt 2.1.1. für Definitionen der beiden Innovationsarten.

einer Anforderung Prozessinnovationen zu generieren, um den veränderten Produktcharakteristika gerecht zu werden. Neben diesem Wirkimpuls der Innovationsaktivität, besteht gleichsam auch eine Implikationsleistung von Prozess- auf Produktinnovationen. Dabei ist vor allem auf die direkt gekoppelten Zusammenhänge der Herstellung zu verweisen.[634] Im Allgemeinen folgen die Prozessveränderungen den Produkterfordernissen und stellen den Rahmen zur Herstellung des Produkts dar. Allerdings besteht durchaus auch die Möglichkeit produktunabhängiger Prozessveränderungen. Somit müssen radikale Prozessinnovationen (-inventionen), zu keinerlei Veränderungen am Produkt selbst führen, senken nur die Herstellkosten und sind deshalb nur indirekt mit dem Produkt gekoppelt.[635] Allerdings können sich solche Prozessinventionen oftmals nicht durchsetzen, weil sich das Produkt in einer paradigmatischen Phase befindet. Deshalb ist es keine Seltenheit, dass sich Prozessinventionen erst bei maßgeblichen Produktveränderungen und bspw. einer folgenden fluiden Phase durchsetzen. Dies geschieht oftmals in gebündelter Form, sodass sich zu einem solchen Zeitpunkt Prozessinnovationen als Cluster durchsetzen. Wie in Abb. 2-6 dargestellt, existieren sowohl produkt- als auch prozessseitig radikale und inkrementelle Innovationen, woraus sich schließen lässt, dass in beiden Fällen explorative und exploitative Lernarten bestehen, die entweder neues Wissen verlangen oder die bestehende Wissensbasis verfeinern. Demnach finden im Innovationnetzwerk sowohl produkt-explorative und -exploitative, als auch prozess-explorative und -exploitative Prozesse statt, wohingegen das Produktionsnetzwerk vornehmlich auf die Generierung prozess-explorativer und -exploitativer Neuerungen beschränkt ist.[636]

---

634 Vgl. Abschnitt 2.2.1.

635 Potentiale für eine solche radikale Prozessinnovation haben bspw. neue additive Herstellungsverfahren, wie das 3D-Drucken. Dabei werden unterschiedliche Rohmaterialien wie Kunststoffe, Keramik oder Metalle durch physikalische und chemische Schmelz- und Härteprozesse, mittels computergesteuerter Fabrikatoren, in die gewünschte Form gebracht. Neben Rohstoffersparnissen stellen Forrest und Cao (2013) vor allem auf folgende Vorteile ab: Vielseitigkeit der Anwendung, Reduzierung von Arbeits-, Montage- und Distributionskosten, sowie in der Konsequenz sich verändernde Wertschöpfungsstrukturen. Campbell et al. (2011) prognostizieren sogar eine De-Globalisierung.

636 Dabei sind Produktinnovationen die durch das Produktionsnetzwerk impliziert werden zwar nicht gänzlich auszuschließen, allerdings stellen diese keinen primären Fokus der Zusammenarbeit zwischen Akteuren dar und sind so eher als Nebenprodukt zu bezeichnende Ereignisse zu interpretieren, obwohl deren Wertigkeit bzw. Ausmaß dabei nicht geringer ausfallen muss.

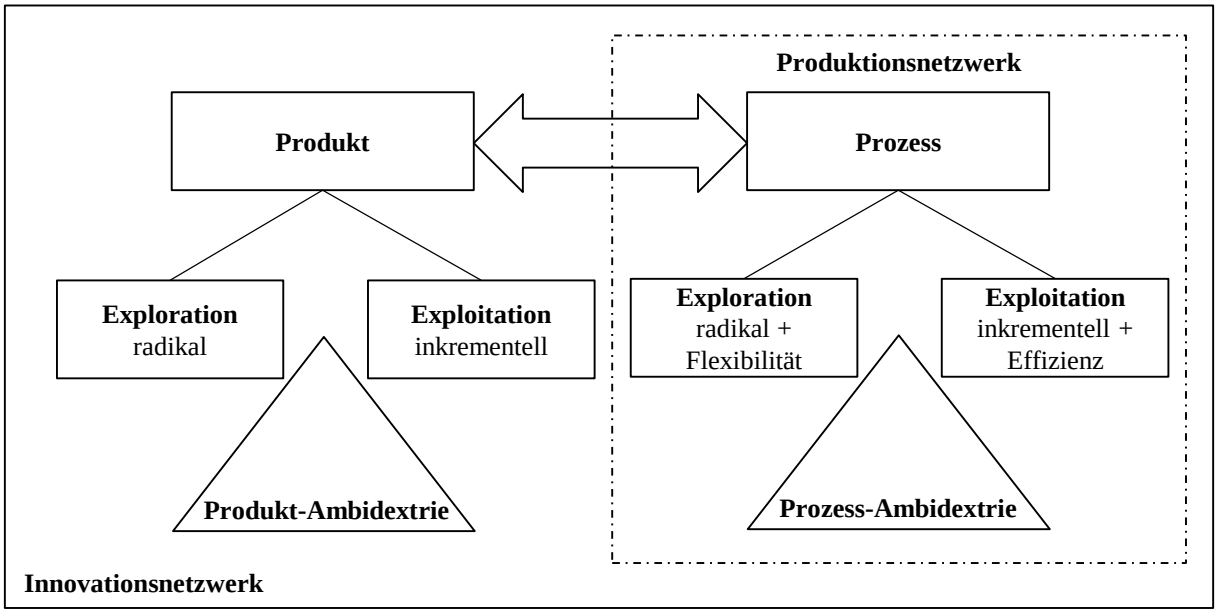


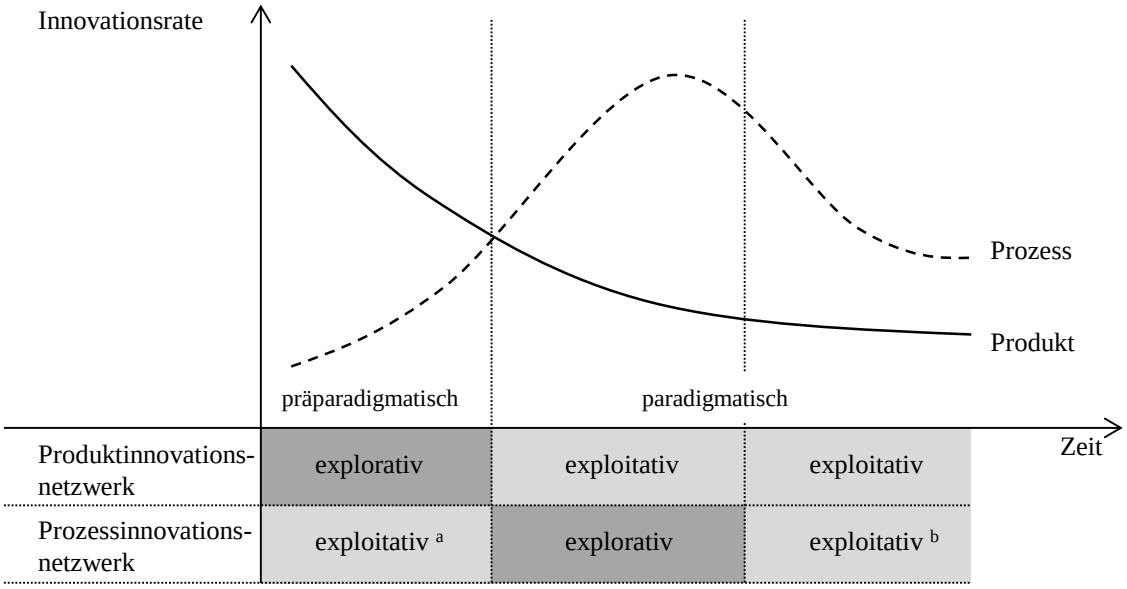
Abb. 2-6: Ambidextrie in Innovations- und Produktionsnetzwerken[637]

Die Balance dieser explorativen und exploitativen Lernarten führt zu der Unterscheidung von Produkt- und Prozessambidextrie. Dabei ist anzumerken, dass neben den produkt- und prozessbezogenen technologischen Innovationsimpulsen, produktionsbezogene Anforderungsimpulse gerade auf Prozessseite, wie bspw. kostenseitige Implikationen der Balance zwischen Produktionsflexibilität und -effizienz, bestehen, die eine enge Verbundenheit zwischen Prozessinnovationen und nicht-technologischen Produktionsnetzwerkanforderungen mit sich bringt. Ausgehend von dieser dargestellten Logik der Interdependenz zwischen produkt- und prozessbezogenen Innovationen, lassen sich die klassischen Überlegungen zur Innovationsaktivität über den Lebenszyklus eines Produkts bzw. einer Industrie um die explizite Betrachtung und Unterscheidung von Produkt- und Prozessinnovationsnetzwerken erweitern (vgl. Abb. 2-7).[638] Die Kurvenverläufe der Produkt- und Prozessinnovationsraten folgen dabei dem in Abschnitt 2.2.4. dargelegten Begründungen. Gemäß den zugehörigen Anforderungen an die organisationale Wissensbasis lassen sich produkt- und prozessbezogene Explorations- und Exploitationsphasen den Innovationsraten zuordnen. Während in der präparadigmatischen Phase ein extensiv-exploratives Lernfeld auf Produktseite mit einer hohen Produktinnovationsrate eröffnet wird, stellt sich die Prozessinnovationsrate als gering bzw. nur langsam steigend heraus und ist so als exploitativ anzusehen. Dabei ist allerdings wichtig festzuhalten, dass diese präparadigmatische

637 Eigene Darstellung

638 Unter klassischen Überlegungen werden hier die Darstellungen von Utterback und Abernathy (1975), S. 645, Abernathy und Utterback (1978), S. 40 sowie Utterback (1994), S. XVII verstanden, die einen Verlauf der Innovationsaktivität über den Technologie- und Industrielebenszyklus diskutieren. Die in Abb. 2-7 abgebildeten Kurvenverläufe lassen sich im Sinne der in Abschnitt 2.2.2. getätigten Unterscheidung zwischen Produkt- und Techniklebenszyklen als Technologiesummenkurven auffassen und bieten so eine direkte Implikationsleistung zwischen Exploration und Exploitation, also den beiden technologischen Lernarten und dem Produktverlauf.

Phase nicht unmittelbar mit dem Produkt gekoppelt ist, sondern die exploitative Nutzung von Herstellungsverfahren meint, die aus bestehenden Ressourcen entstammt.



a. Entkoppelt vom aktuellen Produkt – in der präparadigmatischen Phase werden zwar exploitativ (Herstellungs-) Prozesse genutzt, allerdings sind diese nicht auf das aktuelle Produkt zugeschnitten, sondern werden aus Beständen herangezogen. Für den Fall eines gänzlich neuen Produkts sind dies produktunabhängige Bestände. So werden bspw. für ein Nachfolgeprodukt die Prozesse des Vorgänger-produkts genutzt.
b. Diese exploitative Phase bezieht sich auf das dominante Design des Produkts.

Abb. 2-7: Explorative und exploitative Phasen über den Produktlebenszyklus[639]

Mit Durchsetzung des dominanten Designs wechselt der produktseitige Innovationsfokus in ein exploitatives Muster, sodass im Prozessinnovationsnetzwerk nun explorativ produktbezogene Prozesse und Maschinen entwickelt werden. Über den Zeitverlauf stellt sich so in beiden Netzwerken ein produktbezogenes exploitatives Lernmuster ein. Das Verhältnis von Flexibilität und Stabilität wird in diesem Phasenmodell nur insoweit zum Thema, wie im Sinne punktierter Gleichgewichtsmodelle, längere stabile Phasen von kürzeren, fluiden oder präparadigmatischen Prozessübergängen unterbrochen werden.[640] Dies ist vor allem dann der Fall, wenn für ein Produkt eine Technologie als maßgeblich prägend angesehen wird.[641] In der Konsequenz kann hier von zyklischer Ambidextrie gesprochen werden und die Anforderungen an die Organisation sind sequentieller Natur, d.h. eine dauerhafte Ausübung von Ambidextrie ist keine Notwendigkeit. Geht man allerdings, wie im Fall komplexer Produkte, davon aus, dass Teilsysteme bzw. -produkte eigene Entwicklungsverläufe abbilden, muss hinterfragt werden, ob diese einfache

639 Eigene Darstellung in Anlehnung an Abernathy und Utterback (1978), S. 40 sowie Utterback und Abernathy (1975), S. 645
640 Vgl. Sydow (2003), S. 332
641 Diesen Betrachtungswinkel nimmt bspw. Knappe (2014) für den Wandel vom konventionellen hin zum elektrisch-getriebenen Automobil ein.

Kopplung auf Gesamtsystemebene im Rahmen der Analyse von Industrien mit komplexen Produkten einschränkungsfrei hält.[642]

Aus diesem Grund setzt sich Abb. 2-8 aus zwei Ebenen zusammen. In der unteren Hälfte sind die Subsysteme mit ihren jeweiligen Entwicklungsverläufen schematisch dargestellt, während die obere Abbildungshälfte die Innovationsraten auf Gesamtsystemebene als Summenkurve der Produkt- und Prozessinnovationsraten der Subsysteme begreift und abbildet.[643]

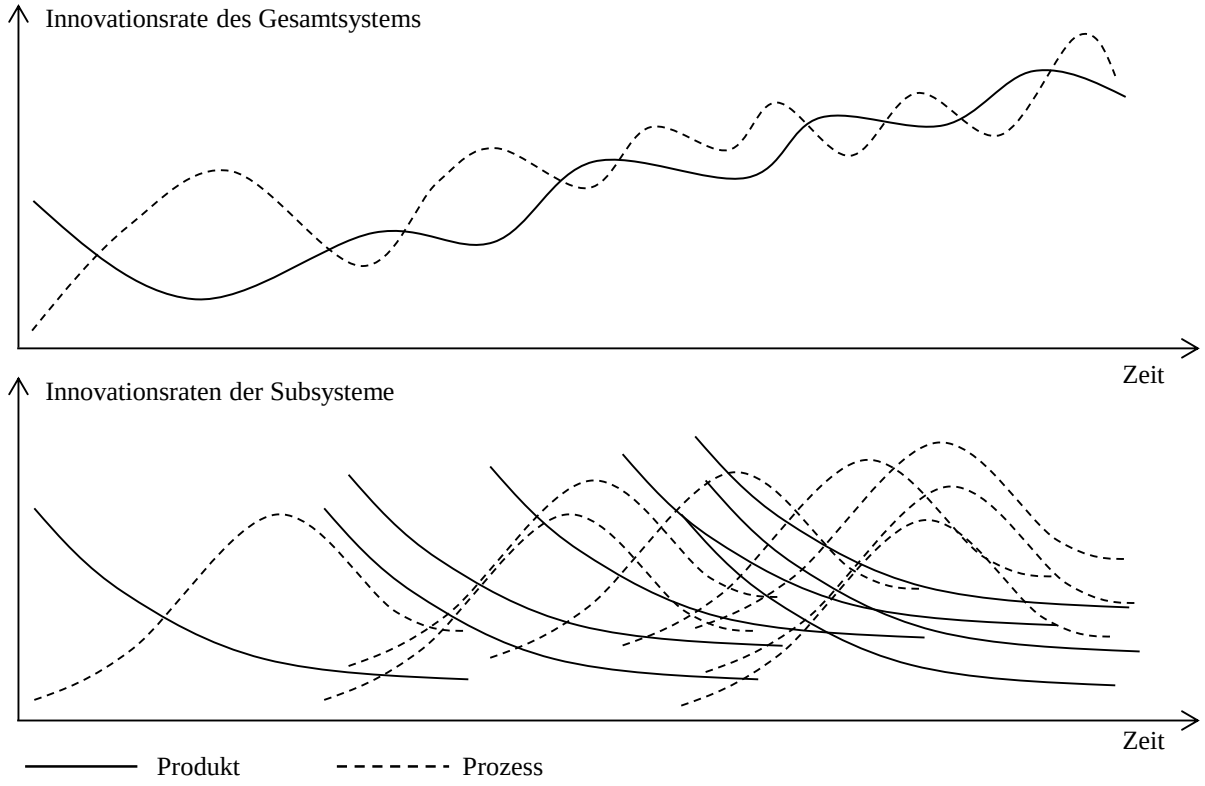


Abb. 2-8: Innovationsraten bei komplexen Produkten[644]

Während also auf Subsystemebene die oben aufgezeigten Verlaufsmuster der Innovationsraten Geltung finden und sich für jedes Submodul als idealtypische Verlaufsmuster darstellen, stimmt die Wirkung auf Gesamtsystemebene nicht mit den aufgezeigten Verlaufsschemen überein. Es zeigt sich auf dieser Ebene ein Bild welches in der Entstehungsphase des Produkts bzw. der

642 In Abschnitt 2.2.4. wurde anhand unterschiedlicher Teilsysteme aufgezeigt, dass eine Aussage über die Lebenszyklusphase des Gesamtprodukts nicht möglich ist, bzw. der Blickwinkel auf eine explizite Beachtung der Teilsystementwicklungen gerichtet werden muss.

643 Dabei wurde angenommen, dass sich über die Zeit hinweg die Produktkomplexität, repräsentiert durch die Anzahl der Submodule, erhöht. Das Hinzukommen von Submodulen sowie deren Neuerungen sind dabei nicht auf einen bestimmten Zeitpunkt zu normieren. Zugleich wurden in dieser schematischen Darstellung die Innovationsraten der einzelnen Submodule als gleich hoch angenommen und repliziert: Inwieweit sich die Innovationsraten eines Nachfolgemoduls oder eines neuen Moduls vergleichen lassen unterliegt vielfältigen Einflüssen. Bspw. sind die Höhe des Innovationsgrads oder die Größe der technologischen Möglichkeiten für die jeweilige Neuerung von wesentlicher Bedeutung.

644 Eigene Darstellung

Industrie tatsächlich das idealtypische Muster widerspiegelt, sich mit steigender Produktkomplexität allerdings als ein stabil-steigendes und dabei fluktuierendes Muster zwischen Produkt- und Prozessinnovationsraten darstellt. Dies hat vor allem in Bezug auf die Aussagekraft der im Standardmodell verwendeten Implikationsleistung zwischen Technologie und Industrie erhebliche Auswirkungen, da sich hier mit steigender Produktkomplexität eine dauerhafte Anforderung zur Balance zwischen Exploration und Exploitation sowohl auf Produkt- als auch auf Prozessebene ergibt.[645] Somit gelten in Industrien mit einfachen Produkten andere Ambidextrieanforderungen als in Industrien mit komplexen Produkten.[646] Die Annahme der zyklischen Ambidextrie ist bei komplexen Produkten demnach inadäquat und es etabliert sich eine dauerhafte Ambidextrieaktivitätsanforderung in der Industrie.

Es stellt sich die Frage welche Auswirkungen bzw. Fragestellungen sich aus dieser Einsicht für die Analyse von Industrien bzw. Netzwerken ergeben.[647] So folgt direkt aus den Ausführungen dieses Abschnitts die Frage, welche Industrieakteure von diesem dauerhaften Ambidextriezwang betroffen sind? Da Exploration und Exploitation als Lernarten aufgefasst werden, stellt sich zudem die Frage nach der Ausgestaltung der Wissensflüsse im Netzwerk von Industrien mit komplexen Produkten und nach der Durchsetzung beidhändiger Lernstrategien. Wie sind die Netzwerke strukturell ausgestaltet? Existieren netzwerktopologische Ambidextriemerkmale und für welche Akteure gelten diese? Diese Fragen sind Gegenstand des nachfolgenden Abschnitts.

2.3.3. Ambidextrie und Netzwerkdynamik

Wie im vorausgegangenen Abschnitt dargelegt ist Ambidextrie eine Grundvoraussetzung für den Erfolg von Organisationen und Netzwerken in Industrien mit komplexen Produkten. Da im Vergleich zu einfachen Produkten, explorative und exploitative Phasen unterschiedliche Abfolgen und vor allem Überlappungscharakteristika aufweisen,[648] ist die Entwicklung über den Zeitverlauf wesentlich. In diesem Abschnitt wird die Frage beantwortet, wie Ambidextrie im inter-organisationalen Kontext erreicht werden kann, wobei die Erkenntnisse aus den Ausführungen zu Ambidextrie (Abschnitt 2.3.2.), Netzwerken (Abschnitt 2.3.1.) sowie komplexen Produkten (Abschnitt 2.2.2.) kombiniert werden. Daraus folgend wird beidhändiges Lernen im

---

645 Zudem sind radikale Prozessinnovationen viel öfter möglich als im Standardmodell aufgezeigt, da sich in den Submodulen durch kurzfristiger Wechsel Einführungschancen wesentlich früher ergeben.

646 Dies gilt zumindest ab dem Zeitpunkt einer als hinreichend zu bezeichnenden Produktkomplexität.

647 Bisher existieren kaum Untersuchungen die das Konzept der Ambidextrie mit Netzwerken verbindet. Ausnahmen stellen hier bspw. Lin et al. (2007), Tiwana (2008), Simsek (2009) sowie Wessel et al. (2010) und Fisch und Kertels (2010) dar. Diese geringe Anzahl an Untersuchungen in diesem Bereich ist sicherlich auch der Tatsache geschuldet, dass sich eine Großzahl der Ambidextrieliteratur auf das Organisationsniveau bzw. die Individualebene als Analyseebenen fokussiert, bspw. Tushman und O'Reilly (1996) sowie Christensen (1997) und Raisch und Birkinshaw (2008).

648 Vgl. Abschnitt 2.2.4.

Netzwerk (Unterabschnitt 2.3.3.1.), Netzwerktopologie (Unterabschnitt 2.3.3.2.) und geographische Ausgestaltung von Netzwerken (Unterabschnitt 2.3.3.3.) auf Ambidextriemerkmale hin untersucht und aus diesen Erkenntnissen Implikationen zur Analyse von Industrien mit komplexen Produkten abgeleitet.[649]

2.3.3.1. Beidhändiges Lernen im Netzwerk

Da Organisationen als komplex adaptive Systeme aufgefasst werden,[650] ist beständiges Lernen als essentiell und dauerhaft vorhandenes Wesensmerkmal von Organisationen zu verstehen. Dabei ist Lernen wesentlich von der Organisationsumwelt abhängig und organisationsspezifisch (*tacit*).[651] So müssen sich intern entwickelte Prozesse erst in der Organisationsumwelt bewähren.[652] In diesem Prozess setzen sich langfristig eher beidhändig agierende Organisationen durch.[653] Das langfristige organisationale Überleben hängt gerade in wissensintensiven und multi-technologisch ausgestalteten Industrien, also Industrien mit komplexen Produkten, wesentlich von der Fähigkeit ab Ambidextrie nicht nur organisationsintern,[654] sondern eben auch -extern realisieren zu können.[655] Dabei stehen Aspekte des Wissenserwerbs und der Schaffung

---

649 Dabei steht die Analyse von Innovationsnetzwerken im Vordergrund der Argumentation. Die nicht-technologischen Veränderungsimpulse, welche aus der Betrachtung der Produktionsnetzwerke resultieren, werden selektiv einbezogen.

650 Vgl. Unterabschnitt 2.3.1.1.

651 Vgl. Schreyögg (1996), S. 320. Dieser ko-evolutorische Entwicklungszusammenhang zwischen Industrie und deren inhärenten Fähigkeiten wird von Levinthal und Myatt (1994), S. 45 ff. diskutiert.

652 Vgl. Hodgson (1997), S. 90 f. Dabei lernen Organisation auch indirekt durch Beobachten der Verhaltensweisen und diesbezüglicher Ergebnisse anderer Organisationen, wobei sie erfolgreiche Verhaltensweisen imitieren und Verhaltensweisen vermeiden, welche als nicht erfolgsversprechend bewertet werden. Vgl. Cyert und March (1963), S. 60 ff. Gleichsam werden erfolgreiche Inventionen imitiert und mit der eigenen Wissensbasis kombiniert, wodurch weitere Inventionen entstehen, die wiederum vom originären Inventor aufgegriffen und genutzt werden können. Diesen positiven Wissenstransfer stellen bspw. Yang et al. (2010), S. 371 ff. anhand der OLED-Technologie dar. Dies steht der Idee, dass Wissenstransfer und *Spillover* schädigend auf den Inventor wirken und nur dem Imitator dienen, entgegen, wobei der Investitionsanreiz in F&E geschmälert würde. Vgl. Kogut und Zander (1992), S. 383 ff.

653 Vgl. Dosi und Nelson (1994), S. 162, Tushman und O'Reilly (1996), S. 8 ff. sowie He und Wong (2004), S. 481 ff. Dass empirische Studien für diese Aussage keine Bestätigung finden ist der Tatsache geschuldet, dass organisationale Ambidextrie keine dauerhafte bzw. zu jedem Zeitpunkt überlegene und messbare Erfolgsstrategie darstellt, da kurzfristig reine Exploitation bessere Ergebnisse erzielen kann, als die Kombination aus Exploitation und Exploration, da höhere Kosten mit der Beidhändigkeit einhergehen. Vgl. van Looy et al. (2005), S. 208 ff. Organisationale Ambidextrie prognostiziert deshalb nur die langfristige Überlegenheit von Organisation dieser Verhaltensweise. Vgl. March (1991), S. 71 ff. sowie Probst und Raisch (2005), S. 90 ff.

654 Für eine umfassende Diskussion der ambidextren Durchsetzung von Lernprozessen vgl. Simsek et al. (2009). Ein interessantes Charakteristikum von Lernprozessen exploitativer Art, welches gerade bei komplexen Produkten aufgrund der langen Produktlebenszyklen einen bedeutenden Platz einnimmt, sind sog. schlafende Kompetenzen (*dormant capabilities*). Dabei handelt es sich um Fähigkeiten, die in der Vergangenheit eine wichtige Rolle gespielt haben, zwischenzeitlich aber in Vergessenheit oder aus dem Fokus geraten sind, gleichwohl aber unter bestimmten Bedingungen wieder aktiviert werden können. Vgl. Huygens et al. (2001), S. 971 sowie Sydow et al. (2003), S. 76

655 Tushman und Nadler (1978), S. 613 ff. diskutierten bereits die Effektivität organisationaler Ausgestaltung in Bezug auf die Informationsverarbeitung in Geschäftseinheiten. Zudem betont Tushman (1997), S. 14 ff. die Rolle organisationsübergreifender (*boundary spanning*) Positionen innerhalb einer Organisation zur Aufnahme externer Information.

intensiver sowie extensiver technologischer Möglichkeiten in einem Netzwerk von Rückkopplungen zwischen kompetitiven und kooperativen Akteuren im Mittelpunkt der Betrachtung.[656] Hierbei lassen sich die Methoden zur Aneignung bzw. Nutzbarmachung externen Wissens grundsätzlich durch **Koordinationsformen** unterscheiden. Im Folgenden steht die Analyse der partnerschaftlichen Realisierung externen Lernens im Vordergrund.[657] **Kooperation** bietet vor allem lern- und wissensbezogene Chancen.[658] Dies nimmt gerade in Industrien mit komplexen Produkten eine herausragende Stellung ein,[659] da Organisationen, aufgrund des hohen technologischen Komplexitätsgrades, zur Konzentration auf Kernkompetenzen tendieren.[660] Kooperationen bieten den Partnern die Chance einen verbesserten Umgang mit der Komplexität und der resultierenden Wissensfragmentierung zu erreichen. Dies wird möglich, indem die erforderlichen komplementären Fähigkeiten durch Partnerschaften ergänzt und zusammengeführt werden und so die Chance zur Arbeitsteilung mittels Spezialisierung erreicht wird.[661] Durch Kooperation wird den Akteuren also ein vielversprechendes Sichtfenster auf Wissen und Kompetenzen der Partner eröffnet.[662] Somit ermöglicht Kooperation, als Mittel der externen Wissensidentifikation und -erschließung, den Aufbau und Erhalt der dynamischen Fähigkeiten einer Organisation.[663] Nach diesem Konzept erzeugen Organisationen Wettbewerbsvorteile nicht nur aus ihrem Wissen und den resultierenden Fähigkeiten, sondern entwickeln diese weiter und

---

656 Vgl. Pyka (1999), S. 72

657 So ist auch eine Realisierung durch Preis (Markt) oder Macht (Hierarchie) denkbar, allerdings wird davon ausgegangen, dass der kooperative Anteil in einem zielgeleiteten Beziehungsgefüge die beiden anderen Koordinationsformen übersteigt. Dies wird aus der Erkenntnis gefolgert, dass realiter kaum reine Koordinationsformen existieren, sondern innerhalb von Beziehungen immer Mischformen bestehen, die allerdings schwerpunktmäßige Anteile bei einer der Formen vorweisen können.

658 Vgl. Kogut (2000), Kogut und Zander (1992), Henderson und Cockburn (1996), Rothaermel (2001), Hagedoorn und Schaakenrad (1994), Hamel (1991), Eisenhardt und Martin (2000), Rosenkopf und Nerkar (2001), Mariti und Smiley (1983), Mody (1993) sowie Powell et al. (1996). Neben der hier verwendeten innovationsprozess- sowie wissens- und lernbezogenen technologischen Perspektive von Kooperationen, bietet Knappe (2014), S. 96 ff. eine Erweiterung der Chancen und Risiken technologischer und nicht-technologischer Kooperation an. Um diese Chancen der externen Wissenserschließung zu nutzen, müssen Organisationen allerdings bestimmte Fähigkeiten mitbringen, die unter dem Begriff der Kooperationskompetenz subsummiert werden. Hierunter fallen bspw. die Selbstorganisationskompetenz, Beobachtungsfähigkeit, Vertrauensfähigkeit, Konfliktfähigkeit sowie die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses. Vgl. Hillig (1997), S. 104 sowie 182 ff. Zudem wirkt sich die Erfahrung bzw. Routine mit Kooperationen positiv auf deren Ausgang aus. Vgl. Zobolski (2008), S. 238. Im Zentrum steht die Bildung einer interorganisationalen Vertrauensbasis als Voraussetzung gegenseitigen Informations- und Wissensaustauschs. Vgl. Knappe (2014), S. 108

659 Im Allgemeinen wird der kooperative Trend durch die intersektorale Natur neuer Technologien weiter verstärkt. Vgl. Hagedoorn (1993), S. 372 f. Die Multitechnologieintensität ist allerdings auch spezifisches Charakteristikum für komplexe Produkte. Vgl. Dodgson (1993), S. 17 f. Deshalb besteht für in Industrien mit komplexen Produkten die Notwendigkeit Kooperationen einzugehen, um den Komplexitätsgrad zu beherrschen. Vgl. Hobday (1998), S. 703. Insgesamt ist die sektorale Kooperationsneigung von der Technologieintensität abhängig. Vgl. Dachs et al. (2004), S. 3

660 Vgl. Dachs et al. (2004), S. 3. Dabei wird die Konzentration auf Kernkompetenzen von einer Verringerung der Wertschöpfungstiefe begleitet und verstärkt. Vgl. Bode und Alig (2011), S. 1

661 Vgl. Dodgson (1993), S. 27 f., Schonert (2008), S. 90, Rahmeyer (2007), S. 174 und Dachs et al. (2004), S. 3

662 Vgl. Hamel et al. (1989), S. 134 sowie Fisch und Kertels (2010), S. 150

663 Vgl. Tripsas (1997), S. 344 sowie Abschnitt 2.1.2.

passen sie an.[664] Es besteht eine enge Kopplung zwischen dem Konzept der dynamischen Fähigkeiten und Ambidextrie, da beide die Anpassung der Wissensbasen bzw. den Einsatz unterschiedlicher Lernarten erfordern. Technologische Partnerschaften werden folglich zur Erreichung von Exploration und Exploitation geschlossen.[665] Damit erfolgt die Übertragung auf die **inter-organisationale Ebene des Netzwerks**,[666] wobei die Kooperationspartner von-, mit und übereinander lernen.[667] Interorganisational ausgestaltete **Exploitation** bezeichnet dabei die Kombination und Weiterentwicklung trajektoriespezifischen Wissens der Akteure, wobei der Schwerpunkt auf dem miteinander Lernen entlang des technologischen Pfads unter Vermeidung von Redundanzen sowie der Bündelung der Kräfte der Partner liegt.[668] Im Gegensatz dazu wird unter interorganisationaler **Exploration** das voneinander, also komplementäres gegenseitiges Lernen verstanden, wobei Wissen und Fähigkeiten transferiert werden, deren alleiniger Aufbau den Aufwand einer Kooperation übersteigt.[669] Dabei steht die vertrauensbasierte Zusammenführung der in diesem Fall stärker ausgeprägten technologischen Komplementaritäten im Mittelpunkt.[670] Neben den differierenden Zielsetzungen der Akteure sind die Unterschiede der interorganisational ausgestalteten Exploration und Exploitation somit auf die Organisationseigenschaften und deren relationalen Unterschiede zu den Partnerorganisationen zurückzuführen, wobei die Heterogenität bzw. Homogenität der Wissensbasen im Zentrum steht. Während in exploitativ ausgelegten Kooperationen die Homogenität der Wissensbasen zur Vermeidung von Redundanzen und der Bündelung der Kräfte der Partner einen Vorteil mit sich bringt, sind im Fall der Exploration eher **heterogene Wissensbasen** vielversprechend. Wenn in neuen Wissensfeldern gelernt werden muss, welche nicht mit bestehendem Wissen in unmittelbarer Verbindung stehen, sollte demnach das Netzwerk eher kosmopolitisch ausgestaltet sein, d.h. die Erschließung des Wissensfeldes durch organisationsexterne Partner realisiert werden.[671]

---

664 Vgl. Teece und Pisano (1994), S. 537 ff. sowie Abschnitt 2.1.2.

665 Vgl. Koza und Levin (1998), S. 256 ff. sowie Earle (2013), S. 16. Weitere Untersuchungen die diesen Zusammenhang betonen sind Gilsing (2005), Lavie und Rosenkopf (2006), Freiling et al. (2008), Powell et al. (1996), Ahuja (2000) und Gulati (1995). Hier ist allerdings anzumerken, dass Exploitation auch als dynamisches Konstrukt anzusehen ist, welches weiterentwickelt und verfeinert wird. Vgl. He und Wong (2004), S. 481 ff. sowie Benner und Tushman (2003), S. 238 ff. Damit ist es nicht nur als bloße Benutzung bzw. starre Replik anzusehen. Vgl. Gupta et al. (2006), S. 693 ff. So ist zu betonen, dass Organisationen Handlungsmuster an eine Situation adaptieren, wodurch Lernmöglichkeiten entstehen, auch wenn das handlungsleitende Wissen, welches zuvor gebildet wurde, nicht in Frage gestellt wird. Vgl. Howard-Grenville (2005), S. 618 ff. sowie Eberl (2009), S. 45 f.

666 Vgl. Koza und Levin (1998), S. 256

667 Vgl. Hagedoorn und Schakenraad (1990a), S. 175 sowie Möllering (2010), S. 12. Aufgrund der hochgradig interorganisational ausgestalteten Wertschöpfung bei komplexen Produkten und der gemeinsamen Leistungserstellung, gehen die Beziehungen der Unternehmen über eine reine Käufer-Verkäufer-Beziehung hinaus. Vgl. Dyer und Nobeoka (2000), S. 345 ff. Die Existenz und der Erfolg einer Organisation hängen somit unmittelbar vom Netzwerk und der Realisierung beidhändigen Lernens im interorganisationalen Kontext ab. Vgl. Wessel et al. (2010), S. 125

668 Vgl. Knappe (2014), S. 109

669 Vgl. Knappe (2014), S. 110, Hagedoorn und Schakenraad (1990b), S. 6, Nooteboom (1999), S. 61 sowie Nooteboom (2004), S. 43

670 Vgl. Hamel (1991), S. 85 f.

671 Vgl. Kash und Rycroft (2002), S. 590

Durch eine solche Netzwerkheterogenität erfahren Organisationen mehrere Vorteile.[672] Erstens fungiert sie als Problemlösungsinstanz, da unterschiedliche Organisationen andere Perspektiven auf ein Problem haben und so zur Lösung beitragen können, während homogene Netzwerkakteure durch eine nicht differenzierte Sichtweise keinen Lösungsvorschlag erarbeiten.[673] Dies ist sowohl für Exploration als auch für Exploitation förderlich. Zweitens dient Heterogenität im Netzwerk zur Lösung der Bekanntheitsfalle (*familiarity trap*), also der Tendenz Bekanntes Unbekanntem vorzuziehen.[674] Drittens unterstützt Heterogenität die Lösung des *convenience trap*, also der Tendenz Lösungen immer im Umfeld bereits existierender Lösungen zu suchen.[675] Um diese Vorteile der Technologieerkennung und -erschließung zu nutzen und eine bestimmte Unabhängigkeit zu gewährleisten wechseln Organisationen ihre Kooperationspartner im Zeitverlauf.[676] Ein wesentlicher Aspekt bei explorativ ausgestalteter Kooperation ist, dass sich das Lernen über die einzeltheoretischen Aspekte hinaus auch auf die Charakteristik technologischer Kombinatorik bezieht, sodass eine Parallele zum Konzept architektonischen Wissens entsteht.[677] Dies erfordert allerdings ein interdisziplinäres Grundverständnis und setzt komplementäres Wissen voraus, welches über die Beherrschung der einzelnen Wissensfelder hinausgeht.[678] Gerade bei komplexen Produkten ist die Heterogenität der Wissensfelder ein markantes Charakteristikum und schafft die Notwendigkeit zur kooperativen Erschließung extensiver technologischer Möglichkeiten (*cross-fertilization*). Für Innovationen werden dabei zahlreiche wissenschaftliche Disziplinen und Fähigkeiten kombiniert.[679] Netzwerke bei komplexen Produkten erweitern ihre Kompetenzen also graduell bei gleichzeitiger Stabilität der Kernkompetenzen, da bestehende Wissensfelder vertieft werden.[680] Dieser Prozess wird als kreative Akkumulation bezeichnet.[681] Er findet häufig dann statt, wenn die Anforderung an steigende Systemintegration und damit an architektonisches Wissen vorliegt, was die Kombination vormals getrennter Wissensfelder und Systeme verlangt.[682] Gerade hierfür sind **absorptive Fähigkeiten** von großer Bedeutung, die die Fähigkeit bezeichnen neues, externes Wissen zu assimilieren und zur wirtschaftlichen Anwendung zu bringen.[683] Dabei gilt je heterogener die Verbindungen sind, desto besser gestaltet sich der Aufbau absorptiver Fähigkeiten.[684] Somit sind sie vor allem für explorative Kooperationen von zentraler Bedeutung. Wenn eine Organisation selbst nicht in der

672 Vgl. Datta (2011), S. 13
673 Vgl. Simsek (2009), S. 597 ff.
674 Vgl. Simsek (2009), S. 597 ff. sowie Ahuja und Lampert (2001), S. 251 ff.
675 Vgl. Ahuja und Lampert (2001), S. 251 ff. sowie Simsek (2009), S. 597 ff.
676 Vgl. Kogut (1991), S. 19 ff. sowie Powell et al. (1996), S. 116 ff.
677 Vgl. Absatz 2.1.2. sowie Henderson und Clark (1990), S. 9 ff.
678 Vgl. Knappe (2014), S. 110
679 Vgl. Dachs et al. (2004), S. 2
680 Vgl. Patel und Pavitt (1997), S. 141 ff. sowie Kash und Rycroft (2002), S. 593
681 Vgl. Kash und Rycroft (2002), S. 593
682 Vgl. Prencipe (1997), S. 1256 sowie Kash und Rycroft (2002), S. 593
683 Vgl. Unterabschnitt 2.1.2.2., Cohen und Levinthal (1990), S. 128 sowie Zahra und George (2002), S. 185 ff.
684 Vgl. Datta (2011), S. 12

Lage ist neues Wissen oder Informationen aufzunehmen oder zu verarbeiten, braucht es externe Partner um die eigene absorptive Kapazität zu ergänzen.[685] Aufgrund der im Fall interorganisationaler Exploration erhöhten technologischen Heterogenität der Partner ist die Überbrückung der resultierenden **kognitiven Distanz** zwischen den Organisationen entscheidend.[686] In explorationsorientierten Lernverbindungen ist die kognitive Distanz zwischen den Organisationen im Allgemeinen hoch und das vorherrschende Wissen eher implizit, was dazu führt, dass eine enge Bindung der Netzwerkpartner erforderlich ist um Wissen zu übertragen.[687] Die kognitive Distanz verringert sich durch gemeinsame Suchaktivitäten der Organisationen und ermöglicht dadurch eine bessere Wissensübertragung, bei gleichzeitiger Tendenz zu mehr kodifiziertem Wissen.[688] Im Verlauf des gegenseitigen Lernprozesses reduzieren sich Komplementarität sowie kognitive Distanz, sodass die Effizienz der Partnerschaft ansteigt und das heterogenitätsabhängige, gegenseitige Lernpotential sinkt.[689] In exploitationsorientierten Lernverbindungen ist die kognitive Distanz eher gering. Spezifisches Wissen ist im Netzwerk weiter verbreitet, was eine größere Anzahl an Partnerverbindungen ermöglicht.[690] Gleichzeitig ist allerdings die kognitive Distanz des Netzwerks nach außen wesentlich größer, was netzwerk-externe Verbindungen erschwert.[691]

Die Betonung der Bedeutung heterogenen Wissens für interorganisationale Exploration führt zu weiteren Heterogenitätsformen die damit einhergehen. So sind die Organisationen bspw. in Bezug auf ihre Industriezugehörigkeit einzuordnen. Während **intra-industrielle Verbindungen** aufgrund der Annahme ähnlicher Wissensbasen eher für exploitative Partnerschaften stehen, sind **inter-industrielle Partnerschaften** meist durch größere kognitive Distanzen und komplementäre Wissensfelder gekennzeichnet und damit für explorative Partnerschaften von Vorteil. Darüber hinaus sind sog. **Wissensintermediäre** ein wichtiger Baustein in der Realisierung explorativer und exploitativer Prozesse. Unter Wissensintermediären werden Universitäten oder privatwirtschaftlich handelnde wissenschaftliche Einrichtungen sowie industrieunabhängige Wissensdienstleister verstanden, die neben eher grundlagenorientiertem Wissen, anwendungsorientiertes und methodisches Wissen in die jeweiligen Partnerschaften miteinbringen.[692] Bei komplexen Produkten haben industrieexterne Partnerschaften aufgrund der technologischen Breite und Tiefe einen bedeutenden Anteil. So ist die partnerschaftliche Verbindung

685 Vgl. Gilsing und Nooteboom (2005), S. 179 ff.
686 Vgl. Nooteboom (1999), S. 13 ff. sowie Cantner und Pyka (1998), S. 381 ff.
687 Vgl. Gilsing (2003), S. 64
688 Vgl. Gilsing (2003), S. 64
689 Vgl. Nooteboom (2000), S. 76
690 Vgl. Gilsing (2003), S. 65. Hier gilt es allerdings zu beachten, dass Exploitation ein Lernmodus zur Erschließung technologischer Möglichkeiten angesehen wird, der industrielle Konzentration nach sich zieht. In der Konsequenz reduziert sich die Anzahl der potentiellen Partner somit, was einen gegenläufigen Effekt zum angebrachten Argument der kognitiven Distanz mit sich bringt.
691 Vgl. Gilsing (2003), S. 65
692 Für eine ausführliche Diskussion der Beziehungen zwischen Universitäten und Industrie vgl. Ortiz (2013).

zwischen Industrieakteuren und Kunden sowie staatlichen Institutionen eine weitere Besonderheit die dieses Netzwerk auszeichnet.[693] Dabei ist insgesamt auf die große Anzahl unterschiedlicher Verbindungen bei komplexen Produkten zu verweisen, wodurch zur technischen Komplexität zusätzlich organisatorische Komplexität hinzukommt.[694] Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass bei **explorativ ausgerichteten Netzwerken** heterogene Partner in Bezug auf die Wissensbasis, die Industriezugehörigkeit sowie Wissensintermediäre von Vorteil sind, während **exploitativ ausgerichtete Netzwerke** zwar gleichsam von Wissensintermediären profitieren, allerdings eher homogene Partner in Bezug auf Wissen und Industriezugehörigkeit vielversprechend sind. Netzwerkbeziehungen stellen folglich einen erfolgsversprechenden Mechanismus zur Etablierung von **Ambidextrie** dar.[695] Auf Netzwerkebene bestehen allerdings dieselben **Risiken** wie bei intraorganisationaler Ambidextriedurchsetzung,[696] da jede der beiden Lernarten durch Persistenzen ein wirtschaftlich problematisches Übergewicht über die andere erlangen kann.[697] Durch wiederholte Exploitation in Netzwerken bilden sich Routinen zwischen den Partnern, die zwar eine effiziente gemeinschaftliche Nutzung der vorhandenen Ressourcen und Kompetenzen ermöglichen,[698] allerdings gleichsam Abhängigkeit und Verbundenheit zwischen den Organisationen entstehen lassen, die sich für eine nachfolgende Exploration ungünstig auswirken. Dies erfordert ein Ablassen von diesen Routinen, um interorganisational neues Wissen zu generieren.[699] Allerdings besteht die Gefahr, dass sich Handlungsmuster im Netzwerk so verfestigt haben, dass ein Abweichen kaum möglich ist, wodurch bei einer schrittweisen Routinisierung die Gefahr der Verdrängung von Exploration besteht.[700] Gerade für explorativ ausgelegte Partnerschaften sind diese Persistenzen besonders kritisch, da Explorations-

---

693 Vgl. Hobday (1998), S. 702 sowie Ren und Yeo (2003), S. 8

694 Vgl. Schmidt (2009), S. 87

695 Vgl. Russo und Vurro (2010), S. 30 ff., Kauppila (2010), S. 283 ff., Datta (2011), S. 13, Birkinshaw und Gibson (2004), S. 47 ff., Gibson und Birkinshaw (2004), S. 209 ff. sowie Raisch und Birkinshaw (2008), S. 375 ff. Grundsätzlich gelten diese Ausführungen für jedwede Zielstellung des Innovationsnetzwerks, also sowohl für produkt- als auch prozessinnovationsbezogene Zielsetzungen.

696 Wie in Unterabschnitt 2.3.2.2. beschrieben wandelt das beständige Festhalten an Routinen und Erfolgsmustern die einstigen Kernkompetenzen einer Organisation in Kernrigiditäten. Vgl. Leonard-Barton (1992), S. 111 ff. Rothaermel und Alexandre (2009), S. 759 ff. sind dabei noch expliziter in ihrer Ausführung, indem sie Ambidextrie mit Technologiebeschaffung in Verbindung setzen, die sich dann als gleichzeitige interne und externe Akquise bekannter und neuer Wissensfelder darstellen. Dabei wird postuliert, dass ein exzessiver Fokus auf entweder interne oder externe Technologiebeschaffung zu inferioren Ergebnissen führt, da die Risiken der Veraltung oder des Verlusts von Kernkompetenzen vorherrschen. Vgl. Brown und Eisenhardt (1997), S. 1 ff., Teece (1986), S. 285 ff. sowie Teece et al. (1997), S. 509 ff.

697 Vgl. Wessel et al. (2010), S. 123, Leonard-Barton (1992), S. 111 ff. sowie Sydow (2007), S. 315 ff.

698 Vgl. Zollo et al. (2002), S. 701 ff., Rothaermel und Alexandre (2009), S. 759 ff. sowie Wessel et al. (2010), S. 134. Der transaktionskostensenkende Charakter dieser gemeinsam akkumulierten Erfahrungen in der Exploitationsverbindung wird von Dyer und Singh (1998), S. 662 sowie Dyer und Hatch (2006), S. 701 ff. betont.

699 Vgl. Gilsing (2005), S. 1 ff.

700 Vgl. Adler et al. (1999), S. 43 ff. sowie Sydow (2007), S. 315 ff., Gilbert (2005), S. 741 ff. und Gersch et al. (2009), S. 209 ff.

beziehungen meist speziell für eine Reaktion auf dynamische Umwelten geschlossen wurden.[701] Ein sehr frühes Eintreten solcher Persistenzen wird durch den Pfadabhängigkeitscharakter des Lernens und dessen selbstverstärkender Dynamik hervorgerufen. Wenn positive Rückkopplungen schnell und breit genug stattfinden, dann kommt es zu einem *Lock-in* wodurch ein Alternativdesign dominant wird und alle weiteren extensiven technologischen Möglichkeiten unerkundet bleiben.[702]

Der Realisierung von Ambidextrie durch Netzwerke ist eine **zeitliche Perspektive** inhärent, die für die erfolgreiche Durchsetzung beidhändigen Lernens im Netzwerk entscheidend ist. Grundsätzlich ist dabei zwischen befristeter und unbefristeter Zusammenarbeit zu unterscheiden.[703] Während temporäre Projektpartnerschaften meist nach Erreichen eines gemeinsamen Zieles enden,[704] arbeiten Partner im Rahmen strategischer Partnerschaften oftmals unbefristet zusammen,[705] woraus sich eine Vielzahl an Netzwerkformen bezogen auf die Zusammenarbeitszeit ergeben. Dabei stellt sich in Bezug auf die Realisierung von Ambidextrie in Netzwerken ein ambivalentes Bild heraus. Einerseits besteht die Erkenntnis, dass für die Durchführung von Exploration und Exploitation und damit auch für Ambidextrie Zeit benötigt wird,[706] was strategisch-langfristig angelegte Partnerschaften als besonders erstrebenswert erscheinen lässt.[707] Dies schließt kurzfristige Projektnetzwerke allerdings nicht aus, da jedem formellen Netzwerk mehrere informelle Netzwerke zugeordnet sind. Hierdurch wird der Aufbau relationalen Kapitals, trotz dessen kurzfristiger phänotypischer Erscheinungsform als Projektnetzwerk, ermöglicht und steht somit langfristigen Partnerschaften in nichts nach.[708] Da Projekt-

[701] Vgl. Goeke (2008), S. 165. In der Konsequenz kann dies sogar existenzbedrohende Ausmaße annehmen, wenn das Netzwerk rigide und die Umwelt dynamisch ist. Vgl. Wessel et al. (2010), S. 123

[702] Vgl. Kash und Rycroft (2002), S. 586

[703] Dabei ist die Dauer der Partnerschaft entscheidend von der erforderlichen Zeit zum gemeinsamen Aufbau eines Wettbewerbsvorteils oder dem angestrebten Zeitraum gemeinsamer Vorteilsnutzung abhängig. Vgl. Etter (2003), S. 47

[704] Vgl. Powell und Grodal (2005), S. 56 ff.

[705] Vgl. Dyer und Nobeoka (2000), S. 345 ff., Duschek (2002), S. 28 ff. sowie Bode und Alig (2011), S. 10

[706] Vgl. Freiling et al. (2006), S. 37 ff. sowie Freiling et al. (2008), S. 1143 ff. Hintergrund ist die dem *relational view* inhärente Ansicht, dass das wettbewerbsvorteilsbegründende Ressourcen- und Kompetenzgefüge fest in starke Beziehungen eingebunden ist und so supranormale relationale Renditen aus sozioökonomischen Renten (Coleman-Renten) entstehen. Vgl. Kogut (2000), S. 414 sowie Duschek (2002), S.256. So kann keine einzelne Unternehmung diese Ressourcen und Kompetenzen aus dem Netzwerk herauslösen und für sich autonom zu nutzen. Vgl. Duschek (2004), S. 53 ff. sowie Dyer und Singh (1998), S. 660 ff.

[707] Wird dieser Ansatz weiter gedacht, stellen Netzwerke dann allerdings vor der gleichen Herausforderung wie Organisationen an sich und müssen sich die Frage der Intra-Netzwerkdurchsetzung von Ambidextrie stellen (vgl. Unterabschnitt 2.3.2.2.). Hieraus schließen Wessel et al. (2010), S. 126, dass die Untersuchung von Ambidextrie in Projektkooperationen eher sinnlos erscheint, da die Akteure ohnehin die Kooperation nach dem Projekt beenden. Dies wird im Folgenden allerdings entkräftet.

[708] So gilt gerade für Industrien mit komplexen Produkten, mit einer Vielzahl an Projektnetzwerken, dass für die Realisierung von Ambidextrie das Netzwerk nur solange als exploratives Vehikel genutzt werden kann, solange die relationalen Bindungen eine gewisse Bindungsstärke nicht übersteigen (vgl. hierzu den nachfolgenden Unterabschnitt 2.3.3.2.).

netzwerke nur einen Beziehungsausschnitt darstellen, ist relationales Kapital ebenso durch wiederholte Projektkooperation oder anderweitige Verflechtung zwischen den Partnern zu etablieren. **Projektnetzwerke** sind eine häufige Koordinationsform bei komplexen Produkten, da aufgrund der technologischen Komplexität eine Vielzahl an unterschiedlichen technologisch ausgestalteten Anforderungen existiert, die zudem Schnittstellen untereinander aufweisen.[709] Es ergibt sich ein Bild dichter Netzwerke.[710] Damit greifen die routine- und beziehungsstärkebezogenen Verhärtungstendenzen auch für Projektnetzwerke und zwar dann, wenn wiederholt kooperiert wird.[711] Je öfter explorativ ausgerichtete Projekte von den gleichen Organisationen ausgeführt werden, desto größer ist die Gefahr Routinen aufzubauen, die das explorative Möglichkeitenset einschränken.[712]

Neben der dargestellten technologischen Dimension in Netzwerken konstituiert die **Symmetrie** hinsichtlich Information, Abhängigkeit, Status und Machtverhältnissen zwischen den Partnern eine weitere Dimension in Netzwerken.[713] Gerade weil bei Industrien mit komplexen Produkten die Schnittstellen zwischen den Subsystemen so zahlreich sind, entsteht ein Gefüge welches durch enge Bindungen zwischen dem OEM bzw. Gesamtsystemintegrator und den Integratoren der Subsysteme gekennzeichnet ist. Die Verbindungen in den jeweiligen Subsystem-Netzwerken stellen wiederum eher eine offene Beziehungsverflechtung dar, was dazu führt, dass die Ausgestaltung der Projekt- oder Teilnetzwerke maßgeblich von den Positionen der Organisationen im Wertschöpfungsprozess abhängt und damit eine enge Kopplung bzw. Implikationsleistung von Produktionsnetzwerken auf Innovationsnetzwerke ausgeht. Eng mit dieser Idee verknüpft sind die Überlegungen, dass große Organisationen dauerhaft Ambidextrie ausüben, während KMU sich entweder auf Exploration oder Exploitation zu einem bestimmten Zeitpunkt

[709] Vgl. Hobday (1998), S. 703 sowie Schmidt (2009), S. 81 f.

[710] Vgl. Davies und Hobday (2005), S. 47 f. sowie Hobday (1998), S. 706

[711] Dabei sei auf die U-förmige Beziehungsstärke zwischen den Partnern verwiesen. Vgl. Uzzi (1997), S. 35 ff. sowie Uzzi und Spiro (2005), S. 447 ff. Hierbei wird die Notwendigkeit des Aufbaus relationalen Kapitals in ersten Partnerschaften mit der Einsicht kombiniert, dass zu starke Bindungen routinebasierte Persistenzen hervorrufen, die dann zu einer verminderten explorativen Innovationsfähigkeit führen. Dieser Beziehungszusammenhang wird in Unterabschnitt 2.3.3.2. ausführlicher diskutiert.

[712] Hierbei ist anzumerken, dass Routinen nur in diesem spezifischen explorativen Kontext Gefahren inhärent sind. Im Allgemeinen erwachsen aus der Routinisierung viele Potentiale (vgl. Abschnitt 2.1.2.).

[713] Vgl. Semlinger (2010), S. 67 f. sowie Kempf (2007), S. 15 ff. Dabei ist anzumerken, dass etablierte Organisationen eher dazu tendieren Wissen zu exploitieren, wohingegen junge Organisationen eher radikale Wissensverschiebungen mit sich bringen, da sie flexiblere Strukturen und unternehmerischer im Sinne Schumpeters agieren. Diese Dimensionen werden in Unterabschnitt 2.3.3.2. in ihrer strukturellen Ausprägung aufgegriffen und analysiert.

beschränken.[714] In der dynamischen Perspektive liegt dann für KMU eine zyklische Ambidextrieanforderung vor.[715] Zudem ist anzumerken, dass junge und kleine Unternehmen weniger unter organisational-verhärteten Routinen leiden, was exploratives Verhalten begünstigt.[716] Gleichsam besteht auch hier eine Rückkopplung auf die Nutzung von Netzwerken. Um Exploration und Exploitation erfolgreich zu meistern ist ein breites Set an Ressourcen und Fähigkeiten erforderlich. Dies schließt neben dem Wissen auch die finanzielle Ausstattung mit ein, was gerade für KMU die alleinige Durchführung problematisch macht.[717]

Eine **Lösung liegt in Netzwerken** in die diese Organisationen eingebettet sind, die dann als strategische Ressource bezeichnet werden.[718] Dieser Lösungsmechanismus für KMU stellt allerdings nur einen zeitlich befristeten Vorteil dar. Zwar ist es durchaus denkbar, dass explorativ ausgerichtete KMU ihre Netzwerkverbindungen zur Exploitation nutzen und in dieser Rolle dauerhaft verharren, allerdings gilt dies nicht für den umgekehrten Fall. Verlieren Organisationen in niedrigen Wertschöpfungsstufen ihren explorativen Charakter kann dies zum Ausscheiden aus der Industrie führen. Insgesamt sind allerdings die Ambidextrieanforderungen an die jeweiligen Wertschöpfungsstufen im Zeitverlauf wandelbar. Dies hängt entscheidend von den Veränderungen der Wertschöpfungsketten über den Industrielebenszyklus ab. Während in frühen Phasen die Produktkomplexität gering ist und sich ein einfacher Lieferzusammenhang in einer Art sternförmigem Zuliefernetz mit direkten Beziehungen zeigt, differenziert sich das komplexer werdende Netzwerk nach der Etablierung eines dominanten Designs durch Modularisierung immer weiter aus. Dies legt die Vermutung nahe, dass die dauerhafte Ambidextrieanforderung peristaltisch über den Zeitverlauf immer weiter nach unten in der Wertschöpfungskette gedrückt wird und so die Beziehungen zwischen den Organisationen, das Kooperationsniveau und die Innovationsnetzwerkzusammensetzung stark beeinflusst.[719]

---

[714] Vgl. Lin et al. (2007), S. 1645 ff. Dieser Zusammenhang ist allerdings wiederum auf die Position der Organisation zurückzuführen, da meist große Organisationen auf einer höheren Wertschöpfungsstufe angesiedelt sind als Kleine. Ausnahmen stellen hier bspw. multitechnologische Unternehmen und Hersteller von Basisprodukten – bspw. BASF – dar, die eine immense Größe erreichen können, allerdings in der Wertschöpfungspyramide im Basissockel verortet sind.

[715] Dies entspricht den Ergebnissen der technologisch basierten Ambidextrieuntersuchung aus Unterabschnitt 2.3.2.2.

[716] Vgl. Penrose (1959), S. 1 ff. sowie McDermott und O'Connor (2002), S. 424

[717] Vgl. Rodriguez et al. (2013), S. 2

[718] Vgl. Gulati (1999), S. 397 ff. sowie Rodriguez et al. (2013), S. 2

[719] Hieraus ergeben sich zudem stark divergierende Kooperationsniveaus im Vergleich zu einfachen Produkten. In der Regel wird in Lebenszyklusmodellen von einem linearen Kooperationsverhältnis ausgegangen, welches sich über die einzelnen Phasen entwickelt und so phasenadäquate Netzwerk- und Kooperationsmanagementherangehensweisen verlangt. Vgl. Sydow (2003), S. 331 sowie Knappe (2014), S. 127. Dieser einfache Wirkungszusammenhang gilt bei Industrien mit komplexen Produkten wiederum nicht. In diesem Fall verhält sich das Kooperationsniveau äquivalent zur Darstellung der explorativen und exploitativen Phasen auf einer Gesamtsystemebene als Summenkurve des einzelnen Niveaus und bildet so einen fluktuierenden Zusammenhang ab.

Die Netzwerkausgestaltung folgt demnach technologischen Stadien, die sowohl innovationsseitig als auch produktionsseitig gesteuert werden. Somit ändert sich die Natur des **Netzwerks im Zeitverlauf**. Zudem sind die einzelnen Lernverbindungen unter den Akteuren ebenso dauerhaft dynamisch wie die Interaktion mit der Umwelt.[720] Dies gilt sowohl für die Teilnetzwerke als auch für das Gesamtnetzwerk. Aus den Ausführungen in diesem Unterabschnitt ergeben sich direkte Implikationen für die Netzwerkdynamik aus lokaler und globaler Sicht. Diese Untersuchung des Netzwerks geht über die dyadischen Verbindungen hinaus und nimmt die Struktur des Netzwerks mit in die Betrachtung auf.[721] Dabei stellt sich die Frage welche Auswirkungen sich aus der Technologiedynamik auf die Zusammensetzung und Struktur des Netzwerks ergeben.

2.3.3.2. Netzwerktopologische Ambidextriemerkmale

Ein Vorteil der Betrachtung einer Industrie als Netzwerk ist die Möglichkeit alle an der technologischen Entwicklung beteiligten Akteure zu berücksichtigen und so die Dynamik der Industrieevolution sichtbar zu machen.[722] Die im vorangestellten Unterabschnitt erörterten Wissensdynamiken sind dabei als wesentliche Gestaltungsmechanismen der Netzwerke zu sehen. Es ergeben sich unterschiedliche topologische, also netzwerkstrukturelle Zusammensetzungen und Verbindungen, die in bestimmten Situationen als effizient oder erfolgsversprechend gelten. Dies wird im Folgenden näher erläutert, wobei zwischen Explorations- und Exploitationszielstellungen unterschieden wird.

Die strukturelle Ausgestaltung von Netzwerken ist mannigfaltig. Eine Typisierung erfordert Netzwerkmaße, die eine Einordnung ermöglichen.[723] Aus einer **globalen Perspektive** sind neben der Größe des Netzwerks, also der Anzahl der Knoten und Kanten, vor allem die Maße des Durchmessers, der Pfadlängen, des Clusterbildungs-Koeffizienten sowie der Dichte von Bedeutung. Der **Durchmesser** eines Netzwerks wird als die maximale Distanz zwischen zwei Knoten definiert und ist somit ein Maß der Konnektivität.[724] Zudem ist das Maß der **Pfadlänge**, welches als durchschnittliche Anzahl der Knoten die auf dem kürzesten Pfad zwischen zwei

---

720 Vgl. Gilsing (2003), S. 65

721 Vgl. Ahuja (2000), S. 317 ff. sowie Powell et al. (1996), S. 116 ff.

722 Meist werden wie in Abschnitt 2.2.4. dargestellt, lediglich die horizontalen Beziehungen zwischen Industrieakteuren betrachtet. Ausnahmen stellen hier bspw. Klepper (1997), S. 152 sowie Geels (2005), S. 38 dar. Eine detaillierte Unterscheidung in Bezug auf die Innovationswirkung unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen erarbeiteten Afuah und Bahram (1995), S. 52 ff.

723 In dieser Untersuchung wird unter Berücksichtigung auf die Analyse in Kapitel 4 ausschließlich auf ungerichtete und gleichgewichtete Graphen zur Analyse fokussiert. Für den Fall gerichteter Graphen unterscheiden sich die Berechnungsmethoden der jeweiligen Maße, nicht allerdings die Grundidee. Vgl. Wassermann und Faust (1994), S. 70 f. Zudem erfordert die Interpretationsfähigkeit der dargestellten Maße ein durchweg verbundenes Netzwerk. Über die hier dargestellten Maße hinaus existieren zahleiche weitere netzwerkbeschreibende und analysierende Metriken. Vgl. Wassermann und Faust (1994), S. 1 ff.

724 Vgl. Breschi und Cusmano (2004), S. 762

Knoten liegen, ein weiterer Anhaltspunkt zur Einordnung aus globaler Perspektive.[725] Der **durchschnittliche Clusterbildungs-Koeffizient** rückt das eigentlich als lokal anzusehende Maß des Clusterbildungs-Koeffizienten mithilfe der Mittelwertbildung über alle Einzelclusterbildungs-Koeffizienten auf die globale Betrachtungsebene.[726] Ermittelt wird er, indem man die Anzahl der Partner eines Akteurs durch die Anzahl aller möglichen Verbindungen mit potentiellen Partnern dividiert und über alle ermittelten Werte der Knoten den Mittelwert bildet.[727] Die **Dichte** eines Netzwerks misst die Konnektivität der Knoten untereinander, ermittelt also den Wert welcher die realisierten zu den prinzipiell möglichen Verbindungen in Relation setzt.[728] Die Vergleichbarkeit der Dichte zwischen Netzwerken stellt sich dabei als nicht eindeutig heraus, da die Netzwerkdichte negativ mit der Netzwerkgröße korreliert ist.[729]

Basierend auf diesen Maßen existieren häufig beobachtete Grundformen, denen bestimmte Merkmalsausprägungen sowie Vor- und Nachteile in Bezug auf Stabilität oder Zuträglichkeit für die Kreierung von Neuerungen zugeordnet werden können.[730] Gerade in Bezug auf die hier betrachteten Innovationsnetzwerke sind vor allem drei archetypische Formen zu identifizieren, nämlich reguläre, zufällige und Kleine-Welt- (*small world*) Netzwerke.[731] **Reguläre Netzwerke** stellen einen Graphen mit einem eindeutigen Ordnungsprinzip dar,[732] wohingegen die Knoten in zufälligen Netzwerken ohne jegliche Systematik miteinander verknüpft sind. Diese **zufälligen Netzwerke** weisen dabei Zentralitätsmaße auf, die nur geringfügig vom Durchschnittswert abweichen. Zudem ist der Clusterbildungs-Koeffizient gering, da Pfadlängen logarithmisch mit der Anzahl der Knoten steigen.[733] In der realen Welt stehen allerdings Netzwerke im Mittelpunkt die zwischen diesen beiden Extremen liegen.[734] Hier werden zwei dieser strukturellen Muster näher betrachtet. Kleine-Welt-Netzwerke und skalenfreie Netzwerke. **Kleine-Welt-Netzwerke** zeichnen sich durch viele kleine eng vernetzte Subnetzwerke aus, die

[725] Vgl. Wassermann und Faust (1994), S. 107 f. und 144 f. sowie Almendral et al. (2013), S. 679
[726] Hier ist die Nähe zu technologischen Modularisierungskonzepten anzumerken.
[727] Vgl. Watts (1999), S. 493 ff. sowie Almendral et al. (2013), S. 678
[728] Vgl. Wassermann und Faust (1994), S. 101 f.
[729] Vgl. Scott (2000), S. 69 ff.
[730] So unterscheidet bspw. Keijzer (2007), S. 49 f., in Anlehnung an Tanenbaum (1996), anhand der logischen Anordnung der Knoten unterschiedliche Topologien und stellt die Vor- und Nachteile dieser Strukturen heraus. So wird zwischen Stern-, Ring-, Baum- und Maschenstruktur unterschieden. Die für diese Untersuchung relevanten Strukturen sind in Abb. 2-9 dargestellt.
[731] Vgl. Watts und Strogatz (1998), S. 441
[732] Reguläre Netzwerke zeichnen sich demnach durch eine geordnete Struktur aus, in der jeder Knoten mit seinem Nachbarn verbunden ist, wodurch ein hoher Clusterbildungs-Koeffizient typisch ist, da die Pfadlängen linear mit der Anzahl der Knoten steigt.
[733] Vgl. Erdös und Rényi (1960), S. 17 ff. Anzumerken ist, dass für reguläre Netzwerke relativ kurze Pfadlängen typisch sind und sich die Intensität des Bindungsgrads als Poisson-Verteilung niederschlägt. Vgl. Barabási (2007), S. 33 f.
[734] Vgl. Holzer (2005), S. 316 f.

selbst wiederum lose miteinander verbunden sind.[735] Hierdurch besteht ein hohes Maß an Clusterbildung und relativ kurze Pfadlängen im Vergleich zu zufälligen Netzwerken.[736] Durch diese Struktur bilden sich zwei Ebenen. Zum einen besteht innerhalb der Cluster die Möglichkeit der Etablierung von Vertrauen und engen Bindungen. Zum anderen ermöglicht die eher lose Kopplung zwischen den Clustern einen schnellen Informations-, Innovations-, Routinen- und Erfahrungsaustausch. Beide Ebenen zusammen ermöglichen somit organisationales Lernen sowie die Adaption und Etablierung von Wettbewerbsvorteilen, wodurch eine Anpassung an externe Entwicklungen durch Spezialisierung möglich wird.[737] So wird eine Koexistenz zwischen Stabilität und Flexibilität realisierbar.[738] Die stochastische Verteilung der Anzahl der Partnerknoten entspricht dabei annährend einer Normalverteilung.[739] **Skalenfreie Netzwerke** hingegen weisen eine linksseitige, einem Potenzgesetz folgende, schiefe Verteilung auf, in der wenige Knoten existieren, die mit sehr vielen der anderen Knoten verbunden sind.[740] Die Mehrzahl der Knoten in einem skalenfreien Netzwerk hat allerdings weniger Verbindungen, sodass sich eine sternförmige Struktur herauskristallisiert.[741] Eine solche Struktur bildet sich dann, wenn Knoten bevorzugt Verbindungen mit Knoten eingehen, die bereits viele Partnerknoten haben.[742] Diese sehr aktiven und gut vernetzten Knoten, an welche sich neu eintretende Knoten anbinden, werden dann zu sog. Hubs, die kurze Pfade zwischen zwei beliebigen Knoten im Netzwerk kreieren.[743] Diese strukturelle Bildungssystematik wird als ***preferential attachment*-Mechanismus** bezeichnet und ist dabei direkt mit der sog. ***rich-get-richer*-Dynamik** verbunden.[744] Skalenfreie Netzwerke haben den Vorteil, dass sie eine sehr schnelle Wissensdiffusion ermöglichen und als

---

735 Vgl. Gulati und Gargiulo (1999), S. 1439 ff. sowie Abb. 2-9. Dieses Phänomen wurde in einer Studie von Milgram (1967) entdeckt und durch Watts und Strogatz (1998) formalisiert.

736 Vgl. Watts und Strogatz (1998), S. 440 f. sowie Newman (2003), S. 167 f.

737 Vgl. Schmid (2010), S. 72 sowie Baum et al. (2003) S. 697 ff. Die Frage nach der Entstehung solcher Kleine-Welt-Netzwerke wird unterschiedlich aufgefasst. Während Watts (1999), S. 493 ff. auf eine zufällige Bildung des Netzwerks verweist, stellen Baum et al. (2003), S. 697 ff. auf die strategischen Verhaltensweisen der Akteure innerhalb des Netzwerks als Erklärungsgrund für die strukturellen Ausprägungen ab.

738 Vgl. Watts und Strogatz (1998), S. 440. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass die kurzen Pfadlängen zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für das Lernen darstellen. Vgl. Roediger-Schluga und Barber (2008), S. 321 ff. Dies wird dadurch verdeutlicht wird, dass unterschiedliches Wissen und zur gleichen Zeit genügend Homogenität vorherrschen muss, um dieses Wissen auch zu kommunizieren und aufzunehmen. Vgl. Teece (1986), S. 285 ff. sowie Levin et al. (1987), S. 783 ff.

739 Vgl. Albert und Barabási (2002), S. 70 sowie Holzer (2005), S. 318

740 Vgl. Barabási und Albert (1999), Barabási und Albert (2002), Barabási (2007) sowie Abb. 2-9.

741 Da aus einer solchen Struktur kein charakteristischer Mittelwert der Bindungsgrade der Knoten ermittelt werden kann, wird von skalenfreien Netzwerken gesprochen. Vgl. Barabási (2002), S. 70 sowie Barabási und Bonabeau (2003), S. 53. Wird dieser Begriff allerdings eng ausgelegt, dann müssten wenige Knoten Millionen Kontakte haben, wohingegen die meisten nur ein oder zwei aufweisen dürften – im Rahmen sozialer und ökonomischer Netzwerke kann der Begriff demnach in einem weiteren Sinn ausgelegt werden. Vgl. Holzer (2005), S. 318

742 Vgl. Barabási und Albert (1999), S. 510

743 Vgl. Powell et al. (2005), S. 1132 ff.

744 Vgl. Müller et al. (2014). Dieser Mechanismus geht zurück auf die Erkenntnisse von Price (1976), der in Bezug auf die Zitationen von wissenschaftlichen Untersuchungen entdeckte, dass Artikel die oft zitiert werden eine höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen erneut zitiert zu werden, im Vergleich zu weniger zitierten Artikeln.

sehr robust in Bezug auf das Scheitern eines zufälligen Akteurs im Netzwerk gelten.[745] Wird jedoch einer der zentralen Akteure im Netzwerk angegriffen, kann wegen der starken Abhängigkeit vieler anderer Akteure das Netzwerk behindert oder gar zum Zusammenbruch gebracht werden.[746]

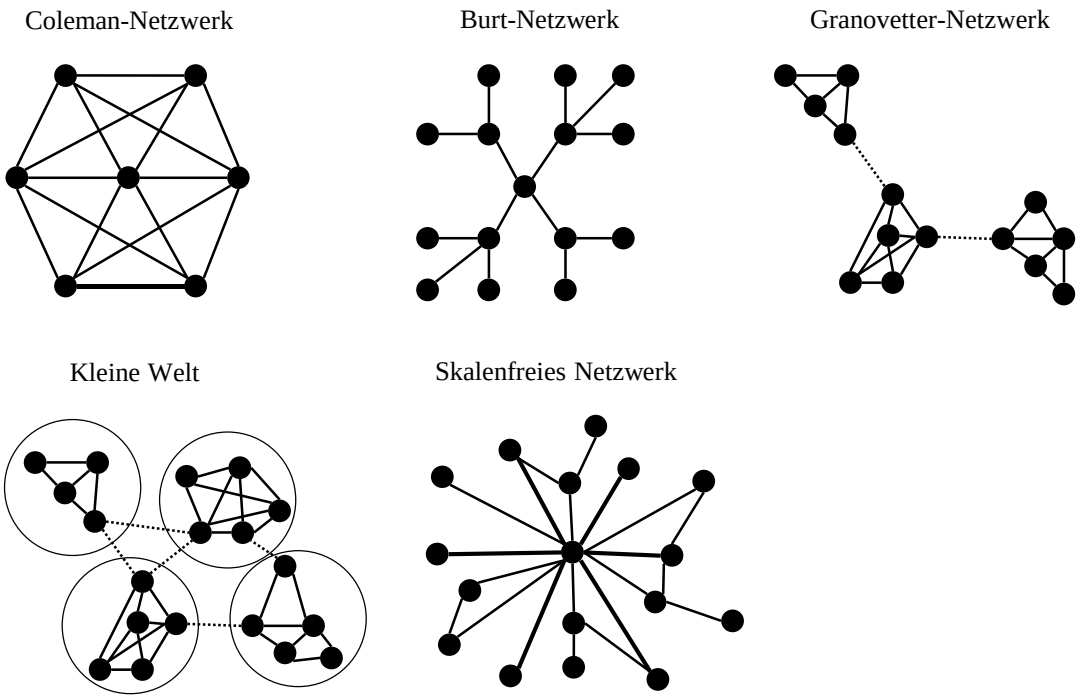


Abb. 2-9: Netzwerkformen[747]

Die aufgezeigten Charakteristika von Kleine-Welt-Netzwerken und skalenfreien Netzwerken stellen in der dargestellten Form eine Kombination aus drei unterschiedlichen Anschauungen zur Effizienz von Netzwerkstrukturen in Bezug auf das soziale Kapital dar.[748] Hierbei muss zwischen dem Verständnis sozialen Kapitals als kollektives und individuelles Gut unterschieden werden.[749] Verstanden als kollektives Gut im Sinne von eingebetteter, gemeinsam genutzter Informationen, welche dem teilnehmenden Akteur netzwerkspezifische und individuelle Vorteile verschafft, muss hierfür ein möglichst dichtes Netzwerk entstehen, das durch redundante, starke Beziehungen zwischen den Akteuren gekennzeichnet ist.[750] Ein derartiges Netzwerk wird als **Coleman-Netzwerk** bezeichnet. Es kann aufgrund von Pfadabhängigkeiten entstehen, da die Suche nach neuen Partnern wegen einer Bevorzugung bekannter Partner auf ein lokales

745 Gleichsam impliziert dies allerdings auch eine Veränderungsresistenz des Netzwerks durch die Machtpositionen der Hubs.
746 Vgl. Barabási (2002), S. 71 f. sowie Barabási und Bonabeau (2003), S. 52
747 Eigene Darstellung in Anlehnung an Schmid (2010), S. 69 ff.
748 Vgl. Schmid (2010), S. 68 ff.
749 Vgl. Lemmens (2004), S. 33
750 Vgl. Coleman (1988), S. 329, Schmid (2010), S. 70 sowie Lin (1999), S. 33. Starke Beziehungen sind durch gegenseitiges Vertrauen und Normen gegenseitigen Verhaltens gekennzeichnet, die über die Zeit hinweg gewachsen sind. Vgl. Rowley et al. (2000), S. 369 ff.

Umfeld begrenzt wird.[751] Die dadurch steigende redundante Beziehung der Partner führt zu einer Ausbildung von Netzwerknormen und Vertrauen, wodurch Informationen und Wissen einfacher geteilt werden können – dies wird als *closure*-Argument bezeichnet.[752] Im Gegensatz dazu führt soziales Kapital im Sinne einer individuellen Ressource eines Akteurs in Form von Informationsvorteilen und Macht zur Vorteilhaftigkeit von sog. **strukturellen Löchern**. Dabei wird unter ihnen das nicht-redundante Verhältnis zwischen zwei Knoten verstanden.[753] Sie stellen einen Vorteil in Bezug auf die Zugangsqualität und -geschwindigkeit von Informationen dar und gelten als überlegen bei der Erreichung von Ressourcen potentieller neuer Partner über die Vermittlung durch aktuelle Partner.[754] Durch eine solche Stellung kann ein Akteur Informationsarbitrage betreiben, seine Partner kontrollieren und Macht über diese ausüben.[755] Derartige Strukturen werden als **Burt-Netzwerke** bezeichnet.[756] Da bei dieser Auffassung das Halten vieler Verbindungen auch mit höheren Kosten und Zeitbeanspruchung einhergeht, stellen sich Vertrauen und Dichte des Netzwerks als entsprechend gering heraus.[757]

Im Gegensatz zu den Vorteilen starker Bindungen in Bezug auf die Informations- und Wissensdiffusion im Netzwerk, wird auch die **Stärke schwacher Bindungen** hervorgehoben.[758] In einem **Granovetter-Netzwerk**,[759] das eine mittlere Dichte aufweist, bestehen relativ stabile langfristige und intensive Beziehungen zwischen den Akteuren, wodurch diese über eine ähnliche Informationsbasis verfügen, sodass über die starken Beziehungen oft nur redundantes Wissen ausgetauscht wird.[760] Um neues Wissen zu erhalten sind allerdings oft die schwachen Beziehungen zu Akteuren in anderen Netzwerken entscheidend, da diese auf wissensseitiger Heterogenität basieren.[761] Somit stellen Granovetter-Netzwerke eine Kombination aus engen und lockeren Strukturen dar.[762] Daraus ergibt es sich, dass je mehr schwache Verbindungen ein Akteur aufweist, desto breiter ist sein Einzugsbereich heterogenen Wissens, wobei dies nichts über die Qualität der Verbindungen aussagt, sodass dieses theoretische Maß eher vorsichtig zu interpretieren ist.

---

751 Vgl. Lemmens (2004), S. 34

752 Vgl. Coleman (1990), S. 302. Auf diese Weise dient also das soziale Kapital als Mechanismus sozialer Kontrolle, um opportunistisches Verhalten zwischen den Akteuren zu sanktionieren, da Betrug nicht nur die bilaterale Beziehung beschädigt, sondern auch die zu allen anderen Akteuren. Vgl. Grandori und Soda (1995), S. 183 ff., Coleman (1988), S. 330 sowie Rowley et al. (2000), S. 369 ff.

753 Vgl. Burt (1992b), S. 28

754 Vgl. Burt (1992b), S. 92

755 Vgl. Burt (1992a), S. 65 ff. sowie Gilsing (2005), S. 65

756 Vgl. Abb. 2-9

757 Vgl. Schmid (2010), S. 71, Burt (1992b), S. 1 ff.

758 Vgl. Granovetter (1973), S. 1370 f.

759 Vgl. Abb. 2-9 sowie Granovetter (1973), S. 1370 f.

760 Vgl. Schmid (2010), S. 68

761 Vgl. Gilsing (2005), S. 30

762 Granovetter (1985), S. 481 ff., Gilsing (2003), S. 45. Rowley et al. (2000), S. 369 ff. sowie Duysters et al. (2003), S. 63 sind Untersuchungen, die den Umweltbezug bei der optimalen Ausgestaltung von Netzwerken aufgreifen.

Welcher Idealtypus als effizient gilt hängt vom Kontext ab, weshalb sich nicht die Frage nach der Korrektheit der Ansätze stellt, sondern vielmehr unter welchen Bedingungen welcher Ansatz vielversprechend ist.[763] Die Netzwerkmodelle werden deshalb auf die Vorteilhaftigkeit für die Etablierung von **Explorations- und Exploitationsstrukturen** geprüft (vgl. Tab. 2-1).[764] Dabei wird die Diskussion anhand der nachfolgenden Netzwerkmetriken geführt, die als Analysegrundlage für eine Ein- und Zuordnung zu einer der etablierten Strukturen dienen (vgl. Abb. 2-9).[765] In Bezug auf die **Größe** ist keine eindeutige Aussage zu treffen. Zum einen hängt die Größe des Netzwerks von dessen Ziel ab, was ein breites Spektrum erlaubt, zum anderen ist die Größe auch abhängig von der Aufbereitung und dem Analysepunkt. Zwar gelten limitierte Netzwerkgrößen für explorative Innovationsmodi als vorteilhaft, doch ist dies für exploitative Innovationsmodi kein signifikanter Nachteil.[766]

Ebenso kontextabhängig wie die Größe eines Netzwerks gestaltet sich auch die Ausgestaltung des **Clusterbildungs-Koeffizienten**. Hier ist allerdings die wissensseitige und industrielle Zusammensetzung des Netzwerks maßgeblich, da bspw. modular aufgebaute Produkte tendenziell einen höheren Koeffizienten aufweisen.[767] Die Zusammensetzungsdynamik weist hier entscheidende Unterschiede auf. Während in Explorationsnetzwerken eher eine limitierte Dauer und Stabilität aufgrund hoher Ein- und Austrittsraten zu verzeichnen ist, ist im Rahmen von Exploitationsnetzwerken eine eher hohe zeitliche und akteursseitige Stabilität, aufgrund niedriger Ein- und Austrittsraten typisch.[768] Die durchschnittlichen **Pfadlängen** spielen bei der Identifikation des vorliegenden Netzwerktypus eine entscheidende Rolle, da bspw. für Kleine-Welt-Netzwerke eher kurze Pfadlängen charakteristisch sind.[769] In Explorationsnetzwerken ist anzunehmen, dass diese eher kurz sind.[770] Damit einhergehen auch die Annahmen, dass der **Durchmesser**, also das Maximum der minimalen Distanzen aller Knotenpaare im Netzwerk, in Explorationsnetzwerken eher gering ist, wobei hierbei eine enge Kopplung zur Netzwerkdichte besteht. Die **Netzwerkdichte** wiederum ist eng mit der **Beziehungsstärke** der Knoten

---

763 Vgl. Gilsing (2003), S. 85

764 Eine ausführliche Diskussion zu explorativen und exploitativen Charakteristika findet sich in Unterabschnitt 2.3.3.1.

765 Es ist anzumerken, dass nicht zwischen den zielgeleiteten Netzwerkbildungen für Produkt- und Prozessinnovationen (vgl. Unterabschnitt 2.3.3.1.) unterschieden wird, sondern auf die Unterschiede zwischen der explorativen und exploitativen Ausrichtung von Produkt- und Prozessinnovationsnetzwerken fokussiert wird.

766 Vgl. Rosenkranz (2012), S. 107 sowie Gilsing und Nooteboom (2006), S. 6

767 Vgl. Almendral et al. (2013), S. 682

768 Vgl. Gilsing und Nooteboom (2006), S. 6 sowie Rosenkranz (2012), S. 107. Grund hierfür sind die in Unterabschnitt 2.3.3.1. ausgearbeiteten, wissensseitigen Anforderungen zur Netzwerkbildung unter der jeweiligen Zielstellung von Exploration und Exploitation.

769 So ist bspw. in regulären Netzwerken von einem linearen Wachstum der durchschnittlichen Pfadlänge mit der Anzahl der Knoten zu rechnen, was zu einem hohen Grad an Clusterbildung führt. Vgl. Watts (1999), S. 493 ff. Im Gegenzug ist der Grad der Clusterbildung in zufälligen Netzwerken eher gering, was aus einer logarithmisch zunehmenden Pfadlänge mit der Anzahl der Knoten resultiert, wobei die durchschnittlichen Pfadlängen relativ kurz sind. Vgl. Buchmann (2014), S. 70. Bei Kleine-Welt-Netzwerken liegen kurze durchschnittliche Pfadlängen und ein relativ hoher Grad an Clusterbildung vor.

770 Vgl. Almendral et al. (2013), S. 682

gekoppelt. Gleichsam steht die **Heterogenität** bzw. Diversität des Netzwerks diametral diesen beiden Metriken gegenüber, weshalb im Folgenden eine kombinierte Schilderung erfolgt.

	Exploration	Exploration bei komplexen Produkten	Exploitation	Exploitation bei komplexen Produkten
Größe und Durchmesser	kontextabhängig, gering	sehr groß	kontextabhängig	groß
Zusammen-setzungsdynamik	limitierte Dauer und Stabilität mit hoher Fluktuation	stabiler Kern mit hoher Peripherie-fluktuation	hohe Stabilität mit geringer Ein- und Austrittsrate	stabiler Kern mit hoher Peripherie-fluktuation
Pfadlängen	kontextabhängig, kurz	kurz	kontextabhängig	kurz
Dichte	gering	gering	hoch	gering
Clusterbildungs-Koeffizient	kontextabhängig	sehr hoch	kontextabhängig	sehr hoch
Heterogenität	hoch	sehr hoch	gering	hoch
Verbindungs-stärke	stark und schwach	stark und schwach	stark	stark und schwach
Netzwerk-position: - Zentral - Peripherie	Ambidextrie Exploration	Ambidextrie Exploration	Ambidextrie Exploitation	Ambidextrie Exploitation
Strukturen	Burt + Coleman	kleine Welt + Skalenfreie Elemente	Burt	Kleine Welt + Skalenfreie Elemente

Tab. 2-1: Strukturelle Netzwerkausgestaltung für Exploration und Exploitation[771]

Im Kontext der Identifikation und Potentialbewertung von Strukturen für Exploration und Exploitation bestehen diesbezüglich unterschiedliche Auffassungen.[772] So wird einerseits die Notwendigkeit von Vertrauen und die Reduktion von Unsicherheit für die Realisierung von **Exploration** durch eine starke Bindung der Knoten untereinander und damit einer einhergehend eine hohe Dichte des Netzwerks betont – es werden also Coleman-Netzwerke als vorteilhaft angesehen.[773] Der Vorteil von dichten Netzwerken besteht in deren Stabilität, Vertrauen und Langlebigkeit.[774] Dabei tendieren diese Eigenschaften dazu die Koordinations- und Integrationskosten zu senken, da der Überwachungsaufwand geringer wird sowie die absorptiven Fähigkeiten

[771] Eigene Darstellung. Die Ausführungen zu den einzelnen Netzwerkausprägungen sind als relational anzusehen.
[772] Dabei gelten die nachfolgend ausgeführten Argumente in entgegengesetzter Weise für Exploitationsnetzwerke.
[773] Vgl. Coleman (1988), S. 95 ff., Podolny (1994), S. 458 f. sowie Gulati (1995), S. 619 ff.
[774] Vgl. Podolny und Baron (1997), S. 673 ff., Coleman (1990), S. 1 ff. sowie Soda et al. (2004), S. 893 ff.

der Akteure gesteigert werden.[775] So wird die Übermittlung von Wissen erleichtert und opportunistisches Verhalten reduziert.[776] Auf der anderen Seite leiden diese dichten Netzwerke eben unter der reduzierten Fähigkeit der Integration von neuen Informationen und Wissen.[777] Entsprechend greifen die Argumente des Burt- und Granovetter-Netzwerks, in dem die Informationsvorteile eines Netzwerks mit strukturellen Löchern und vielen schwachen Verbindungen zu einer geringen Dichte führen.[778] Hier spielt die Heterogenität der Netzwerkteilnehmer eine entscheidende Rolle,[779] da unterschiedliche Akteure unterschiedliches Wissen in das Netzwerk einbringen und so für die Entwicklungen von neuen Produkten und Prozessen, vor allem durch rekombinante Innovationen Vorteile bieten.[780]

Diese Erkenntnisse führen zu dem, in Abb. 2-10 dargestellten, Modell der Ausgestaltung von Explorations- und Exploitationsnetzwerken, wobei eine dynamische Perspektive der Veränderlichkeit der Netzwerkstrukturen im Mittelpunkt steht. Dabei ist die Entwicklung der Beziehungsstärke als Maß zur Bestimmung explorativer und exploitativer Netzwerke im Fokus und wird um die Parameter der Dichte und Heterogenität ergänzt.[781] Die Netzwerkteilnahme verlangt Wissensteilung und die Offenlegung von betrieblichem Wissen gegenüber den Netzwerkpartnern,[782] was eine vertrauensvolle und starke Beziehung zwischen den Akteuren voraussetzt.[783] Die Beziehungsstärke muss also zunächst ein bestimmtes Niveau erreichen, um den Austausch und die Möglichkeit gegenseitigen und miteinander Lernens zu ermöglichen. Die Nachteile, dass Netzwerke mit geringer Dichte weniger vertrauensfördernd sind und keine lange Stabilität aufweisen,[784] sind dabei speziell für Explorationsnetzwerke von untergeordneter Bedeutung. Somit verbleibt die Netzwerkdichte in niedrigen Bereichen, da eine hohe Hete-

[775] Vgl. Gilsing et al. (2008), S. 1721
[776] Vgl. McEvily und Marcus (2005), S. 1035 sowie Walker et al. (1997), S. 109 ff.
[777] Vgl. Brass et al. (2004), S. 795 ff.
[778] Vgl. Granovetter (1973 und 1983) sowie Burt (1992b und 2000)
[779] Unter Heterogenität wird dabei, wie Unterabschnitt 2.3.3.1. ausgeführt, eine Diversität in Bezug auf die Wissensbasen verstanden. Daraus resultiert im konkreten Kontext eine Kombination aus intra- und interindustrieller Akteure, Wissensintermediären wie wissenschaftlicher Forschungseinrichtungen, sowie Verbindungen zu vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen der Industrie. Vgl. Faems et al. (2005), S. 238 ff.
[780] Vgl. Powell et al. (1996), S. 116 ff., March (1991), S. 71, Reagans und Zuckerman (2001), S. 502 ff., Ahuja (2000), S. 317 ff., Tiwana (2008), S. 251 ff., Hargadon (2002), S. 41 ff. sowie die Ausführungen in Unterabschnitt 2.3.3.1.
[781] Bspw. zeigt Stöckmann (2010), S. 226 f. in seiner Untersuchung, dass sich Risikoneigung, Innovationsgrad, Proaktivität, Autonomie und Gelegenheitsorientierung positiv auf Exploration auswirken, während Proaktivität, Wettbewerbsaggressivität und Gelegenheitsorientierung positiv und Autonomie negativ mit Exploitation assoziiert werden können.
[782] Vgl. Dyer und Nobeoka (2000), S. 345 ff.
[783] Vgl. Dyer und Singh (1998), S. 660 ff.
[784] Vgl. Soda et al. (2004), S. 893 ff. sowie Gulati (1995), S. 619 ff.

rogenität des Netzwerks als vorteilhaft für Exploration erachtet wird und den Effekt der Vertrauensbildung deutlich überlagert.[785] Werden die partnerschaftlichen Verbindungen des Netzwerks wiederholt,[786] steigt zwar die Dichte des Netzwerk und die Bindungsstärke und somit das Vertrauen zwischen den Akteuren, allerdings nimmt gleichsam die Heterogenität ab. Es wird also ein Punkt erreicht, ab dem die Vorteile explorativer Strukturen, vor allem aufgrund der hohen Heterogenität, kippen und anschließend negativ mit der Bindungsstäke und Dichte des Netzwerks korreliert sind. So führt eine sehr hohe Heterogenität im Netzwerk zu Kommunikationsproblemen und Problemen bei der Integration des Wissens sowie allgemein der Zielbestimmung innerhalb des Netzwerks.[787]

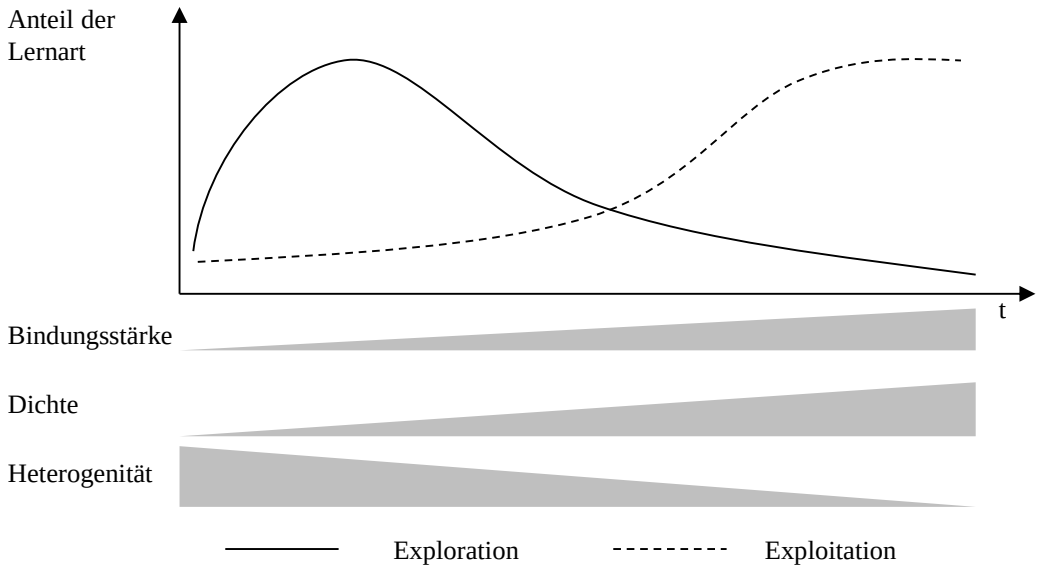


Abb. 2-10: Beziehung zwischen Bindungsstärke, Dichte und Heterogenität[788]

Dies liegt daran, dass stärker werdende Beziehungen eine Angleichung von Sichtweisen und Problemansätzen der Akteure befördern.[789] Dadurch wird zwar einerseits ermöglicht, dass immer mehr feingranulare Details ausgetauscht werden,[790] andererseits greifen dann aber auch Normen und Zwänge, die Abweichungen vom bisherigen Vorgehen eingrenzen und schließlich ganz verhindern,[791] was in einer *over-embeddedness* der Wertschöpfungsprozesse in sozialen

785 So stellen Rowley et al. (2000), S. 369 ff. fest, dass in explorativen Netzwerken geringe Dichte und Bindungsstärke vorteilhaft sind.
786 So sehen bspw. Beckman et al. (2004) neue Partnerschaften als explorativ an, während wiederholte Partnerschaften als exploitativ betrachtet werden.
787 Vgl. Dougherty (1992), S. 179 ff. sowie Spender und Grant (1996), S. 8
788 Eigene Darstellung
789 Vgl. Perry-Smith und Shalley (2003), S. 89 ff.
790 Vgl. Uzzi (1997), S. 35 ff.
791 Vgl. Eberl (2009), S. 50 ff.

Beziehungen und damit in einem Übergewicht der Exploitation mündet.[792] Für Exploitationsnetzwerke ist also ein Netzwerk mit einer hohen Dichte und Bindungsstärke,[793] bei gleichzeitig geringer Heterogenität charakteristisch. Es besteht also ein *trade off* zwischen Stabilität und Heterogenität.[794] Somit wird das Explorationsnetzwerk in umgekehrter U-Form durch Heterogenität (positiv) sowie Bindungsstärke und Dichte (negativ) beeinflusst.[795] Es besteht demnach eine Dysfunktionalität starker Beziehungen, der Netzwerkdichte und der Heterogenität des Netzwerks für interorganisationale Ambidextrie.[796] Durch den Wissensaustausch zwischen Akteuren im Netzwerk und deren aufeinander Einstellen ist, durch interorganisationale Ressourcen- und Kompetenzverknüpfung, die Entwicklung von Fähigkeiten zu beobachten, die ausschließlich in der Beziehung der Unternehmen nutzbar sind (relationales Kapital).[797] Wodurch Exploitation im Netzwerk dauerhaft verhärtet und es schwierig ist auszubrechen und explorativ zu lernen. Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass für Explorationsnetzwerke sowohl starke, als auch schwache Verbindungen nötig sind und eine große Heterogenität bei gleichzeitig eher geringer Dichte vorteilhaft sind.[798] Exploitationsnetzwerke profitieren von starken Verbindungen, einem engen Netzwerk und einer eher geringen Heterogenität.[799]

Wie bereits in den vorangestellten Abschnitten aufgezeigt, ist die Betrachtung der unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen in Bezug auf die Anforderungen an Ambidextrie ein entscheidender Faktor. Die Kombination von explorativen und exploitativen Elementen ist dabei Kernherausforderung für die Akteure. Die bisherigen Erkenntnisse stützen dabei die These, dass zentrale Akteure exploitativ arbeiten und die Netzwerkperipherie als Zugangspunkt zu neuem Wissen nutzen,[800] woraus sich eine strukturelle Ausgestaltung des Netzwerks ergibt die starke Verbindungen zur Realisierung von Exploitation und *bridging ties* für Exploration abbildet.[801] Inwieweit diese Trennung zwischen Kern und Peripherie für Granovetter-Netzwerke spricht, soll im Folgenden mit einer genaueren Betrachtung der Akteurspositionen untersucht werden. Die Eigenschaften und **Netzwerkpositionen** von Akteuren spielen bei der Analyse von Industrien eine entscheidende, weil wissensseitig-deterministische Rolle. Allerdings sind die unterschiedlichen Akteure eines Netzwerks nicht alle gleich intensiv in den kooperativen Wissensaustausch

792 Vgl. Lazer und Friedman (2007), S. 667 ff.
793 Vgl. Rowley et al. (2000), S. 369 ff.
794 Vgl. Walker et al. (1997), S. 109 ff.
795 Vgl. Gilsing et al. (2008), S. 1722
796 Vergleiche hierzu die empirische Studie von Tiwana (2008).
797 Vgl. Dyer und Singh (1998), S. 662. Collinson und Wilson (2006) zeigen in ihrer empirischen Studie die Abhängigkeitsentwicklung zwischen Netzwerkpartnern auf, welche sich über die Zeit auf Basis von ko-Spezialisierung manifestiert. Oft werden in einem Netzwerkkontext kostenfreie Wissens*spillover* als problematisch angesehen. Dem wird hier widersprochen, da deren Aneignung und Nutzung Kosten verursacht und somit als selten angesehen werden. Vgl. Pyka et al. (2009) sowie Nelson und Winter (1982)
798 Vgl. Gilsing (2003), S. 98 f. sowie Lazer und Friedman (2007), S. 679
799 Vgl. Gilsing (2003), S. 98 f. sowie Lazer und Friedman (2007), S. 679 sowie Rowley et al. (2000), S. 369 ff.
800 Vgl. Vonortas (2009), S. 27 ff.
801 Vgl. Tiwana (2008), S. 251 ff. sowie Gilsing et al. (2008), S. 1717 ff.

eingebunden. Während manche Akteure vielfältige Kooperationen unterhalten, sind andere Akteure nur schwach vernetzt, wobei diese ungleiche Verteilung der Netzwerkbeziehungen in vielen wissensbasierten Industrien die Regel ist.[802] Die strategische Ausrichtung jedes einzelnen Akteurs im Zusammenspiel mit seiner Umwelt beeinflusst dabei deren Verhalten,[803] wobei einige versuchen in zentrale Positionen zu gelangen, um ihre Machtposition zu stärken und den Zugang zu erfolgskritischen Ressourcen und Informationen sicherzustellen. Andere Akteure versuchen sich an solche zentralen Akteure direkt zu binden.[804] Dabei können die Motivationslagen ganz unterschiedlich ausgestaltet sein und reichen von kostenseitigen Überlegungen zur Kontrolle und Erhaltung zentraler Positionen bis hin zu der Möglichkeit, dass ein zentraler Akteur ein Risikokapitalgeber ist und sich die Akteure an diesen binden, um Finanzierungshilfen, Beratungsleistungen oder Distributionskanäle zu erhalten.[805]

Zur Messung des Vernetzungsgrades und damit der Zuordnung einer Netzwerkposition werden **Zentralitätsmaße** herangezogen, die sehr eng mit den Konzepten der Macht und Einflussnahme zusammenhängen.[806] Grundsätzlich unterscheidet man vier verschiedene Zentralitätsmaße. Dies sind *Degree*-Zentralität, *Closeness*-Zentralität, *Betweenness*-Zentralität und *Eigenvector*-Zentralität, wobei diese generell eng miteinander korreliert sind.[807] Die *Degree*-Zentralität misst die Anzahl aller direkten Verbindungen eines Knotens. Im Kontext von Innovationsnetzwerken kann sie als Indikator für die Zugangsmöglichkeit eines Akteurs zur Wissensbasis des Netzwerks interpretiert werden, wobei eine höhere *Degree*-Zentralität eine bessere Zugangsmöglichkeit darstellt und so die Kontroll- und Wissensmaklerposition im Netzwerk unterstreicht.[808] Da die *Degree*-Zentralität alle Verbindungen in Bezug auf ihre Qualität bzw. Nützlichkeit gleich stark gewichtet, dies allerdings keinesfalls realiter vorzufinden ist, wird das Konzept der *Eigenvector*-Zentralität verwendet. Diese kombiniert Quantität und Qualität eines jeden Partnerknotens mittels einer Gewichtung, welche die durchschnittliche Zentralität aller Partnerknotenpartner berücksichtigt.[809] Die Möglichkeit der Kontrolle und Vermittlung von Wissensströmen zwischen Akteuren wird mit der *Betweenness*-Zentralität gemessen. Diese steigt, je öfter ein Akteur auf dem kürzesten Pfad zwischen zwei anderen Akteuren positioniert ist und so eine Makler- oder Pförtnerposition einnimmt.[810] Komplettiert werden die Zentralitätsmaße durch die *Closeness*-Zentralität, welche die Nähe der Akteure zu allen anderen Akteuren im Netzwerk misst und dabei die Inverse der durchschnittlich kürzesten Pfadlängen

802 Vgl. Buchmann und Pyka (2012), S. 25
803 Vgl. dazu Unterabschnitt 2.3.1.1. zu Netzwerken als komplexe, adaptive Systeme.
804 Vgl. Gnyawali und Madhavan (2001), S. 431 ff., Burt (2004), S. 349 ff., Gulati (1995), S. 619 ff. sowie Gulati und Gargiulo (1999), S. 1439 ff.
805 Vgl. Datta (2011), S. 5
806 Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 15
807 Vgl. Borgatti (2005), S. 55 ff., Knoke und Yang (2008), S. 62 ff. und Wasserman und Faust (1994), S. 169 ff.
808 Vgl. Knoke und Yang (2008), S. 62 ff.
809 Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 15
810 Vgl. Knoke und Yang (2008), S. 68

eines Akteurs zu allen anderen Akteuren darstellt.[811] Dabei spiegelt eine höhere *Closeness*-Zentralität die Fähigkeit eines Akteurs wider andere Akteure zu erreichen und so Informationen zu empfangen und zu verteilen.[812] So ist zu folgern, dass Akteure mit einer höheren *Closeness*-Zentralität Neuerungen schneller realisieren als andere.[813] Zentralität misst also die relative Bedeutung eines Knotens bzw. Akteurs im Netzwerk.[814] Dabei entgegnen zentrale Akteure weniger Widerständen und geringeren Einschränkungen und haben bessere Möglichkeiten des Bezugs von Ressourcen aufgrund ihrer besseren Verhandlungsbasis und des größeren Einflusses.[815] Dabei sind sie in der Lage die Effektivität des Netzwerks zu verbessern oder zu verlangsamen, da sie unterschiedliche Wissensfelder verbinden oder andere Mitglieder von diesen Informationen ausschließen können.[816] Zudem fällt es zentralen Akteuren leichter neue Partner zu finden, da Zentralität eng mit Reputation verknüpft ist.[817] Dies führt auch dazu, dass Akteure mit ähnlicher Zentralität sich gehäuft als Partner finden, weil aufgrund der Statuswahrung Verbindungen mit weniger zentralen Akteuren zu Reputationsverlusten führen können.[818] Zudem verfügen zentrale Akteure über mehr Wissen über das Netzwerk und die Qualität potentieller Partner, was wiederum die Unsicherheit bei der Partnerwahl reduziert.[819] Da Zentralität ein Mittel zur profitablen Ausnutzung von Informationsasymmetrien ist,[820] können zentrale bzw. fokale Akteure, trotz der Notwendigkeit kooperativer Grundeinstellungen durchaus eine eher hierarchische Koordination im Netzwerk ausüben, indem sie spezifische Prozesse einführen und diese stabilisieren.[821] Dies ist allerdings auch der Grund dafür, dass fokale Akteure eine kritische Rolle für die Festschreibung der erwähnten Verhärtungen auf interorganisationaler Ebene zukommt.[822] Zudem deutet eine starke Zentralisierung im Netzwerk darauf hin, dass die Wissensflüsse von wenigen Akteuren abhängen.

Zentralität lässt also direkte Rückschlüsse auf die Etablierung von **Netzwerkambidextrie** zu, da sie Informationszugang und Ressourcenvorteile ermöglicht, die für die Erreichung von Ambidextrie vorteilhaft sind.[823] Da zentrale Akteure direkte und indirekte Verbindungen pflegen,

---

811 Vgl. Wasserman und Faust (1994), S. 169 ff. sowie Jansen (2006), S. 127 ff.
812 Vgl. Wasserman und Faust (1994), S. 169 ff. sowie Knoke und Yang (2008), S. 62 ff.
813 Vgl. Borgatti (2005), S. 55 ff.
814 Vgl. Datta (2011), S. 5
815 Vgl. Bell (2005), S. 287 ff. sowie Powell et al. (1996), S. 116 ff.
816 Vgl. Schön und Pyka (2012), S. 11
817 Vgl. Podolny (1993), S. 829 ff.
818 Vgl. Podolny (1993), S. 829 ff., Podolny (1994), S. 458 ff. sowie Gulati und Gargiulo (1999), S. 1439 ff.
819 Vgl. Gulati und Gargiulo (1999), S. 1439 ff.
820 Vgl. Baum et al. (2003), S. 699
821 Vgl. Dyer und Nobeoka (2000), S. 345 ff. Zentrale Netzwerkpositionen können allerdings in sehr großen Netzwerken auch zu einem Nachteil werden, da dann ein Informationsüberfluss für die zentralen Akteure vorherrscht und die Effizienz und Kapazität des Akteures mindern kann. Vgl. Datta (2011), S. 12 sowie Ahuja und Lampert (2001), S. 521 ff. Dies suggeriert allerdings gleichsam, dass zentrale Akteure oft vergleichsweise große Kapazitäten haben und so für kleine Unternehmen eine allgemeine Zentralitätsposition eher unwahrscheinlich ist.
822 Vgl. Collinson und Wilson (2006), S. 1359 ff., Kempf (2007), S. 49 f. sowie Herzog (2010), S. 118 f.
823 Vgl. Simsek (2009), S. 597 ff.

können sie Ressourcen für die Exploration auf multiplen Wegen schneller einholen und sind deshalb weniger abhängig von einzelnen Akteuren.[824] Je größer demnach die Zentralität eines Akteurs in einem Explorationsnetzwerk ist, desto höher sind die Chancen, dass dieser Technologien hervorbringt.[825] Zudem wird die Exploitationsfähigkeit erweitert, da sie gut über die Geschehnisse im Netzwerk informiert sind und so bspw. Schlüsselressourcen erkennen können.[826] Es lässt sich ableiten, dass Akteure in einer zentralen Position sowohl Exploration als auch Exploitation durchführen sollten.[827] Akteure mit einer geringen Zentralität, die also eher in der Netzwerkperipherie angesiedelt sind, haben demgegenüber, zumindest kurzfristige, Vorteile durch die Fokussierung auf eine der beiden Strategien.[828] Zudem erzielen Akteure mit keiner oder nur einer Positionierung an einem strukturellen Loch bessere Ergebnisse wenn sie entweder Exploration oder Exploitation betreiben, wohingegen Akteure mit mehreren solcher Positionen ihren Erfolg durch einen beidhändigen Ansatz verbessern.[829] Diese Erkenntnisse bekräftigen somit die Aussagen vorhergehender Untersuchungen in Bezug auf Zentralität und strukturelle Löcher.[830] Insgesamt lässt sich also folgern, dass für Exploration Burt und Coleman Strukturen und für Exploitation Burt Strukturen eines Netzwerks von Vorteil sind. Dabei sind die einzelnen Metriken nicht unabhängig voneinander.[831] So haben bspw. große Netzwerke eine geringere Dichte und zeigen häufig strukturelle Löcher auf.

Unter Berücksichtigung dieser Spezifika und der Erkenntnisse über die Ausgestaltung von Industrien mit komplexen Produkten aus den vorangegangenen Abschnitten ergeben sich weitere Unterscheidungsmerkmale in Bezug auf die strukturelle Ausgestaltung von **Explorations- und Exploitationsnetzwerken in Industrien mit komplexen Produkten**.[832] Hierbei sind die Produkt- und Marktcharakteristika von Industrien mit komplexen Produkten von entscheidender Bedeutung. So führen Produktkomplexität und die große Menge an zumeist spezialisierten Akteuren bei der Entwicklung und Herstellung von komplexen Produkten, gepaart mit der starken Modularisierungstendenz, der staatlichen Durchdringung und der langen zeitlichen Stabilität

---

824 Vgl. Scott (2000), S. 123 ff., Lin et al. (2007), S. 1645 ff. sowie Simsek (2009), S. 597 ff. Hierzu existieren auch Studien von bspw. Gilsing et al. (2008), die eine Zentralitätsstellung eher als Nachteil auffassen.

825 Vgl. Earle (2013), S. 50. Hierbei ist anzumerken, dass Earle genau die gegenteiligen Kausalitäten der Closeness-Zentralität verwendet, da er als Berechnungsmaßstab nicht die Inverse verwendet hat.

826 Vgl. Simsek (2009), S. 697 ff.

827 Siggelkow und Levinthal (2003) nahmen einen *agent-based-modeling*-Ansatz zur Hilfe und fanden heraus, dass zeitlich-zyklische Ausprägungen zwischen zentralisierten (Exploitation) und dezentralisierten Strukturen (Exploration) effektiver ist, als jede einzelne Struktur in Isolation. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Nickerson und Zenger (2002), die oszillierende Muster strukturellen Wandels über die Zeit feststellten. Solche zyklischen Wechsel bestätigen auch Gulati und Puranam (2009).

828 Vgl. Lin et al. (2007), S. 1656

829 Vgl. Lin et al. (2007), S. 1656

830 Vgl. Lin et al. (2007), S. 1656 sowie Reagans und Zuckerman (2001), S. 502 ff.

831 Vgl. Gilsing (2003), S. 41

832 Die nachfolgenden Ergebnisse sind gebündelt in Abb. 2-9 gegenübergestellt.

auf OEM-Ebene zu folgenden Überlegungen bei der Ausgestaltung der Netzwerke.[833] Netzwerke in Industrien mit komplexen Produkten sind in ihrer Gesamtheit, dies gilt im Besonderen für Explorationsnetzwerke, aufgrund der Vielzahl wissensseitigen Einbezugs horizontaler, vertikaler und lateraler Akteure, sehr groß.[834] Bei Exploitationsnetzwerken ist anzunehmen, dass die Größe, aufgrund der mengenmäßig kleineren Anzahl an heterogenen Verbindungen, kleiner ist. Aus der Größe der Netzwerke lässt sich direkt schließen, dass die Dichte für Exploitationsnetzwerke eher gering und in Explorationsnetzwerken sehr gering ausfällt. Die Zusammensetzungsdynamik beider Netzwerke dürfte unter der Einsicht, dass gerade auf OEM- und Systemherstellerebene eine große Stabilität herrscht, gepaart mit der Erkenntnis der multitechnologischen Erfordernisse für beide Netzwerkformen einen stabilen Kern mit hoher Peripheriefluktuation aufweisen, wobei die Fluktuation der Randteilnehmer in Explorationsnetzwerken aufgrund der kürzeren Dauer und den hohen Ein- und Austrittsraten größer ausfallen dürfte als bei Exploitationsnetzwerken. Als Konsequenz der Modularisierungstendenz wird der Clusterbildungs-Koeffizient in beiden Netzwerken sehr hoch ausfallen.[835] Auch deshalb ist anzunehmen, dass sich die Pfadlängen als eher kurz herausstellen. Die Heterogenität stellt sich in beiden Netzwerkformen als hoch heraus, wobei im Fall von Explorationsnetzwerken eine sehr hohe Heterogenität zu verzeichnen sein dürfte, da hier wesentlich mehr laterale Akteure in den Entwicklungsprozess eingebunden sind. Die Verbindungsstärke zwischen den Akteuren folgt dem allgemeinen Muster und äußert sich in Explorationsnetzwerken durch starke und schwache Verbindungen, wobei dieser Effekt durch die Zusammensetzung eines stabilen Kerns und einer fluktuierenden Peripherie weiter verstärkt wird. In Exploitationsnetzwerken sind weiterhin starke Verbindungen zwischen den Akteuren von Vorteil, wobei ebenso schwache Verbindungen aufgrund der hohen Clusterbildung vorhanden sind. Ausgehend von diesen Überlegungen ist darüber hinaus anzunehmen, dass der stabile Kern des Netzwerks auch in Bezug auf die Zentralität eine Sonderstellung einnimmt und die oben erfassten Effekte verstärkt auftreten, wobei anzunehmen ist, dass die zentralen Akteure Makler und Pförtnerrollen einnehmen. Aufgrund dieser herausragenden Stellung der Kernakteure ist weiter anzunehmen, dass ein starker *success-breeds-success*-Effekt im Netzwerk vorherrscht, der diesen zentralen Akteuren einen dauerhaften Erfolg einräumt.[836] Dies ist dann anhand von linksschiefen Zentralitätsverteilungen aller Akteure erkennbar und untermauert die Eigenschaft eines skalenfreien Netzwerks.[837] So

---

833 Für eine ausführliche Darstellung der Eigenschaften von Industrien mit komplexen Produkten vgl. Teilkapitel 2.2. sowie die Abschnitte 2.3.1. und 2.3.2.

834 Vgl. Abb. 2-9

835 Hierbei ist anzumerken, dass sich unterschiedliche Teilnetzwerke in verschiedenen Phasen befinden können und sich so, wie in Abschnitt 2.2.4. dargestellt eine große Dynamik des Netzwerks herausstellt. Der Grad der modularen Ausgestaltung von Netzwerken aufgrund technologischer Modularisierung ist allgemein jedoch nicht eindeutig geklärt. Vgl. Hoetker (2006), S. 501 ff.

836 Vgl. Hardstone (2004), S. 192

837 Vgl. Barabási und Albert (1999), S. 509 ff.

wird die in Abschnitt 2.3.2. erarbeitete Auffassung von Ambidextrie in Industrien mit komplexen Produkten weiter untermauert, da nicht alle Akteure dauerhaft beidhändig agieren müssen, jedoch der stabile und zentrale Kern das Netzwerk als Vehikel zur **Ambidextrierealisierung** nutzt, indem er Verbindungen mit Peripherieakteuren eingeht, die entweder auf Exploration oder Exploitation zu einem bestimmten Zeitpunkt spezialisiert sind.[838] In der Konsequenz wird in dieser Untersuchung somit auf eine Mischung aus positionsbezogener und struktureller Ambidextrie fokussiert.[839] Insgesamt sollte sich also eine **Mischung aus den unterschiedlichen Netzwerkstrukturen** ergeben, wobei sowohl Burt-, Coleman- und Granovetter-Strukturen auftreten und sich dadurch eine Gesamtstruktur Kleiner-Welt-Netzwerke und die Eigenschaft der skalenfreien Netzwerke verbinden lassen.

Diese Ausgestaltung von Innovationsnetzwerken ist über die Zeit hinweg nicht fixiert und unterliegt neben den internen Dynamiken auch äußeren Einflüssen. Wie in Unterabschnitt 2.3.1.2. dargelegt, stellen in diesem Zusammenhang Produktionsnetzwerke, aufgrund der akteursseitigen Überlappungen, einen bedeutenden Veränderungsfaktor dar. Gerade in Industrien mit komplexen Produkten, die einen stabilen und zentralen Akteurskern aufweisen, werden die Verhärtungstendenzen der Netzwerke durch die äquivalente Stellung dieser Akteure im Produktionsnetzwerk verstärkt.[840] Grund hierfür sind die aufgrund ihrer Machtposition ausgeübten **Netzwerk-Stabilisierungswirkungen** der zentralen Akteure, die eine erfolgreiche Etablierung von Ambidextrie verhindert.[841] Zudem ist in solchen asymmetrischen Industrien von einer peristaltischen Ausgestaltung auszugehen,[842] die weitreichende Konsequenzen für das Produktionsnetzwerk und in der Folge auch für das Innovationsnetzwerk mit sich bringt. Gerade im Zuge einer Modularisierung werden Zulieferern mehr Kompetenzen und Verantwortung zugesprochen, womit gleichsam auch ihr Risiko steigt. Hieraus ergibt sich oft die Situation, dass die finanzielle, produktions- und kompetenzseitige Ausstattung der Zulieferer nicht ausreicht dieser Herausforderung gerecht zu werden. Durch eine derartige Verlagerung der Kompetenzanforderungen, erweitert sich auch der Ambidextriezwang in der Wertschöpfungsstufe nach unten. In den unteren Wertschöpfungsschichten, meist geprägt durch KMU spitzt sich der Ziel-

838 Eine interessante Erweiterung dieser Erkenntnisse ist die Frage nach der Finanzierung der auf Exploration spezialisierten Netzwerkunternehmen. Fragen, ob diese durch die anderen Netzwerkteilnehmer garantiert wird oder ob weitreichendere Verankerungen von Teilnetzwerken nötig sind, geht über den Analyserahmen dieser Untersuchung hinaus und bietet Raum für weitere Forschung.

839 Vgl. Unterabschnitt 2.3.2.2.

840 Empirisch Studien zeigen dabei sowohl erfolgreiche Durchsetzung von Ambidextrie, wie bei Adler et al. (1999) und Tiwana (2008), als auch Netzwerke in denen Verhärtungen auftraten, so zu finden bei Li und Rowley (2002) sowie Molina-Morales und Martinez-Fernandez (2009).

841 Vgl. Collinson und Wilson (2006), S. 1359 ff.

842 Hierunter wird die aufgrund der Machtposition etablierte Wirkungskette von Veränderungsimpulsen des OEM verstanden, welche sich als top-down-Mechanismus zeigt.

konflikt zwischen Kapazitätsausstattung und Realisierung von Neuerungen weiter zu. Ein probates Mittel dieser Problematik zu entgegnen sind **M&A-Aktivitäten**.[843] Diese stellen im Grundsatz ein voneinander und kein miteinander Lernen dar.[844] Neben der rein finanziellen Motivation von Übernahmen und Fusionen, ist die technologisch motivierte M&A-Aktivität sogar ein Mittel zur Realisierung von Ambidextrie und hat folglich Auswirkungen auf das Innovationsnetzwerk.[845] Erfährt eine Industrie eine stärkere Zentralisierung, bspw. durch vermehrte Zusammenschlüsse von Akteuren, ist es durchaus denkbar, gerade in Industrien mit komplexen Produkten, in der peripheres Spezialwissen benötigt wird, dass dies zu Problemen bei der Entwicklung von Neuerungen führt. Neben den vorangestellten Erkenntnissen zum beidhändigen Lernen im Netzwerk und dessen struktureller Ausgestaltung in Explorations- und Exploitationsnetzwerken, richtet sich der Fokus des nachfolgenden Absatzes auf die Identifikation von Ambidextriemerkmalen auf geographischer Ebene, wobei der geographischen Nähe und der Diskussion um Cluster eine besondere Rolle zukommt.

2.3.3.3. Geographische Ambidextriemerkmale im Netzwerk

Dass die Umgebung eines Akteurs direkte Auswirkungen auf dessen Verhalten hat wurde in den vorherigen Unterabschnitten 2.3.1.1. und 2.3.3.2. erläutert. Dieses akteursseitige Beziehungsgeflecht ist auch durch die geographische Nähe determiniert, wodurch die Frage des langfristigen Erfolgs von Organisationen und deren Ambidextrieanforderungen eng verzahnt ist mit der geographischen Einbettung. Die Einbettung von Akteuren in ein lokales Geflecht aus Unternehmen, sozialen Strukturen und dem institutionellen Umfeld wird als *regional innovation system* (RIS), [846] regionales Innovationsnetzwerk oder Cluster bezeichnet.[847] Dabei existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen und Hervorhebungen von Eigenschaften.[848] Für diese Untersuchung werden mehrere bestehenden Ansichten kombiniert,[849] wonach **Cluster** als geographische Agglomerationen von Akteuren aufgefasst werden, die in derselben Industrie

843 Vgl. Schön (2013), S. 63 ff.

844 Vgl. Vermeulen und Barkema (2001), S. 457 ff.

845 Vgl. Lin et al. (2009), S. 1128 sowie Stettner und Lavie (2013), S. 1903 ff. M&A ist ebenso aufgrund rein finanzieller Überlegungen ein Mittel zur Lösung etwaiger Engpässe.

846 Vgl. Cooke (1992), S. 365 ff. Nach Beckenbach et al. (2009), S. 59 ff. ist das RIS eine Kombination aus dem *national innovation system* (NIS), welcher von Freeman (1987) und Lundvall (1988) geprägt wurde und rasche Akzeptanz fand, bspw. McKelvey (1991), Nelson (1993) und Metcalfe (1995). Regionale Clusterbildung ist Gegenstand einer Vielzahl unterschiedlicher Disziplinen. Von der Wirtschaftsgeographie, Regionalwissenschaften, urbanen und regionalen Wirtschaftsräumen, über Industriedistrikte bis hin zu den mehr innovationsfokussierenden Disziplinen, wie dem Clusteransatz, regionalen Netzwerken und innovativen Milieus sowie eben der hier betrachteten regionalen Innovationssysteme. Vgl. Röttmer (2011), S. 19

847 Eine ausführliche Diskussion zu regionalen Innovationsnetzwerken findet sich in Scherngell (2013).

848 Bspw. Porter (1998), S. 199, Crouch und Farrell (2001), S. 163, Swann und Prevezer (1996), S. 139 oder van den Berg et al. (2001), S.187.

849 Vgl. Röttmer (2011), S. 23, Powell et al. (1996), S. 219, Iammarino und McCann (2006), S. 1018 ff. sowie Pouder und St. John (1996), S. 1192 ff.

angesiedelt sind, jedoch unterschiedliche technologische Schwerpunkte haben können. Sie haben eher dauerhaft angelegte, vertrauensgestützte horizontale, vertikale und laterale Verbindungen der Akteure, die einen koopetitiven Charakter aufweisen können.[850] Cluster sind dabei typisch für wissens- und forschungsintensive Industrien.[851] Zudem besteht hier ein Umfeld, in welchem sowohl exploitative als auch explorative Innovationen für das Überleben eines Unternehmens charakteristisch sind.[852]

Gerade bei der in dieser Untersuchung fokussierten strukturellen **Ambidextrie**, also der Möglichkeit der Realisierung von Ambidextrie durch partnerschaftliche Beziehungen, kommt der regionalen Einbettung der Akteure eine bedeutende Rolle zu. Dabei besteht eine direkte Kopplung der Erkenntnisse zum beidhändigen Lernen und der strukturellen Ausgestaltung. Das Konzept der kognitiven Nähe sowie die Heterogenität der Akteure und die Dichte des Netzwerks werden dabei auf die geographische Ebene übertragen. Deshalb werden die folgenden Ausführungen in Bezug auf die erfolgreiche Gestaltung von Clustern bzw. dem Erfolg eines Akteurs im Cluster und damit die Möglichkeit zur Realisierung von Exploration und Exploitation unter den Aspekten der geographische Nähe,[853] der Heterogenität der Clusterzusammensetzung sowie der Dichte bzw. Konzentration des Clusters diskutiert.[854] Eine große **geographische Nähe** erleichtert die Interaktionsmöglichkeiten zwischen den Akteuren und spiegelt so die Idee wider, dass geographisch nah positionierte Akteure von positiven Externalitäten, Arbeitsmarktbündelungseffekten sowie dem besseren informellen Austausch von Wissen profitieren.[855] Hierdurch wird die Netzwerkbildung intensiviert, wodurch sich geographische Nähe förderlich auf die Geschwindigkeit der Wissensdiffusion und somit auf das gegenseitige Lernen auswirkt.[856] Dabei stellen sich Wissensflüsse zwischen nahen und ähnlichen Regionen als stärker heraus, als zwischen Regionen die weiter voneinander entfernt sind und unterschiedliche Sprachen oder wissensbezogene Spezialisierungen aufweisen.[857] Die Relevanz geographisch distribuierter

---

850 Diese Definition wurde in Anlehnung an Röttmer (2011), S. 23 getroffen.

851 Vgl. Pouder und St. John (1996), S. 1192 ff.

852 Vgl. Giuliani und Bell (2005), S. 47 ff.

853 Vgl. Boschma (2005), S. 61 ff. Neben der bereits diskutierten kognitiven und geographischen Nähe existieren weitere Nähekonzepte. So wird zwischen organisationaler, sozialer, institutioneller und kultureller Nähe unterschieden. Vgl. Boschma (2005), S. 61 ff.

854 Hier wird die Diskussion über die Wahl eines Standorts ausgeblendet. Dabei sind unterschiedliche Faktoren von Klima, Lohnstrukturen und wissensseitigen Überlegungen von Bedeutung, wobei sich eine dynamische Entwicklung über den Industrielebenszyklus in der Gewichtung der Faktoren zur Lokalisierungsentscheidung festmachen lässt.

855 Vgl. von Hippel (1987), S. 291 ff. An dieser Stelle sei angemerkt, dass kostenlose *Spillover* im Sinne eines öffentlichen-Gut-Charakters, wie bei Krugman (1991), S. 52, innerhalb einer Region nicht gemeint sind, sondern eher auf die verbesserten Möglichkeiten der Interaktion zwischen den Akteuren abgestellt wird und auf diese Weise die Netzwerkbildung wieder in den Vordergrund rückt. Vgl. Gulati (1998), S. 293 ff., Pyka et al. (2009), S. 101 ff. sowie Heidenreich (2011), S. 168. Die Arbeitsmarktbündelungseffekte werden von Porter (1991) hervorgehoben bzw. auf weitere Inputfaktoren wie bspw. Zulieferer erweitert.

856 Vgl. Pyka (2002), S. 160 sowie Ferray (2011), S. 188

857 Vgl. Peri (2005), S. 308 ff. Dabei sei betont, dass der persönliche Kontakt und das Vertrauen innerhalb einer Region einfacher aufzubauen sind und somit der Austausch von *tacit* Wissen ermöglicht wird. Vgl. von Hippel

Forschungseinrichtungen ist ein Teilaspekt und Baustein des Ansatzes der dynamischen Fähigkeiten, um sowohl Wettbewerb als auch Kooperation zwischen den Standorten zu erzeugen.[858] Dabei wird vor allem auf die örtlich getrennte Realisierung von Exploration und Exploitation fokussiert. **Intraregionale Verbindungen** sind bedeutend für die Wissensdiffusion innerhalb der Region und **interregionale Verknüpfungen** stellen sich als entscheidend für die Aufnahme neuen Wissens heraus.[859] Somit ist für eine explorative Ausrichtung, vor allem bei einer wissensseitigen Spezialisierung eines Clusters, die Offenheit des Systems für neue Technologien besonders wichtig für den Erfolg.[860]

Über Regionen hinweg wird das Niveau an Exploitation und Exploration, also durch die sich wandelnde **Population** konkurrierender und kooperierender Akteure bestimmt.[861] Die Akteure in einer Region setzten sich dabei aus unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen der Industrie sowie Wissensintermediären und industrieexternen Akteuren zusammen. Dabei kann sowohl eine wissensseitig spezialisierte Form des Cluster als auch eine diversifizierte Form von Vorteil sein.[862] Die **Ausgestaltung eines Cluster** muss dabei differenziert betrachtet werden, da sehr heterogene Zusammensetzungsformen möglich sind.[863] Von der Dominanz einzelner Akteure bis hin zu Agglomerationen ohne klare hierarchische Zusammensetzung sind viele Kombinationsformen denkbar. Staatliche Institutionen spielen innerhalb eines regionalen Raums eine bedeutende Rolle, da sie Kollektivgüter, wie Forschungs- und Bildungseinrichtungen bereitstellen, in der Lage sind verbindliche Regeln, wie rechtliche und tarifvertragliche Regelungen, zu oktroyieren und Austauschprozesse, wie Messen oder Kongresse zu organisieren.[864] Gerade in Bezug auf explorative Ausrichtungen und damit für die Entwicklung neuer Technologien ist die geographische Nähe zu Forschungs- und Bildungseinrichtungen bei der Sammlung, Aufbereitung und Verteilung neuen Wissens bedeutend. Einen Aspekt der Ausgestaltung eines Clusters ist die Clusterkonzentration bzw. **Clusterdichte**, worunter die Anzahl der Akteure in einer Region verstanden wird.[865] Eine hohe Clusterdichte, gleichbedeutend mit großer Nähe, ermöglicht eine gute Informationslage aller Akteure über die Aktivitäten der anderen,[866] was zu Imitationsverhalten von erfolgreichen Akteuren führen kann.[867] Dieses Replikationsverhalten

(1994), S. 429 ff. sowie Hoekman et al. (2009), S. 721 ff. Der generelle Trend zu modernen Informations- und Kommunikationsmitteln kann diesen Standortvorteil nicht ersetzen. Vgl. Leamer und Storper (2001), S. 1 ff.

858 Vgl. Tripsas (1997), S. 373 f. sowie Kortmann (2012), S. 20 ff.

859 Vgl. Bathelt et al. (2004), S. 31 ff.

860 Vgl. Guffarth und Barber (2013), S. 16

861 Vgl. Lewin et al. (1999), S. 535 ff.

862 Vgl. Owen-Smith et al. (2002), S. 24 ff.

863 Vgl. Koschatzky (2001), S. 120 f.

864 Vgl. Heidenreich (2011), S. 185

865 Vgl. Rosenkranz (2012), S. 82

866 Vgl. Pouder und St. John (1996), S. 1192 ff.

867 Vgl. DiMaggio and Powell (1983), S. 147 ff.

treibt Exploitationsaktivitäten voran.[868] Allerdings führt eine hohe Clusterdichte auch zu Isolationseffekten des Clusters innerhalb der Industrie,[869] was in Bezug auf die Generierung neuen Wissens zu Problemen führt, da Konformitätsdruck und Standardsetzung die Aufnahme verhindern.[870] Große Nähe zu anderen Akteuren erlaubt einen intensiven Wissensaustausch und treibt somit Exploitation voran.[871] Dabei wurde empirisch gezeigt, dass hohe Wettbewerbsintensität die Notwendigkeit von Ambidextrie bzw. der gleichzeitigen Aktivität von Exploitation und Exploration erfordert.[872] Während also Clusterkonzentration für Exploitation vorteilhaft ist, ist **Spezialisierung** der Akteure eines Clusters auf unterschiedliche Themengebiete ein Vorteil für Exploration.[873] Somit ist die Heterogenität in Clustern ausschlaggebend für die explorative Ausrichtung.[874]

Da gemäß empirischer Befunde große sektorale Unterschiede in Bezug auf die Ausgestaltung von Clustern vorherrschen, stellt sich die Frage wie die geographische Struktur in Industrien mit komplexen Produkten, vor allem unter dem Untersuchungsfokus der Ambidextrie ausgestaltet ist. Ein wichtiger Aspekt in Bezug auf die Ausgestaltung das Zusammenwirken von intra- und interregionalen Verbindungen ist die Unternehmensgröße bzw. Mischung aus unterschiedlichen Ambidextrieanforderungen.[875] Durch eine große Kapazität an F&E-*Know-how* sowie einer großen Breite ihrer Wissensbasis befinden sich diese Unternehmen oft in einer besseren Position, um sowohl explorative, als auch exploitative Innovationen, durch Partnerschaften zu entwickeln. Realiter ist gerade in großen Clustern anzunehmen, dass beide Innovationsformen dauerhaft vorliegen. Dies hängt vor allem mit der strukturellen Zusammensetzung der Cluster zusammen, die wie in Unterabschnitt 2.3.2.2. beschrieben durch die Produktcharakteristik determiniert ist und sich für den Fall von **Industrien mit komplexen Produkten** wie folgt ausgestaltet. So ist in einem ersten Schritt der Einfluss des Produktionsnetzwerks auf die räumliche Ausgestaltung des Innovationsnetzwerks zu nennen.[876] So ist die räumliche Nähe der Unternehmen zueinander im Produktionsnetzwerk ein wichtiger Aspekt für das Funktionieren des Zuliefersystems, um die nötige Flexibilität und die dafür notwendigen zwischenbetrieblichen Verflechtungen zu realisieren. Gleichsam ist die Integration in globale Netzwerke und

868 Vgl. Rosenkranz (2012), S. 85
869 Vgl. Greenwood und Hinings (1996), S. 1022 f.
870 Vgl. Oliver (1988), S. 543 ff.
871 Vgl. Tiwana (2008), S. 251 ff. sowie Oinas (2001), S. 57 ff.
872 Vgl. Auh und Megnuc (2005), S. 1652 ff. sowie Jansen et al. (2006), S. 1661 ff.
873 Die Spezialisierung eines Clusters in seiner Gesamtheit ist wiederum für Exploitation vorteilhaft, da bestimmte Wissensfelder vertieft und durch die fehlende Heterogenität nicht verbreitert werden.
874 So merkt bspw. Rosenkranz (2012), S. 87 an, dass je höher die Konzentration spezialisierter Akteure in einer Industrie, desto mehr Expertise wird im Bereich der Grundlagenforschung aufgeboten und so eher eine explorative Ausrichtung eingeschlagen.
875 Vgl. Malmberg und Maskell (1997), S. 28
876 So betonen auch Audretsch und Feldman (1996), S. 630 ff. sowie Boschma und Lambooy (2002), S. 291 ff. die Bedeutung einer beidseitigen Betrachtung von Innovations- und Produktionsnetzwerken.

Wertschöpfungsketten eine wichtige Facette gegenüber der lokalen Einbettung.[877] Da vor allem in der Entstehungsphase einer Industrie die räumliche Nähe, durch die nicht ausdifferenzierten Produkte, eine große Bedeutung hat, ist von einer Agglomeration um die OEM auszugehen. Durch eine weitreichende Modularisierung und Ausdifferenzierung ist dann eine geographisch weit distribuierte Verteilung denkbar. In der Konsequenz werden auf Basis der Erkenntnisse von Abschnitt 2.3.2. zwei unterschiedliche Clusterausprägungen für die Analyse von Industrien mit komplexen Produkten unterschieden. Zum einen sind Regionen zu nennen, in denen ein Hub, also entweder ein oder mehrere OEM oder Tier-1-Systemintegratoren lokalisiert sind und zum anderen Regionen, die eine hochgradig wissensseitige Spezialisierung und eine große Konnektivität zu den Hub-Regionen aufweisen. Dabei können diese spezialisierten Regionen je nach Technologielebenszyklusstand explorations- oder exploitationsfokussierte Ausprägungen aufweisen. Im Gegenzug zeigen Hub-Regionen keine dominante Innovations- bzw. Lernform auf und sind deshalb als beidhändige Regionen zu bezeichnen, da sich einige Akteure in Explorationsphasen und andere in Exploitationsphasen befinden.[878] Hinzu kommt, dass die Kernakteure immer eine beidhändige Ausrichtung verfolgen.[879] Somit kann auch die geographische Ausprägung von Industrien mit komplexen Produkten mit den Charakteristika eines Kleinen-Welt-Netzwerks verglichen werden, da sich eine hohe Clusterung um die Hubzentren, kurze Pfadlängen und Distanzen zwischen den Akteuren und Verbindungen zu anderen Hubzentren oder spezialisierten Cluster aufzeigen.[880] In der Konsequenz ist geographische Nähe und die Einbettung in regionalen Strukturen vor allem Wegbereiter der besseren Positionierung in Innovations- und Produktionsnetzwerken.[881]

2.4. Ambidextrie in industriellen Netzwerken bei komplexen Produkten

Aufbauend auf den im vorherigen Abschnitt 2.3.3. analysierten Ambidextriemerkmalen in Netzwerken ist die Kombination mit den Erkenntnissen zur Industrieevolution aus Teilkapitel 2.2. Gegenstand dieses Teilkapitels. Mit dem Ausgangspunkt, dass Wissen als Triebfeder von Innovation gilt und Technologie das Wissen über Technik bezeichnet, wurde die gängige Methode des Industrielebenszyklus zur Analyse der Evolution von Industrien untersucht und für den Fall komplexer Produkte als inadäquat identifiziert. Dies hat im Wesentlichen drei Gründe. Erstens die Produktcharakteristik, zweitens die differenzierte Bedeutung des ko-evolutorischen Einflussfaktorensets aus Produkt, Technologie, Staat, Nachfrage und Industrie und drittens die

877 Vgl. Boschma und terWal (2007), S. 177 ff. Dabei bestehen sowohl Globalisierungs- als auch Regionalisierungstrends im Bereich der Produktionsnetzwerke. Vgl. Bathelt et al. (2004), S. 31 ff.
878 Vgl. Ferray (2011), S. 182 sowie S. 190
879 Vgl. Abschnitt 2.2.4. sowie 2.3.2.
880 Diesen Rückschluss der strukturellen Faktoren auf geographischer Ebene sieht auch Ferray (2011), S. 187.
881 Vgl. Breschi und Lissoni (2004), S. 3 f. sowie Boschma (2005), S. 61 ff.

daraus resultierende unilaterale Betrachtungsebene der Hersteller im Industrielebenszyklusmodell.

Die Entwicklung einer Industrie ist determiniert durch ein **ko-evolutorisches Einflussfaktorengeflecht** aus Technologie, Produkt, Industrie, Staat und Nachfrage. Durch die Charakteristik komplexer Produkte ergibt sich ein differenziertes Gewichtungsverhältnis dieser Faktoren im Vergleich zu einfachen Produkten. Die Nachfrageseite ist im Fall komplexer Produkte zweigeteilt, wobei Betreiber und Nutzer des Produkts zu unterscheiden sind. Hieraus ergeben sich neben der produktbezogenen Besonderheit des Aufkommens von Netzwerkeffekten, bspw. in der Wartung oder der Kommonalität bei der Nutzung, wettbewerbsbezogene Vorteile für etablierte Anbieter. Andererseits ist die Befriedigung des Werte- und Anforderungssets der Nachfrage durch den Staat ein wesentlicher Baustein. So sind Parameter wie Sicherheit bei komplexen Produkten oftmals stark ausgeprägt und rechtfertigen eine enge staatliche Bindung zur herstellenden Industrie, was auch die intensiven technologie- und innovationspolitischen Maßnahmen zur Absicherung bzw. technologischen Entwicklung der Produkte erklärt.[882] Gepaart mit der Kapitalintensität komplexer Produkte und der großen Anzahl hochqualifizierter Arbeitsplätze ergibt sich unter gleichzeitiger Vermeidung natürlicher Monopolbildung eine Situation, in der sich das Einflussfaktorenset in seiner Gewichtung vom marktorientierten Pol der Faktoren Produkt, Technik, Industrie und Nachfrage hin zu einem stärker staatlichen Pol verschiebt.[883] Dies hat gravierende Auswirkungen auf die Selektionsmechanismen des **Industrielebenszyklus**. Der Staat wird, aufgrund der strategischen und sicherheitsbezogenen Relevanz, zum maßgeblichen Differenzierungsparamater in der paradigmatischen Phase. So sind staatsinduzierte Industriestrukturveränderungen ein wesentlicher Baustein bei der Analyse der Industrieevolution. Neben der Kreierung nationaler Champions sind staatsinduzierte Markteintritte ein wesentliches Merkmal von Industrien mit komplexen Produkten.[884]

Komplexe Produkte weisen eine systemische Struktur auf und inkorporieren mehrere Techniken. Der Grad der **Produktkomplexität** wird dabei durch die Anzahl interagierender Subsysteme und damit durch die Breite und Tiefe des benötigten Wissens, das zur Entwicklung und Herstellung eines Produkts erforderlich ist, determiniert. Die Dynamik der Produktkomplexität ist durch zwei gegenläufige Wandlungsparameter beeinflusst. Zum einen steigt der Komplexitätsgrad durch funktionale und technische Ausdehnung über die Zeit. Zum anderen streben die Unternehmen durch Modularisierungs- und Standardisierungsmechanismen einer Gestaltung und Beherrschung der Komplexität entgegen.[885] Die additive Charakteristik ist entscheidend für das Verständnis von **Produkt- und Techniklebenszyklen komplexer Produkte**. Neben

[882] Vgl. Unterabschnitt 2.2.3.1.
[883] Vgl. Unterabschnitt 2.2.3.2.
[884] Vgl. Unterabschnitt 2.2.4.2.
[885] Vgl. Unterabschnitt 2.2.2.1.

langer Einführungsphase und Lebensdauer, direkter nachfrageseitiger Teilnahme am Entwicklungsprozess, geringen Stückzahlen und hoher Technologie- und Kapitalintensität, ist die Zusammensetzung komplexer Produkte aus unterschiedlichen Techniken entscheidend. So befinden sich die jeweiligen Techniken eines Produkts in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen und werden unabhängig vom Produktlebenszyklus des Gesamtsystems substituiert, addiert oder alterniert. Dies führt dazu, dass eine Technik mehrere Produkte und/oder Produktgenerationen überdauern kann oder bereits in frühen Phasen des Produktlebenszyklus ersetzt wird. Da die technologische Leistungsfähigkeit und die Kapitalintensität wesentliche Merkmale komplexer Produkte sind, ergibt sich eine Situation in der Produktnachfolge Kannibalisierung und das Verfehlen von *Break-evens* verursachen kann oder ein Technikwechsel zu neuen Wachstumsphasen des Produkts führt.[886] Daraus resultiert, dass die **Techniklebenszyklen und Produktlebenszyklen phasensenseitig nicht übereinstimmen**. Es ergibt sich ein Bild bei dem auf Gesamtsystemebene keine eindeutige Phasenzuordnung des Artefakts möglich ist. Subsysteme befinden sich in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen, sodass bei einer Änderung eines Subsystems je nach Innovationstypus Reaktionen der anderen Subsysteme in Form von Verbleib, Adaption oder radikaler Innovation folgen oder Neuerungen in einem Subsystem durch Persistenzen verhindert werden. Eine Reifung des komplexen Produkts kann demnach sehr spät oder nie eintreten. Da sich die Entstehungsphasen einfacher und komplexer Produkte weitestgehend entsprechen, die Wachstums- und Reifephase bei komplexen Produkten allerdings verschwimmt bzw. dazu tendiert bestimmte Charakteristika der flüssigen Phase beizubehalten, ist eine Einteilung in **präparadigmatische und paradigmatische Phase** für komplexe Produkte zielführend.[887] So ist in Industrien mit komplexen Produkten selbst in der paradigmatischen Phase ein technologischer Wettbewerb zu verzeichnen. Dies hat für die Industrieentwicklung zentrale Folgen. Durch *success-breeds-success*-Effekte entstehen technologische Kapazitätserweiterungen, die in der paradigmatischen Phase auftretende radikale Innovationen für etablierte Unternehmen eher kompetenzerweiternd als kompetenzzerstörend oder -entwertend wirken lassen.[888] Insgesamt ergibt sich also eine Situation in welcher der Blick auf die Herstellerebene nicht ausreicht, um evolutorische Mechanismen zu untersuchen. Die fehlende Implikationsleistung zwischen technologischen und industriellen Lebenszyklusphasen macht also Industrielebenszyklen als Analyseinstrument der Entwicklung komplexer Produkte zu einem inadäquaten Ansatz, da neben der technologischen Ebene die Wertschöpfungsstufen unterhalb der Hersteller relevant sind. Als Folge werden **Netzwerke**, die diese Ebene einschließen, als geeignetere Analysemethode identifiziert, da sie den ko-evolutorischen Beziehungszusammenhang zwischen Technologie und Industrie erfassen.

---

886 Vgl. Unterabschnitt 2.2.2.2.

887 Vgl. Unterabschnitt 2.2.4.2.

888 Vgl. Unterabschnitt 2.2.4.2. Allerdings befreit dies etablierte Akteure nicht vor den staatlichen Einflussmechanismen und einem staatsinduzierten Shakeoutprozess, wie eingangs beschrieben.

In dieser Untersuchung wird die **Industrie als Netzwerk** aufgefasst, das sich aus horizontalen, vertikalen und lateralen Akteuren zusammensetzt, wobei dieses Netzwerk als komplexes, adaptives System verstanden wird und sich über struktur-emergente, pfadabhängige Rigiditäten und *Lock-ins* entwickelt.[889] Die wechselseitigen Wandlungsimpulse technologischer und industriestruktureller Art werden in diesem Rahmen berücksichtigt. Die Balance von Exploration und Exploitation, also **Ambidextrie**, ist dabei erfolgskritischer Faktor für die Akteure im Netzwerk.[890] Die Netzwerkakteure nutzen die Verbindungen zu anderen Akteuren, um ihr eigenes Wissen durch die Partner zu ergänzen, weiterzuentwickeln und anzupassen, wodurch ihre **Fähigkeiten dynamisiert** werden. Gerade bei komplexen Produkten ist eine graduelle Erweiterung der Kompetenzen bei gleichzeitiger Stabilität der Kernkompetenzen, also ein **kreativer Akkumulationsprozess**, charakteristisch. Dieser ergibt sich aus der Kombination vormals getrennter Wissensfelder und Systeme. Zur Realisierung von Ambidextrie im Netzwerk ist eine Mischung aus positionsbezogener und struktureller Ambidextrie erfolgsversprechend.[891] Dabei gestalten sich die (Teil-)Netzwerke nach den technologischen Anforderungen bzw. Stadien der Technik. **Explorationsnetzwerke** sind gekennzeichnet durch eine heterogene Ausgestaltung der industriellen Akteure in Bezug auf deren Wissen und Zugehörigkeit sowie durch eine große Zahl von Wissensintermediären. **Exploitationsnetzwerke** hingegen setzen sich eher aus industriellen Akteuren mit homogenen Wissensbasen und der gleichen industriellen Zugehörigkeit zusammen und greifen auf Wissensintermediäre eher in einem prozessbezogenen Kontext zurück. Allerdings bestehen in zeitlicher Perspektive **Risiken** zur Aufrechterhaltung der Ambidextrie im Netzwerk, da jede der beiden Lernarten ein Übergewicht über die andere erlangen kann. Dies entsteht durch die Verfestigung von Netzwerkroutinen und einem damit einhergehenden Trägheitsrisiko bestehender Allianzen, welches eine nachfolgende Explorationsorientierung unter den Akteuren erschwert bzw. das explorative Fenster einschränkt. In der Konsequenz ergibt sich eine *trade off*-Beziehung zwischen Netzwerkstabilität und -heterogenität.

Bei einfachen Produkten mit einer direkten Implikation zwischen Technologie und Industrie ist die Analyse der zyklischen Ambidextrie ausreichend, da phasenbezogen auf Exploration, Exploitation folgt und sich bei erneuten Explorationsanforderungen eine parallele Balance beider Lernarten, also Ambidextrie einstellt, der wiederum eine Exploitationsphase folgt. Dieser eindeutige Wirkungszusammenhang hält bei komplexen Produkten aufgrund der multitechnologischen Ausgestaltung und Phasenstatus der Subsysteme nicht uneingeschränkt.[892] Inwieweit

[889] Vgl. Unterabschnitt 2.3.1.1.

[890] Ambidextrie bezieht sich dabei sowohl auf das Produkt und den Prozess, wodurch produkt-explorative und -exploitative, als auch prozess-explorative und -exploitative Prozesse stattfinden und in Balance gebracht werden müssen.

[891] Kontextuelle Ambidextrie, also die Trennung zwischen explorativen und exploitativen Tätigkeiten auf der Ebene des Individuums wird für eine Übertragbarkeit auf Netzwerke nicht berücksichtigt bzw. aufgrund der Unvereinbarkeit von diametralen Denkmustern verworfen.

[892] Vgl. Unterabschnitt 2.3.2.2.

eine **dauerhafte Ambidextrieanforderung** an die Akteure gestellt wird oder sich die **Anforderungen zyklisch** als erfolgskritisch herausstellen hängt maßgeblich von der **Netzwerkposition** ab. Die Position im Innovationsnetzwerk wird dabei durch die Rolle der Akteure im Produktionsnetzwerk determiniert. Durch die Komplexität und den systemischen Aufbau komplexer Produkte entsteht ein Gefüge, das durch enge Bindungen zwischen OEM bzw. Gesamtsystemintegrator und den Integratoren der Subsysteme gekennzeichnet ist. Gleichzeitig ist eine große Anzahl an Partnerschaften zu Nischenakteuren und Spezialisten zu erwarten. Hieraus ergibt sich eine Situation, in der OEM und Subsystemintegratoren einer dauerhaften Ambidextrieanforderung gegenübergestellt sind, während in der Wertschöpfungskette tiefer positionierte Akteure lediglich zyklisch beidhändig agieren müssen. Die dauerhafte Ambidextrieanforderung erweitert sich dabei in der Wertschöpfungskette peristaltisch nach unten.

Insgesamt folgt in Industrien mit komplexen Produkten die Innovationsnetzwerkentwicklung den technologischen Stadien sowie deren Stellung im Produktionsnetzwerk. Die Zusammenhänge sind in Abb. 2-11 dargestellt. Während in der **präparadigmatischen Phase** ein idealtypischer Industrielebenszyklusverlauf mit anschließender technologieinduzierter Konsolidierung und einer einfachen, nicht-ausdifferenzierten Zuliefererstruktur sowie hauptsächlich OEM-getriebenen Innovationsaktivitäten vorliegt, ändert sich dies in der paradigmatischen Phase.[893] Die **paradigmatische Phase I** zeigt ein differenziertes Bild des Verlaufs des Industrielebenszyklus, dem eine Mischung aus technologie-, staats-, produktcharakteristika- und nachfrage-induzierten Mechanismen zu Grunde liegt.[894] In dieser Phase wachsen die Netzwerke aufgrund der steigenden Produktkomplexität sowohl produktionsseitig als auch innovationsbezogen. Es greifen die ersten Charakteristika komplexer Produkte auf Industrielebenszyklusebene und in der Netzwerkbetrachtung. Die Ausdifferenzierung erster Module bzw. Subsysteme führt zu einem sich verändernden Bild in beiden Netzwerken.[895] Grund sind zum einen die wenigen Subsystemhersteller, die sich in einem vom OEM vorgegebenen Herstellungsverhältnis befinden und zum anderen die große Zahl der direkt an den OEM gebundenen Nischenspezialisten, die sowohl das Produktions-, als auch das Innovationsnetzwerk prägen. Die Ambidextrieanforderung verbleibt zunächst auf der OEM-Ebene. Allerdings verdichtet sich das Innovationsnetzwerk zusehends in seinem Kern und die technologischen Anforderungen differenzieren sich aus. Daraus ergeben sich Netzwerkcharakteristika der **paradigmatischen Phase II**. Die Explorations- und Exploitationsnetzwerke sind sehr groß, woraus sich eine geringe Dichte ableiten lässt. Es besteht ein stabiler Kern bei gleichzeitig hoher Peripheriefluktuation

[893] Ebenso stellt sich die geographische Distribution der Zulieferer als eher nah heraus.

[894] Vgl. Unterabschnitt 2.2.3.2

[895] Aus dem modularen Aufbau der Netzwerke ist ersichtlich, dass wenn ein Subsystem eine außerordentliche Dominanz in seiner Bedeutung aufweist, sich eine reguläre Kopplung zwischen Technologie und Industriedynamik anwenden lässt. Hier sei als Beispiel der Antriebsstrang eines Automobils genannt, dessen Bedeutung und Wandel Rekonfigurationsprozesse auslöst. Vgl. Knappe (2014)

und einem stark ausgeprägten *success-breeds-success*-Effekt. Hohe Clusterbildungskoeffizienten, kurze Pfadlängen und eine große Heterogenität in beiden Netzwerkarten sind charakteristisch, wobei die Heterogenität in Explorationsnetzwerken wesentlich größer ausfällt. Hieraus lässt sich eine stark heterogene Struktur der Netzwerke ableiten, die die Eigenschaften Kleiner-Welt-Netzwerke und skalenfreier Netzwerke verbindet. Durch die überlappenden Explorations- und Exploitationsanforderungen unterschiedlicher Themenbereiche, weitet sich die Ambidextrieanforderung aus und schließt auch Subsystemhersteller ein.

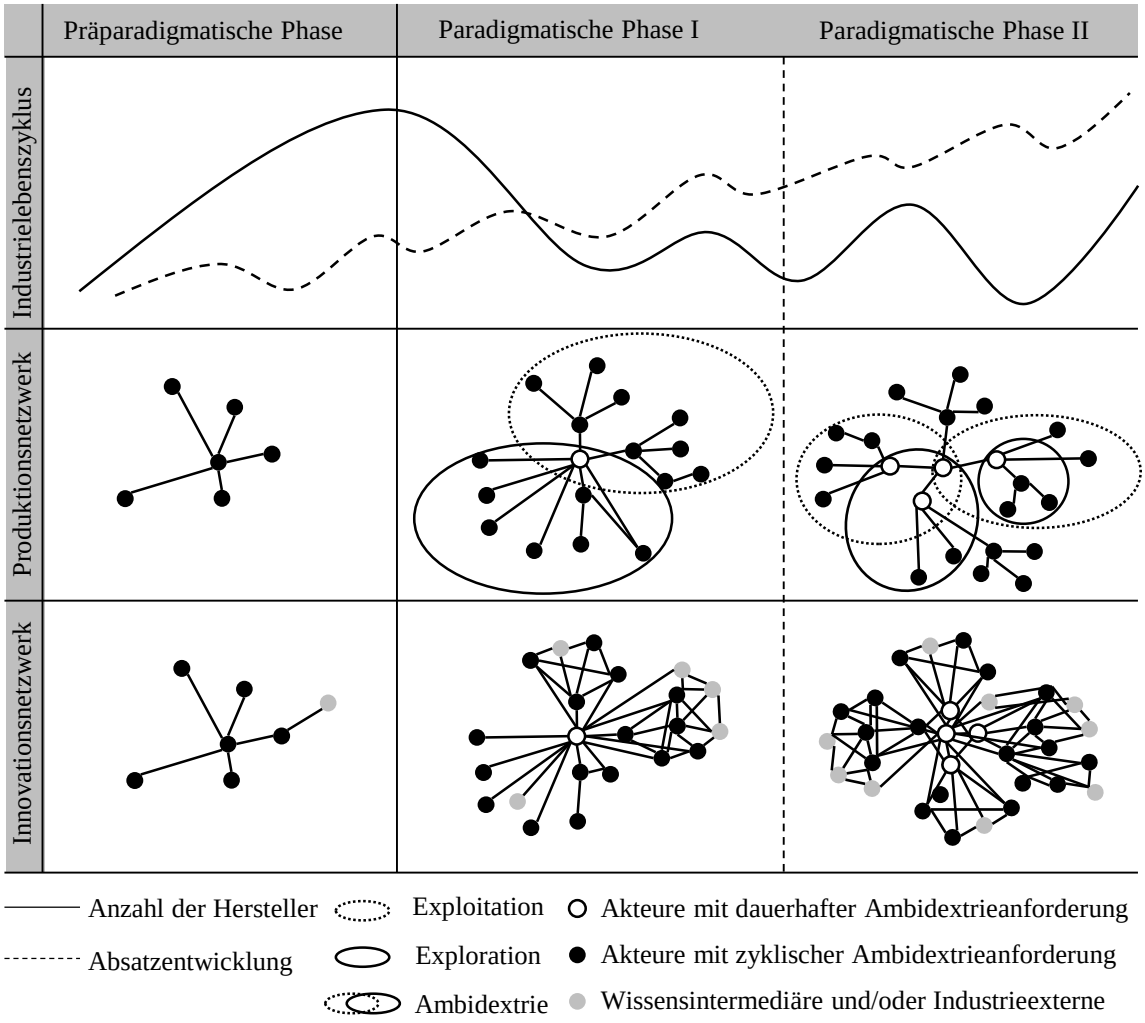


Abb. 2-11: Ambidextrieanforderungen und Netzwerkentwicklung[896]

Um diesen Prozess zu bewältigen sehen sich die Zulieferer zusehends umfangreicheren Entwicklungs- und Herstellungsaufgaben gegenüber, die neben der technologischen Facette auch die Übernahme größerer Risiken, vor allem finanzieller Natur beinhalten. Dieser Entwicklungsprozess hat allerdings auch eine Kehrseite. Ein Kompetenzverlust durch die Auslagerung von

[896] Eigene Darstellung. Die Netzwerkdarstellung bezieht sich auf die Entwicklung der Industriestruktur mit einem OEM und dessen Zulieferernetzwerk.

Entwicklung und Herstellung kann dabei neben der Ausweitung der Ambidextrieanforderung auf die nächst-untere Stufe ebenso zu Machtverschiebungen im Netzwerk führen, da sich Technologieführerschaften bei den Zulieferern etablieren. Auch geographisch spiegelt sich diese Entwicklung wider. So bilden sich verstärkt regionale Cluster, wobei grundsätzlich zwei Clustertypen zu unterscheiden sind. Zum einen entstehen spezialisierte Regionen, die nur zyklischen Ambidextrieanforderungen gegenüberstehen und zum anderen Hub-Regionen, die dauerhafte Ambidextrie aufweisen und sich aus einem oder mehreren Kern- und zahlreichen Peripherieakteuren zusammensetzen. Geographische Nähe und die Einbettung in regionale Strukturen stellen sich als Wegbereiter einer besseren Positionierung im Innovations- und Produktionsnetzwerk heraus und bieten neben den topologischen Untersuchungsaspekten eine weitere Ebene der Erforschung von Beidhändigkeitsanforderungen in Netzwerken.

3. Die Evolution der Luftfahrtindustrie

Dieses Kapitel widmet sich einem Anwendungsfeld des im vorangegangenen Kapitel erarbeiteten theoretischen Rahmens. Hierbei wird zunächst in Teilkapitel 3.1. eine definitorische Abgrenzung der Luftfahrtindustrie vorgenommen und die Charakteristika der heutigen Luftfahrtindustrie beschrieben. Da die historische Entwicklung der Luftfahrtindustrie und die technologische Entwicklung von Flugzeugen die Grundlage aktueller und zukünftiger Entwicklungen bildet, wird diese in Teilkapitel 3.2. erörtert. Teilkapitel 3.3. fasst die Erkenntnisse zusammen, arbeitet die Herausforderungen der Etablierung beidhändigen Lernens in der Luftfahrtindustrie heraus und rückt die resultierenden Dynamiken in einen internationalen Kontext, wobei der Betrachtung netzwerkstruktureller Veränderungen in Bezug auf Ambidextrie besondere Aufmerksamkeit zuteilwird.

3.1. Charakterisierung der Luftfahrtindustrie

Die Ein- und Abgrenzung der Luftfahrtindustrie ist kompliziert, da der Markt für Luftfahrtgeräte sehr breit und weder in den Branchenverbänden noch in den statistischen Ämtern einheitlich geregelt ist.[897] Zur Annäherung an die Zielbestimmung wird eine artefaktbezogene Abgrenzung vorgenommen. Folglich wird zwischen kommerzieller Luftfahrt, Raumfahrt, militärischer Luftfahrt und Allgemeiner Luftfahrt unterschieden.[898] Die **kommerzielle Luftfahrt** umfasst alle zum Transport von Passagieren und Gütern ausgelegten Flugzeuge, wobei hier eine zweiteilige Segmentierung auf Basis der Kapazität zu beobachten ist.[899] Unter den Bereich der Regional- und Geschäftsluftfahrt fallen alle Flugzeuge mit einer geringeren Sitzplatzkapazität als 100.[900] Flugzeuge mit mehr als 100 Sitzplätzen werden als *large civil aircrafts* (LCA) bezeichnet. Sie werden weiter in *single aisle* oder *narrow body* Flugzeuge mit einem Durchgang und bis 250 Sitzplätzen und *twin aisle* oder *wide body* Flugzeuge mit zwei Durchgängen und bis zu 350 Sitzplätzen sowie *very large aircrafts* mit mehr als 350 Sitzplätzen unterteilt. Der Bereich der **Raumfahrt** ist stark durch die Einmaligkeit seiner Bedingungen gekennzeichnet, wobei typische Produkte Satelliten-, Raketen- und missionsspezifische Technologien sind, wie

---

897 Vgl. Begemann (2008), S. 3 sowie Rosenthal (1993), S. 22. Hinzu kommt die uneinheitliche Verwendung des Begriffs Luftfahrtindustrie im deutschen Sprachraum. Auch im englischen Sprachgebrauch werden die Begriffe *aviation*, *aerospace*, *aircraft* und *aeronautical industry* willkürlich verwendet.

898 Somit sind Betreiber eines Artefakts, wie bspw. Fluggesellschaften, als Kunden der herstellenden Industrie zu bezeichnen und werden als Nachfrager in die Analyse eingeschlossen.

899 Vgl. Pompl (2007), S. 180 f.

900 Eine ausführliche Analyse dieses Industriezweigs mit einer charakteristischen Kundenindividualität findet sich bei USITC (2012). Für diese Untersuchung finden allerdings Hersteller von Flugzeugen mit weniger als zehn Sitzplätzen, wie bspw. Cessna und Piper, keine Berücksichtigung, da diese in den Bereich der allgemeinen Luftfahrt eingeordnet werden.

bspw. Landesysteme und Sonden für extraterrestrische Einsatzgebiete.[901] Der fast ausschließlich programmbasierte Entwicklungsprozess ist neben wenigen spezialisierten Unternehmen vornehmlich durch F&E in universitären oder anderen öffentlichen Einrichtungen bestimmt. Im **Verteidigungssektor** ist die Luftfahrt als Hersteller und Zulieferer vor allem für Kampf- und Transportflugzeuge, militärische Drehflügler, Flugkörper sowie unbemannte Luftfahrzeuge (*unmanned aerial vehicle* - UAV) verantwortlich, wobei die Kunden fast ausschließlich staatliche Institutionen sind. Eine Ausnahme ist hier die kommerzielle Vermarktung von Satellitensystemen.[902] Unter der **Allgemeinen Luftfahrt** werden alle weiteren Bereiche subsummiert. Bspw. nicht-militärische Drehflügler, die Sportfliegerei, bspw. Kunst- und Segelflug, Fallschirme sowie Drachenflieger, sowie kleine Passagier-, Transport- und Agrarflugzeuge.

Der Fokus dieser Untersuchung liegt auf der kommerziellen Luftfahrt, also der flugzeugherstellenden Industrie, weshalb im Folgenden die Eigenschaften dieses Bereichs näher analysiert werden und die Luftfahrtindustrie als **Paradebeispiel einer Industrie mit komplexen Produkten** identifiziert wird. Es existieren wenige Produkte, die eine so hohe **technologische Komplexität** aufweisen, wie das Flugzeug. Mehr als zwei Millionen Komponenten werden in einem Flugzeug verbaut.[903] So summieren sich alle Einzelteile in einer Boeing 747 auf fünf Millionen. Sechs Millionen Einzelteile werden in einem Airbus A380 verbaut.[904] Nicht nur aufgrund ihrer technologischen Komplexität gilt die Luftfahrtindustrie als **wissens- und forschungsintensiv**.[905] Die Flugzeugentwicklung ist durch eine Mischung aus Grundlagenforschung und angewandter F&E gekennzeichnet.[906] Neben der Grundlagenforschung zu Themengebieten wie bspw. Aerodynamik und Werkstoffen,[907] gelten **Lernkurveneffekte** durch *learning-by-doing*, vor allem im Prozessbereich, als entscheidend. Die hohe technologische Komplexität des Gesamtsystems Flugzeug erschwert aber gleichsam die Innovationsaktivität auf Architektur- bzw. Gesamtsystemebene, die eine **Innovationsbarriere** durch Persistenzen bzw. *Lock-ins* bildet.[908] Die Kontrolle aller technologischen Interdependenzen resultiert selbst bei

---

901 Als Beispiele sind hier der *Phoenix Mars Lander* der NASA oder die *Huygens Sonde* der ESA zu nennen.

902 Hier sind vor allem Satellitensysteme für die privatwirtschaftliche Nutzung zur Kommunikation gemeint.

903 Vgl. von Gleich (2012), S. 129. Im Vergleich hierzu wird mit einer Bauteilanzahl von ca. 20.000 im Automobil ausgegangen, was einem Faktor von 100 entspricht.

904 Vgl. Friehmelt (2008), S. 4

905 Auch wenn die selbst-finanzierte F&E-rate von bspw. Airbus in den letzten Jahren lediglich zwischen 5 % und 7 % lag, so ist der beträchtliche staatliche Anteil hier hinzuzuzählen. Zudem besteht durch die breite Wissensbasis und inter-industriellen Verflechtungen zu anderen forschungsintensiven Industrien, wie bspw. der Elektronikindustrie, eine Situation, welche die Luftfahrt durchaus als wissens- und forschungsintensiv kategorisieren lässt. Fandel et al. (1990), S. 3 betonen dabei die Durchdringung des flugzeugbezogenen technischen Fortschritts in andere Industrien – neue Werkstoffe, Bauweisen und Fertigungsverfahren hatten positive Auswirkungen auf die Produktion in fast allen anderen Industriezweigen.

906 Vgl. Alfonso-Gil et al. (2007), S. 27. Eine weitreichende Studie zur Thematik der verschiedenen Wissensarten im Flugzeugbau findet sich bei Vincenti (1990), S. 196.

907 Vgl. Vincenti (1990), S. 171 ff.

908 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 21 sowie Abschnitt 2.2.4.

kleinen Verbesserungen in einem großen Aufwand.[909] Spät eintretende Änderungen im Produkt in der Entwicklungsphase sind folglich problematisch, da zum Einen der Subsystemeinfluss auf die anderen Subsysteme und somit auf das Gesamtsystem beträchtlich ist und sich zum anderen Änderungen in Ressourcenverfügbarkeit, Produktleistung und Markteinführungszeit in der Wertschöpfungskette nach unten potenzieren.[910] Aus diesem Grund erfolgt der Einbau **technologischer Verbesserungen** und Neuerungen eher in Sprüngen, d.h. sie werden in neue Generationen oder Typen eingebracht.[911] Bei einer Produktnachfolge birgt dies die Gefahr von Kannibalisierungseffekten, welche in der Luftfahrt aufgrund des hohen **finanziellen Aufwands** eine beträchtliche Rolle spielen und gleichsam eine eher gedämpfte Innovationsintegration in bestehende Produkte hervorrufen.[912] Dies stellt sich, gerade vor dem Hintergrund sehr **langer Produktlebenszyklen**, als entscheidend heraus. So ist eine Flugzeugbaureihe in der Regel 20 Jahre in Produktion und ein Flugzeug ca. 30 Jahre in Betrieb.[913] Die lange Produktentwicklung,[914] die hohen **Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen** und die langen Zertifizierungszeiten von bis zu fünf Jahren führen zu einem immensen finanziellen Vorleistungsbedarf und einer problematischen *Cashflow*- bzw. *Break-even*-Situation.[915] Seit dem Aufkommen der Luftfahrt sind die hohen **Kosten und Risiken** mit der technologischen, prozessualen und organisatorischen Komplexität des Produkts gestiegen.[916] Charakteristisch sind zudem die relativ **geringen Stückzahlen**, die großen Einfluss auf die Ausgestaltung der Produktion haben.[917] Dabei

---

909 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 21

910 Vgl. O`Sullivan (2006), S. 222 sowie Wheelwright und Clark (1992), S. 70 ff.

911 Vgl. von Gleich (2012), S. 129. Kleinere technologische Verbesserungen werden allerdings kontinuierlich integriert, um die Lebensdauer der Flugzeuge zu erhöhen, was allerdings auch die Gefahr birgt Ersatzinvestitionen zu verschleppen. Vgl. Schmidt (1997), S. 68

912 An dieser Stelle ist darauf zu verweisen, dass die Geheimhaltung von Innovationen eine große Rolle in der Luftfahrt spielt. Vgl. Alfonso-Gil et al. (2007), S. 27. Die Bedeutung von Patenten war gerade zu Beginn der Industrieevolution entscheidend und gewinnt in den letzten Jahren wieder stark an Bedeutung. Vgl. Begemann (2008), S. 145 ff.

913 Vgl. von Gleich (2012), S. 130 sowie Fandel et al. (1990), S. 14. Hierbei sind allerdings die unterschiedlich langen Lebenszyklusphasen der einzelnen Module zu berücksichtigen. Während die Avionik Hand in Hand mit der elektronischen Entwicklung geht und dadurch regelmäßige Updates und Neuerungen eingebracht werden, stellen sich die Lebenszyklen für Triebwerke mit bis zu 30 Jahren gegenüber den für die Kabinenausstattung mit ca. 5 Jahren, als sehr heterogen heraus.

914 Nach Krol (2010), S. 3 betrugen die Entwicklungszeiten in den 1970er Jahren ca. 14 Jahre, wohingegen heute 7 bis 8 Jahre, eine immer noch beträchtliche Zeitspanne darstellen. Neben den sehr hohen Entwicklungskosten und der langen Amortisationszeit wird zudem schon vor dem Erstflug die komplette Produktionslinie errichtet, was zusätzliche Investitionen und Kosten mit sich bringt. So wurde bspw. die Fertigungsstraße des A320 bereits 1985 errichtet, obwohl der Erstflug erst 1987 vorgesehen war. Vgl. Fandel (1990), S. 13 f.

915 Ausführungen zu den Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen finden sich bei Alfonso-Gil et al. (2007), S. 28 sowie Hinsch und Olthoff (2013), S. 1 ff. Die langen Zertifizierungszeiten werden von von Gleich (2012), S. 129 dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung des Zulassungsprozesses und dessen Konsequenzen auf die Luftfahrtindustrie finden sich bei Hinsch (2012), S. 13 ff. Hinzu kommt, dass die langen Produktlebenszyklen eine sehr lange Vorhaltezeit von Teilen und Werkzeugen verlangen, um Reparaturen und Ersatze zu gewährleisten. Vgl. Friehmelt (2008), S. 5. Dies kann gerade bei Zulieferern zu Problemen in Form von Lieferproblemen oder Insolvenz führen.

916 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 20

917 Stellt man bspw. die im Jahr 2010 weltweit produzierten 1081 Großraumflugzeugen in Relation zur Automobilindustrie, die im selben Jahr weltweit ca. 77 Millionen Fahrzeuge (Pkw, Lkw und Busse) hergestellt hat,

ist eine Ausweitung der Produktion aufgrund der relativ geringen Bauteil-Kommonalität, hervorgerufen durch die unterschiedlichen Anforderungen der Flugzeuge, nur unter erheblichem Aufwand möglich.[918] Hieraus ergibt sich, dass wenig Standardisierungspotential in Bezug auf Gleichteile vorliegt und zusammen mit der Produkt- und Bauteilkomplexität eine nur geringe Automatisierung vorliegt, die gleichzeitig den personalintensiven Herstellungsprozess unterstreicht.[919]

Dass die Luftfahrtindustrie als Musterbeispiel von Industrien mit komplexen Produkten herangezogen werden kann, wird auch daran ersichtlich, dass lenkende **staatliche Eingriffe** ein fester Bestandteil ihrer Charakteristika sind. Diese Eingriffe intendieren entweder die Förderung oder Behinderung eines bestimmten industriellen Entwicklungspfades und werden meist initiiert, wenn nachfolgende Effekte zutreffen.[920] Erstens sofern positive externe Effekte für andere Industrien vorliegen, zweitens wenn die unterstützte Industrie allein nicht in der Lage ist die notwendigen finanziellen Mittel zur Verwirklichung von technischen Neuentwicklungen zu mobilisieren, drittens die Industrie einen hohen Arbeitsplatzbedarf aufweist, viertens der Wettbewerb weltweit ausgetragen wird und fünftens Fusionen und Akquisitionen zu einer hohen mindestoptimalen Betriebsgröße notwendig sind.[921] Diese Punkte treffen auf die Luftfahrtindustrie zu. Die starke sowohl wissens- als auch akteursseitige Überlappung mit dem Raumfahrt- und Verteidigungsbereich und der daraus resultierenden großen Bedeutung von (nationaler) Sicherheit,[922] als auch dem volkswirtschaftlichen Interesse, das auf Technologieführerschaft und der Beschäftigungssicherung gründet sowie mit den aus der technologischen Komplexität resultierenden finanziellen Risiken, macht das staatliche Eingreifen zu einem essentiellen und kritischen Prozess für den Erfolg des Flugzeugherstellers.[923] Der staatliche Durchdringungsgrad ist dabei abhängig von nationalstaatlichen Interessen und somit stark heterogen. Grundsätzlich lässt sich der Einflussbereich aber auf die Rolle als Gesetzgeber,[924] Anteilseigner und **Förderer**

---

wird der Unterschied schnell ersichtlich. Vgl. OICA: http://www.oica.net/category/production-statistics/2010-statistics/. So liegen in der Automobilindustrie deutliche Überkapazitäten vor, während in der Luftfahrt Unterkapazitäten vorherrschen.

918 Vgl. von Gleich (2012), S. 129

919 Ein Beispiel sind Niete, die zu hunderttausenden bis heute größtenteils von Hand gesetzt werden müssen. So plant Boeing für das Jahr 2015 die erste automatisierte Nietrobotik. Vgl. www.flightglobal.com, 29.08.2014.

920 Vgl. Albach (1994), S. 11 sowie Schmidt (1997), S. 42

921 Schmidt (1997), S. 42 ff. belegt diese Argumente eindrucksvoll für die Luftfahrtindustrie und stellt damit unter Beweis, dass ein Eingreifen des Staats in Industrien mit komplexen Produkten, zumindest zu bestimmten Zeitpunkten, unabdingbar für deren Entwicklung ist.

922 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 22. Etwaige Veränderungsimpulse aus überlappenden Bereichen werden selektiv mit in die Betrachtung aufgenommen.

923 So stellt bspw. Eriksson (2000), S. 563 ff. das *Spillover*potential aus militärischen Projekten auf die zivilen Programme in den Vordergrund seiner Betrachtung.

924 Vgl. Pompl (2007), S. 51 ff. Hier sind auch die direkten technologischen Impulse aus bspw. den Behebungsversuchen der ökologischen Dysfunktion zu nennen. Diese sog. *pending regulations* treiben die technologische Entwicklung voran. Vgl. Abschnitt 2.2.3.

technologischer Entwicklung sowie als **direkter und indirekter Kunde** definieren.[925] Neben dem direkten Kundenstatus im militärischen Bereich treten Staaten im zivilen Bereich bspw. als Eigner von Fluggesellschaften auf.[926] Zudem ist der Einfluss durch die Etablierung von direkten und indirekten Absatzbarrieren für Flugzeuge des nationalen Markts durch die Bedingung, dass ein nationaler Akteur an der Herstellung des Flugzeugs beteiligt sein muss,[927] ein bedeutender Einflussfaktor. Diese sog. Kompensationsgeschäfte gelten sowohl für Rüstungs- als auch zivile Projekte und sind ein probates Mittel der Technologieaneignung und -absicherung.[928] Im militärischen Geschäft determinieren Staaten durch ihre Dominanz als Nachfrager und Entscheidungsmacht die Größe der Industrie.[929] Hierbei sind neben der Ausnahmesituation von kriegswirtschaftlichen Kontroll- und Übernahmemechanismen vor allem die Schutzmechanismen und sicherheitspolitischen Überlegungen bedeutend. Zudem wird die Industriestruktur durch die Spezifizierung der Markteintrittsbedingungen und durch die Bestimmung der Firmengröße beeinflusst. Beispiel hierfür sind u.a. die Erlaubnis des Staats ausländische Produkte zu kaufen oder die Rettung von Unternehmen, die der Staat als Schlüsselspieler der nationalen Sicherheit sieht, sowie die Regelungen zu M&A.[930] Durch die Förderbedürftigkeit der Luftfahrtindustrie ist auch die Rolle von Regionen bzw. **Standorten** nicht zu unterschätzen.[931] Neben regionalen Fördermechanismen und nationalstaatlichen Interessen, die vor allem auf Beschäftigungssicherung und Technologieabsicherung abzielen, ist die globale Aufstellung der Hersteller und Zulieferer zur Kreierung von **währungsresistenten Renditen** entscheidend.[932] Diese technologischen, kostenseitigen und staatlichen Einflussfaktoren ergeben eine Situation,

---

925 Vgl. Hartley (2014), S. 32. Dabei wird oftmals das *Spillover*potential aus der Luftfahrt herangenommen, um die immensen finanziellen Transferleistungen in diese Industrie zu rechtfertigen: Ein Beispiel ist die Nutzung der MEMS-Gyro-Technologie im Bereich der Sensorik, welche in der Luft- und Raumfahrtindustrie durch Honeywell entwickelt wurde und zur Nutzung im Automobilsektor durch Motorola erworben wurde.

926 Der staatliche Einfluss nahm mit Einzug der Deregulierung des Fluggesellschaftsmarkts zwischen 1978 (US-amerikanische Deregulierung auf Interkontinentalstrecken) und 1983 (Aufhebung der wettbewerbsbeschränkenden Regulierungen in Europa) deutlich ab. Vgl. Pompl (2007), S. 131. Heute befinden sich weniger Fluggesellschaften in staatlicher Hand, wobei ein volumenseitiger Großteil, privatwirtschaftlich agierende Akteure sind, wie bspw. die Lufthansa.

927 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 21

928 Vgl. Krol (2010), S. 3. Diese Vorgehensweisen werden hauptsächlich von aufstrebenden Ländern wie China und Indien praktiziert, stellen aber auch bspw. in Europa innerhalb des Airbus-Konzerns ein probates Mittel zur Durchsetzung des Proporzdenkens dar.

929 Vgl. Hartley (2014), S. 29

930 Vgl. Hartley (2014), S. 29 f.

931 Vgl. Alfonso-Gil et al. (2007), S. 24 sowie Hinsch und Olthoff (2013), S. 271 ff.

932 Gerade Hersteller die nicht im Dollarraum beheimatet sind tragen große Währungsrisiken, da Flugzeuge bis zu sieben Jahre vor Auslieferung in Dollar gekauft und vertraglich besiegelt werden, was den Hersteller nicht nur die Gewinnmarge kosten kann sondern bis zur Verlustgrenze belastet. Der Hersteller Fokker wurde so 1996 in die Insolvenz getrieben, da sinkende Dollarkurse und gleichzeitig Entwicklung und Beschaffung im eigenen Land immer teurer wurden. Vgl. Krol (2010), S. 3

die die **Markteintrittsbarrieren** anhebt und **natürliche Monopoltendenzen** aufweist.[933] Insgesamt stellt sich die Luftfahrtindustrie als eine strategische Industrie heraus,[934] die allerdings heute wesentlich unabhängiger agiert als noch vor 20 Jahren. So steht das Duopol aus Boeing und Airbus vor der Herausforderung die technologische Komplexität, die enormen finanziellen Risiken, die Dynamik im Fluggesellschaftssektor und die Aussicht auf neue Wettbewerber zu bewältigen. Um die technologischen Unsicherheiten einzudämmen und finanzielle Risiken zu bewältigen ist neben der staatlichen Verflechtung ein großes **Kooperationsgeflecht** für die Luftfahrtindustrie charakteristisch, wobei Koopetitionsnetzwerk eine genauere Bezeichnung darstellt.[935] Dabei führt die breite und tiefe Wissensbasis neben den zahlreichen horizontalen und vertikalen Verbindungen vor allem zu lateralen Verknüpfungen mit industrieexternen Akteuren und Wissensintermediären, wie Forschungsinstitutionen und Dienstleistern.[936] Zudem besteht der Bedarf an sehr spezifischem Wissen, was gerade in Europa in Kombination mit den kleinvolumigen nationalstaatlichen Einzelprogrammen der Vergangenheit zu einer hochgradig heterogenen und vor allem mittelstandsgeprägten KMU-Zuliefererstruktur führte. So besteht zwar produktseitig ein klassischer pyramidaler Aufbau der Wertschöpfungskette, allerdings ist die Besetzung von Tier-1- und Tier-2-Ebenen in bestimmten Bereichen durch den OEM immer noch eher eine Regel, denn Ausnahme.[937] Folglich existieren große Tier-1-Zulieferer nur vereinzelt, obwohl der Bedarf hierfür von Seiten der OEM enorm ist.[938]

3.2. Evolution in drei Etappen

Die heute charakteristischen Merkmale der Luftfahrtindustrie definieren diese Industrie nicht seit jeher. Wie sich aus einer prototypischen Industrie im Sinne der Industrielebenszyklustheorie (Abschnitt 3.2.1.) eine Branche mit den Charakteristika einer Industrie mit komplexen Produkten entwickelte (Abschnitt 3.2.2.) wird in diesem Teilkapitel veranschaulicht. Abschnitt 3.2.3. fokussiert auf die Dynamik aus industriestruktureller und technologischer Perspektive.

933 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 22. Die staatlichen Interessen stehen dem gegenüber und sind bestrebt solche Monopolstellungen eines einzelnen Nationalstaats zu verhindern. Dies war auch ein Grund für die Gründung von Airbus 1970, um ein Gegengewicht zur Vormachtstellung der USA zu erzeugen.

934 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 22

935 Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 21

936 Vgl. Guffarth und Barber (2013), S. 14

937 Vgl. Airbus (2012), S. 23. Dies trifft vor allem auf Europa und hier besonders auf Deutschland zu, weshalb in der quantitativen Besetzung der einzelnen Zuliefererebenen große nationalstaatliche Unterschiede auszumachen sind.

938 Die Entwicklung der Wertschöpfungsketten und deren Einfluss auf die Evolution der Luftfahrtindustrie werden in Absatz 3.2.3. genauer thematisiert.

3.2.1. Die Anfangsjahre

Die frühen Pioniere der bemannten Luftfahrt, wie die Gebrüder Wright (1903), waren privatfinanzierte Erfinder, die versuchten durch Patente und vor allem Preisgelder von Flugwettbewerben ihre Investitionen zu amortisieren.[939] Diese **frühe Phase** war geprägt von Wettläufen, bspw. um den ersten Flug, den längsten Flug, den ersten Flug über den Ärmelkanal oder über den Atlantik.[940] Dabei wurde eine Vielzahl an Flugzeugtypen, -formen und -arten von diesen Unternehmern und Tüftlern entwickelt. Diese Variantenvielfalt steigerte sich bis zum Eintritt des Ersten Weltkriegs und erreichte in den Jahren 1910 bis 1912 ihren Höhepunkt. Während das Niveau der Anzahl der Flugzeugtypen bis 1908 unter 50 lag, waren 1909 bereits um die 200 Flugzeugtypen und 1910 über 350 verschiedene Fluggeräte bekannt. Das Militär erkannte früh den Nutzen der Flugzeuge und positionierte sich als Auftrag- und Kapitalgeber. So erhielten bspw. die Gebrüder Wright 1908 einen Militärkontrakt zur Fertigung von waffenbestückten Flugzeugen. Zudem wurden auf Basis der militärischen Überlegungen Forschungsakademien gegründet, wie bspw. im Jahr 1912 die *Royal Aircraft Factory* durch die britische Regierung.[941] Der **Erste Weltkrieg** führte zur ersten Massenproduktionswelle, da die Nachfrage nach militärischen Kampfflugzeugen rapide zunahm (vgl. Abb. 3-1). So wandelten sich bspw. in Deutschland gegen Ende des Ersten Weltkriegs die handwerklichen Kleinbetriebe in Fabriken für die Herstellung von Flugzeugen, Motoren und Ausrüstungsgegenständen.[942] Dies führte auch zur Herausbildung einer industriespezifischen, hochqualifizierten Arbeiterschaft.[943] Gleichzeitig stieg die Nachfrage nach Flugzeugen mit einer höheren Geschwindigkeit und Reichweite, was in weiteren technologischen Verbesserungen mündete und neue Materialien, Motoren und Designs hervorbrachte.[944] So gab es bspw. bereits vor dem Ersten Weltkrieg erste Versuche metallene Rümpfe herzustellen, die auf dem Pariser Aero Salon 1912 durch Bleriot, Borel und Deperdussian vorgestellt wurden.[945] Die **Zwischenkriegsjahre** sind zunächst durch eine große Vielfalt in Bezug auf Design und Form des Flugzeugs geprägt.[946] Doppeldeckerflugzeuge aus Holz wurden nur langsam durch metallische Strukturen abgelöst und aufgrund der steigenden

---

939 Vgl. Hartley (2014), S. 11. Neben diese Einkünften wurde vor allem ihr reguläres Einkommen der Hauptberufe, Postdienste, Mäzenatentum, Flugshows oder Passagierflüge verwendet. Vgl. Hartley (2014), S. 11. Dabei ist anzumerken, dass bis auf Boeing und Sikorsky – im Bereich der Drehflügler – keiner der frühen Pioniere und Unternehmen heute noch existiert.

940 Vgl. Hartley (2014), S. 11

941 Vgl. Hartley (2014), S. 11

942 Vgl. Kidess (2003), S. 17

943 Vgl. Angelucci (1981), S. 29 f.

944 So wurden bspw. erste metallische Verstrebungen verwendet, die Hubkolbenmotoren wurde effizienter und Designvariationen in Bezug auf die Anzahl der Tragflächen und deren Anordnung wurden getestet.

945 Vgl. Flight (1912), S. 1022 ff. Dies zeigt auch, dass die Dominanz in der Entwicklung von innovativen Flugzeugen zu dieser Zeit in Frankreich lag.

946 Vgl. Sutton (2001), S. 419

Geschwindigkeitsanforderung setzte sich das einklappbare Fahrwerk durch.[947] Die Designkosten waren gering, was Unternehmer befähigte mit innovativen Ideen auf den Markt zu drängen.[948] Die Anzahl der Flugzeughersteller war enorm. Allein in den USA waren 286 Hersteller aktiv, von denen die meisten allerdings nur einen Flugzeugtyp fertigten.[949]

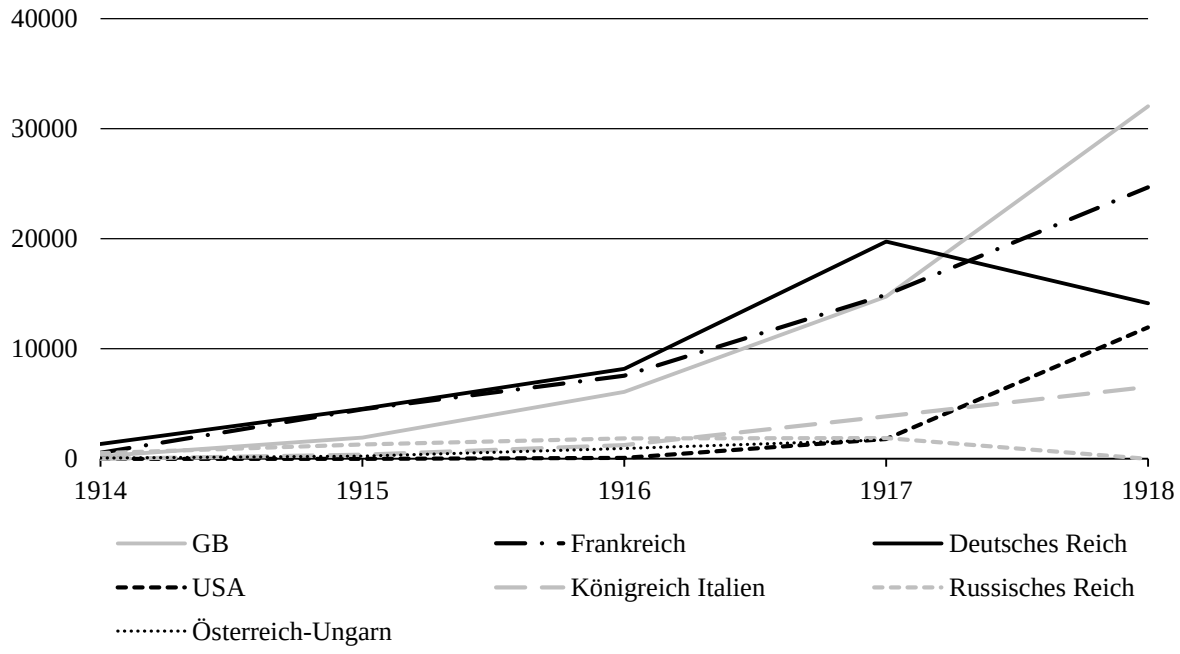


Abb. 3-1: Produktionsstückzahlen von Fluggeräten während des 1. Weltkriegs[950]

Allerdings mündete das Kriegsende auch in Aufkündigungen der militärischen Aufträge, bei gleichzeitigen Überbeständen aus der Kriegsproduktion.[951] Dies führte zu Marktaustritten, Unternehmenszusammenschlüssen und Diversifizierungsversuchen in andere Industrien, wie bspw. in die Automobilindustrie, die Metallbearbeitung und sogar die Nutzung von Hangars zur Pilzzucht.[952] So waren zu dieser Zeit, aufgrund der sich verändernden Kostenstrukturen, horizontale und vertikale Fusionen die Regel.[953] Bis in die 1930er Jahre reduzierte sich die weltweite Zahl konkurrenzfähiger Hersteller auf ein knappes Dutzend.[954] Die Luftfahrtindustrie befand sich in den 1920er und 1930er Jahren in den technologischen Kinderschuhen, wobei die

947 Vgl. Sutton (2011), S. 419
948 So wurde bspw. 1927 die Lockheed Vega, das erste stromlinienförmig konstruierte Flugzeug, mit nur 25.000 Dollar entwickelt. Vgl. Miller und Sawers (1968), S. 61
949 Vgl. Simonson (1960), S. 366
950 Eigene Darstellung in Anlehnung an Neugebauer (1993), S. 209 sowie Angelucci (1981), S. 29
951 Vgl. Hartley (2014), S. 12
952 Vgl. Hayward (1989), S. 12
953 So fusionierten 1929 bspw. Boeing (Flugzeughersteller) mit Pratt & Whitney (Verbrennungsmotoren) und gründeten eine eigene Fluggesellschaft. Solche Konglomerate wurden allerdings nach dem *air mail scandal* von 1934 aufgelöst. Vgl. Hartley (2014), S. 15. Zudem stellten Exportgeschäfte oftmals die Rettung nationaler Programme dar. So konnte die italienische Luftfahrtindustrie vor allem aufgrund der Exporte nach Russland überleben. Vgl. Hartley (2014), S. 14
954 Vgl. Sutton (2001), S. 423

zivile Luftfahrt der entscheidende Entwicklungsfaktor war.[955] Grund waren die in den USA zur Eisenbahn konkurrenzfähigen Flugrouten, die den Wettbewerb forcierten und die technologische Entwicklung vorantrieben. Neben diesem Innovationstreiber steuerten weiterhin Wettbewerbe und Rennen einen wesentlichen Beitrag zur technologischen Entwicklung bei.[956] Die Phase radikal unterschiedlicher Produktdesigns und geringer Markteintrittskosten endete zwischen 1929 und 1932 mit der Etablierung eines dominanten Designs.[957] Die Douglas DC-3 revolutionierte den Luftverkehr in Bezug auf Geschwindigkeit und Reichweite und gilt als erstes dominantes Flugzeugdesign.[958] Aufgrund ihrer kostenoptimierenden Einsatzmöglichkeit im Passagier- und Frachtverkehr setzten sich anschließend freitragende Eindeckerflügel aus Metall durch.[959] Zudem wurden die Flugzeuge größer, um die Kosten pro Sitzplatz zu verringern und die Nachfrage der Flugzeugbetreiber zu befriedigen.[960] Auch die Produktion veränderte sich maßgeblich. So verbindet man mit der DC-3 bedeutende Fortschritte im Produktionsprozess, denn erstmals wurden alle Komponenten getrennt gefertigt und dann zur Montage angeliefert.[961] Obwohl diese Zeit von der zivilen Luftfahrt geprägt war, kristallisierte sich die staatliche Verbundenheit mit der Luftfahrtindustrie durch militärische Verknüpfungen und dem zunehmenden politischen Bewusstsein zur Förderung der Industrie heraus.[962] Dabei waren die Interventionsformen der jeweiligen Staaten höchst heterogen. So beließen bspw. die USA und Großbritannien die Unternehmen in Privateigentum und unterstützten diese durch Fördermittel.[963] Dies führte bspw. in Großbritannien zu ersten Spezialisierungsformen durch die Förderung spezieller Flugzeugtypen, wie bspw. Kampfflugzeuge, Flugboote, Bomber und Marineflugzeuge. Daraus ergab sich eine Fokussierung auf einen kleinen Kreis an Unternehmen.[964] Der französische Staat verfolgte einen anderen Ansatz. Die in den 1930er Jahren verstaatlichte Luftfahrtindustrie brachte sechs Flugzeughersteller hervor, die allerdings alle die angestrebten Rationalisierungs- und Modernisierungsmaßnahmen nicht bewerkstelligen konnten und so auf kleinen,

---

955 Vgl. Angelucci (1981), S. 109

956 Ein weiterer Treiber der Entwicklung der zivilen und militärischen Luftfahrt ist das Resultat der Massenarbeitslosigkeit nach dem Börsencrash von 1929. Der Einsatz von Arbeitern zum Bau von öffentlichen Einrichtungen, wie bspw. Flughäfen forcierte die Luftfahrt. Vgl. Geels (2005), S. 199

957 Vgl. Sutton (2001), S. 419

958 Vgl. Hartley (2014), S. 13. Die DC-3 bestand damals aus ca. 100.000 Teilen, was im Vergleich zu den heutigen Maschinen um den Faktor 60 geringer ist.

959 Vgl. Sutton (2001), S. 419 sowie Ziman (2000), S. 183. Zu dieser Zeit veränderten zusätzlich die neu entwickelten Windkanäle den Entwicklungsprozess und schufen einen geordneten, planbaren Ablauf. Allerdings stiegen hierdurch auch die Entwicklungskosten immens an, da unterschiedliche Designs und wesentlich komplexere Produkte möglich wurden. So war die Entwicklung der Douglas DC1 aus dem Jahr 1933 mit 306.000 Dollar zwölfmal höher als die der Lockheed Vega aus dem Jahr 1927. Vgl. Sutton (2001), S. 421

960 Vgl. Sutton (2001), S. 423

961 Vgl. Sutton (2001), S. 426. Schon damals war die Nachfrage nach der DC-3 wesentlich höher als die kapazitativen Fähigkeiten vom Hersteller Douglas. Vgl. Sutton (2001), S. 427

962 Vgl. Hartley (2014), S. 13

963 Vgl. Hartley (2014), S. 14. So wurde schon die Entwicklung der erfolgreichen DC-3 mit 4,5 Millionen Dollar von der US-Regierung gefördert.

964 Vgl. Hartley (2014), S. 13

zugewiesenen Produktionsvolumen verharrten und keine Skaleneffekte erreichen konnten.[965] Den Deutschen war es auf Basis des Versailler Vertrags von 1919 untersagt militärische Flugzeuge herzustellen. Nur privaten Unternehmen war die Herstellung von Flugzeugen mit limitierter Größe und Leistung gestattet.[966] Nichtsdestotrotz fand in Deutschland eine Konzentration staatlicher Mittel auf Firmen wie Focke-Wulf, Junkers, Dornier und Heinkel statt.[967]

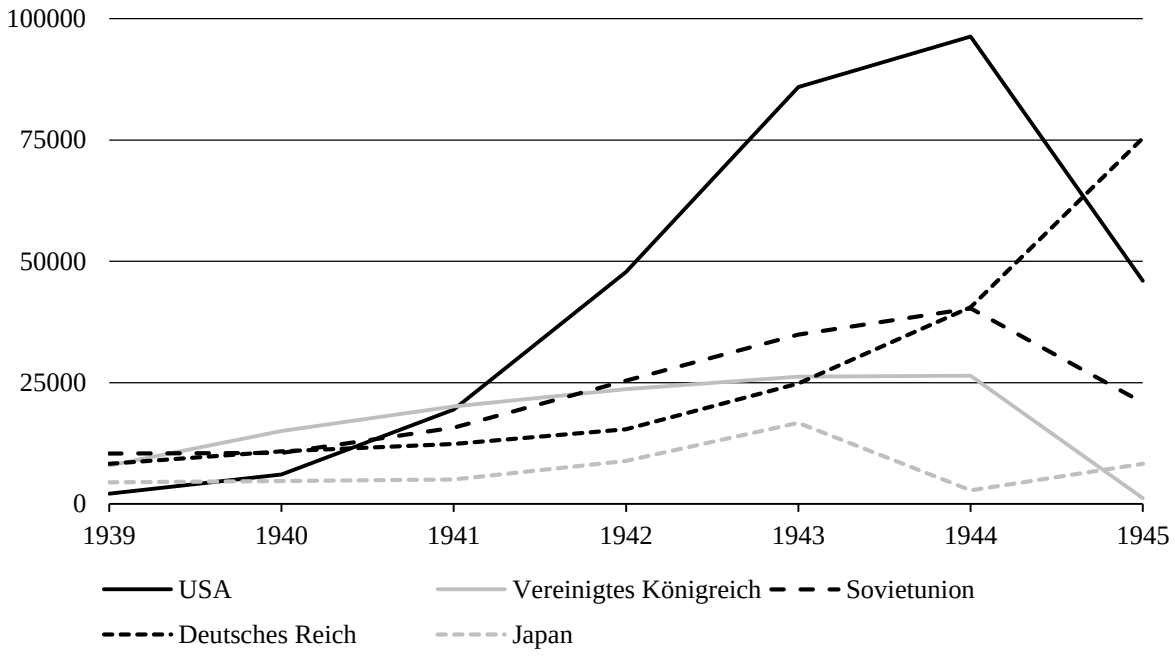


Abb. 3-2: Produktion im 2. Weltkrieg[968]

Mitte der 1930er Jahre fand in ganz Europa ein Aufrüstungsprozess statt, der die Quantität und Qualität der Nachfrage deutlich erhöhte und so neue Innovationen mit dem Ziel der Geschwindigkeitserhöhung mit sich brachte.[969] Die Kriegsjahre des **Zweiten Weltkriegs** waren ein Schock für die Industriestruktur, da durch große Zugewinne an Produktionswissen und technologischer Sprünge ein neues Möglichkeitenfenster für die in der militärischen Produktion beteiligten Unternehmen für den späteren zivilen Markt eröffnet wurde.[970] So ging mit der militärischen Ausrichtung der Wirtschaft ein Anstieg der Beschäftigtenzahlen und eine enorme Ausweitung der Produktionsleistung einher, was vor allem für Deutschland zutraf. So zählte

965 Vgl. Hartley (2014), S. 14. Gleichermaßen einen staatlichen Ansatz verfolgte Russland, die sich auf die Produktion von Bombern fokussierten und spezialisierte Designbüros etablierten. Die japanische Luftfahrtindustrie war dominiert von militärischem Einfluss und spezialisiert auf Kampfflugzeuge.

966 Vgl. Hartley (2014), S. 15

967 Vgl. Kidess (2003), S. 17

968 Eigene Darstellung auf Basis von http://www.nationalww2museum.org/learn/education/for-students/ww2-history/ww2-by-the-numbers/wartime-production.html, Zugriff am 03.08.2015

969 Vgl. Hartley (2014), S. 15 f.

970 Vgl. Sutton (2001), S. 429

die Luftfahrtindustrie 1936 bereits 125.000 Beschäftigte, nachdem diese 1919 fast auf Null gesunken war. Im Jahr 1939 stieg die Arbeitnehmerzahl auf etwa 1,2 Mio. und 1943 auf fast 2 Mio.[971] Die US-amerikanische Luftfahrtindustrie wurde bezogen auf die Erzeugnisleistung 30mal größer als vor dem Krieg.[972] Abb. 3-2 veranschaulicht diese Dynamik. Nimmt man die Produktionszahlen der Länder zusammen, so ergibt sich in den Spitzenjahren 1943 und 1944 ein Produktionsvolumen von 189.000 und 207.000 Flugzeugen. Diese großen Volumina ermöglichten den Flugzeugwerken Skaleneffekte zu erschließen und Lernkurveneffekte zu realisieren. Hierzu wurden Erkenntnisse und Methoden der Automobilindustrie eingesetzt.[973] Die technologische Entwicklung in den Kriegsjahren des Zweiten Weltkriegs war enorm. Neben der inkrementellen Fortentwicklung von verbrennungsgetriebenen Flugzeugen,[974] fällt die radikale Innovation der Jet-Technologie in diese Zeit.[975] Die Anwendung der Turbinentechnologie im Flugzeug war ein langwieriger Prozess.[976] Dabei verhinderten vor allem Gewicht und Größe, aber auch materialbezogene Probleme wie Hitzeresistenz und eine ausreichende Kompressoreffizienz den Einsatz der Turbinen in Flugzeugen.[977] Die ersten Durchbrüche zeichneten sich in den 1930 Jahren in Deutschland und England ab, als die beiden Pioniere von Ohain und Whittle, unabhängig voneinander und unabhängig von den etablierten Flugzeugherstellern, als auch von staatlicher Seite die ersten Fleugzeugjetantriebe entwickelten.[978] Dieser Zustand änderte sich allerdings und finanzielle Unterstützung aus den staatlichen Verteidigungsbudgets

971 Vgl. Kidess (2003), S. 17. Eine sehr detaillierte Ausführung der deutschen Luftfahrtindustrie findet sich bei Vajda und Dancey (1998).

972 Vgl. Ristuccia (2014), S. 17

973 Vgl. Hartley (2014), S. 16

974 So erhöhte sich bspw. die Geschwindigkeit von Kampflugzeugen um 100mph von 350mph 1939 auf 450mph 1945. Vgl. Hartley (2014), S. 16 sowie Constant (1980), S. 117

975 Weitere radikale technische Innovationen stellten die Atombombe, Marschflugkörper und ballistische Raketen dar. Zudem wurden neue schwere Bomber, Radar- und elektronische Kriegsführung entwickelt. Vgl. Hartley (2014), S. 16

976 Grundsätzlich wird die Jet-Technologie in Turbojets, Turbofans, Raketen, Staustrahltriebwerk und Verpuffungsstrahltriebwerk unterteilt, wobei für den späteren Einsatz in zivilen Großraumflugzeugen vor allem die Entwicklungen zu Turbojet und Turbofans bedeutend sind. Diese Turbinentechnologie geht in ihren Ursprüngen bis ins Alte Ägyptern zurück und ist im 19ten Jahrhundert Gegenstand zahlreicher Patentanmeldungen, von bspw. Barber, Dumbell oder Stolze, wobei die erste funktionierende Turbine 1903 von Aegidius Elling hergestellt wurde. Für die technologischen Details vgl. Younossi (2002) und Giampaolo (2006).

977 Vgl. Giampaolo (2006), S. 6 sowie Younossi (2002), S. 98. Einige Errungenschaften der Turbinentechnologie wurden bereits früh adaptiert, wie bspw. die Schaufelblätter von Turbinen als Vorbild aerodynamischer und materialbezogener Ausgestaltung der Propeller. Vgl. Flight (1920), S. 496. Ohne die Strukturrevolution hin zu größeren Ganzmetallflugzeugen wäre die Entwicklung der Jettechnologie, aufgrund der Anforderungen an Gewicht und Materialstärke, nie notwendig und möglich geworden. Vgl. Geels (2005), S. 237

978 Vgl. Younossi (2002), S. 97. Von Ohain nahm seine Entwicklungen erst 1935, sechs Jahre nach Whittle, auf. Dabei waren die Herangehensweisen so unterschiedlich, dass nach Kay (2002), S. 11 Imitation nahezu ausgeschlossen werden kann. Unterstützung erhielt von Ohain später vom Flugzeughersteller Heinkel. Vgl. Younossi (2002), S. 100. Heinkel beschäftigte zudem Wernherr von Braun und forcierte die Entwicklung der Raketentechnologie parallel zu den Jetantrieben. Weiter ist anzumerken, dass die Jettechnologie auf der Gasturbine gründet und bereits erste Anwendungen in Piston-Motoren als Turbo zum Einsatz kamen – die Jettechnologie nutzt die Abgase der Turbine und stellt so eine Erweiterung dar. Vgl. Geels (2005), S. 237

förderte die erfolgreiche Anwendung in Kampfflugzeugen.[979] Das Jahr 1939 markiert den Erstflug eines Jetflugzeugs, der Heinkel He178, wobei die Jettechnologie ihre erste Serienanwendung 1944 in der Messerschmidt Me262 auf deutscher Seite und dem Gloster Meteor auf britischer Seite fand.[980] Die Jet-Technologie legte den Grundstein für die Entwicklungen der Nachkriegszeit und war die Basis für die moderne Luftfahrtindustrie.

3.2.2. Konsolidierung zum Duopol

Durch den Krieg beeinträchtigt, erholten sich die kontinental-europäischen Hersteller, vor allem die Französischen, relativ schnell durch die Herstellung und den Export von Kampfflugzeugen. West-Deutschland engagierte sich, nach anfänglicher Lizenzproduktion für US-Kampfflugzeuge, in europäischen Militärprojekten.[981] Dennoch bildete die US-amerikanische Luftfahrtindustrie den Mittelpunkt der technologischen und industriellen Entwicklung der 1950er Jahre. Allerdings wurde auch sie einer **industriellen Neuorganisation** unterworfen. Nach Kriegsende stellte sich eine radikale Verkleinerung der Industrie in Bezug auf die Beschäftigtenzahlen ein.[982] Der Grund hierfür lag, wie schon nach dem Ersten Weltkrieg, in der Reduktion der militärischen Nachfrage.[983] Es bestand allerdings ein wesentlicher Unterschied zum Kriegsende 1918. Zum einen konnten die britischen und US-amerikanischen Luftfahrtunternehmen auf ein finanzielles Polster aus der Massenproduktion der Kriegsjahre zurückgreifen.[984] Zum anderen stieg die Nachfrage nach jetgetriebenen Kampfflugzeugen aufgrund des kalten Kriegs und dem damit einhergehenden Rüstungswettlauf.[985] In der Folge entwickelte sich aus dem Nischenmarkt für jetgetriebene Kampfflugzeuge der zivile Markt für jetgetriebene Passagierflugzeuge, welche den kommerziellen Luftverkehr revolutionierten.[986] Die britische

---

979 Vgl. Younossi (2002), S. 97 f. Die finanzielle Unterstützung wurde bspw. Whittle in frühen Entwicklungsphasen (1929) durch die britische RAF verwehrt. Privat-finanzierte Unterstützung erhielt Whittle 1935 erst bei Gründung seiner Unternehmung Power Jets Ltd. durch eine Investmentbank, die den Bau erster Prototypen unterstütze, wobei der erste erfolgreiche Test erst 1937 stattfand. Vgl. Moret (2000), S. 18 sowie Giampaolo (2006), S. 6. Dieser Test war ausschlaggebend für die Unterzeichnung eines militärischen Kontrakts im Jahr 1938. Vgl. Moret (2000), S. 18. Auch von Ohain und Heinkel nutzten die Gelder des Reichsluftfahrtministeriums (RLM), um F&E zu betreiben. Vgl. Pavelec (2010), S. 4. Zum koevolutorischen Verhältnis zwischen Technologie und staatlicher Intervention in Kriegszeiten vgl. Ziman (2000), S. 281 ff.

980 Vgl. Younossi (2002), S. 101. Ebenso wurden mit der Me163 raketengetriebene Kampfflugzeuge produziert.

981 Vgl. Hartley (2014), S. 20

982 So verkleinerte sich bspw. der US-Hersteller Martin von 34.000 auf 10.000 Beschäftigte. Vgl. Sutton (2001), S. 430

983 Vgl. Hartley (2014), S. 17

984 Vgl. Sutton (2001), S. 431

985 Vgl. Hartley (2014), S. 17 f. Der technologische Wandel führte auch zu Substitutionseffekten in den Waffensystemen, da die raketengetriebene und dadurch komplexere Technologie einen massiven Einsatz von Elektronik erforderte. Vgl. Hartley (2014), S. 18. Der Rüstungswettlauf zwischen den USA und der UDSSR führte zudem zu Errungenschaften in der Raumfahrt. Zu der Flugzeugindustrie und deren engen Bezug zum militärischen Geschäft kam somit ein weiteres Betätigungsfeld hinzu, was zur Luft- und Raumfahrtindustrie führte. Vgl. Hartley (2014), S. 20

986 Der Einsatz der Jet-Technologie im zivilen Bereich ist der Nachfrage nach höheren Geschwindigkeiten, Passagierkapazitäten und Reichweiten geschuldet. Vgl. Geels (2005), S. 193. Da die jetgetriebenen Flugzeuge

de Havilland Comet war das erste jetgetriebene Passagierflugzeug. Es absolvierte seinen Erstflug 1949 und ging 1952 in Betrieb.[987] Allerdings trieben technologische Probleme,[988] die geringe Kapazität von 36 Passagieren und die geringe Reichweite de Havilland beinahe in den Bankrott, welcher nur durch staatliche Zuwendungen in Form eines Auftrags zum Umbau der Comet in einen Militärtransporter verhindert wurde.[989] Zur gleichen Zeit entwickelte der US-amerikanische Hersteller Boeing ein Konkurrenzflugzeug, die Boeing 707, welche 1958 in Dienst gestellt wurde.[990] Zusammen mit den Unternehmen Douglas (DC-8) und Convair (880/990-Serien) bildete Boeing ein Oligopol aus privatfinanzierten Unternehmen.[991] Grund für diese US-amerikanische Dominanz liegt in der im Zweiten Weltkrieg eingeführten Spezialisierung. Während sich Großbritannien auf Kampfjets und Bomber fokussierte, sammelten die USA Erfahrung in der Entwicklung und Produktion von Militärtransportern,[992] die zivilen Flugzeugen technisch weitaus näher sind.[993] Die **Durchsetzung des neuen Paradigmas** gestaltete sich graduell. Während Großraummaschinen mit einer Kapazität zwischen 120 und 180 Passagieren mit Jetantrieb ausgestattet waren, teilte sich die Klasse der 90- bis 120-Sitzer, sowie die 51- bis 90-Sitzer in turboprop- und jetgetriebene Flugzeuge auf.[994] In der Klasse der Flugzeuge mit einer geringeren Sitzanzahl als 50 wurden weiterhin die Piston-Motoren verwendet. Insgesamt stellte sich eine große Vielzahl an unterschiedlichen Triebwerken ein, wobei technische Neuerungen vor allem für große Maschinen entwickelt wurden.[995] Die Diffusion der jetgetriebenen Passagierflugzeuge basierte dabei auf dem Enthusiasmus und den Nachahmereffekten unter Fluggesellschaften, die sich wiederum auf die Popularität des neuen Antriebs unter den Fluggästen stützten. Dieser Antrieb galt als modern, schnell, vibrationsarm und turbulenzresistent, da ein Fliegen über dem Wetter möglich war.[996] Der Wirtschaftsboom der 1960er Jahre forcierte die Nachfrage nach Passagierflugzeugen und bestärkte die Hersteller in ihren Plänen

diese Anforderungen besser befriedigen konnten als Piston-Motoren und mit ihrem Einsatz sich Reisezeit und Komfort wesentlich verbesserte, erhöhte sich auch die Nachfrage für Luftreisen. Vgl. Geels (2005), S. 193

987 Die eingesetzte Jettechnologie basierte nicht auf den deutschen Errungenschaften, sondern auf Whittle's Triebwerk, welches, im Vergleich zum Einsatz im Gloster Meteor, durch Rolls Royce in der Derwent-Serie weiterentwickelt wurde. Vgl. Hayward (1989), S. 35

988 Die technologischen Probleme gründeten vornehmlich auf der Metallermüdung. Vgl. Sutton (2001), S. 437

989 Vgl. Hartley (2014), S. 18 sowie Geels (2005), S. 219

990 Vgl. Hartley (2014), S. 18. So wurden die Briten, trotz ihres Vorsprungs in der Jet-Technologie, von den USA und der UDSSR technologisch überholt. Vgl. Hamilton-Paterson (2010). Dabei profitieren die USA vor allem von ihrem *second mover advantage*.

991 Vgl. Hartley (2014), S. 18. Douglas war damals Marktführer für zivile Flugzeuge und ließ Boeing, aufgrund von Unsicherheiten über die neue Technologie den Vortritt bei der Einführung eines jetgetriebenen Passagierflugzeugs. Vgl. Geels (2005), S. 229

992 So basierte die 707 auf der KC-135, einem militärischen Tankflugzeug, welches Boeing für die US-Streitkräfte baute. Vgl. Sutton (2001), S. 438

993 Vgl. Hartley (2014), S. 17

994 Vgl. Geels (2005), S. 233. In der Klasse 90-120-Sitze war bspw. die Vickers Vanguard turbopropgetrieben, die Boeing 727 nutzte einen Turbojetantrieb. Bei den 51-90-sitzigen Flugzeugen waren die Vickers Viscount, Fokker F-27 und Lockheed Electra turbopropgetrieben, während die Sud Aviation Caravelle, die Fokker F-29 und die DC-9 mit Turbojetantrieben ausgestattet waren.

995 Vgl. Geels (2005), S. 234

996 Vgl. Geels (2005), S. 231 f.

zu größeren und schnelleren Flugzeugen.[997] Allerdings rechnete sich der Einsatz früher jetgetriebener Maschinen für die Fluggesellschaften finanziell nicht, da zum einen der Anschaffungspreis fast dreimal so hoch war wie der für Piston-Motor-getriebene Flugzeuge und zum anderen die Auslastung im Zuge der deutlichen Vergrößerung der Sitzplatzkapazität nachließ.[998] Der hohe Treibstoffverbrauch des Jetantriebs amortisierte sich trotz des geringeren Treibstoffpreises zudem nur bei hohen Geschwindigkeiten.[999] Technologische Fortschritte in Bezug auf Treibstoffeffizienz und einer damit verbundenen Kostensenkung sowie Vorteile aus der Wartung lösten dieses Problem allerdings relativ schnell, gerade auf langen Flugstrecken.[1000] Grund war, dass Jettriebwerke weniger bewegliche Teile haben als Piston-Motoren und es so zu wesentlich weniger Problemen und geringeren Wartungsintervallen kam. Die neue Technologie induzierte einen weitreichenden **Anpassungsprozess**, da die meisten Hersteller die Auswirkungen der neuen Triebwerke auf die strukturellen Anpassungen am Rumpf und die Materialauslegung unterschätzten.[1001] Auch deshalb stieg mit der Jet-Technologie die Komplexität des Flugzeugs und stellte die Hersteller vor finanzielle Herausforderungen.[1002] Während sich der technologische Materialfortschritt in den Anfangsjahren der Luftfahrt auf den Wechsel von Holz und Leinwand hin zu metallischen Strukturen und ersten Einsätzen von Aluminium beschränkte,[1003] ist die Veränderung im Jet-Zeitalter wesentlich breiter angelegt. Neue **Materialien** fanden über die Jahre den Weg ins Flugzeug, getrieben auch durch die steigenden Anforderungen an Druckausgleich, Laminarstrom, Handhabungsqualitäten, Radarsichtbarkeit, Korrosionsbeanspruchung, Regenerosion, Materialermüdung und Landefähigkeiten.[1004] Als Folge wurden in den 1950er Jahren neben Aluminium und Stahl auch Metalllegierungen eingesetzt, die in den 1960 Jahren durch erste Verbundwerkstoffe aus Bor-Epoxidharzen und Fiberglas ergänzt wurden.[1005] Verbundwerkstoffe stellen bis heute einen wesentlich Teil der eingesetzten Materialneuheiten dar.[1006] Während in den 1970er und 1980er Jahren der Verbundwerkstoffanteil in Boeing-Maschinen wie der 737, 747 und 767 unter drei Prozent lag, setzte Airbus auf einen höheren Anteil. So wies der A300 einen 5 %-, der A310 einen 7 %- und der

997 Vgl. Geels (2005), S. 221

998 Vgl. Geels (2005), S. 232. Während ein jetgetriebenes Flugzeug damals einen Anschaffungspreis von 4 Mio. Dollar hatte, kostete im Vergleich eine DC-7 nur 1,5 Mio. Dollar. Vgl. Heppenheimer und Heppenheimer (1995), S. 163

999 Vgl. Miller und Sawers (1968), S. 187

1000 Vgl. Geels (2005), S. 233. Peeters et al. (2005), S. 1 ff. zeigen auf, dass sich der Treibstoffverbrauch von der Boeing 707 bis zur Boeing 777 um mehr als 50 % verbesserte. Heutige Triebwerke erreichen einen nochmals um zwanzig Prozent besseren Wirkungsgrad.

1001 Vgl. Miller und Sawers (1986), S. 180

1002 Hier ist anzumerken, dass sich die Jet-Technologie im Laufe der Zeit wandelte. Während in den 1950er Jahren Turboprops verwendet wurden, setzte man in den 1960er Jahren Turbojets ein und seit den 1970er Jahren dominieren Turbofan-Triebwerke den Markt. Vgl. Geels (2005), S. 194

1003 Vgl. Fandel et al. (1990), S. 24 sowie Jakab (1999), S. 914 ff.

1004 Vgl. Fandel et al. (1990), S. 22

1005 Vgl. Vértesy (2011), S. 32

1006 Die nachfolgenden Angaben stützten sich auf Vértesy (2011), S. 32.

A320 einen 15 %-Anteil an Verbundwerkstoffen auf. Boeing zog hier in den 1990er Jahren nach und baute die 777 mit einem Anteil von 10 % Verbundwerkstoffen, während die A330 und A340 12 % aufwiesen. In den 2000er Jahren stieg der Anteil beträchtlich. So wies der A380 einen Anteil von mehr als 20 % auf, die Boeing 787 und der A350 sind aus 50 % Verbundwerkstoffen hergestellt. Auch die Elektrifizierung war ein wichtiger Beitrag zum technischen Fortschritt. Während in den 1950er Jahren noch keine **Avionik** verbaut wurde, setzten sich in den 1960er Jahren erste on-board-Elektroniksysteme durch. Auch im Bereich der Elektronik stellte der A320 einen technologischen Sprung dar, da hier erstmals das *fly-by-wire*-System eingesetzt wurde. Es folgten immer mehr elektronische Systeme, wie das automatische Landesystem, Satellitenkommunikation, GPS sowie Kommunikations- und Datenaustauschsysteme mit Bodenstationen. In Summe können die 1960er Jahre als die kreativste Phase der zivilen Luftfahrtindustrie bezeichnet werden. Dies liegt vor allem daran, dass in diesem Jahrzehnt die Modelltypen B727, B737, B747, A300, Concorde, Tu-144, DC-9 und DC-10, als auch L-1011 entwickelt wurden.[1007] Dies gründete vor allem auf den technologischen Verbesserungen in der Triebwerkstechnologie und den Materialwissenschaften (vgl. Abb. 3-3). Gerade die Boeing 747, deren Markteinführung im Jahr 1969 erfolgte, markiert einen radikalen technologischen und kapazitativen Durchbruch, da neben dem Einsatz der heute charakteristischen Turbofan-Triebwerke, erstmals eine Passagierkapazität von mehr als 450 Sitzen, eine Reichweite von über 6.000 Meilen, eine Geschwindigkeit von 640 mph und eine Reisehöhe von 45.000 Fuß erreicht wurde, was auch einen ökonomischen Durchbruch mit sich brachte.[1008] Während die **Treiber der technologischen Entwicklungen** in den 1950er und 1960er Jahren vorrangig auf Geschwindigkeit und Passagierkapazität ausgerichtet waren, rückten in den 1970er und 1980er Jahren der ökonomische Aspekt und die Treibstoffeffizienz in den Vordergrund.[1009] In den Krisenjahren der 1990er stehen Kosten- und Lärmreduktionen sowie abermals die Passagierkapazität im Fokus.[1010] In den letzten Jahren rückten neben den Umweltaspekten wie Lärmreduktion und CO_2-Ausstoß, vor allem die Kostenreduktion und die Betreiberrentabilität in den Mittelpunkt der technologischen Entwicklung.[1011] Das staatliche Eingreifen ist gerade bei schwer internalisierbaren Externalitäten umweltbezogener Verbesserungen wesentlich. Der Staat berücksichtigt dabei das Werte- und Anforderungsset der Nachfrage und leitet die Bürgerinteressen bspw. in Form von Regularien oder F&E-Subventionen an die Hersteller weiter.[1012]

[1007] Vgl. Flottau (2011), S. 58

[1008] Vgl. Geels (2005), S. 234

[1009] Vgl. Vértesy (2011), S. 32. Gleichzeitig ist ein genereller Trend zur Abkehr des Fokus auf hohe Geschwindigkeiten zu erkennen. Vgl. Berrittella et al. (2006), S. 139 ff.

[1010] Vgl. Vértesy (2011), S. 32

[1011] Die Entwicklung des CO_2-Ausstoßes und anderer Verbrennungsgase stellen Lee et al. (2009), S. 3520 ff. sowie Lee et al. (1998) in den Fokus ihrer Ausführungen und zeigen eine deutliche Reduktion der Ausstoßraten über die Zeit.

[1012] Die F&E-Unterstützung für die Luftfahrtindustrie ist dabei extrem hoch. Vgl. Niosi (2012), S. 5 ff. Die Gründe hierfür wurden in Teilkapitel 3.1. dargelegt.

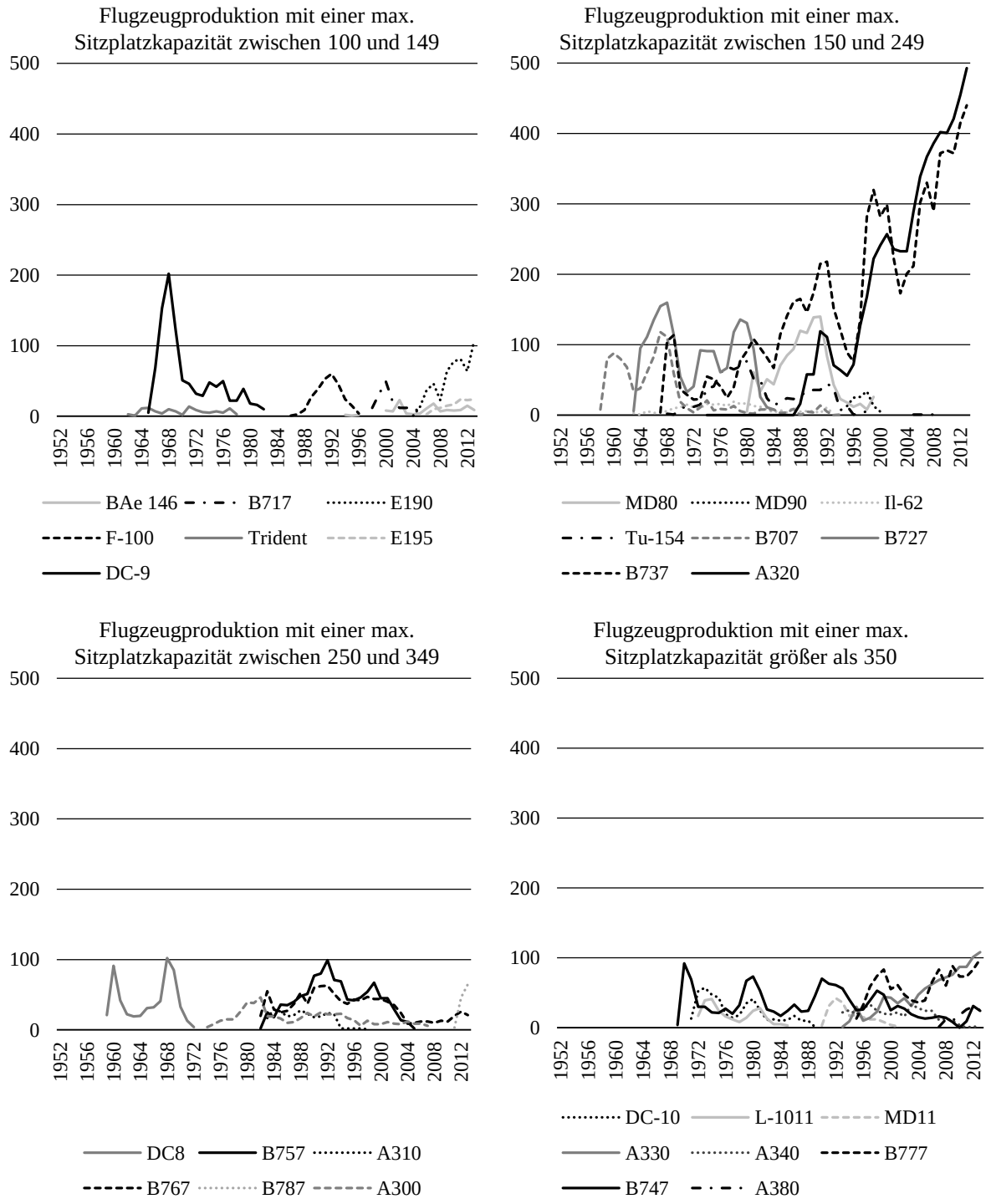


Abb. 3-3: Produktlebenszyklen nach Flugzeuggröße[1013]

Oftmals haben dabei Regularien nicht-intendierte Folgen auf die Innovationsleistung einer Industrie. So standen bei der Gesetzgebung zu Lärmreduktion und Nachtflugverbot für die Luft-

[1013] Eigene Darstellung auf Basis von http://rzjets.net/aircraft/.

fahrtindustrie eigentlich der Wille zur Reduktion des Flugverkehrsaufkommens und die Intention eines Modalwechsels im Mittelpunkt der Gesetzgeber. Dieses Ziel wurde allerdings verfehlt, wobei stattdessen Produktinnovationen zu effizienteren und leiseren Triebwerke führten, was den staatlichen Hebel als Innovationstreiber unterstreicht.

Diese sich verändernden, radikalen Anforderungen an die Flugzeuge bzw. deren Hersteller lassen sich an der Ausgestaltung der Produktlebenszyklen ablesen. In Abb. 3-3 sind alle Produktlebenszyklen der nach 1950 gebauten Flugzeuge mit einer Passagierkapazität von mehr als 100 Sitzen veranschaulicht. Insgesamt sind die geringen Stückzahlen pro Flugzeugtyp und Jahr im Vergleich zu den in Abschnitt 2.3.1. aufgezeigten Volumina der Anfangsjahre auffallend. Dies hängt damit zusammen, dass durch die gestiegene technologische Komplexität, die Entwicklungszeiten und -kosten anstiegen, was zu geringeren Absatzvolumina führte.[1014] In dieser Untersuchung werden vier Größensegmente durch Sitzplatzkapazitäten zwischen 100 und 149, 150 bis 249, 250 bis 349 sowie größer 350 unterschieden, die sehr heterogene Entwicklungsmuster aufzeigen. In der Klasse der 100 bis 149-Sitzer ist auffallend, dass die DC-9 das erfolgreichste Flugzeug Ende der 1960er Jahre über alle Größensegmente hinweg war.[1015] Zur gleichen Zeit ist die Hawker Siddeley Trident ein Beispiel für die aufgrund der hohen Betriebskosten wenig erfolgreichen Modelle mit Jetantrieb und erreichte lediglich eine Gesamtstückzahl von 117. Die B717 und die Fokker F-100 weisen typische Produktlebenszyklusverläufe mit einer langsam steigenden Produktionsrate in der Einführungs- und steigenden Verläufen in der Wachstumsphase sowie einem Übergang zur Reifephase und einer Abstiegsphase auf.[1016] Seit dem Jahr 2004 prägen die Regionalflugzeuge von Embraer, die E190 und E195, diese Klasse und sind maßgeblich für den Produktionsaufschwung der letzten Jahre verantwortlich. Auch die Klassen der 250 bis 349-Sitzern und die Klasse der Flugzeuge mit einer größeren Sitzplatzkapazität als 350 zeigen ähnlich geringe Stückzahlen,[1017] wobei hier eine Besonderheit zum Tragen kommt. An den Produktlebenszyklen ist die charakteristische langgezogene Wellenform erkennbar,[1018] die sich aufgrund der **Intramodellproduktnachfolge** ergibt. Durch die kontinuierliche technologische Erneuerung werden die Modelle immer wieder neu bestellt und erreichen bei Ankündigung einer Neuerung Höchstwerte, die dann wieder abflachen. Hierdurch besteht die Gefahr der Kannibalisierung, vor allem bei sich verkürzenden Produktlebenszyklen,

[1014] Vgl. Hartley (2014), S. 18

[1015] Die BAe 146 Avro ist ein typisches Regionalflugzeug mit einer max. Sitzplatzkapazität knapp über 100 Sitzen, weshalb sie in die Betrachtung mitaufgenommen wird, für die Untersuchung allerdings wenig Relevanz besitzt.

[1016] Vgl. Abschnitt 2.2.2.

[1017] Hier dominieren die Flugzeuge von Boeing, McDonnell Douglas und Boeing den Markt. Die russischen Maschinen von Tupolew und Ilyushin sind aufgrund ihrer geringen Volumina und der Abstinenz vom Weltmarkt bis 2005 von untergeordneter Bedeutung.

[1018] Diese Verläufe zeigen sich vor allem bei A300 und A310 sowie der Boeing 757, 767 und 747.

was besonders in der kostenintensiven Luftfahrtindustrie mit ihren langen *Break-even*-Zeiten kritisch für den Produkt- und Unternehmenserfolg ist.

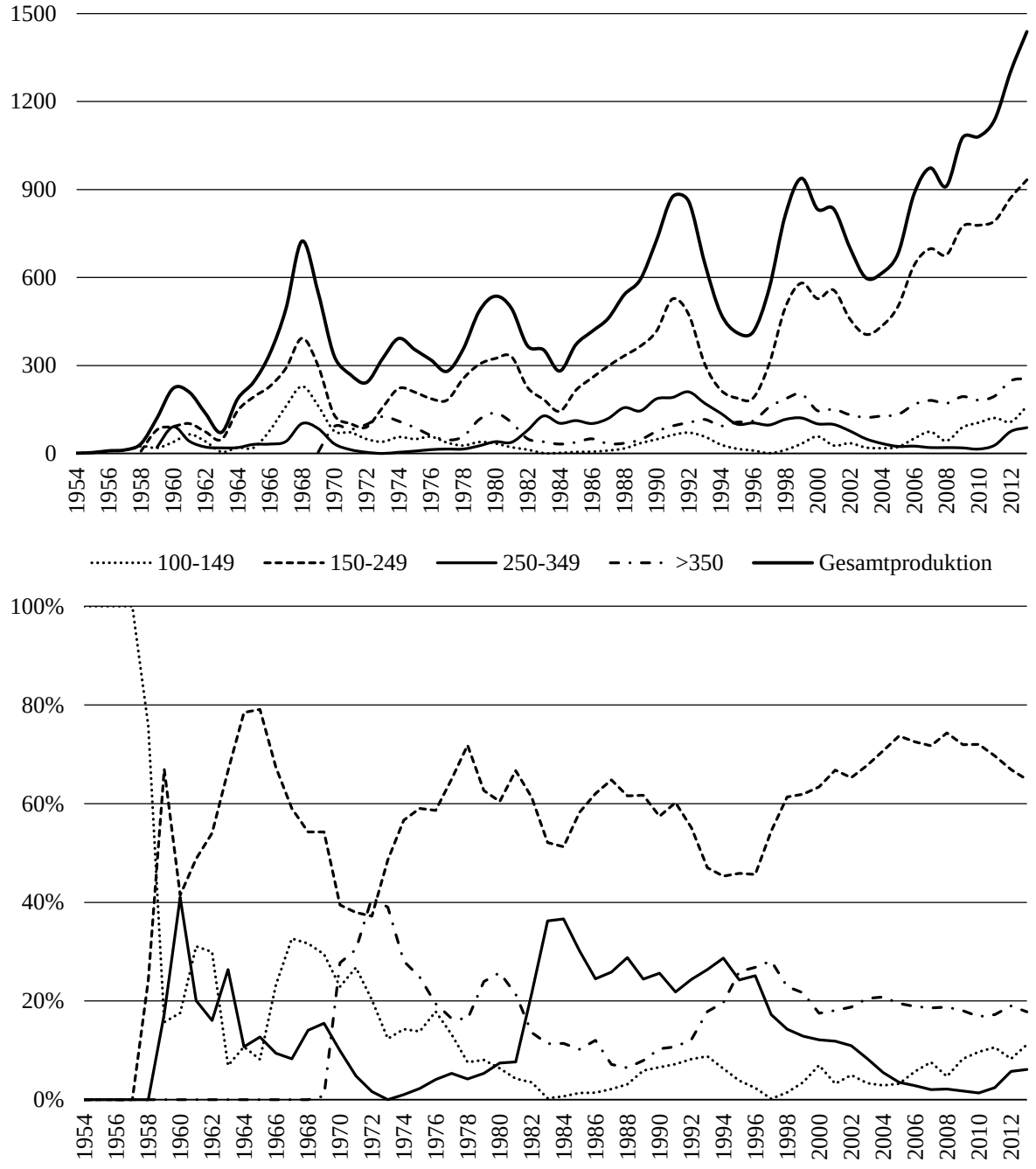


Abb. 3-4: Absolute und prozentuale Produktionsvolumina nach Flugzeuggröße[1019]

Der Klasse der 150- bis 249-sitzigen Passagierflugzeuge kommt die größte Bedeutung zu. In dieser sind seit Mitte der 1990er Jahre die Boeing 737 und die A320-Familie dominant und

[1019] Eigene Darstellung basierend auf den in Abb. 3-3 dargestellten Produktionsvolumina der jeweiligen Flugzeugmodelle.

zeigen hohe Wachstumszahlen. Dieses Größensegment ist aufgrund der großen Stückzahlen und des langen Produktionszeitraums das finanzielle Rückgrat der beiden Hersteller. Abb. 3-4 zeigt die Produktionsdynamik der Flugzeuge mit einer Kapazität von mehr als 100 Passagiersitzen seit 1950. Die **Größensegmente** entsprechen dabei denen aus Abb. 3-3. Die Gesamtproduktionsmenge bildet den Industrielebenszyklus als Umhüllende der Produktlebenszyklen ab.[1020] Die Kurve zeigt eine steigende Tendenz bei gleichzeitig großer Volatilität.[1021] Die Ölkrisen von 1971/73 verursachten stark abfallende Auftragseingänge bei allen Herstellern, da sich der Treibstoff deutlich verteuerte und die Fluggesellschaften weniger Kapital für Neuerwerbungen hatten.[1022] Auch der allgemeine wirtschaftliche Abschwung Anfang der 1980er Jahre, sowie der Börsencrash von 1989, der eine weitreichende wirtschaftliche Schwächephase bis Mitte der 1990er Jahre nach sich zog, erklären die jeweiligen Produktionsrückgänge.[1023] Die Rückgänge Anfang der 2000er Jahre sind auf die in der Folge der Anschläge vom 11. September zurückzuführenden Auftragseinbrüche sowie der nachfolgenden *severe acute respiratory syndrome* (SARS)-Krise zuzuordnen.[1024] Der starke Anstieg seit Mitte der 2000er Jahre ist auf die extrem steigende Nachfrage, vor allem aus dem asiatischen Raum, zurückzuführen. Auch in dieser Abb. wird die besondere Rolle der Flugzeuge mit 150 bis 249 Sitzen aufgrund der enormen Produktionsvolumina deutlich. Es zeigt sich zudem eine erkennbar steigende Verbreiterung des Abstandes zu den anderen Klassen seit Mitte der 1990er Jahre. Allerdings zeigt sich diese Klasse gleichzeitig am anfälligsten für Schwankungen in den absoluten Produktionszahlen. Demgegenüber stellen sich die anderen Klassen in ihren absoluten Produktionsmengen als relativ stabil heraus, wobei ein Anstieg seit Ende der 2000er Jahre zu erkennen ist. Die relativen Produktionszahlen unterstreichen zum einen diese Stabilität, zum anderen bringen sie aber auch die Nachfrageanforderungen zum Ausdruck.[1025] So ist der Deregulierung im Flugverkehrsmarkt und dem damit einhergehenden Kostendruck für die Fluggesellschaften, die Entwicklung großer Drehkreuze zuzuschreiben.[1026] Während also bis Mitte der 1990er Jahre größere Flugzeuge zur Verbindung von Einzeldestinationen gefragt waren, konzentrierten sich in Europa

---

[1020] Vgl. Abschnitt 2.2.4.

[1021] Vgl. Begemann (2008), S. 67

[1022] Vgl. Begemann (2008), S. 67

[1023] Vgl. Begemann (2008), S. 67. Anzumerken ist, dass die Produktionszahlen, zeitlich verschoben, Einbrüche und Anstiege aufweisen, da die Bestellungsrückgänge der Fluggesellschaften erst zeitverzögert eingehen und bereits in der Produktion befindliche Flugzeuge fertiggestellt werden.

[1024] Vgl. Begemann (2008), S. 67

[1025] Die Nachfrage nach Großraumflugzeugen verdoppelt sich ca. alle 5 Jahre und übersteigt die Produktionsleistung seit Anfang der 2000er Jahre bei weitem. Die Hersteller Airbus und Boeing sehen sich einem sehr großen Auftragsbestand gegenüber, welcher sich allein bei Airbus mit einem ausstehenden Auftragsvolumen von mehr als 8.8 Mrd. US-Dollar auszeichnet. Vgl. Bucher (2015)

[1026] Die Abnehmerseite von Flugzeugen ist seit einigen Jahrzehnten vermehrt durch das Aufkommen von Leasingfirmen geprägt. So kaufen Fluggesellschaften oftmals nicht direkt beim Hersteller ihre Flugzeuge, sondern mieten diese in Bedarfsfällen. Dieses Geschäftsmodell konnte sich aufgrund der stark gestiegenen Anschaffungspreise und den hohen Kosten bei Nicht-Betrieb und gleichzeitiger dünner Kapitaldecke der Fluggesellschaften durchsetzen. Vgl. Pompl (2007), S. 186

bereits im Jahr 1995 50 % aller Flugsitzplätze pro Woche auf die 16 größten Flughäfen, wobei die andere Hälfte sich auf die restlichen 518 Flughäfen verteilte.[1027] Zur Generierung von Verbundvorteilen sind deshalb große Flugzeuge zwischen den Hubs vorteilhaft und kleinere Modelle für die Drehkreuzzubringer. Dies erklärt den Abschwung der 250 bis 349-Sitzer, den Aufschwung der Flugzeuge mit einer größeren Kapazität als 350 Sitze, als auch den immensen Anstieg der 150- bis 249-Sitzer.[1028] Inwieweit sich die Entwicklungen der Produktionszahlen der Flugzeugreihen auf die Entwicklung der Hersteller auswirken wird im Folgenden näher erörtert.

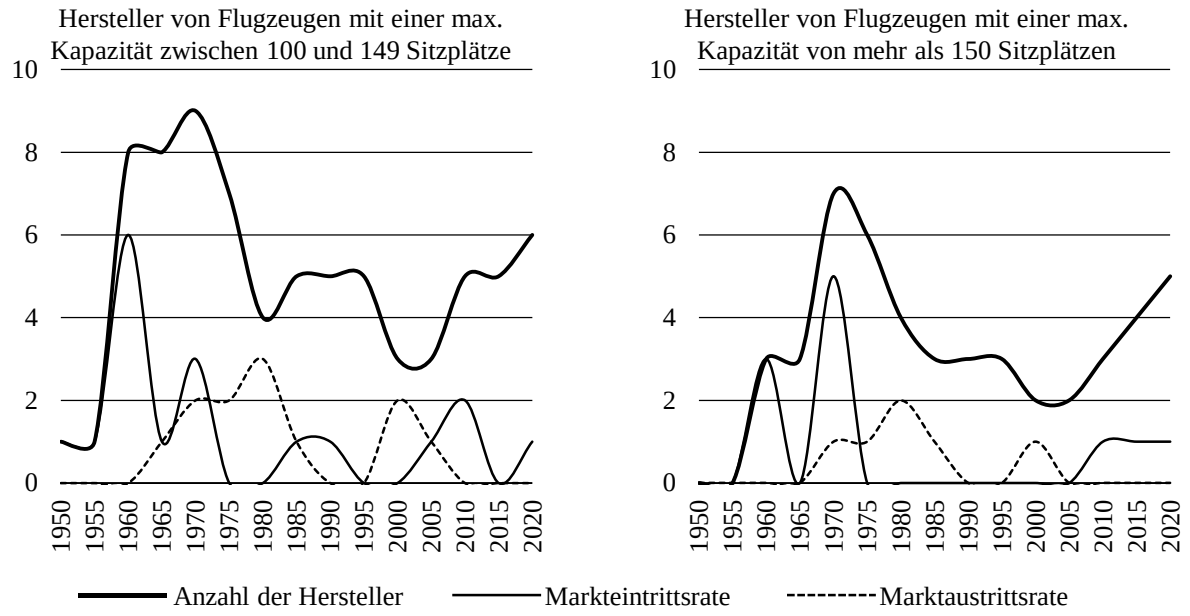


Abb. 3-5: Konsolidierung der Luftfahrtindustrie seit 1950[1029]

Abb. 3-5 zeigt die Herstelleranzahlentwicklung von 1950 bis heute auf. Dabei wird der Markt in zwei Segmente unterteilt. Zum einen die Regionalflugzeughersteller, deren Flugzeuge eine maximale Sitzplatzkapazität zwischen 100 und 149 Sitzen aufweisen und zum anderen die Hersteller von Langstreckenflugzeugen, deren Flugzeuge eine Sitzplatzkapazität von mehr als 150 Sitzen aufweisen.[1030] Die Anzahl der Hersteller hat sich über die Jahre hinweg stark reduziert. Wie dieser **Konsolidierungsprozess** von statten ging und welche Mechanismen dabei zum Tragen kamen wird im Folgenden aufgezeigt.

[1027] Vgl. Pompl (2007), S. 167

[1028] Insgesamt spielt der Anstieg des Flugverkehrsaufkommens eine wichtige Rolle. Vgl. Pompl (2007), S.2. Auch die Zahl der Direktverbindungen zwischen kleineren Destinationen stieg in den letzten Jahren rasant und steigerte die Nachfrage nach den 150- bis 249-Sitzern.

[1029] Eigene Darstellung. Die russischen Hersteller sind hier, aufgrund der geringen Weltmarktrelevanz bis 2005 nicht berücksichtigt und treten erst als Markteinsteiger 2005 auf.

[1030] Die oberen drei Klassen der Einteilung der Produktlebenszyklen aus Abb. 3-3 wurden aufgrund der überlappenden Hersteller zusammengefasst.

Für die folgende Argumentation wird der Entwicklungsprozess der Herstelleranzahl in vier Phasen eingeteilt. Die Aufschwungsphase (1955-1970), die Konsolidierungsphase I (1970-1980), die Konsolidierungsphase II (1990-2000) und neue Konkurrenz (ab 2005). Die **Aufschwungphase** in den Jahren 1955 bis 1970 ist geprägt von *trial-and-error*-Prozessen vor allem US-amerikanischer und britischer Hersteller.[1031] Boeing, Douglas, Lockheed, Convair, Hawker Siddeley, Vickers, Bristol, British Aircraft Corporation (BAC) sowie die russischen Hersteller Ilyushin und Tupolew bringen jetgetriebene Großraumflugzeuge auf den Markt. Diese Nachkriegseintritte waren Versuche die Erfahrungen aus den Kriegsjahren auszubeuten.[1032] Absatzbezogen erfolgreich sind dabei allerdings lediglich Boeing, Douglas sowie eingeschränkt die russischen Maschinen. Die Marktsegmentierung in unterschiedliche Flugzeuggrößen vollzog sich aufgrund der Tatsache, dass der einfache Zusammenhang der Anfangsjahre zwischen Flugzeuggröße und Kosten pro Passagiermeile nicht mehr auf alle Routen passte.[1033] Gleichzeitig stellte sich in den 1960er Jahren eine so große Variantenvielfalt ein, dass kaum Vergleichsmöglichkeiten in Bezug auf die Rentabilität der Flugzeuge möglich waren.[1034] Hinzu kamen die von 1958 an erodierenden Profitabilitätsraten von Boeing, Douglas und Lockheed, da sich diese sehr hohen Entwicklungskosten gegenübersahen.[1035] Dies leitete zwei **Konsolidierungswellen** ein. Die Erste zwischen 1970 und 1980, an deren Ende drei Hersteller übrig blieben und die Zweite, die zum Duopol von Boeing und Airbus führte. Während der ersten Welle schieden die Hersteller Dassault, Lockheed, Canadair, Hawker Siddeley, Vickers, Fokker, Sud Aviation, Bristol und BAC aus dem Großraumflugzeugsegment aus.[1036] Nach der ersten Konsolidierungsphase verblieben Boeing, McDonnell Douglas sowie das 1970 neu eingetretene europäische Konsortium Airbus im Markt. Airbus war zu dieser Zeit ein europäisches Kooperationsprojekt, welches durch Frankreich, Deutschland und Hawker Siddeley Aviation (Großbritannien) getragen wurde.[1037] Grund für den Eintritt der europäischen Staaten war die Zielsetzung der Etablierung eines Konkurrenzprodukts zu den US-amerikanischen Flugzeugen, was die europäischen Unternehmen der Luftfahrtindustrie konkurrenzfähig halten sollte.[1038] So verfügte keine der europäischen Industrienationen über die Technologie und die finanziellen Mittel eine Familie ziviler Großraumflugzeuge allein zu entwickeln, woraus sich der Länderproporz ergab und das

[1031] Das Outputniveau und die F&E-Raten der britischen Hersteller waren verglichen mit den US-amerikanischen Herstellern sehr gering. Vgl. King (1989), S. 427

[1032] Vgl. Sutton (2001), S. 460

[1033] Die großen Flugzeuge brachten gerade auf Kurzstrecken keinen Vorteil ein. Vgl. Sutton (2001), S. 443

[1034] Vgl. Sutton (2001), S. 443

[1035] Vgl. Sutton (2001), S. 441. So bot bspw. Boeing, auch aufgrund staatlicher Hilfsmittel, die 707 unterhalb der Kostendeckung an. Vgl. Sutton (2001), S. 443

[1036] Dassault zog sich in die Herstellung von Geschäftsflugzeugen zurück, Lockheed in den Rüstungsbereich, Fokker ging in Konkurs. Canadair ging in Bombardier auf und die britischen Hersteller Hawker Siddeley, Vickers und Bristol wurden im Zuge der Verstaatlichung der Luftfahrtindustrie in BAC integriert oder durch Rolls Royce übernommen und treten in der Nachfolge als Zuliefererunternehmen auf.

[1037] Vgl. Hartley (2014), S. 18

[1038] Vgl. Hartley (2014), S. 19

finanzielle wie technologische Risiko auf mehrere Länder verteilt wurde.[1039] Die zweite Welle ist durch die Übernahme von McDonnell Douglas durch Boeing 1996/97 bestimmt und formt so ein bis heute anhaltendes Duopol aus Boeing und Airbus.[1040] Die **Gründe für das Ausscheiden** der jeweiligen Akteure sowohl in der ersten als auch in der zweiten Konsolidierungswelle können dabei auf mehrere interdependente Faktoren zurückgeführt werden. Erstens ist die strategische Positionierung bei der Markteinführung eines Produkts in Bezug auf den Markteinführungszeitpunkt relevant. Zweitens ist die Preissetzung in Bezug auf die Anschaffungskosten sowie die tatsächlichen operativen Kosten für die Fluggesellschaften bedeutend, was mit dem technologischen Fortschritt in Verbindung steht. Drittens sind Produktionskosten und Lernkurveneffekte sowie externe Faktoren,[1041] wie bspw. Treibstoffpreise, Netzwerkeffekte und Reputation des Herstellers sowie staatliche Unterstützung entscheidend.[1042] Diese technologischen und nicht-technologischen Effekte für den Erfolg und Misserfolg im Markt der Großraumflugzeughersteller werden im Folgenden anhand von Beispielen belegt.

Die richtige Einschätzung des Bedarfs der **Flugzeuggröße** stellte wie oben erläutert ebenso einen Faktor dar, wie die große Konkurrenz zwischen den Herstellern. So führte bspw. der enge Wettbewerb zwischen der Douglas DC-10 und der Lockheed L-1011 in den 1970er und 1980er Jahren dazu, dass beide Unternehmen mit einer drastischen **Preisreduktion** bis unterhalb der Stückkosten reagierten.[1043] Als die **operativen Kostenvorteile** für die Fluggesellschaften mit der DC-10 sichtbar wurden, verschob sich zwar das Verhältnis zugunsten der Douglas-Maschine, allerdings zu einem so geringen Preis, dass ein *Break-even* niemals stattfand.[1044] McDonnell Douglas hatte Anfang der 1980er Jahre die Spitzenposition bei den Bestellungen

---

[1039] Vgl. Schmidt (1997), S. 273. So wurde für den A300B bspw. folgende Länderaufteilung entwickelt. Frankreich (Aerospatiale) übernahm das Cockpit und die Mittelrumpfsektion, Deutschland (MBB, VFW, Fokker) die restlichen Rumpfsektionen sowie Flügelanbauteile, Spanien (CASA) die Heckruder, Großbritannien (Hawker Siddeley) die Flügelstrukturen. Die Triebwerke wurden von GE zugekauft. Vgl. Arnold (2013), S. 128 f. Zu dieser Zeit war die Konsortienbildung vor allem aus dem Bereich der Rüstung und Kampfflugzeuge bereits auf internationaler Ebene erprobt. Vgl. Hagedoorn (1995), S. 207 ff. sowie Spreen (2007), S. 171 ff.

[1040] Der Anstieg der Anzahl der Hersteller wird in Abschnitt 3.2.3. ausführlich diskutiert. Zudem ist anzumerken, dass von einer Welle gesprochen wird, weil neben der Übernahme auf Herstellerebene vor allem umfangreiche Konsolidierungsmaßnahmen in der Zuliefererkette abliefen. Vgl. Abschnitt 3.2.3.

[1041] Eine Lernkurve beschreibt, sinngleich zu Erfahrungskurven, den Zusammenhang zwischen den Inputkosten und der kumulierten Ausbringungsmenge, wobei dieses Verhältnis einen fallenden Verlauf aufgrund von Lerneffekten mit sich bringt. Vgl. Gunawan (2009), S. 35 sowie Kunow (2006), S. 5. Diese Lernkurvenbetrachtung wurde von Wright (1936) mithilfe eines linearen Zusammenhangs für den Flugzeugbau entwickelt. Über die Zeit wurde dieses Konzept verfeinert und durch verschiedene Lernraten oder konvexe Lernkurven verfeinert. Vgl. Yelle (1979), S. 302 sowie Baur (1967), S. 1 ff. Dieser Mittelaufwand kann sowohl materielle Kosten wie Material-, Bearbeitungs- oder Lager- bzw. Gebäudekosten als auch immaterielle Faktoren wie F&E-kosten beinhalten. Vgl. Sturmey (1964), S. 944. In der Konsequenz sind Lernkurven unternehmensindividuelle Maßeinheiten, die produktspezifische Daten und Erfahrungen abbilden. Vgl. Lee et al. (1998), S. 167 ff. Zudem weisen sie für unterschiedliche Ordnungsmodelle differierende Raten auf. Vgl. Mulotte (2014), S. 757 ff.

[1042] Vgl. Sutton (2001), S. 457 ff.

[1043] Vgl. Sutton (2001), S. 463

[1044] Vgl. Sutton (2001), S. 463

noch vor dem Airbus A300 und der Boeing 737 inne.[1045] Im Zuge der Intensivierung des Konkurrenzkampfs zwischen und mit Airbus und Boeing, senkte McDonnell Douglas die Preise für die MD-80 deutlich – jedoch war dies nicht ausreichend, um sich gegen Boeing zu behaupten. Boeing konnte höhere Produktionsraten pro Monat realisieren und dadurch bessere **Lernkurveneffekte** erzielen, was den Fluggesellschaften eine schnellere Auslieferung versprach.[1046] Zudem verhalf Boeing die größere **Reputation** aus dem Bau der 747 zu einem größeren Vertrauen bei den Kunden.[1047] Hinzu kam das groß angelegte MRO-Netzwerk, was den Fluggesellschaften **Skaleneffekte** beim Kauf gleicher Flugzeuge offerierte.[1048] Durch **externe Effekte** wie den Ölpreisschocks der 1970er Jahre verschob sich die Nachfrage hin zu **technologisch überlegenen Produkten** wie dem A300,[1049] der effizienter war und durch seine geringen operativen Kosten hohe Bestellraten erzielte.[1050] Neben diesen produktbezogenen Konsolidierungsfaktoren ist die **staatliche Unterstützung** der letzte Baustein in der Faktorenkette. Nicht nur aufgrund von Prestigeprodukten wie dem Überschallflugzeug Concorde, das Frankreich und Großbritannien mehr als 5,5 Mrd. US-Dollar kostete,[1051] sondern vor allem durch die enge Bindung zum Rüstungsbereich und der F&E-Subventionen ist die staatliche Unterstützung bedeutend.[1052] Dabei sind sowohl der Markteintritt von Airbus, als auch die Übernahme von McDonnell Douglas durch Boeing auf staatliche Einflüsse zurückzuführen. Durch die Konkurrenz von Boeing und Airbus verschärfte sich die finanzielle Lage von McDonnell Douglas, aufgrund der Verluste in der kommerziellen Luftfahrtsparte sowie durch die Verringerung der militärischen Aufträge und Subventionen, weiter.[1053] Dies war insofern bedeutend, als dass nicht nur die Kompensation der kommerziellen Verluste fehlschlug, sondern auch die Nutzung

---

[1045] Vgl. Sutton (2001), S. 465

[1046] Die Flugzeugherstellung wird als exemplarisches Modell von *learning-by-doing* und der Etablierung von Lernkurveneffekten herangezogen. Vgl. Arrow (1962a), S. 155 ff., Hartley (2014), S. 38 ff., Spreen (2007), S. 53 ff. sowie Alfonso-Gil et al. (2007), S. 28. So zeigt Schmidt (1997), S. 32 auf, dass die F&E-Kosten je verkauftem Flugzeug von 861 Mio. US-Dollar im Jahr 1974 auf 9.5 Mio. US-Dollar im Jahr 1993 gesunken sind.

[1047] Vgl. Newhouse (1982), S. 1 ff.

[1048] Vgl. Sutton (2001), S. 467. Netzwerkeffekte im Bereich der Kommonalität führten beim Ausbau des Produktportfolios von Airbus zu wesentlichen Vorteilen gegenüber der Konkurrenz, da sich Besatzungen, vor allem aber die Piloten durch die durchweg gleich aufgebauten Cockpits einfacher zwischen verschiedenen Flugzeugtypen einsetzen ließen und den Fluggesellschaften einen Flexibilitätsgewinn und dadurch Kostenvorteil einbrachten.

[1049] Heute steigern die großen Nachfragezuwachsraten im asiatischen Raum die Produktionszahlen beider Hersteller.

[1050] Vgl. Schmidt (1997), S. 207 ff.

[1051] Vgl. Hagrup (1980), S. 45. Dabei liegt die Begründung für dieses Produkt im Aufzeigen der technologischen Leistungsfähigkeit der nationalen Industrien begründet. Vgl. Fandel (1990), S. 6

[1052] Insgesamt ist die Luft- und Raumfahrtindustrie mit ihrer militärischen Verwurzelung durch Subvention folgender Art gekennzeichnet: Darlehen und Zuschüsse zur Entwicklungsabsicherung, Produktionshilfen, Absatzfinanzierungshilfen, regionale Wirtschaftsstrukturförderungen, Bürgschaften und Wechselkursabsicherungen, womit sich der Staat vor allem in der Vergangenheit als Absicherungsinstrument der hohen Kosten und Risiken bei der Entwicklung und Herstellung instrumentalisieren ließ. Vgl. Rosenthal (1993), S. 93 ff., Weber et al. (2005), S. 1 ff. sowie Niosi (2012), S. 1 ff.

[1053] Vgl. Tyson (1992), S. 2

von Synergien aus der militärischen Entwicklung keine neuen technischen Neuerungen hervorbrachte.[1054] Die staatlichen Subventionen sind Gegenstand eines Jahrzehntelang anhaltenden Diskurses, vor allem zwischen Boeing und Airbus.[1055] Das heute bestehende Duopol kann durch die USA und Europa als stabilisiert angesehen werden, da sowohl militärische Autarkie, als auch die Transportautarkie beider Staatenverbünde ein Scheitern der jeweiligen Akteure nicht zulässt.[1056] Insgesamt wird klar, dass sich immer ein F&E-Wettlauf in Gang setzte, um entweder erster bei der Markteinführung zu sein oder sich technologisch besser als nachfolgender Hersteller zu positionieren. In der Konsequenz überlebten nur Boeing und Airbus diesen Prozess.

3.2.3. Neue Konkurrenz und die Reorganisation der Zuliefererstruktur

Zwar wird der Markt für zivile Großraumflugzeuge, heute mehr denn je, durch das Duopol Airbus und Boeing geprägt, jedoch erreichen als Folge der Globalisierung immer mehr Länder ein technologisches Niveau, das sie in die Lage versetzt Flugzeuge zu bauen und so einen weltweiten industriellen Reorganisationsprozess in Gang zu setzten.[1057] Die Bestrebungen der einzelnen Länder stehen dabei im Zeichen der Etablierung und Sicherung von Wissen und Anteilen der Hochtechnologiebranche Luftfahrt, der durch ihre enge Verbindung zum Verteidigungssektor, aber auch durch das große volkswirtschaftliche Potential und Prestige, strategische Relevanz zugesprochen wird. Diese potentiellen Konkurrenten teilen sich in drei Gruppen auf. Die erste Gruppe sind die **heutigen Regionalflugzeughersteller**. Der Markt für Regionalflugzeuge hat sich den letzten 20 Jahren stark verändert.[1058] Der heutige Markt hat sich im Wesentlichen

---

[1054] Dieser Grund hatte schon zum Zusammenschluss von McDonnell und Douglas geführt. Vgl. Schmidt (1997), S. 107. Eine weitere Technologie aus dem militärischen Bereich, die zur Anwendung in der kommerziellen Luftfahrt gekommen ist, ist die Winglet-Technologie, bei Boeing Sharklet, die von der NASA entwickelt wurde. Vgl. Begemann (2008), S. 84. Insgesamt stellt das US-amerikanische Verteidigungs- und Raumfahrtbudget volumenseitig als so groß heraus, dass es intendiert oder nicht, effizient ausgestaltet oder nicht, erheblichen Einfluss auf Ressourcen-Allokation und Industriestruktur hat. Vgl. Gerybadze (1988), S. 192

[1055] Dabei standen immer wieder wettbewerbsverzerrende staatliche Subventionen in Form von F&E-Zuwendungen sowie die Nutzung militärischer Entwicklung, Preisdumping und unfaire Verkaufspraktiken im Mittelpunkt. Vgl. Pompl (2007), S. 183. Dieser Disput endete vorerst mit einem WTO-Urteil aus dem Jahr 2012, dass beiden Unternehmen erhebliche Subventionsleistungen bescheinigt und ihnen empfiehlt ein gegenseitiges Einverständnis auszuhandeln mit dem Ziel Subvention weitest möglich zu verzichten, um die ressourcenintensiven Prozesse des Disputs zu beseitigen. Vgl. Wittig (2012), S. 21 ff. sowie Kienstra (2012), S. 569 ff. Die ressourcenintensive Ausgestaltung der Boeing-Organisationsstruktur in Bezug auf die Personalkapazität zur Sicherung von externen bzw. staatlichen Zuwendungen wird von Spreen (2007), S. 117 ff. aufgezeigt. Insgesamt sind die wohlfahrtsökonomischen Effekte des Duopols und deren Subventionierung umstritten. So verursacht die staatliche Unterstützung einen atypischen Markt, mit Wohlfahrtsverlusten. Vgl. Baldwin und Krugman (1988), S. 71 sowie Neven und Seabrigth (1995), S. 315 ff. Gerybadze (1988), S. 192 erweitert den Blickwinkel auf die *Spillover*effekte und die Nützlichkeit von Spinoffs für die zivile Wirtschaft.

[1056] Vgl. Tyson (1992), S. 23. Gerade Boeing stellt neben der militärischen Relevanz auch einen wichtigen Baustein in der Exportquote der USA dar, weshalb die Wahrscheinlichkeit eines Scheiterns als sehr gering eingeschätzt werden kann. Vgl. Flottau (2011), S. 201

[1057] Vgl. Flottau (2011), S. 9 sowie ECORYS et al. (2009), S. 24 f.

[1058] Vgl. Abb. 3-5

auf drei Akteure – Bombardier, Embraer und ATR – konsolidiert. Grund für diese Konsolidierung ist der verpasste Übergang zu neuen Technologien, im Speziellen der Jet-Technik, sowie nicht realisierte Produktdifferenzierungen.[1059] Auch hier werden mittlerweile ganze Flugzeugfamilien angeboten, um den kostenbezogenen Ansprüchen der Fluggesellschaften Rechnung zu tragen.[1060] Gerade Bombardier und Embraer werden in den kommenden Jahren Flugzeuge mit einer Passagierkapazität von mehr als 100 Sitzen auf den Markt bringen und so das *cashcow*-Segment von Airbus und Boeing angreifen.[1061] Embraer zeigt eine beachtliche Lernkurve.[1062] Das Unternehmen wandelte sich nach seiner Privatisierung innerhalb von 15 Jahren von einem militärischen Staatskonzern zu einem Unternehmen, dass 70 % seiner Umsätze in der kommerziellen Luftfahrt realisiert.[1063] Die zweite Gruppe sind **die reanimierten Luftfahrtprogramme**. Hier sind vor allem die russischen und chinesischen Anstrengungen zu nennen.[1064] Nach dem Fall des Eisernen Vorhangs kam die russische Luftfahrtindustrie zum Erliegen. Auch weil die staatliche Airline Aeroflot in zahlreiche kleine Airlines aufgesplittert wurde, konnte die russische Politik die Nachfrage nicht mehr zugunsten der russischen Hersteller steuern. Eine erste Maßnahme zur Wiederbelebung war die Konsolidierung der defizitären Hersteller Sukhoi, Tupolew, Antonow, Iljuschin, IRKUT und Mikojan-Gurewitsch (MiG), die unter dem neu gegründeten Firmenkonstrukt OAK (im engl. *United Aircraft Corporation* – UAC) firmieren. Die Sukhoi Superjet 100, ein Regionalflugzeug mit bis zu 125 Sitzplätzen sowie die für 2018 geplante MS21, mit einer Sitzplatzkapazität von 150 bis 230 Sitzplätzen, sind das Resultat dieses Zusammenschlusses. Bereits in der Vergangenheit hat China versucht in den Markt ziviler Großflugzeuge vorzudringen. Die in der Vergangenheit von der Zentralregierung initiierten Konsolidierungsmaßnahmen der ineffizienten Regionalstrukturen führten durch die Zusammenführung von AVIC1 und AVIC2 im Jahr 2008 zu COMAC. Ziel dieser Konzentration ist die Beschleunigung der Herstellung von zivilen Großraumflugzeugen.[1065] Der Regionaljet ARJ-21 tritt in Konkurrenz mit den Regionalflugzeugen von Bombardier und Embraer. Die

---

[1059] Vgl. Pompl (2007), S. 181. Zu den vom Markt verdrängten Herstellern gehören Fokker, deHavilland, Fairchild Dornier sowie BAe British Aerospace.

[1060] Steigende Kerosinpreise könnten allerdings den Einsatz neuartiger Turboprop-Technologien wieder realisierbar machen.

[1061] Schon heute weist die Embraer ERJ195 eine Kapazität von 195 Sitzen auf. Embraer erholte sich nach einer großen Schwächephase Anfang der 1990er Jahre durch seine Privatisierung und anschließenden großvolumigen Aufträgen aus Europa. Bombardier konnte sein Produktportfolio, seine Kapazitäten und wissensseitige Ausstattung durch Zukäufe in den 1990er Jahren von Learjet und Teilen Boeings ausbauen. Mit der C-Series strebt Bombardier den Einstieg in das Segment mit bis zu 200 Sitzen an. Die CS300 wurde bereits einige Male verkauft.

[1062] Eine ausführliche Diskussion zur Entwicklung von Embraer und dessen Lernkurven findet sich bei Frischtak (1994), S. 601 ff.

[1063] Vgl. Niosi und Zhegu (2010), S. 127

[1064] Wie in Abb. 3-3 bereits aufgezeigt verfügt gerade Russland über eine zumindest im Heimatland erfolgreiche Vergangenheit. Die bisherigen chinesischen Versuche der Etablierung einer nationalen Luftfahrtindustrie scheiterten.

[1065] Vgl. Niosi und Zhao (2013), S. 82. Hierzu wird der chinesische Staat 29 Mrd. US-Dollar in die Luftfahrtindustrie investieren. Vgl. Moser (2012), S. 1 ff.

C919 mit einer max. Passagierkapazität von 170 Fluggästen tritt dagegen in das Segment der 737 und der A320-Familie ein. Die Gruppe der **möglichen Neueintritte** besteht aus Japan und Südkorea. Mit der Ankündigung des 96-sitzigen MRJ90 tritt Mitsubishi 2017 in den Markt der Regionalflugzeughersteller ein und wird damit in Konkurrenz zu Bombardier und Embraer treten.[1066] Zudem kündigte Kawasaki mit der bis zu 150-sitzigen YPX einen neuen Jet an. Darüber hinaus ist Südkorea als leistungsstarke Luftfahrtnation zu nennen, die in den letzten Jahren, vor allem im militärischen Bereich große Fortschritte erzielte.

Der Aufholprozess der neuen Konkurrenz ist sowohl das Resultat der volkswirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Staaten als auch ein selbstinduzierter Prozess, der durch die etablierten Hersteller forciert wurde. Gründe hierfür sind das Erreichen von währungsresistenten Renditen,[1067] der Zugang zu Absatzmärkten mithilfe großer Technologietransfers und vor allem die Reorganisation des Zulieferernetzwerks.[1068] Allen neuen Herstellern ist gemein, dass sie von der Heimatmarktgröße profitieren können, vor allem China.[1069] Zudem ist die massive staatliche Unterstützung, die geringeren Personalkosten sowie der wachsende Anteil von hochqualifizierten Arbeitskräften ein wesentlicher Vorteil dieser Staaten.[1070] Vor allem die staatliche Unterstützung und die Möglichkeit der Zuweisung von Aufträgen der nationalen Fluggesellschaften machen China zu einem aussichtsreichen Einsteiger.[1071] Am meisten profitieren dürften die neuen Hersteller allerdings von der sich verändernden, nun international und kooperativ ausgelegten Zuliefererstruktur, die sowohl Vorteile in Bezug auf die Kosten und Geschwindigkeit von Lernkurven etabliert, als auch die Notwendigkeit einer umfassenden Entwicklungs- und Herstellungskompetenz seitens der Hersteller obsolet macht.[1072] Alle potentiellen neuen Hersteller von Großraumflugzeugen profitieren dabei von ihrem *follower*-Status. So sind sie in der Lage sowohl ausgereifte Technik als auch hochtechnologische Neuheiten zu wesentlich geringeren Kosten zu erwerben als die etablierten Hersteller zu ihrer Zeit.[1073] Die **Zulieferer** aus den USA und Europa begreifen dies als große Chance ihren Absatzmarkt zu vergrößern.[1074] Damit wird, zumindest in Teilen, die Konkurrenz durch die etablierten Hersteller und Luftfahrtindustrien selbst erzeugt. Zudem wachsen v.a. die asiatischen Hersteller aus ihren Kinderschuhen heraus und emanzipieren sich am Markt.

[1066] Vgl. Niosi und Zhegu (2010), S. 129
[1067] Dies gilt vornehmlich für Airbus.
[1068] Dass solche Versuche des Technologietransfers, gerade in der Luftfahrtindustrie, große Komplikationen und Tücken aufweisen können zeigen Steenhuis und de Bruijn (2001), S. 551 ff.
[1069] Vgl. Niosi und Zhegu (2010), S. 136
[1070] Vgl. Niosi und Zhegu (2010), S. 136 f.
[1071] Vgl. Niosi und Zhao (2013), S. 90
[1072] Vgl. Niosi und Zhegu (2010), S. 136 sowie Flottau (2011), S. 197. MacPherson (2009), S. 488 zeigt auf, dass auch chinesische Zulieferer, gerade im Zuge des Boeing 787-Porgramms massive Kompetenzgewinne verzeichnen konnten und bereits hochtechnologische Strukturteile liefern.
[1073] Vgl. Medeiros et al. (2005), S. 1 ff.
[1074] Vgl. Niosi und Zhao (2013), S. 90

Betrachtet man den großen Auftragsbestand von Airbus und Boeing und die steigenden Nachfrageerwartungen speziell aus dem asiatischen Raum, dann besteht eine reelle Gefahr für die beiden etablierten Hersteller, Marktanteile an die neuen Konkurrenten zu verlieren. Während des Duopols fanden vom Grundprinzip, trotz Material-, Avionik- und Triebwerksinnovationen, keine revolutionären Neuerungen statt.[1075] Durch die Ankündigung der neuen Konkurrenz ist anzunehmen, dass sich das Innovationstempo deutlich erhöhen wird. **Technologische Auswirkungen** der neuen Konkurrenz sind heute schon sichtbar, da die C919, die C-Serie und die MS21 mit neuen Triebwerken ausgestattet sein sollen.[1076] Die neuen Triebwerksgenerationen mit einem 20 % geringerem Treibstoffverbrauch und wesentlich geringerer Lautstärke bei Start und Landung, führten zu einem flächendeckenden Angebot der *New Engine Option* (NEO) bei allen Airbus Flugzeugen. Diese Ankündigung verursachte einen Rückgang der Bestellung der C-Serie von Bombardier.[1077] Embraer muss wachsen, sieht sich allerdings der Konkurrenz aus China gegenüber und könnte so aufgrund der stagnierenden Regionaljetaufträge ein spätes Konsolidierungsopfer werden.[1078] Mehr denn je gilt es für Airbus und Boeing die vollen Auftragsbücher schnell abzuarbeiten. Das verlangt allerdings eine schnellere Produktion und einen wesentlich schnelleren *ramp-up* des A350 und der 787 als bei vergangenen Produktlinien.[1079] Hierzu wurde begonnen die **Zuliefererstruktur** und die eigenen Wertschöpfungsbereiche grundlegend umzubauen.[1080] Bis Ende der 1970er Jahre etablierte sich die Zuliefererindustrie, wobei deren Kernkompetenzen im Spezial- und Nischenwissen sowie der Auftragsfertigung lagen. In den 1980er Jahren begannen die drei Flugzeughersteller einen pyramidalen Aufbau mit langfristig angelegten Zulieferzusagen zu kreieren. Diese Langfristigkeit sollte es den oftmals kleinen Zulieferern in einem vertrauensvollen Verhältnis zum OEM durch vordefinierte Preise ermöglichen ihre technologischen Fähigkeiten auszubauen und zu wachsen, um den steigenden Produktionszahlen gerecht zu werden. Die Krise Anfang der 1990er Jahre führte zu starken Einbrüchen bei den Flugzeugherstellern, die mit Reintegrationsmaßnahmen reagierten und so die Auftragsbestellung bei den Zulieferern reduzierten, was zu Vertrauensbrüchen führte. So resultierten die wieder ansteigenden Aufträge Ende der 1990er Jahre in einer **Reorganisation der gesamten Zulieferindustrie** in den westlichen Herstellerländern und mit Beginn der 2000er in einer globalen Orientierung.[1081] Mitte der 1990er Jahre wurde begonnen

[1075] Vgl. Flottau (2011), S. 195
[1076] Vgl. Flottau (2011), S. 193
[1077] Vgl. Flottau (2011), S. 203 stellt sogar das Überleben von Bombardier in Frage.
[1078] Vgl. Flottau (2011), S. 203
[1079] Vgl. von Gleich (2012), S. 130 ff.
[1080] Die nachfolgenden Ausführungen und Phaseneinteilungen der vertikalen Entwicklung der Luftfahrtindustrie folgen Esposito und Raffa (2006), S. 1 ff.
[1081] So konsolidierte sich die US-amerikanische Luftfahrtindustrie zwischen 1980 und 2000 auf 5 große Konzerne. Boeing als OEM von zivilen Großraumflugzeugen integrierte in dieser Zeit 8 Unternehmen, Northrop Grumman und Lockheed Martin als Rüstungskonzerne sogar 20 bzw. 17, General Dynamics 15 und Raytheon 12. Vgl. Spreen (2007), S. 18. In Europa stellt sich die Situation aufgrund gegenseitiger und mehrfacher Beteiligungen nicht so eindeutig heraus wie in den USA, allerdings ist auch hier ein Konsolidierungsprozess sichtbar,

Teile der Entwicklung in die Zulieferkette zu verschieben, wobei dieser Anteil über die Jahre stetig zunahm und mit den neuesten Flugzeuggenerationen der Boeing 787 und dem A350 ihren Höhepunkt erreichte.[1082] 80 %, gemessen an den Einzelteilen, werden bei diesen Modellen durch Zulieferer entwickelt.[1083] Durch die **Verlagerung der Investitions- und Entwicklungskosten** wird es den OEM ermöglicht den finanziellen Rahmen zu schaffen, um mehrere Entwicklungen parallel voranzutreiben und das Risiko einer Fehlentwicklung am Markt auf mehrere Akteure zu verteilen.[1084] So werden bspw. ganze Klimaanlagen, Wassersysteme und komplette Rumpfsektionen extern entwickelt und eingekauft und damit die Fixkosten der Entwicklung und Fertigung an die Zulieferer weitergegeben.[1085] Insgesamt geht also der Beschaffungstrend der Flugzeughersteller dahin, sich auf weniger aber größere Zulieferer zu fokussieren.[1086] Dieser Trend ist deutlich am sinkenden Anlagevermögen von Airbus und Boeing auf der einen Seite und dem Anstieg der F&E-Ausgaben der Tier-1-Zulieferer auf der anderen Seite erkennbar.[1087] Solche Zusammenarbeitsmodelle zwischen OEM und Zulieferer werden ***Risk and Revenue Sharing Partnership*** (**RRSP**) genannt. Neben den genannten Vorteilen dieser Strukturen bestehen allerdings auch enorme Risiken. Erstens gefährdet die starke Abhängigkeit der OEM von den Zulieferern bei auftretenden technischen oder finanziellen Notlagen den Produkterfolg und/oder die zeitige Fertigstellung des Produkts.[1088] Zweitens ist die Globalisierung und damit einhergehend der Versuch der Doppelquellenbeschaffung und die Vielzahl an neuen Schnittstellen in der Entwicklung ein Risiko.[1089] Hierdurch wird sowohl das Management des komplexen Schnittstellensystems zwischen dem OEM und den RRSPs als auch zwischen den RRSPs durch die technologisch interagierenden Module und gegenseitigen Abhängigkeiten zur

der im wesentlichen Airbus als OEM, Thales, BAe und Finmeccanica als große Zulieferer sowie Rolls Royce und MTU Aero Engines als Triebwerkshersteller hervorgebracht hat. Daneben bleibt hier allerdings eine große Bandbreite an KMU, die Nischenspezialisierungen aufweisen und für die OEM von großer Relevanz sind. Vgl. Spreen (2007), S. 19, Schmidt (1997), S. 115, ECORYS et al. (2009), S. 25, Hollanders et al. (2008), S. 12 f., Niosi und Zhegu (2010), S. 115 f. sowie Kidess (2003), S. 57

[1082] Cooke und Ehret (2009), S. 549 ff. zeigen die Rückständigkeit der Luftfahrtindustrie in Bezug auf moderne Wertschöpfungsmanagementansichten anhand der walisischen Luftfahrtindustrie auf.

[1083] So ist bspw. bei der 787 nur noch ein Eigenentwicklungsanteil von 33 % dem OEM Boeing zuzurechnen. Vgl. Horng und Bozdogan (2007), S.1 ff.

[1084] Vgl. MacPherson und Pritchard (2003), S. 221 ff. sowie Krol (2010), S. 2

[1085] Vgl. Krol (2010), S. 2.

[1086] Vgl. Smith und Tranfield (2005), S. 37 ff.

[1087] So ergibt sich von 1999 bis 2012 für Airbus aus dem Verhältnis des Sachanalagevermögens zum Gesamtvermögen eine Reduktion von 0,2 auf 0,16 und für Boeing sogar von 0,22 auf 0,11. Die Daten wurden aus den Finanzberichten der Unternehmen für das jeweilige Geschäftsjahr entnommen und ausgewertet. Die Auswertung der Finanzberichte der Tier-1-Zulieferer Raytheon, B/E Aerospace, Parker, Rockwell Collins, Honeywell, Liebherr, Diehl, BAe, Finmeccanica, Thales, Goodrich (UTC), Safran und Rolls Royce führte zu einem durchschnittlichen Wachstum der F&E-Ausgaben von 2002 bis 2012 von über 120 %.

[1088] Beide Situationen sind bereits aufgetreten. So musste Airbus die 1997 bereits verkauften PFW (Pfälzer Flugzeugwerke) aus finanzieller Notlage 2011 wieder zurückkaufen, um die Lieferkette für den A350 aufrecht zu erhalten.

[1089] Vgl. Krol (2010), S. 3 f. sowie Johansson et al. (2005), S. 226 ff.

Herausforderung.[1090] Drittens ist die Fähigkeit RRSP zu werden für viele mittelstandsgeprägte und teilweise extrem spezialisierte Unternehmen eine große Herausforderung.[1091] Als Auftragsfertiger der Vergangenheit fehlen diesen Unternehmen oft die nötigen Strukturen, um den geforderten Entwicklungsleistungen und Produktionsvolumina im internationalen Wettbewerb gerecht zu werden.[1092] Als Folge ergeben sich zwei Hauptentwicklungstendenzen. Zum einen ist zwangsläufig die Notwendigkeit der Einordnung hinter einem RRSP und daraus resultierend eine lange Verkettung von KMUs mit einer sich weiter verschärfenden Schnittstellenproblematik zu prognostizieren.[1093] Zum anderen sind M&A-Aktivitäten der Zulieferer eine Lösungsoption.[1094]

3.3. Ambidextrie als technologische und strukturelle Kernherausforderung

Aus den industriellen Umbruchphasen der **technologischen Paradigmenwechsel** der 1930er und 1960er Jahre gehen Erkenntnisse für die Notwendigkeit **zyklischer Ambidextrie** der Flugzeughersteller hervor. Die Etablierung des dominanten Designs der vollmetallischen Flugzeuge, wie der DC-3, führte zu einer Phase exploitativen Lernens und der Verdrängung des explorativen Suchmodus. In dieser Zeit war demnach die Anforderung an eine technologisch bedingte Ambidextrie gering, da weder große Stückzahlen, noch vorhergehende paradigmatische Prägungen in der Industriestruktur vorhanden waren, weshalb die Imitation bzw. Adaption des dominanten Designs im Fokus stand. Eine Phase mit ausgeprägter Ambidextrieanforderung an die Hersteller war jedoch der Wechsel in der Antriebstechnik in den Nachkriegsjahren. Das dominante Design Piston-Motor-getriebener Flugzeuge wurde durch die aufkommende Jet-Technologie graduell abgelöst. Die Hersteller mussten die bestehenden Flugzeugmodelle exploitativ weiterentwickeln und gleichzeitig explorativ die neue Technologie, bzw. deren flugzeugstrukturverändernde Anforderungen, vorantreiben. Dieses typische Muster zyklischer Ambidextrie, wie es heute bspw. auch im Automobilsektor beim Wechsel vom verbrennungsmotorgetriebenen zum elektrischen Antrieb zu beobachten ist, birgt ein großes Trägheitsrisiko, da

[1090] So werden die Probleme im Schnittstellenmanagement bei Zulieferern während der Entwicklung der 787 für die zeitlichen Verzögerungen verantwortlich gemacht. Vgl. Petersen (2011), S. 6

[1091] Diese Problematik verschärft sich dabei je tiefer die Wertschöpfungskettenposition ist.

[1092] Der internationale Wettbewerb verschärft diese Problematik, da gerade die neuen Konkurrenten aus den BRIC-Staaten mit einer großen Ressourcenverfügbarkeit und niedrigen Lohnkosten ausgestattet und durch die staatliche Unterstützung, auch durch Kompensationsgeschäfte, sehr gut aufgestellt sind. Vgl. H&Z (2013)

[1093] Vgl. Krol (2010), S. 3 f. sowie Antill et al. (2000), S. 2 ff.

[1094] Dies funktionierte in den USA wesentlich effektiver als in Europa. Vgl. Antill et al. (2000), S. 5 f. Wichtig ist dabei allerdings, dass trotz der geforderten Vorteile von M&As in der Luftfahrtindustrie die wettbewerbs- und kartellrechtlichen Spielregeln eingehalten werden. Solch ein markanter Fall war die geplante Übernahme von Honeywell durch GE um die Jahrtausendwende, das durch die EU Kommission, trotz US-amerikanischer Akzeptanz, untersagt wurde. Vgl. Grant und Neven (2005), S. 595 ff. sowie Patterson und Shapiro (2011), S. 18 ff.

ressourcenaufwändige Organisationsstrukturwechsel von Nöten sind.[1095] In einem technologiebezogenen Konsolidierungsprozess scheiden dabei diejenigen Unternehmen, die den Wechsel nicht meistern, aus dem Markt aus.[1096] Gleichzeitig löst ein solcher Paradigmenwechsel den Eintritt neuer Unternehmen in den Markt aus, da die Eintrittsschranken sinken. Im Gegensatz zu solchen typischen Anforderungsmustern bei technologisch bedingten Paradigmenwechseln im Fall eher einfacher Produkte kommen, im Fall **komplexer Produkte**, wie den postparadigmatischen Flugzeugen, zum einen weitere Konsolidierungsmechanismen und zum anderen veränderte Ambidextrieanforderungen hinzu.[1097] Es besteht aufgrund der unterschiedlichen technologischen Zyklusphasen der interagierenden Submodule und der Notwendigkeit der Integration in das Gesamtprodukt auf Herstellerebene eine **dauerhafte Beidhändigkeitsanforderung**. Darüber hinaus ergeben sich aus der strukturellen Ausgestaltung der Luftfahrtindustrie gepaart mit den sich verändernden Anforderungen an die Zuliefererindustrie, ein **technologisches und ein industriestrukturelles Spannungsfeld sowie eine wechselseitige Rückkopplung zwischen beiden**, die über die Herstellerebene hinausreicht. Das technologisch bedingte Spannungsfeld ergibt sich aus der heutigen Anforderung an die Industrie den **Auftragsbestand abzuarbeiten**, indem die Produktionszahlen erhöht und der *ramp-up* beschleunigt wird. Dies bedingt grundsätzlich die Notwendigkeit **exploitativen Lernens**, da durch die Replikation von Routinen rascheres Wachstum und Skalenerträge realisiert werden können.[1098] Exploitation ist also die Sicherung der gegenwärtigen Lebensfähigkeit von Unternehmen in der Luftfahrtindustrie, wobei durch die langen Zyklusphasen sogar von mittelfristiger Überlebensfähigkeit gesprochen werden kann. Demnach liegt der Fokus auf Prozessinnovationen explorativer und exploitativer Art. Allerdings gilt dies nur für das Gesamtsystem Flugzeug.[1099] Auf der Modul- und Submodulebene sind permanent **explorative (radikale) und exploitative (inkrementelle) produktseitige Neuerungen** zu erwarten. Die langen Zyklusphasen fordern aber gleichzeitig eine schon heute und aufgrund der aufkommenden Konkurrenz beschleunigte explorative Herangehensweise an das Produkt Flugzeug.[1100] Dies bedingt eine technologische Ambidextrieanforderung an die Unternehmen der Luftfahrtindustrie. Die Lösung dieser multitechnologischen

[1095] Vgl. Abschnitt 2.3.2. sowie für das Beispiel des Wandels im automobilen Antriebstrang Knappe (2014).
[1096] Vgl. Abschnitt 3.2.2.
[1097] So ist, wie in Abschnitt 3.2.2. dargelegt, durch die gestiegene technologische Komplexität und die hohen finanziellen Anforderungen zur Entwicklung und Herstellung von Flugzeugen, bei gleichzeitiger nationalstaatlich-strategischer Bedeutung, eine komplexe Situation aus staatlicher Finanzierung, Regulierung und Prestige, als auch nachfrageseitiger und gesamtwirtschaftlicher Adaptionsanforderungen entstanden, die die theoretisch begründeten Evolutionsmechanismen aushebeln und veränderte Markteintritts- und Marktaustrittsbedingungen schaffen.
[1098] Vgl. Abschnitt 2.3.2.
[1099] Vgl. Abschnitt 2.2.4.
[1100] Zwar wird mit radikal neuen Flugzeugdesigns nicht vor 2030 bis 2040 gerechnet, allerdings sind Forschungsansätze zur Umsetzung von Nurflüglern und E-Jets bereits heute Teil der explorativen Arbeit von Organisationen. Vgl. Mialon et al. (2002), S. 1 ff. sowie Denieul et al. (2015), S. 475 ff.

Herausforderung ist in kooperativen und koopetitiven Zusammenarbeitsmodellen in Netzwerken zu suchen.[1101] Aufgrund der höheren technologischen Komplexität und dem breiten technologischen Anforderungsprofil eines Flugzeugs kommen nicht nur industrieinterne Partner, sondern auch **diagonale Kooperationen** vor.[1102] So werden unter der Zielsetzung explorativer Projekte heterogene und inter-industrielle Partnerschaften geschlossen. Homogene und eher intra-industrielle Projektpartnerschaften sind vornehmlich unter exploitativen Gesichtspunkten zu erwarten. Allerdings bergen Netzwerke ähnliche Risiken in Bezug auf die erfolgreiche Ausgestaltung von Ambidextrie wie für die intraorganisationale Realisierung in den Unternehmen selbst.[1103] So führt wiederholte Kooperation, bspw. in Projektform, zu Verhärtungstendenzen, da mehrmalige Kooperationen das explorative Möglichkeitenfenster einschränken und sich die Wissensbasen der Akteure angleichen.[1104] Hinzu kommt, dass gerade diese Ansprüche an einen steigenden Output die Industriestruktur maßgeblich verändern. In Anbetracht zukünftiger Exploration wird die Problematik weiter verschärft, da eine mögliche *success-trap* eine reelle Gefahr darstellt.[1105] Durch die steigende technologische Komplexität, gepaart mit der finanziellen Herausforderung der Entwicklung und Herstellung von Flugzeugen, ergibt sich eine Situation, in der die Hersteller Teile von Entwicklung und Produktion an die Zulieferer auslagern. So werden aus vormaligen Auftragfertigern beidhändig-agierende Unternehmen, da selbst die Module und Submodule von Flugzeugen als komplexe Produkte angesehen werden können und sich so die **gleiche Ambidextrieanforderung an die Zulieferer** der ersten Ebene stellt. Die Lösung dieser Aufgabe wird neben der kapazitativen und finanziellen Neuaufstellung sowie der Vergrößerung solcher Tier-1-Zulieferer vor allem auch technologisch begründet sein.[1106] Die neuen oder potentiellen Tier-1 Unternehmen müssen folglich in der Lage sein, neues Wissen zu erkennen, in das eigene Unternehmen zu integrieren, und dem OEM gesamtheitlich in Form von (Sub-)Modulen zur Verfügung zu stellen, was den Anspruch an eine Vertiefung und Verbreiterung der Wissensbasen mit sich bringt. Grund ist die beidhändige Ausführung explorativer Forschungsleistungen und die exploitative Entwicklung bestehender Möglichkeitenfenster in mehreren, teilweise für die Akteure neuen, Wissensfeldern. Auch wenn Netzwerke im Bereich der F&E als Ambidextrie-Wegbereiter angesehen werden können, so treten mit der strukturellen Veränderung in der Zuliefererindustrie gleichsam **Rückkopplungseffekte** auf, die die Möglichkeit der Realisierung von Ambidextrie im Netzwerk zumindest verändern, wenn nicht gar teilweise aushebeln könnten. Grund für die strukturellen Veränderungen der Luftfahrtindustrie ist das Erfordernis nach größeren, finanziell und technologisch leistungsstärkeren

[1101] Vgl. Abschnitt 2.2.4. sowie Teilkapitel 2.3.
[1102] Zudem eröffnet die hohe materialwissenschaftliche Relevanz für die Luftfahrtindustrie (Leichtbau) das Auftreten einer großen Zahl an industrieübergreifenden Unternehmen, sog. Basiszulieferern.
[1103] Vgl. Abschnitt 2.3.2. sowie 2.3.3.
[1104] Vgl. Abschnitt 2.3.2.
[1105] Vgl. Abschnitt 2.3.2.
[1106] Dies führte, wie in Abschnitt 3.2.3. aufgezeigt, gerade in den USA zu einem massiven Konsolidierungsprozess der Zuliefererindustrie.

Tier-1-Zulieferern. Dabei sind zwei Effekte bzw. Herausforderungen denkbar. Zum einen besteht in Netzwerken von Industrien mit komplexen Produkten aufgrund der Schnittstellenüberlappungen und Modulinteraktionen eine enge Verbindung zwischen Hersteller und Tier-1-Ebene, weshalb die Struktur des **Produktionsnetzwerks maßgebliche Auswirkungen auf die Ausgestaltung des Innovationsnetzwerks** hat. Es stellt sich somit die Frage, ob aufgrund der engen Verbundenheit zwischen diesen Organisationen explorativ gelernt wird oder ob Tier-n und industrieexterne Organisationen zur Realisierung vonnöten sind. Zum anderen birgt die bevorstehende Konsolidierung bzw. der Zusammenschluss von Zulieferern, um den Anforderungen des Flugzeugherstellers gerecht zu werden, das Risiko der **verminderten Möglichkeit der Netzwerknutzung zur Realisierung von Ambidextrie** durch spezialisierte Explorations- oder Exploitationsakteure. Die Stellung im Produktionsnetzwerk und die Position im Innovationsnetzwerk beeinflussen sich allerdings wechselseitig. So ist anzunehmen, dass sich bei vorherrschenden ***success-breeds-success*-Effekten** im Innovationsnetzwerk die Kluft zwischen oberen und unteren Zuliefererebenen weiter ausdehnt bzw. peripher positionierte Zulieferer wenig Chancen haben sich in zentrale Positionen des Netzwerks zu bewegen, was im Umkehrschluss einer erfolgreichen Transformation zum Tier-1-Zulieferer entgegensteht. Mit der industriestrukturellen Dynamik einher geht auch die **Veränderung der geographischen Ausgestaltung** der Luftfahrtindustrie, was aufgrund der Clusterrelevanz zur Realisierung von Ambidextrie Rückwirkungen auf die wissensseitige Ausgestaltung der Luftfahrtindustrie hat. Dabei spielt die **globale Neuorientierung** eine wesentliche Rolle und verändert die technologische Spezialisierungsstruktur etablierter Regionen. So ist anzunehmen, dass in einem ersten Schritt eher exploitative Tätigkeiten und Wissensbestände aus den angestammten Regionen in LCC gezogen werden.[1107] Gleichzeitig wird aber durch die Relevanz der Neuausrichtung bzw. -errichtung von Tier-1-Zulieferern ein völlig offenes Lokalisierungsbild aufgezeigt.

Insgesamt ergibt sich eine Situation in der Hersteller und große Zulieferer in der Lage sein müssen ihre Kompetenzen aufrecht zu erhalten und neue Kompetenzen zu integrieren,[1108] dabei explorativ und exploitativ ausgerichtete Strukturen zu etablieren und die finanziellen Herausforderungen und technologischen Neuerungen, auch aufgrund der drohenden Konkurrenz, zu bewältigen. Bei einer Realisierung dieses Vorhabens durch Netzwerke wirkt eine Mischung aus positionsbezogener und struktureller Ambidextrie, die sich allerdings durch die Dynamiken im Produktionsnetzwerk zu verändern droht und die Hersteller und Zulieferer der Luftfahrtindustrie vor große Herausforderungen stellt. Dies gilt vor allem für die europäischen und insbesondere für die deutschen Luftfahrtzulieferer. Es stellt sich die Frage, ob den europäischen Zulie-

[1107] Ein Trend, der der generellen Auslagerung von Fertigungsprozessen entgegensteht, sind die additiven Herstellungsverfahren (3D-Drucken). Dies könnte eine Reintegrationswelle beim Hersteller bzw. den Modullieferanten auslösen. Vgl. Campbell et al. (2011), S. 1 ff.

[1108] Vgl. Prencipe (1997), S. 1261 ff. zeigt diesen Zusammenhang für den Triebwerkshersteller Rolls-Royce auf.

ferern die Ausgangsbasis in Bezug auf ressourcenseitige Kapazität und technologische Fähigkeit fehlt, um sich in Zukunft im internationalen Wettbewerb zu behaupten und wie sich dies auf die Ausgestaltung der Netzwerke auswirkt.

4. Ambidextrie im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie

Dieses Kapitel greift die in Abschnitt 3.3. vorgestellten Herausforderungen auf und untersucht auf Basis des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie die Industriestrukturentwicklung im Zusammenhang der Lernarten.[1109] Die Beantwortung der anwendungsbezogenen Kernfrage, inwieweit die europäische Luftfahrtindustrie für die anstehenden Dynamiken gerüstet ist, wird dabei in den Mittelpunkt gerückt. An eine kurze Einführung des Untersuchungsgegenstands der F&E-Netzwerke und deren Merkmalsausprägungen sowie einer Diskussion der Indikationsleistung von Netzwerken auf Basis von geförderten Verbundprojekten in Teilkapitel 4.1., schließen sich drei Untersuchungsebenen von Ambidextrie im Netzwerk an. Dabei widmet sich Teilkapitel 4.2. der Untersuchung der Wissensentwicklung im Netzwerk. Teilkapitel 4.3. greift die topologischen Ambidextriemerkmale auf, kategorisiert das Netzwerk und geht auf die erfolgskritischen Ambidextriemerkmale ein. Teilkapitel 4.4. verändert den Betrachtungswinkel und analysiert Ambidextrie auf geographischer Ebene, wobei maßgebliche Unterscheidungskriterien F&E- sowie Produktionsfokusse in den Regionen ist. Die abschließende Synthese in Teilkapitel 4.5 fasst die Erkenntnisse zusammen.

4.1. F&E-Netzwerke aus Förderdaten

Vorweg ist zu anzumerken, dass auch Möglichkeiten zur Untersuchung von Ambidextrie außerhalb von Netzwerken existieren.[1110] Allerdings bestehen kaum profunde empirische Untersuchungen, die eine solche Analyse bisher umgesetzt haben.[1111] Die Daten für die vorliegende Untersuchung entstammen dem ***European Framework Programmes*** **(EUFP)**.[1112] Hierzu wird auf den Bereich *Research & Technological Development* (RTD) fokussiert. Die Europäische

---

[1109] Die Ausführungen in diesem Kapitel entstammen in ihren Grundzügen den Untersuchungen von Guffarth und Barber (2013) sowie Guffarth und Barber (2014). Dabei findet sich in Guffarth und Barber (2013) eine Ausweitung der Betrachtungsebene auf die deutsche und Baden-Württembergische Betrachtungsebene.

[1110] Rosenkranz (2012) sowie Raisch und Birkinshaw (2008) liefern hierfür einige Beispiele, die in ihrer Wirkrichtung allerdings drastisch divergieren. Zu nennen sind Holmqvist (2004) mit einer gezielten Fokussierung auf die nach March (1991) aufgestellten Verhaltensweisen, Rothaermel und Deeds (2004), die eine Messung in Bezug auf Produkte in der Entwicklung Produkten im Markt gegenüberstellen und so Exploration und Exploitation operationalisierbar machen sowie Rowery et al. (2000), die zwischen Produkt- und Prozessinnovationen unterscheiden. Zudem fokussieren Tempelaar et al. (2011), Vanhaverbeke et al. (2007) sowie Russo und Vurro (2010) auf die Identifikation mittels Patentzitationen. Eine weitere Möglichkeit ist die Analyse der Anteile an den F&E-Ausgaben für Exploration und Exploitation. Vgl. Bercovitz und Feldman (2007), S. 930 ff. sowie Faems et al. (2005), S. 238 ff.

[1111] Ausnahmen sind Beckman et al. (2004) sowie Lavie et al. (2010), Lin et al. (2007), Lavie und Rosenkopf (2006) sowie Rothaermel und Alexandre (2004), Colombo et al. (2006), Im und Rai (2008) sowie Adler et al. (2009), die in ihren Untersuchungen zumindest auf partnerschaftliche Verflechtung eingehen.

[1112] Im Allgemeinen existieren unterschiedliche Möglichkeiten Netzwerke empirisch zu erzeugen und Daten hierfür aufzubereiten: Beispiele sind Befragungen, Archive, Beobachtungen, elektronische Interaktionen und Experimente. Vgl. Marsden (1990), S. 435 ff.

Union subventioniert und initiiert zahlreiche transnational-kooperative F&E-Projekte. Die Projektanträge werden von selbst-organisierten Konsortien eingereicht und müssen aus mindestens zwei rechtlich eigenständigen Akteuren aus unterschiedlichen EU-Mitgliedsstaaten, oder einem EU-Mitgliedsstaat und einem Gaststaat, bestehen.[1113] Die Auswahl der eingereichten Anträge stützt sich auf Kriterien wie wissenschaftliche Exzellenz, Mehrwert für die Europäische Gemeinschaft und die zu erwartenden Ergebnisse, wobei der Kerngedanke der Förderung in der Stärkung der europäischen Forschungs- und Technologieressourcen besteht.[1114] Seit ihrer Einführung 1984 wurden sieben ***Framework Programmes*** **(FPs)** initiiert.[1115] Um eine adäquate Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen, müssen die Initiierungsmechanismen der vorliegenden Netzwerke durch nationale oder in diesem Fall supranationale Institutionen berücksichtigt werden, da die Verbundprojekte in der **thematischen sowie der vertraglichen Ausgestaltung** einer Dynamik unterliegen.[1116] So lag bis FP2 der Fokus vor allem auf anbieterseitigen, technologischen Faktoren, was sich allerdings mit FP3 in Richtung einer nachfrageseitigen und diffusionsorientierten Projektausgestaltung wandelte.[1117] Indes wurde gezeigt, dass bis FP4 präkompetitive Projekte vorhanden waren, die sich mit Kommerzialisierungsprojekten die Waage hielten.[1118] Seit FP6 ist ein Wandel in der Zielsetzung zu beobachten, der eine stärkere Fokussierung auf wichtige Knoten und die Etablierung von Exzellenzzentren beinhaltet, so die Streuung reduziert und sich effektivere Strukturen entwickelten.[1119]

Um diese Projekte zu untersuchen, stellt die Projektdatenbank des Entwicklungs- und Informationsdienst der Gemeinschaft (CORDIS) die einzige öffentlich zugängliche Informationsquelle dar, die Informationen zu den geförderten Projekten und Teilnehmern bereitstellt. Nichtsdestotrotz birgt die Aufbereitung der Rohdaten einige Schwierigkeiten, bspw. in der Sicherstellung der Konsistenz von Organisationsnamen über den Zeitverlauf. Das Kerndatenset dieser Untersuchung ist die EUPRO Datenbank.[1120] Diese umfasst neben Informationen zu den teilnehmen-

[1113] Vgl. European Council (1998) sowie CORDIS (1998)

[1114] Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 5

[1115] Die jeweilige Nummerierung der FPs verweist auf den Durchführungszeitraum. So reicht FP2 von 1987 bis 1991, FP3 von 1990 bis 1994, FP4 von 1994 bis 1998, FP5 von 1998 bis 2002, FP6 von 2002 bis 2006 und FP7 von 2007 bis 2013.

[1116] Eine fortwährende Diskussion liefert die Behandlung von Akteuren unterschiedlicher Unternehmensgröße. So wird die kapazitative Ausgestaltung in Bezug auf die finanziellen und personenbezogenen Ressourcen, bspw. durch höhere Förderbeträge für KMU ausgeglichen und deren Teilnahme durch teilweise speziell auf KMU zugeschnittene Projekte unterstützt. Vgl. Buchmann (2014), S. 178 ff.

[1117] Vgl. Breschi und Cusmano (2004), S. 750

[1118] Vgl. Lukkonen (2000), S.437 ff. der hierfür die vertraglichen Ausgestaltungen der Teilnahmemodalitäten als Grund sieht.

[1119] Vgl. Breschi und Cusmano (2004), S. 748

[1120] Die EUPRO Datendank wird vom österreichischen Austrian Institute of Technology (AIT), Innovations Systems Department, aufgesetzt und verwaltet und durch dauerhafte Aktualisierung der Rohdaten und Standardisierungsmaßnahmen verbessert. Vgl. Roediger-Schluga und Barber (2008), S. 321 ff. In dieser Untersuchung wurde die Version 7.4.8 verwendet.

den Organisationen in Form von Name, Adresse und Organisationsart auch Projektziele, Durchführungsinformationen, Indikatoren zu Projektthemen, -kosten, und -förderungen sowie die Vertragsart. Um die luftfahrtbezogenen, kooperativen Projekte zu identifizieren wird der standardisierte Sachregistereintrag *Aerospace Technology* herangezogen sowie der Index *Space & Satellite*, der allerdings erst seit FP7 existiert.[1121] Diese Verbundprojekte ermöglichen die Analyse des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie, wobei für jedes FP ein eigenes Netzwerk konstruiert wird. Die Knoten sind die an den Projekten partizipierenden Akteure und die Verbindungen zwischen den Knoten repräsentieren gemeinsame Teilnahmen in Projekten. Bei mehrmaliger Teilnahme der selben Akteure an gemeinsamen Projekten werden die Verbindungen mit der jeweiligen Anzahl gewichtet.

4.2. Wissensentwicklung im F&E-Netzwerk

Teilkapitel 4.2. gliedert sich in Abschnitt 4.2.1., der auf eine allgemeine Darstellung der thematischen Entwicklung im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie fokussiert und einen ersten Einblick ermöglichen soll sowie Abschnitt 4.2.2., der explorative und exploitative Tendenzen in Produkt- und Prozessprojekten untersucht.

4.2.1. Die Entwicklung der Themen- und Wissensfelder

Um die Wissensentwicklung im F&E-Netzwerk sichtbar zu machen, werden Wissenskategorien gebildet.[1122] In Abb. 4-1 sind die 25 Einzelkategorien in aggregierter Form als normierte, prozentuale Anteile des jeweiligen FP, in acht Kategorien dargestellt.[1123] Auffallend sind die beiden zentralen Wissensblöcke, **Material** und **Optimierung des Herstellungsprozesses**, die über den gesamten Betrachtungszeitraum einen Anteil zwischen 60 % und 80 % einnehmen. Dies ist kaum verwunderlich, da gerade materialwissenschaftliche Fragestellungen und damit einhergehend das übergeordnete Ziel der Gewichtsreduzierung im Flugzeugbau zentral sind.[1124]

[1121] Da kein Projekt aus FP1 mit Aerospace Technology indiziert ist, wird FP1 in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

[1122] Dabei ist zu beachten, dass die Zuweisung der Kategorien auf Basis subjektiver Expertise erfolgt. So werden alle 2013 Projekte einzeln untersucht und in einem ersten Schritt die 25 Einzelkategorien (siehe Anhang 1) den Projekten zugeordnet sowie die prozentualen Anteile der Wissenskategorien für jedes FP ermittelt. Vgl. Guffarth und Barber (2013), S. 6 f. Dabei erfolgt die Bildung der Kategorien in Anlehnung an die internationale Patentklassifizierung (IPC) sowie der Einteilung der Deutschen Industrie Norm (DIN). So ist klar, dass keine Überschneidungsfreiheit zwischen den Kategorien vorliegt und Mehrfachnennungen von Kategorien in Projekten erlaubt sind. Ein Beispiel ist ein Projekt zur Realisierung eines neuen Industrieroboters zur beschädigungsfreien Überprüfung von metallischen Strukturen mithilfe von Lasersensoren. Hier werden drei Kategorien adressiert. In seiner Gesamtheit dient der Roboter der Optimierung des Produktionsprozesses (PRC), verlangt Expertise im Bereich der Metalle (MET), und fügt sich in die Kategorie der Laser und Optik ein (LSO).

[1123] Aufgrund der vorhandenen Subkategorien der hier dargestellten Themenfelder lassen sich im Folgenden feingranulierte Aussagen treffen.

[1124] Vgl. Abschnitt 3.2.2. Hieran sind auch die sehr langen Entwicklungszeiträume von Flugzeugen erkennbar. Während die ersten Flugzeuge mit einem Verbundwerkstoffanteil von 50 % oder mehr um das Jahr 2010

Dabei stellen vor allem der Umgang mit und die Erforschung von Verbundwerkstoffen einen beträchtlichen Teil der unter dieser Kategorie subsummierten Projektthemen dar. Zudem werden schwerpunktmäßig Legierungen und unterschiedliche metallische Bearbeitungsverfahren sowie deren Herstellungsoptimierung erforscht. Dies liefert auch einen Erklärungsgehalt für den großen Anteil des zweiten Blocks der Optimierung der Herstellungsverfahren, da solche Projekte oftmals beiden Kategorien zugewiesen werden.[1125]

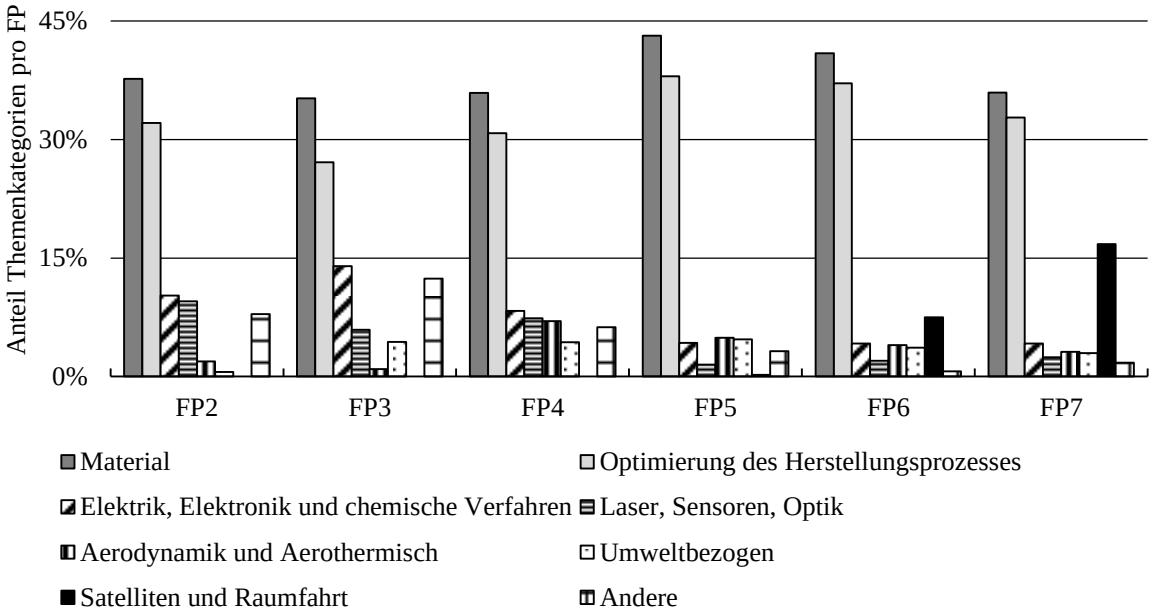


Abb. 4-1: Entwicklung der Themen- und Wissensfelder[1126]

Gerade in FP5, also dem Zeitraum um die Jahrtausendwende, ist eine starke Fokussierung auf diese Themenstellung erkennbar, bei gleichzeitiger Reduzierung bzw. Verdrängung der anderen Kategorien. Verglichen mit den späteren FPs, ist **in den frühen FPs ein wesentlich breiteres Anwendungsspektrum**, vor allem durch Laser-, Sensor- und Optik-bezogene Wissensfelder sowie Elektrik, Elektronik und chemische Verfahren, erkennbar.[1127] Mit FP6 nimmt das Wissensfeld Satelliten und Raumfahrt einen beträchtlichen Anteil ein. Insgesamt ist ein großer Einfluss der Herstellerinteressen zu verzeichnen, was durch die starke Präsenz der Kategorie

eingeführt wurden, liefert die Präsenz dieser Themenstellung bereits in den 1980er Jahren ein Indiz für die extrem langen Entwicklungszeiträume in der Luftfahrtindustrie von fast 30 Jahren.

1125 Zudem muss hier auf die Ausgestaltung der frühen FPs verwiesen werden, die einen stärkeren Fokus auf grundlagenorientierte Forschung und Befriedigung der Herstellerseite legten, als spätere FPs.

1126 Eigene Darstellung (vgl. Anhang 1)

1127 Hier sei nochmals auf die zeitnormierten prozentualen Verteilungen verwiesen, die einen absoluten Anstieg der Kategoriezuweisungen nicht aufzeigen.

Optimierung des Herstellungsprozesses und der gemeinwohlorientierten Projekte, wie bspw. auf die Reduzierung von Lärm und Treibstoffeffizienz, sichtbar wird.[1128]

Neben dieser aggregierten Darstellung der Wissensfelder, lassen sich Aussagen über die technologische Breite treffen. In Abb. 4-2 wird die Anzahl der Projekte und die Themenzuordnungen im betreffenden Zeitraum gegenübergestellt.

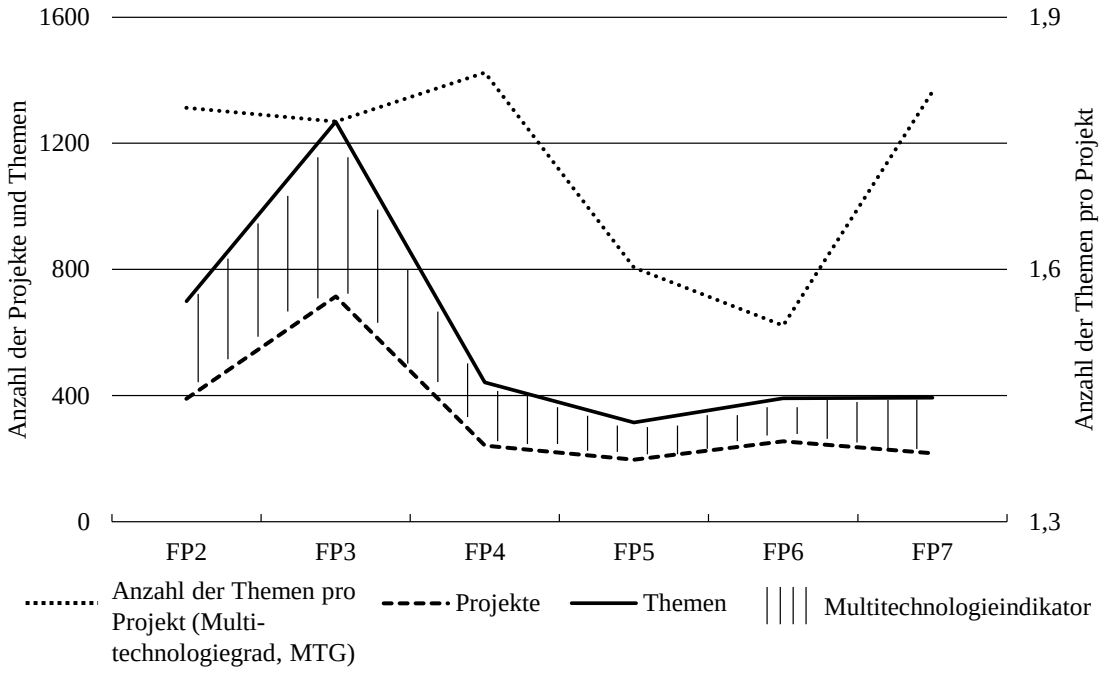


Abb. 4-2: Multitechnologische Ausgestaltung des F&E-Netzwerks[1129]

Dabei wird ersichtlich, dass die Themen die Projekte deutlich übersteigen. Der Bereich zwischen diesen beiden Kurven wird als **Multitechnologieindikator** interpretiert.[1130] Es besteht also eine fortwährende multitechnologische Ausgestaltung der Projekte über den gesamten Betrachtungszeitraum, sodass die Luftfahrt als wissensseitig breit aufgestellte Industrie identifiziert ist. Auffallend ist allerdings, dass dieser Aspekt in den frühen FPs stärker ausgeprägt ist, während sich von FP4 an ein relativ konstantes Verhältnis abzeichnet. Dies ist einerseits auf die Ausgestaltung der Teilnahmebedingungen bzw. auf die Ausgestaltung der Verbundprojekte,

[1128] Vgl. Abschnitt 3.2.2. sowie 3.2.3. Die Erfordernisse der Industrie repräsentieren hierbei deren Anforderungen und zeigen gleichzeitig auf, dass die Problemstellungen kein neues Phänomen sind, sondern bereits einige Jahrzehnte eine Rolle spielen. Zudem ist anzumerken, dass bspw. ein gemeinwohlorientiertes Ziel, wie das der Treibstoffreduktion, auf Herstellerebene ein kostenbezogenes, also marktbezogenes Argument ist und auch deshalb eine große Beteiligung erfahren dürfte.

[1129] Eigene Darstellung

[1130] Die Reduzierung der Anzahl der Projekte ist dabei auf deren Größenveränderung zurückzuführen. Während die Anzahl der Teilnehmer pro Projekt in FP2 bei 5,4 liegt, steigt diese über die Zeit (FP3 5,5 – FP4 9,0 – FP5 11,2) bis auf 14,3 Teilnehmer pro Projekt in FP6 an. FP7 weist eine durchschnittliche Teilnehmeranzahl pro Projekt von 11,2 auf, wobei dies auf die veränderten Rahmenbedingungen und der Förderstrategie zurückzuführen ist. Vgl. Guffarth und Barber (2013), S. 5

die eine stärkere Konzentrierung von Themengebieten über die Zeit hinweg erfahren, zurückzuführen.[1131] Anderseits ermöglichen diese breit gefächerten Wissensfelder *cross-fertilization*-Effekte, ebenso wie die vereinfachte Möglichkeit von Technologieintegration im Vergleich zu eher homogen ausgestalteten Verbünden.

Abb. 4-3 dient als weiterer Indikator für die multitechnologische Ausgestaltung der Luftfahrtindustrie. Hier werden die **interindustriellen Anwendungsmöglichkeiten** der Projekthemen basierend auf einer zwölf Industrien umfassenden Suchwortanalyse abgebildet und das *Spillover*potential in andere Industrien aufgezeigt.[1132]

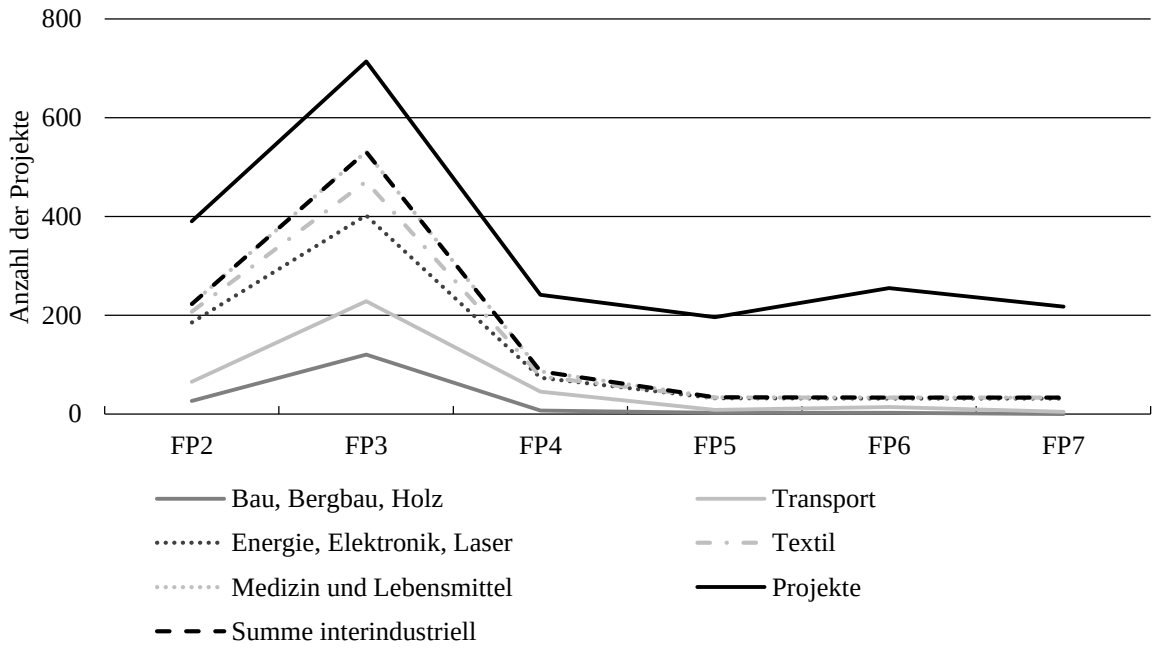


Abb. 4-3: Interindustrielle Anwendungsmöglichkeiten[1133]

Auch hier zeigt sich, dass die frühen FPs einen offeneren und breiteren Themenstellungsfokus aufweisen, als spätere FPs. So ist die Anzahl der interindustriell anwendbaren Projekte in den frühen FPs wesentlich höher als in den sehr intraindustriell ausgeprägten Verbünden der späten FPs.[1134] Während in FP3 ein Anteil von ca. 75 % aller Projekte einen interindustriellen Anwendungscharakter aufweisen, sind es in FP7 gerade noch 15 %. Gerade aufgrund der Relevanz für

[1131] Vgl. Teilkapitel 4.1. sowie Guffarth und Barber (2013), S. 4 f.

[1132] Dabei wurden die Suchstrings zur Identifikation der jeweiligen Industrien innerhalb der Projekttitel und des Zielsetzungstexts angewendet und im Nachgang auf Plausibilität geprüft. Vgl. Guffarth und Barber (2013), S. 9 sowie Anhang 2

[1133] Eigene Darstellung. Vgl. Anhang 2. Gestapelte Darstellung der Industrien. Die Summenkurve der interindustriellen Anwendungsmöglichkeiten sowie die Anzahl der Projekte sind absolute Darstellungen.

[1134] Hierbei gilt es zu beachten, dass eine Mehrfachzuweisung der Projektrelevanz für andere Industrien möglich ist.

die Luftfahrtindustrie weisen Energie-, Elektronik- und Laserindustrie sowie Transportindustrie, die sich hier aus Automobil-, Schiffbau- und Schienenfahrzeugindustrie zusammensetzt, die höchsten Überschneidungsmengen und *Spillover*potentiale auf.[1135] Zudem hat die Textilindustrie eine relativ große Nähe zu den wissensseitigen Anforderungen der Luftfahrtindustrie, was sich auf die Faserbearbeitung im Bereich der Verbundwerkstoffe zurückführen lässt und eine gegenseitige Befruchtung in Produktionsfragestellungen und der prozessualen Optimierung nahe legt.[1136] Insgesamt geht also die Breite der Wissensfelder zurück, wodurch sich *cross-fertilzation*-Möglichkeiten reduzieren und sich eine eher exploitative Ausrichtung einstellt.

Obwohl der Multitechnologieindikator in Abb. 4-2, also der Bereich zwischen den Kurven Themen und Projekte, über den Zeitverlauf deutlich abnimmt ist nicht automatisch auf eine geringere technologische Anforderungsbasis, bspw. aufgrund einer technologischer Exploitationsphase zu schließen. Einerseits ist auf die differenziert zu betrachtenden Subsysteme gegenüber dem Gesamtsystem zu verweisen, wobei einzelne Subsysteme durchaus explorative Phasen durchlaufen, obwohl sich das Gesamtsystem in einer (architektonisch) exploitativen Phase befindet.[1137] Andererseits spielt der **Multitechnologiegrad** (MTG), dargestellt als Relation zwischen Projekten und Themen, eine entscheidende Rolle in der Einschätzung dieses Sachverhalts. Dabei ist auffallend dass der MTG in den FP2, FP3 und FP4 mit einem Wert von 1,8 Themen pro Projekt relativ konstant bleibt und somit gerade in FP4, das eine stark fallende Zahl von Projekten aufweist, eine ebenso große Wissensfeldvielfalt bearbeitet wird, wie in den vielzähligen Projekten unter den FP2 und FP3. In FP5 und FP6 fällt der MTG deutlich ab, was mit einer Verschmälerung der Wissensbreite einhergeht. Allerdings steigt der MTG in FP7 trotz geringer interindustrieller Anwendbarkeit der Themenstellung (vgl. Abb. 4-3), was als Indiz für einen steigenden intraindustriellen MTG zu werten ist und dem Verdacht einer exploitativen Ausrichtung in den späteren FPs entgegensteht.

4.2.2. Explorative und exploitative Wissensentwicklung in Produkt und Prozess

Um einen genaueren Einblick in die Wissensentwicklung im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie zu erhalten, werden alle Projekte nach ihren Zielstellungen in Bezug auf das

[1135] Die Kurve der interindustriellen Projekte in Abb. 4-3 ist als Summenkurve der Einzelindustriekurven gestapelt abgebildet, woraus sich die Anteile der jeweiligen Industrien ablesen lassen.

[1136] Die enge Verwandtschaft bzw. gemeinsame Projektteilnahme im Bereich der Bergbau- und Bauprojekte ist ebenso auf Materialprojekte zurückzuführen, deren Gewinnung und auch Verarbeitung für die Luftfahrt eine bedeutende Rolle spielen. Zudem sind vor allem die Hersteller von Flugzeugen auch in Forschungs- und Planungsprojekte von bspw. Flughäfen miteinbezogen, da sich die Entwicklung von Größe und Gewicht der Flugzeuge, als auch die Einschätzung der Hersteller bzgl. zukünftiger Passagieraufkommen gefragt ist.

[1137] Vgl. Unterabschnitt 2.2.4.2.

Produkt untersucht und in die Kategorien Flugzeug, Raumfahrt, Helikopter, Material und Andere eingeteilt.[1138] Die anteiligen Verläufe der **artefaktbezogenen Kategorisierungen** sind in Abb. 4-4 dargestellt und der Entwicklung der Anzahl der Projekte gegenübergestellt.[1139] Auch hier wird die Dominanz der materialbezogenen Projekte in den frühen FPs sichtbar. Zudem besitzt die Kategorie der Anderen, also nicht auf die Artefakte Flugzeug, Raumfahrt oder Helikopter bezogenen Projekte in den frühen FPs, vor allem in FP3 einen großen Anteil und verdeutlicht ergänzend zu den Ausführungen in Abschnitt 4.2.1. die aufgezeigte Breite und die eher ungerichtete Ausgestaltung der Projekte. Der dauerhaft geringe Anteil der Projekte mit dem Fokus auf Helikopter ist ebenso zu beobachten, wie die in FP6 stark zunehmende Zahl der raumfahrt- und satellitenbezogenen Projekte.[1140] Die für diese Untersuchung besonders relevante Kategorie der Flugzeuge macht in den FP4, FP5 und FP6 den größten Anteil aus.

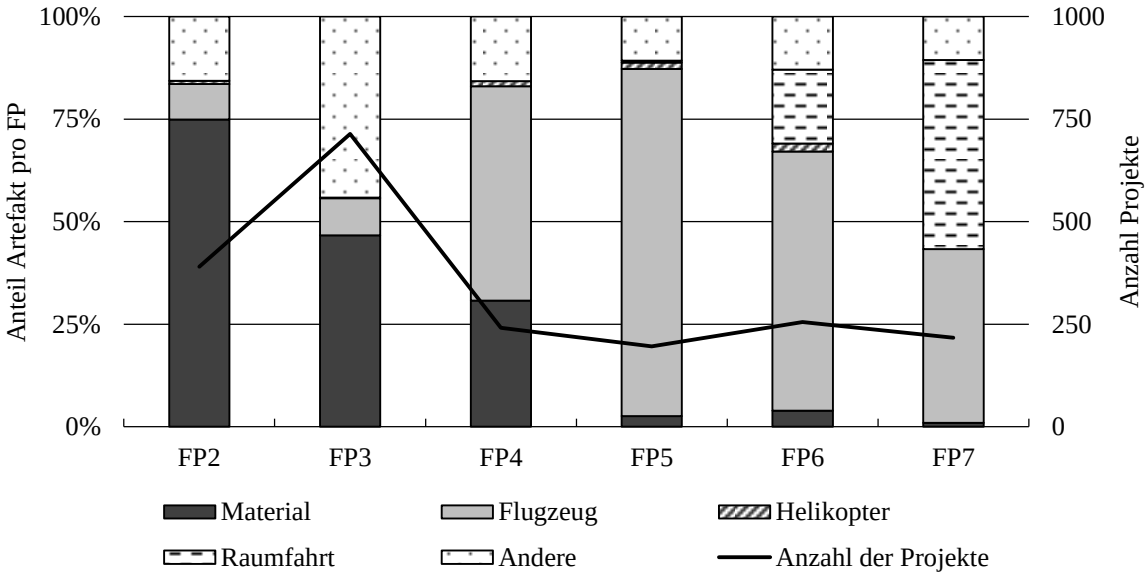


Abb. 4-4: Zielbezogene Projektkategorisierung nach Artefakt[1141]

Ausgehend von dieser Basis wird im Folgenden nur das **Artefakt Flugzeug** betrachtet, d.h. die Kategorien Material, Raumfahrt, Helikopter und Andere ausgeklammert. In einem ersten Schritt werden die flugzeugbezogenen Projekte weiter in die Kategorien Rumpf, Triebwerk, Avionik und Aerodynamik untergliedert, um eine Subsystemperspektive zu erhalten.[1142] Zudem wird zwischen produkt- und prozessbezogenen Zielstellungen der Projekte unterschieden.[1143]

[1138] Hierzu werden alle Projekte mittels Bewertung der Projektziele durch Schlagwortsuche nach den Anwendungstypen kategorisiert.
[1139] Hierbei wird eine eindeutige Zuordnung zwischen Projekt und Kategorie bzw. Artefakt vorgenommen.
[1140] Hier ist bspw. die stark steigende Zahl der Projekte zur Unterstützung des Galileo-Satellitennavigationssystems zu nennen.
[1141] Eigene Darstellung
[1142] Auch diese Kategorisierung wurde mittels Einzelprüfung der Projekte bzgl. deren Zielstellung vorgenommen.
[1143] Die Zuweisung der Kategorien Produkt und Prozess erfolgte mittels nachfolgender Logik. Alle dem Endprodukt zuzuschreibenden Teile, Komponenten oder Systeme werden mit Produkt gekennzeichnet. Die Kategorie

Abb. 4-5 ermöglicht einen Einblick in die Innovationsziele bezogen auf das Flugzeug und dessen Subsysteme im europäischen F&E-Netzwerk der Luftfahrtindustrie. Die geringe Anzahl an artefaktbezogenen Projekten in FP2 und FP3 ist auf die Dominanz der Kategorie Material zurückzuführen, wobei materialbezogene, artefaktunabhängige Projekte dennoch spezifischen Einfluss auf die Subsysteme, speziell Rumpf und Triebwerk haben können und deren Entwicklung sowohl in Bezug auf das Produkt, als auch auf den Prozess maßgeblich vorantreiben können. Auffallend ist, dass insgesamt die **produktbezogenen Projekte deutlich dominieren** und **prozessbezogene Projekte vornehmlich in den Subsystemen Rumpf** und mit Abstrichen Triebwerk vorherrschen.[1144]

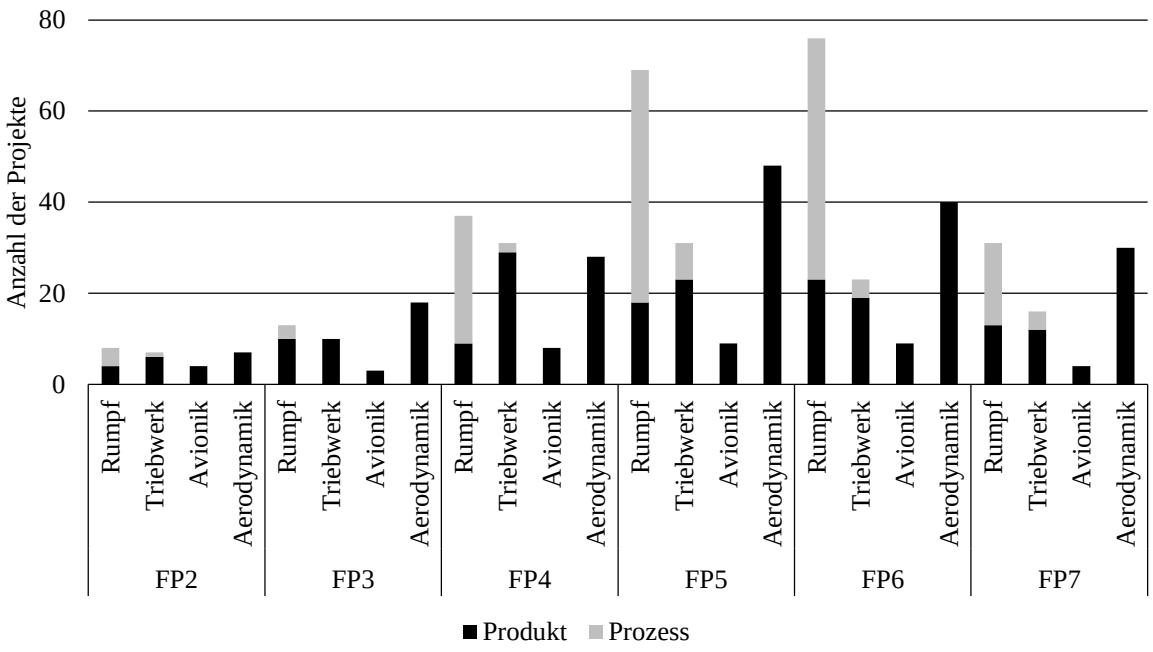


Abb. 4-5: Entwicklung der flugzeugbezogenen Produkt- und Prozessprojekte[1145]

Eine produktbezogene Dominanz ist im Allgemeinen eher ein Hinweis auf frühe technologische Phasen und wird in diesem Kontext als Indiz für die explorative Ausrichtung in den Subsystemen gewertet. So repräsentieren die steigenden Forschungsaktivitäten im Bereich der Triebwerke einen zukunftsweisenden Bedarf an effizienteren Flugzeugen in Bezug auf deren Treibstoffverbrauch.[1146] Dasselbe Ziel verfolgt die stark steigende Anzahl im Bereich der Aerodynamik. Dass allerdings im Flugzeugstrukturbereich, also der Kategorie Rumpf, eine Dominanz

Prozess wurde zugewiesen, wenn das Projektziel dem Herstellungsprozess des Produkts dient. Folglich sind Projekte, wie bspw. Roboter, nicht der Kategorie Produkt zugeordnet, sondern werden unter der Kategorie Prozess geführt.

1144 Dass prozessbezogene Projekte in den Bereichen Avionik und Aerodynamik selten oder nicht vorkommen ist nicht verwunderlich, da beide Kategorien weniger herstellungsbezogene Forschungsfragen als produktseitige Weiterentwicklung im Fall der Avionik und Erkenntnisgewinne im Fall der Aerodynamik beinhalten.

1145 Eigene Darstellung

1146 Vgl. Abschnitt 3.2.3.

der prozessbezogenen Projekte vorherrscht impliziert, dass das Gesamtsystem Flugzeug sich in einer exploitativen Phase befindet und der Effizienzgedanke im Herstellungsprozess im Interesse der Hersteller ist und hier wesentliche Verbesserungspotentiale unerschlossen sind.[1147]

Um die thematisch-artefaktbezogene Differenzierung in Produkt und Prozess genauer zu erörtern folgt die Unterscheidung zwischen **explorativen und exploitativen Projekten**.[1148] Abb. 4-6 zeigt die Summenkurve der Produkt- und Prozessprojekte, die jeweiligen exploitativen Summenkurven der Projekte und die explorativen Summenkurven der Projekte.

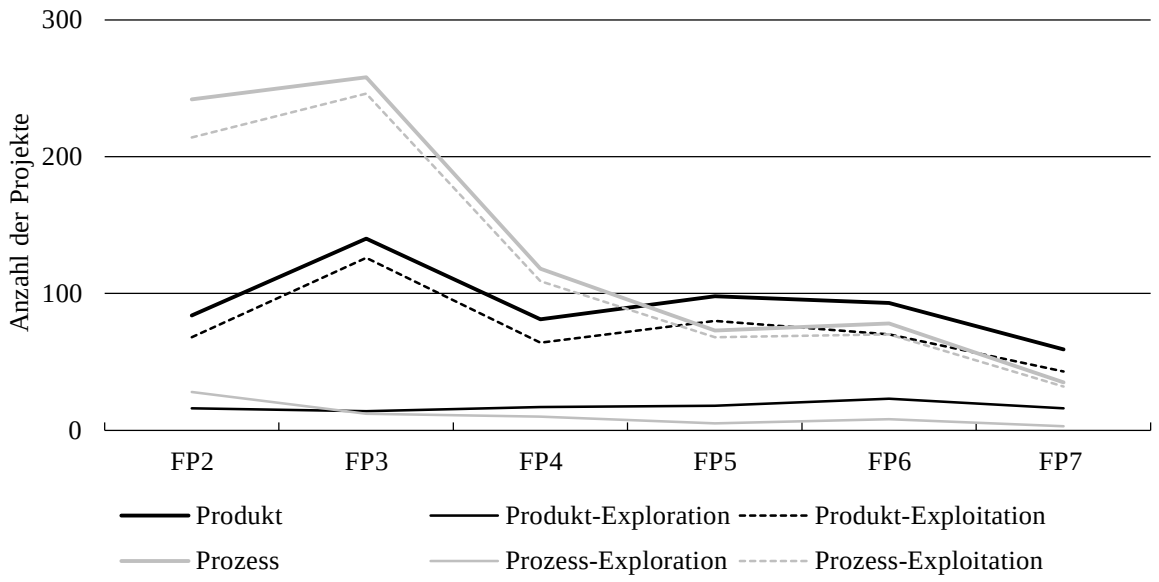


Abb. 4-6: Entwicklung explorativer und exploitativer Produkt- und Prozessprojekte[1149]

Aufgrund der großen Anzahl herstellungsprozessoptimierender Projekte im Bereich Material dominieren Prozessthemen in FP2, FP3 und FP4. Durch die artefaktbezogene Ausgestaltung ab FP5 kippt dieses Verhältnis zu den Produktthemen.[1150] Auffallend ist der **große Anteil an Exploitation**, der auch den Gesamtverlauf der Produkt- und Prozesskurven determiniert. Deutlicher wird dies in Abb. 4-7.[1151] Allerdings ist hier zu erkennen, dass der Anteil der **Produktexploration in den späten FPs** leicht steigt und gleichzeitig der Anteil von Prozessexploitation

[1147] Vgl. Abschnitte 3.2.2. sowie 3.2.3. Hierbei sei auf den (noch) sehr geringen Automatisierungsgrad in der Produktion von Flugzeugen hingewiesen.

[1148] Hierbei erfolgt die Zuweisung von Exploration und Exploitation wiederum durch die einzelthematische Bewertung der Projekte. Anzumerken ist hier, dass für den Fortlauf dieses Abschnitts Materialthemen wieder mit in die Betrachtung aufgenommen werden, um ein ganzheitliches Bild zu erlangen.

[1149] Eigene Darstellung

[1150] Die sinkende Gesamtanzahl der Projekte ist zum einen auf die Größenentwicklung der Projekte zurückzuführen und zum anderen auf die Ausklammerung der Projekte zu Helikoptern und vor allem zur Raumfahrt, die in den FP6 und FP7 bedeutend sind.

[1151] Dass Exploitation eine klar dominierende Rolle einnimmt hat zwei Gründe. Zum einen werden Verbundprojekte oft als reines Informationsmedium durch die Teilnehmer aufgefasst, was das Einbringen von explorativem Wissens durch fehlende Vertrauensbasen und der Gefahr von *Spillover* mindert. Vgl. Espenhorst (2008),

sinkt. Insgesamt verschiebt sich das Verhältnis zwischen Produkt und Prozess über die Zeit hinweg eindeutig in Richtung Produkt, was insgesamt als Indiz für die charakteristische Ausprägung von Industrien mit komplexen Produkten, also der unterschiedlichen Phasenzuordnung, gesehen wird.[1152]

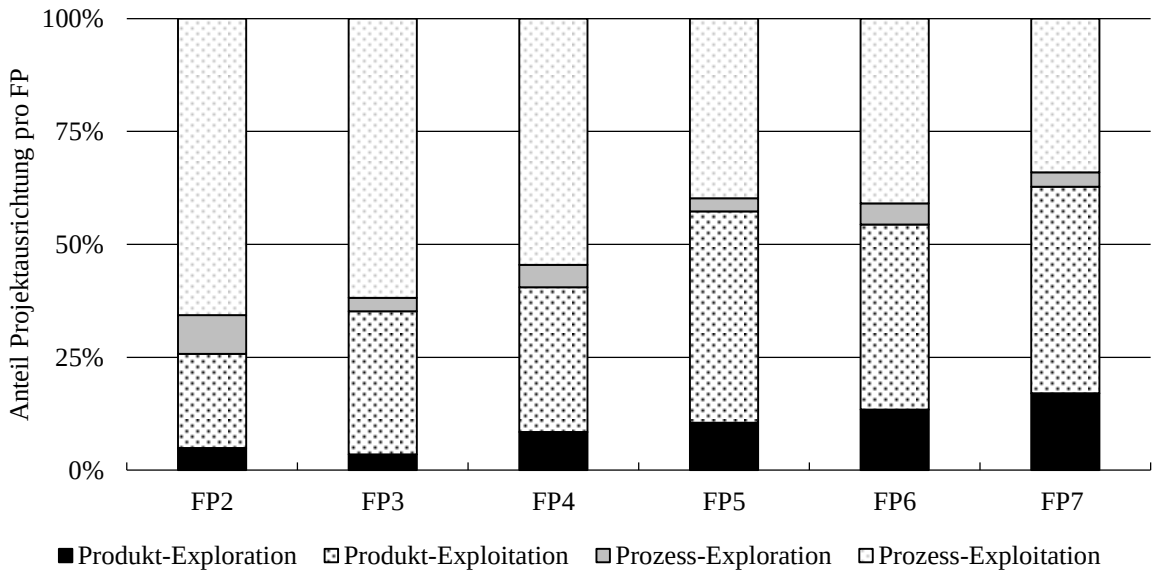


Abb. 4-7: Relation explorativer und exploitativer Produkt- und Prozessprojekte[1153]

Mit der Fokussierung auf flugzeugrelevante Projekte und deren Unterteilung in Produkt- und Prozessprojekte sowie der Zuweisung von Explorations- und Exploitationsfokus der Projekte öffnete sich ein Blickwinkel der in Kombination mit den thematischen Entwicklungen zwei wesentliche Erkenntnisse untermauert. Zum einen wird die multitechnologische Ausgestaltung der Luftfahrtindustrie herausgestellt und zum anderen die Notwendigkeit einer differenzierten, subsystembasierten Betrachtung in Bezug auf den technologischen Erklärungsgehalt der explorativen und exploitativen Ausrichtung betont. Somit erschwert der komplexe Produktcharakter die Interpretation auf Basis einer reinen Technologiefokussierung.

4.3. Die Struktur des F&E-Netzwerks

Um die Ergebnisse aus Teilkapitel 4.2. besser interpretieren zu können, wird an dieser Stelle die Struktur des F&E-Netzwerks in den Betrachtungsmittelpunkt gerückt. Ausgehend von einer

S. 175. Zum anderen ist die Gefahr der Informations*spillover* gerade in der Luftfahrt wesentlich, da Projektpartner oftmals Konkurrenten sind. Vgl. Jordan und Lowe (2004), S. 241 ff.

[1152] Bei einer direkten Relation bzw. Implikationsfähigkeit zwischen Technologie- und Industrielebenszyklus, also bei einfachen Produkten, ist der Wechsel von Prozess zu Produkt als Paradigmenwechsel im Produkt zu deuten.

[1153] Eigene Darstellung

Einordnung und Erörterung des F&E-Netzwerks mithilfe von Metriken in Abschnitt 4.3.1. werden die akteursseitige Ausgestaltung in Abschnitt 4.3.2. sowie die Identifikation von selbstverstärkenden Effekten im Netzwerk in Abschnitt 4.3.3. analysiert. In Abschnitt 4.3.4. erfolgt die Zusammenführung und Erörterung der Erkenntnisse zu Exploration, Exploitation und Ambidextrie mit den strukturellen Eigenschaften des F&E-Netzwerks. Die Analyse wiederholter Partnerschaften und die Erörterung der Verbindungsstärke zwischen den Akteuren in Abschnitt 4.3.5. dienen der Untersuchung der langfristigen Sicherstellung eines auf Beidhändigkeit ausgelegten Netzwerks.

4.3.1. Netzwerkcharakterisierung

In Abb. 4-8 sind die jeweiligen Hauptkomponenten des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie pro FP graphisch dargestellt.[1154] Insgesamt variiert die **Anzahl der unverbundenen Teilnetzwerke** zwischen den FPs deutlich. Während in FP2 17 unverbundene Teilnetzwerke zu verzeichnen sind, sind es in FP3 102, in FP4 13, in FP5 25, in FP6 zwei und in FP7 fünf. Allerdings besteht in jedem der Zeiträume eine eindeutige Hauptkomponente, die in Bezug auf die Größe aller Knoten mind. 98 % ausmacht. Folglich ist die **Betrachtung der Hauptkomponente** ausreichend, da die Bedeutung der weiteren unverbundenen Teilnetzwerke vernachlässigbar klein ist. Auffallend ist die **Entwicklung der Größe und der Ausfransungen** des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie über die FPs. Während sich FP2 und FP3 durch sehr viele kleinere Teilnetzwerke auszeichnen und so ein breiteres Erscheinungsbild haben, reduzieren bzw. gruppieren sich diese Teilnetzwerke in FP4 zusehends und der Kern des Netzwerks wirkt deutlich enger. Auch scheint die Größe in FP3 am höchsten zu sein. Dieser sich verdichtende Trend über die FPs zwei, drei und vier gipfelt in FP5, da sich hier das Netzwerk durch die geringste Größe, den dichtesten Kern und die geringste Anzahl an Ausfransungen zeigt. Obwohl augenscheinlich der dichte Kern in FP6 und FP7 erhalten bleibt, wächst das Netzwerk wieder und es bilden sich mehr Teilgruppierungen um den Kern. Diese Entwicklung geht somit mit den programmatischen und regulativen Teilnahmebedingungen einher.[1155]

[1154] Die Darstellungsform wird mittels des Fruchterman-Reingold-Algorithmus realisiert. Dieser Algorithmus basiert auf physikalischen Prinzipien. Knoten stoßen sich wie Sprungfedern voneinander ab, während Kanten Anziehungskräfte wie elektrisch geladene Teilchen ausüben. Die Realisierung eines statischen Gleichgewichts für die Darstellung führt dazu, dass Akteure, die sehr eng miteinander verbunden sind, durch eine größere Nähe dargestellt werden. Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 9

[1155] Vgl. Teilkapitel 4.1. sowie 4.2. So sind bspw. die erneuten Ausfransungen in FP6 und FP7 auf die neu eingeführte Raumfahrtkategorie zurückzuführen.

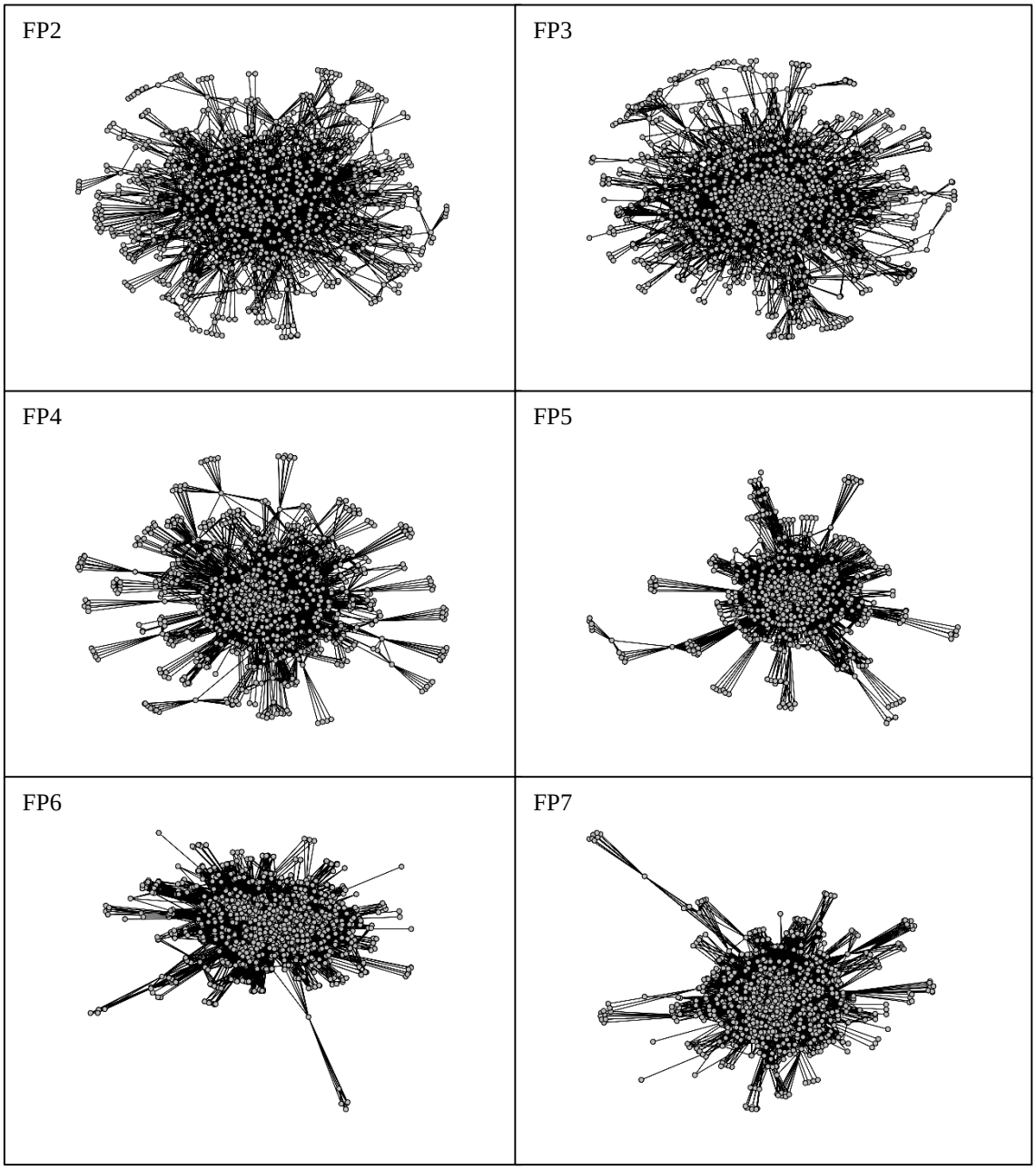


Abb. 4-8: Graphische Ausgestaltung des europäischen F&E-Netzwerks pro FP[1156]

Um eine genauere Einordnung zu ermöglichen wird in Tab. 4-1 das F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie mithilfe der nachfolgenden Metriken dargestellt. Für die Berechnung der Werte wird wiederum die Hauptkomponente eines jeden Netzwerks pro FP herangezogen.[1157]

[1156] Eigene Darstellung

[1157] Diese Vorgehensweise gewährleistet die korrekte Darstellung und Berechnung von Metriken wie bspw. der Pfadlängen und die darauf basierenden Metriken. Die Berechnungen für die Werte der erwarteten, also zufälligen Netzwerkdaten werden auf Basis der Erkenntnisse von Erdös-Rényi (1960) ausgeführt.

FP	2	3	4	5	6	7
Knoten	993,00	1852,00	903,00	855,00	1450,00	1168,00
Kanten	4950,00	11655,00	9134,00	22906,00	31247,00	19865,00
Dichte	0,01	0,01	0,02	0,06	0,03	0,03
Durchmesser	9,00	9,00	6,00	6,00	5,00	6,00
durchschnittliche Pfadlänge (DPL)	3,41	3,52	2,89	2,32	2,39	2,46
erwaretete durchschnittliche Pfadlänge (DPL_e)	3,34	3,45	2,65	2,02	2,24	2,35
durchschnittliches Clustering (DC)	0,82	0,83	0,87	0,88	0,85	0,86
erwartetes durchschnittliches Clustering (DC_e)	0,01	0,01	0,02	0,05	0,03	0,03
DC/DC_e	89,59	158,73	43,27	16,86	28,66	30,18
DPL/DPL_e	1,02	1,02	1,09	1,15	1,06	1,05
$Q = (DC/DC_e) / (DPL/DPL_e)$	87,63	155,62	39,68	14,71	26,94	28,79

Tab. 4-1: Ergebnisse der Netzwerkmetriken[1158]

Aus der Entwicklung der Knoten- und Kantenzahl resultiert die **Dichte** des Netzwerks, die die Kohärenz des Netzwerks abbildet und als Indikator für den Wissensfluss im Netzwerk steht.[1159] Die Dichte des vorliegenden Netzwerks stellt sich insgesamt als sehr gering heraus, vor allem in FP2 und FP3 mit einem Wert von 0,01. Dies ist vor allem auf die Größe des Netzwerks zurückzuführen, da in solch großen Netzwerken für keinen Akteur die Möglichkeit besteht Verbindungen zu allen Akteuren zu etablieren und aufrechtzuerhalten.[1160] Zudem ist die geringe Dichte ein Indikator für gezielt eingegangene Verbindungen, was die Stabilität sowie die Wissensflüsse im Netzwerk stark von den jeweiligen Akteuren abhängig macht.[1161] So ist für diese Entwicklung der Größe und damit der Dichte des Netzwerks, neben den programmatischen und regulativen Veränderungen über den Zeitverlauf,[1162] durchaus auch eine evolutorische Sichtweise, auf Basis der selbstständigen Projektpartnerwahl der Akteure, angebracht. Hierbei ist die geringere Dichte in FP2 und FP3 als Entstehungsphase des Netzwerks anzusehen, in der eine wachsende Anzahl an Akteuren dem Netzwerk beitritt und diese ihre jeweiligen Wissensbasen in eher kleine Projekte einbringen. Der Anstieg der Dichte in FP4 und FP5 zeigt den Reifungsprozess, bei dem bekannte Verbindungen zwischen den Akteuren wiederholt werden und so zu einem höheren Vernetzungsgrad und höherer Dichte führen. Die geringe Dichte in FP6 und FP7 ist auf die Neu-Etablierung einer Raumfahrtkategorie zurückzuführen, die eine erneute Entstehungsphase hervorruft, in der wiederum neue Akteure dem Netzwerk beitreten und sich dabei Verbindungen zwischen den bestehenden Akteuren und den Neumitgliedern, als auch zwischen den Etablierten ergeben.[1163] Eine alternative Maßzahl um die Konnektivität des Netzwerks darzustellen ist die Betrachtung des **Durchmessers**, der hier sehr groß ist, was wie-

[1158] Eigene Darstellung
[1159] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2. sowie Hanneman und Riddle (2005), S. 233
[1160] Vgl. Scott (1994) sowie Mayhew und Levinger (1976), S. 86 ff.
[1161] Vgl. Schön und Pyka (2012), S. 4 ff.
[1162] Vgl. Teilkapitel 4.1.
[1163] Vgl. Breschi und Cusmano (2004), S. 758

derum auf die Größe des Netzwerks zurückzuführen ist. Allerdings ist dennoch eine Entwicklung von einem Durchmesser von 9 in FP2 und FP3 hin zu 6 in FP4 und FP5 abzulesen. In FP6 und FP7 beträgt der Durchmesser 5 bzw. 6, was insgesamt also in Einklang mit der Entwicklung der Dichte des Netzwerks steht. Die **durchschnittliche Pfadlänge** gibt Aufschluss über die Diffusionsgeschwindigkeit im Netzwerk,[1164] wobei eine kürzere durchschnittliche Pfadlänge bedeutet, dass Wissen schneller durch das Netzwerk transportiert wird als in Netzwerken mit großen Pfadlängen. Das vorliegende F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie ist charakterisiert durch relativ kurze durchschnittliche Pfadlängen, wobei diese in FP2 mit 3,41 und in FP3 mit 3,52 größer ausfallen als in den nachfolgenden FP4 mit 2,89, FP5 mit 2,32, FP6 mit 2,39 und FP7 mit 2,49. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den frühen FPs neue Teilnetzwerke an die Hauptkomponente andocken und die in Abb. 4-8 charakteristisch ausgefranste Form entsteht, die längere Pfade bedingt. Über den Zeitverlauf verdichtet sich das Netzwerk und die Pfadlängen werden kürzer. Kurze Pfadlängen sind im Allgemeinen ein Charakteristikum für das Auftreten von Kleine-Welt-Effekten und stellen so einen Baustein für eine effiziente Struktur von F&E-Netzwerken dar.[1165] Allerdings sind kurze durchschnittliche Pfadlängen kein ausreichendes Kriterium für die Identifizierung von Kleine-Welt-Effekten.[1166] Hierzu wird die Maßzahl des durchschnittlichen **Clusterbildungs-Koeffizienten** benötigt, also einer Metrik die Aufschluss über lokal enger vernetzte Netzwerkteilbereiche gibt und für Kleine-Welt-Strukturen hoch ausfällt.[1167] Der Clusterbildungs-Koeffizient für die vorliegenden F&E-Netzwerke in den jeweiligen Zeiträumen ist mit Werten von 0,82 in FP2, 0,83 in FP3, 0,87 in FP4, 0,88 in FP5, 0,85 in FP6 und 0,86 in FP7 extrem hoch, wobei der Anstieg von FP2 bis FP5 wiederum auf die verbesserte Einbindung der Akteure über den Zeitverlauf zurückzuführen ist. Diese Indikatoren deuten eine Kleine-Welt-Struktur des Netzwerks an. Um dies genauer zu prüfen werden im Folgenden die Werte der durchschnittlichen Pfadlängen (DPL) und des durchschnittlichen Clusterbildungs-Koeffizienten (DC) des vorliegenden F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie mit den Werten der Parameter für zufällige Netzwerke mit der gleichen Knoten- und Kantenanzahl verglichen. Um diese Messung durchzuführen wird der **Kleine-Welt-Quotient Q** eingeführt.[1168] Er ist definiert als das Verhältnis der Clusterbildungs-Koeffizienten des beobachteten und des erwarteten Wertes (DC/DC_e) geteilt durch das Verhältnis der durchschnittlichen Pfadlängen in ihrer realen und erwarteten Ausprägung (DPL/DPL_e).[1169] In Tab. 4-1 sind die jeweiligen Werte abgebildet, wobei sich die durchschnittlichen Pfadlängen der beiden Netzwerke kaum unterscheiden. Allerdings übersteigt der Clusterbildungs-Koeffizient in

[1164] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2.
[1165] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2.
[1166] Vgl. Roediger-Schluga und Barber (2008), S. 321 ff.
[1167] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2.
[1168] Diese Analyse mittels des Quotienten geht auf Watts und Strogatz (1998) zurück und wird in dieser Untersuchung für das vorliegende Netzwerk repliziert.
[1169] Der Zusatz e in den beiden Relationen stellt auf die erwarteten Werte des zufälligen Netzwerks ab, welches hier auf Basis von Erdös-Rényi-Eigenschaften erzeugt wird.

den beobachteten Netzwerken die Werte für die zufälligen Netzwerke deutlich. Aus dieser Kombination ergeben sich Werte für den Kleine-Welt-Quotienten (Q), die wesentlich größer als 1 sind und deshalb bestätigen, dass das F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie als Kleine-Welt-Netzwerk bezeichnet wird.[1170] Da diese Kennzahlen zwar eine Struktur offen legen die einer effizienten Ausgestaltung des F&E-Netzwerkes zuträglich ist, aber die Heterogenität der Akteure nicht berücksichtigt,[1171] widmet sich der nachfolgende Absatz diesen Aspekt.

4.3.2. Die Dynamik der Zusammensetzung

Für die Analyse der **akteursseitigen Zusammensetzung** des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie werden die folgenden Organisationstypen unterschieden. Die Gruppe der Industrie (IND) umfasst alle privatwirtschaftlichen Akteure, die ein produzierendes oder dienstleistungstreibendes Gewerbe ausführen. Unter der Kategorie EDU subsummieren sich alle Bildungs- und Forschungseinrichtung, wie bspw. Universitäten.[1172] Die Gruppe der Forschungsorganisationen (ROR) beinhaltet Akteure deren Hauptgeschäft sich auf die Forschung, in meist angewandter Form, bezieht, wie bspw. die Fraunhofer Gesellschaft.[1173] Unter der Kategorie GOV sind alle staatlichen und öffentlichen Einrichtungen zu verstehen.[1174] Die Gruppe der Anderen (OTH) fasst alle Akteure zusammen die keine Zuordnung zu den zuvor dargestellten Gruppierungen aufweisen.[1175] Die Anteile der jeweiligen Organisationstypen in den entsprechenden FPs sind in Abb. 4-9 dargestellt. So ist der Anteil der **industriellen Akteure** zwischen FP2 und FP5 relativ konstant und bewegt sich zwischen 50 % und 60 %. Dies ändert sich in FP6, mit einem Anteil von 45 % und verringert sich in FP7 weiter auf 38 %. Dieser sinkende Anteil der industriellen Akteure in den beiden letzten FPs wird nahezu vollständig durch die stärkere Partizipation der **wissenschaftlichen Akteure**, also EDU und ROR, kompensiert. Deren gemeinsamer Anteil entwickelte sich von einem relativ konstanten Wert zwischen 35 % und 40 % zwischen FP2 und FP5, hin zu einem Anteil von 45 % in FP6 und 53 % in FP7. Dabei ist auffallend, dass vor allem die nicht-universitären Forschungseinrichtungen (ROR) für diese Entwicklung maßgeblich sind. Die staatlichen und öffentlichen Einrichtungen machen zusam-

[1170] Vgl. Watts und Strogatz (1998), S. 440 ff.
[1171] Diese genauere Betrachtung ist notwendig, da gerade in Bezug auf das Wissen, entscheidende Parameter berücksichtigt werden müssen. So können einerseits in Bezug auf die Wissensbasis identisch ausgestaltete Akteure nicht oder nur eingeschränkt voneinander lernen, was exploratives Lernen einschränkt. Andererseits wird ein Grundmaß an Homogenität benötigt, um die Kommunikation sowie die Aufnahme und Verwertung neuen Wissens zu gewährleisten. Vgl. Teilkapitel 2.1., Abschnitt 2.3.2. sowie Teece (1986), S. 285 ff. und Levin et al. (1987), S. 783 ff.
[1172] Die Abkürzung EDU ist aus dem Englischen *education* übernommen.
[1173] Die Abkürzung ROR ist aus dem Englischen *research organization* übernommen.
[1174] Die Abkürzung GOV ist aus dem Englischen *government* übernommen.
[1175] Die Abkürzung OTH ist aus dem Englischen *others* übernommen.

mengenommen mit der Gruppe der Anderen einen Anteil zwischen 5 % und 10 % aus. Insgesamt kann die thematische Ausgestaltung der Verbundprojekte für die Entwicklung der Zusammensetzungsdynamik verantwortlich gezeichnet werden.[1176] Diese liefert zwei Erklärungsansätze. Erstens ist die steigende Anzahl an Raumfahrtprojekten in FP6 und FP7 zu nennen. Diese Projekte verlangen einerseits, im Vergleich zu flugzeugbezogenen Themenstellungen, einen wesentlich höheren Anteil an Grundlagenforschung und damit die Expertise von Forschungseinrichtungen,[1177] andererseits ist der Kommerzialisierungsgrad in der Raumfahrt wesentlich geringer als in der Luftfahrt, was zu einer geringeren Beteiligung von industriellen Akteuren führt.

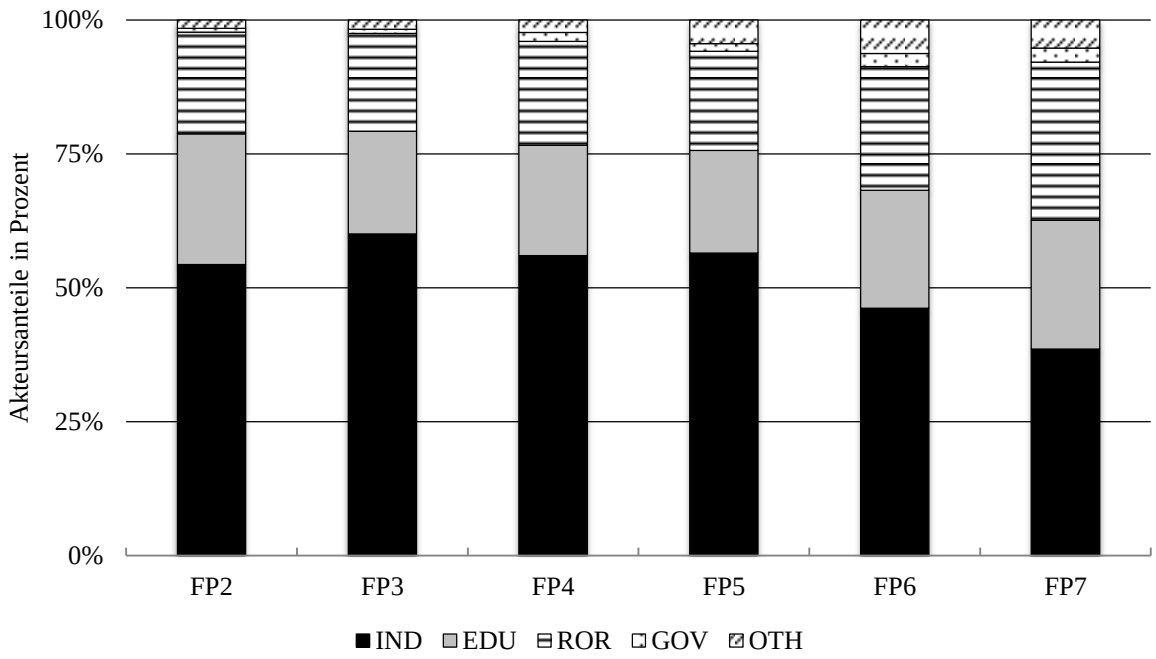


Abb. 4-9: Zusammensetzung des F&E-Netzwerks nach Organisationstyp pro FP[1178]

Zweitens ist aber auch die Entwicklung der thematischen Ausgestaltung flugzeugbezogener Projekte für den steigenden Anteil an wissenschaftlichen Akteuren maßgeblich. Einerseits steigt die Relevanz von wissenschaftlichen Einrichtungen bzw. deren Wissen mit der steigenden Komplexität des Produkts,[1179] andererseits verlangt die Fokussierung auf Produktthemen in FP6 und FP7 eine robuste Basis wissenschaftlichen Grundlagenwissens, um die angewandte Ausgestaltung der Produktneuerung vollziehen zu können.[1180]

[1176] Vgl. Teilkapitel 4.2.
[1177] Vgl. Broekel und Boschma (2010), S. 2 ff.
[1178] Eigene Darstellung
[1179] Vgl. Hickie (2006), S. 714
[1180] Vgl. ASD (2007). So verlangen bspw. Themenstellungen, wie die Reduktion von negativen Umwelteinflüssen durch Emissionen und Lärm sowie die Verbesserung der Flugzeugsicherheit profunde Erkenntnisse im Bereich der physikalischen Grundlagen. Vgl. Weber et al. (2005), S. 1 ff.

Betrachtet man die jeweils **durchschnittliche Anzahl der Projektteilnahmen** der einzelnen Gruppen, die sich für ROR auf 3 mit einer Standardabweichung von 11, für EDU auf 2,6 mit einer Standardabweichung von 6 und für IND auf 3,2 mit einer Standardabweichung von 14,6 beziffern lassen, fällt vor allem für die Gruppe der Industrieakteure die große Heterogenität auf. Da die Gruppierung der Industrieakteure sehr grob gefasst ist bedarf es, gerade aufgrund der großen interindustriellen Anwendbarkeit der Projektthemen,[1181] einer feingranulierten Analyse. Zu diesem Zweck wird in Abb. 4-10 eine **Gegenüberstellung zwischen der Unternehmensgröße und der Anzahl der Teilnahmen** an den FPs dargestellt. Hierbei sind alle industriellen Akteure (IND) mit mindestens zwei Teilnahmen abgebildet.

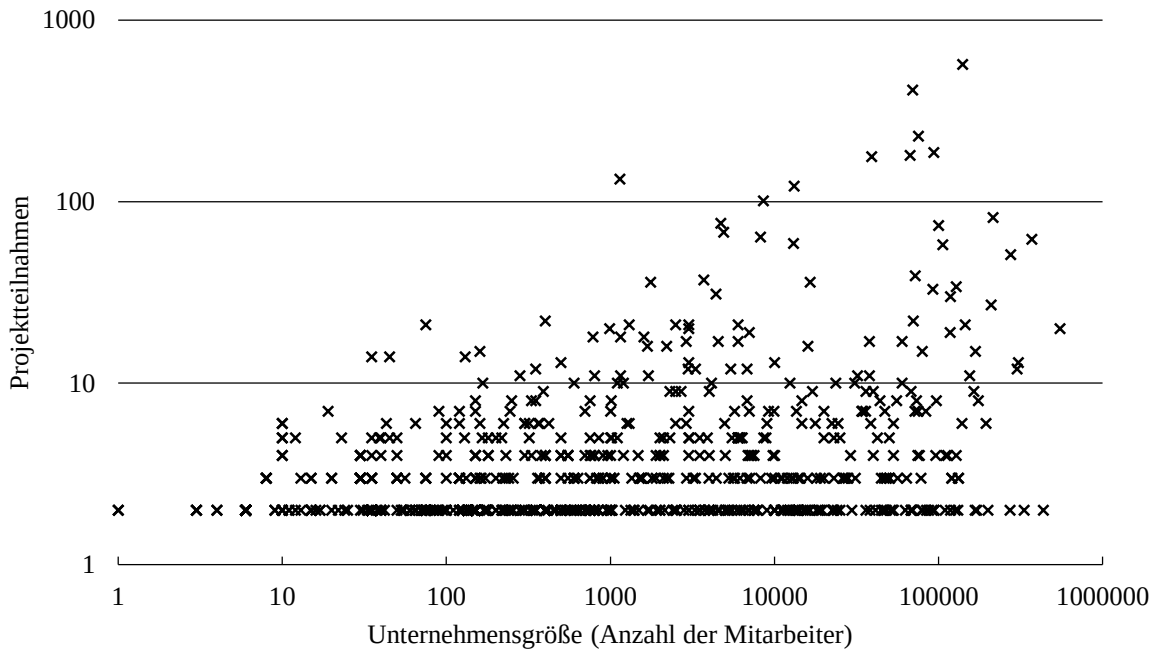


Abb. 4-10: Gegenüberstellung der Unternehmensgröße und der Projektteilnahmen[1182]

Auffallend ist neben der grundsätzlich positiven Korrelation zwischen Unternehmensgröße und der Anzahl der Teilnahmen die starke Streuung dieses Zusammenhangs.[1183] Dies ist auf zwei industrielle Teilnehmergruppen zurückzuführen – KMU und industrieexterne Akteure. Wie in Teilkapitel 4.2. aufgezeigt besteht eine große thematische Verknüpfung bzgl. der Anwendungsmöglichkeit der Projekte in andere Industrien. Zudem ist die Luftfahrtindustrie multitechnologisch ausgestaltet, wodurch sich der Einbezug von **industrieexternen Akteuren** in vielen Fällen als notwendig darstellt. In der Konsequenz bildet der untere, rechte Bereich in Abb. 4-10

[1181] Vgl. Abschnitt 4.2.1.

[1182] Eigene Darstellung. Es werden alle Teilnehmer des F&E-Netzwerks abgebildet, die zur Kategorie Industrie gehören und mindestens zwei Teilnahmen aufweisen. Die Datenerhebung zur Unternehmensgröße basiert auf einer breit angelegten Internetrecherche, meist entstammen die Informationen den Unternehmenswebseiten. Vgl. Guffarth und Barber (2013), S. 19

[1183] Vgl. Teilkapitel 4.1.

vor allem industrieexterne Akteure ab. Für das vorliegende F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie ist die große Anzahl an Mischkonzernen, wie bspw. Siemens oder Thyssen-Krupp, sowie die sehr hohe Beteiligung von Automobilkonzernen, wie Volvo, Saab und BMW auffallend. Insgesamt ist aber auch der große Anteil an **KMUs** herauszustellen. Ungefähr 45 % aller Teilnehmer mit mindestens zwei Teilnahmen sind Unternehmen mit einer geringeren Größe als 500 Mitarbeitern.[1184]

Diese **große Anzahl an KMUs** ist auf zwei Gründe zurückzuführen. Erstens sind der Bedarf an Nischenwissen und der Spezialisierungsgrad aufgrund der komplexen Produktstruktur sehr groß.[1185] Zweitens ist die historische Entwicklung der europäischen Luftfahrtindustrie zu berücksichtigen, die eine extrem fragmentierte Industriestruktur hervorgebracht hat.[1186] Auch wenn KMU für nur ca. 20 % der Liefervolumina zur Flugzeugherstellung verantwortlich sind,[1187] so stellen sie einen sehr wichtigen Teil der Inventionsgemeinschaft dar, da sie einen beträchtlichen Anteil an Wissen im Luftfahrtsektor halten und aufgrund ihrer Flexibilität und Kreativität essentiell für die technologische Entwicklung sind.[1188] Aus der Zusammenarbeit zwischen KMU und Großunternehmen profitieren dabei beide Gruppen. Große Unternehmen machen sich die Eigenschaften der KMU zunutze, indem diese als technologisches Möglichkeitenfenster herangezogen werden.[1189] Und KMU nutzen bspw. die Expertise von Großunternehmen im Bereich der Fertigung.[1190] Insgesamt ist in der Luftfahrtindustrie hierdurch ein sehr reger Übernahme-, Zusammenschluss- und Ausgliederungsprozess entstanden. Ein Beispiel für die erfolgreiche Interaktion zwischen KMU und großen Unternehmen ist die Erwin Kayser-Threde GmbH, gegründet 1967 und spezialisiert auf Erdbeobachtung, optische Systeme und Raumfahrttechnologie, die 2007 von OHB übernommen wurde.[1191] Die in Abb. 4-10 nicht aufgezeigten Akteure mit nur einer Teilnahme über den gesamten Betrachtungszeitraum bekräftigen die Bedeutung von interindustriellen Akteuren und KMU im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie. Während die Gruppe der zweimalig-teilnehmenden mit 12 % bereits sehr groß ist, beziffert sich der Anteil der **einmalig-teilnehmenden Akteure** auf 78 %. Wie

---

[1184] Entgegen der Definition für KMU durch die EU, die Unternehmen lediglich bis zu einer Betriebsgröße von 249 Mitarbeitern als solche führt, ist die Grenzziehung bei 500 Mitarbeitern für die Luftfahrtindustrie sinnvoller, da eine sehr große Anzahl von Unternehmen zwischen 250 und 500 Mitarbeitern aufweist, diese allerdings kaum vergleichbar sind mit den großen Unternehmen bzgl. deren Ressourcenausstattung.

[1185] Vgl. Teilkapitel 2.3. Zudem stellen Zimmermann et al. (2001), S. 532 ff. fest, dass der Größenvorteil bzgl. der Teilnahmehäufigkeit mit steigender Bedeutung von Wissen abnimmt und so die relativ große Teilnahmehäufigkeit von KMU untermauert.

[1186] Vgl. Teilkapitel 3.2. sowie Guffarth und Barber (2013), S. 19 f.

[1187] Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 150

[1188] Vgl. Hollanders et al. (2008), S. 19 ff. Die Autoren beziffern die F&E-Ausgaben von KMUs auf 13 % des Umsatzes, wobei diese Werte sehr nahe an denen der großen Unternehmen liegen und so die Bedeutung von KMUs für den Inventionsprozess hervorgehoben wird.

[1189] Vgl. Roberts und Berry (1985), S. 3 ff.

[1190] Vgl. Doz (1988), S. 31 ff.

[1191] Zudem sind United Monolithic Semiconductors SAS und Intespace SA zu nennen, die erfolgreiche Joint Ventures von Airbus und Thales sind und einen Fokus auf Luftfahrt- und Verteidigungstechnologie ausweisen.

sich diese zusammensetzen wird in Tab. 4-2 dargestellt. Während der Anteil von Wissensintermediären (EDU, ROR) sowie der staatlichen Einrichtungen (GOV) unter 10 % liegt, ist die Gruppe der industriellen Akteure mit ca. 74 % mit Abstand die Größte, wobei sich diese Gruppe wie bereits ausgeführt hauptsächlich aus interindustriellen Unternehmen und KMUs zusammen setzt, was die Bedeutung dieser Akteure weiter hervorhebt.

Akteurstyp	Absoluter Anteil	Prozentualer Anteil
IND	2834	73.3%
ROR	355	9.2%
EDU	199	5.1%
GOV	87	2.3%
OTH	390	10.1%
Summe	3865	100.0%

Tab. 4-2: Anteil der einmalig teilnehmenden Akteure nach Typ[1192]

Insgesamt ist festzuhalten, dass neben der bedeutenden Rolle von Wissensintermediären und industrieexternen Akteuren für das F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie vor allem die KMUs eine gewichtige Rolle spielen.

4.3.3. Selbstverstärkende Effekte und Stellung der Kernakteure

Um die Affiliationsmechanismen und deren Dynamik zu untersuchen, werden in einem ersten Schritt die Stellungen der Akteure im Netzwerk untersucht. Hierzu wird der **Grad der Netzwerkknoten**, also die Anzahl der Verbindungen eines Akteurs zu den anderen untersucht. Um ein gesamtheitliches Bild über den Zeitverlauf zu erhalten, wird in Abb. 4-11 die kumulierte Verteilungsfunktion der Anzahl der Partner eines Akteurs in einem Log-Log-Diagramm abgebildet, wobei die horizontale Achse die Anzahl der Partner und die vertikale Achse die Anzahl der Akteure mit mindestens der entsprechenden Anzahl an Partnern der horizontalen Ausprägung darstellt. Wie in vielen sehr großen realen Netzwerken weist die Verteilung eine stark rechtsschiefe Form auf.[1193] Dies gilt für alle FPs.[1194] Zusätzlich ist zu erkennen, dass sich die Anzahl der Partner über den Zeitverlauf hinweg vergrößert. Dies wird durch die horizontale Entwicklung der FP-Funktionen nach rechts abgebildet, wobei dieser Zusammenhang vor allem für die aktiveren Akteure besteht. Belegt wird dies durch die numerischen Werte. Während in FP2 nur 4 Akteure mehr als 100 Partner haben, sind es in FP6 mehr als 130 Teilnehmer. Gleichzeitig steigt auch der Schwellenwert der vier aktivsten Akteure eines FPs auf 430 Partner an. Daraus lässt sich folgern, dass die Mehrheit der Luftfahrt-Akteure eine unterdurchschnittliche

[1192] Eigene Darstellung
[1193] Vgl. Newman (2003), S. 167 ff.
[1194] Eine Ausnahme ist FP7. Da der generelle Verlauf der Verteilungsfunktion auch in FP7 erhalten bleibt ist die insgesamt geringere Partizipationsrate auf die zum Zeitpunkt der Erhebung noch nicht vollständig erfassten Daten zurückzuführen.

Anzahl an Partnern besitzt, wohingegen eine kleine Anzahl an Akteuren einen Partnergrad in Größenordnungen weit über dem Durchschnitt aufweist, die darüber hinaus über den Zeitverlauf ansteigt. Die aufgezeigten kumulierten Verteilungsfunktionen folgen, aufgrund ihrer Ausgestaltung als Kurven und nicht als Gerade, keinem Potenzgesetz und werden deshalb nicht als skalenfrei bezeichnet. Dennoch ist ein skalenfrei-ähnlicher Zusammenhang in Bezug auf die *success-breeds-success*-Hypothese zu beobachten, der vor allem die zentralen Akteure in den Mittelpunkt rückt, deren Analyse im Folgenden im Fokus steht. Diese zentralen Akteure werden nun als **Hubs bzw. Kernakteure** des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie bezeichnet. Sie spielen aufgrund ihrer Stellung im Netzwerk eine maßgebliche Rolle in Bezug auf die Konnektivität und haben enormen Einfluss auf die Wissensdiffusion und damit das Funktionieren des Netzwerks.

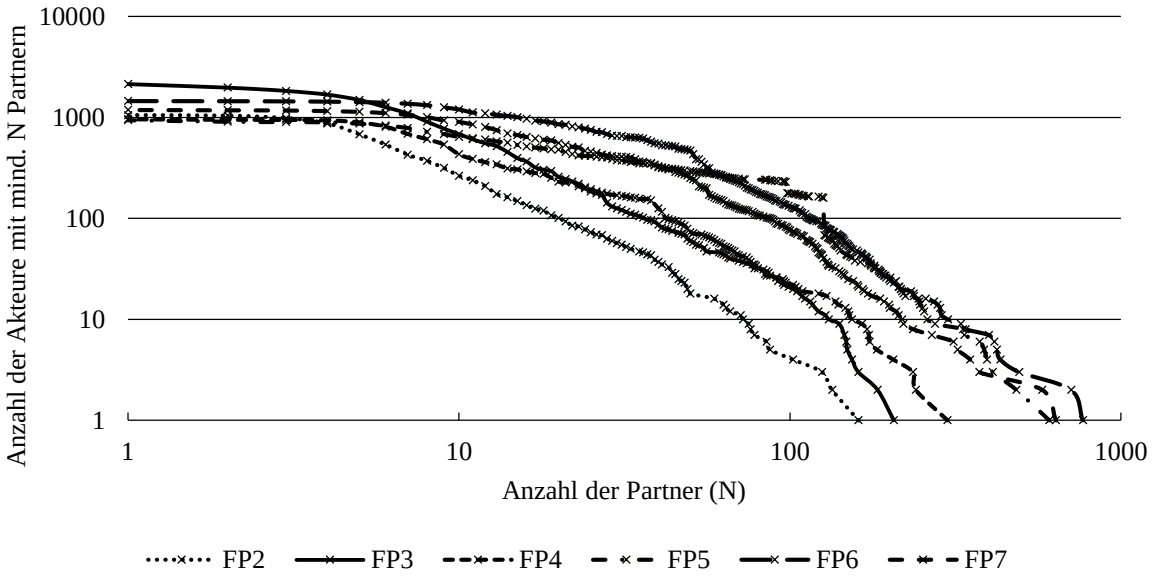


Abb. 4-11: kumulative Distribution der Anzahl der Partner pro FP[1195]

Da eine große Anzahl von Partnern allerdings auch auf eine Teilnahme der Akteure in wenigen sehr großen Projekten zurückzuführen sein könnte, wird in Abb. 4-12 die Anzahl der Teilnahmen eines Akteurs mit der Anzahl der Partner des Akteurs für FP7 verglichen. Da alle anderen FPs eine ähnliche Verteilung aufweisen werden diese hier nicht bildlich dargestellt. Es zeigt sich eine **starke Korrelation zwischen dem Grad der Akteure und der Teilnahme**, was eine wesentliche Verzerrung bzgl. der Stellung der Akteure ausschließt und die oben dargestellten Interpretationen als valide angesehen werden können.

[1195] Eigene Darstellung

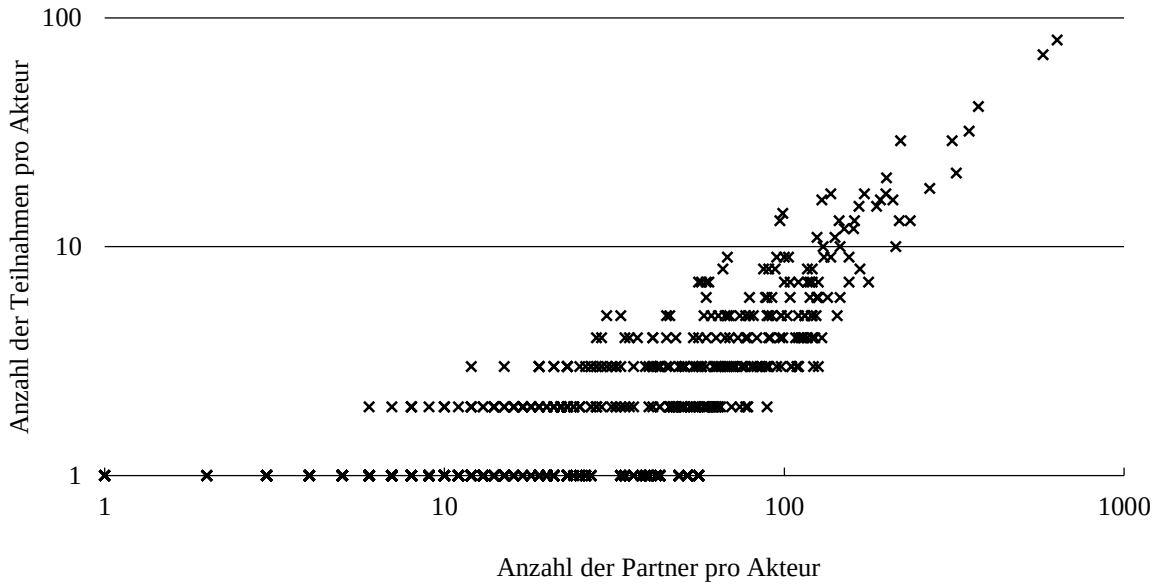


Abb. 4-12: Vergleich der Partner- und Teilnahmeanzahl in FP7[1196]

Um die Bedeutung der identifizierten Hub-Struktur für das Netzwerk zu ergründen wird nun auf die **Zentralitätsmaße** fokussiert, die Indikatoren für Macht und Einflussnahme sind.[1197] In Abb. 4-13 werden die unterschiedlichen Zentralitätsmaße für FP7 einander gegenübergestellt, wobei die Degree-Zentralität als Referenzgröße dient und die vertikale Achse repräsentiert. Auch hier weisen die anderen FPs ähnliche Korrelationsmuster auf, weshalb diese hier nicht visualisiert sind. Es zeigt sich eine starke Korrelation, gerade im Bereich der Kernakteure, zwischen den Maßen und lässt den Schluss zu, dass diejenigen Akteure, die eine starke Machtstellung haben, eine ebenso gewichtige Rolle in Bezug auf die anderen Maße einnehmen. D.h., dass diejenigen Akteure, die die meisten Partner haben (Degree-Zentralität), auch über die qualitativ besseren Partner in Bezug auf deren Verbindungen verfügen (Eigenvector-Zentralität), sich in einer besseren Position bzgl. der Informationsströme befinden (Closeness-Zentralität) und darüber hinaus eine bessere Kontrolle über die Informationsströme aufweisen (Betweenness-Zentralität).[1198] Um die nachfolgende Erörterung bzgl. des Auftretens von ***success-breeds-success*-Effekten** im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie zu erleichtern wird das vereinheitlichte Zentralitätsmaß Z_v als eindimensionale Aggregation der individuellen Zentralitätsmaße für jeden Akteur v eingeführt.[1199]

[1196] Eigene Darstellung
[1197] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2.
[1198] Eine ausführliche Diskussion zur Berechnung und weiterführende Interpretationsmöglichkeiten finden sich in Unterabschnitt 2.3.3.2.
[1199] Dieses Zentralitätsmaß wurde dabei auf Basis der Hauptkomponentenanalyse zusammengeführt. Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 13 f.

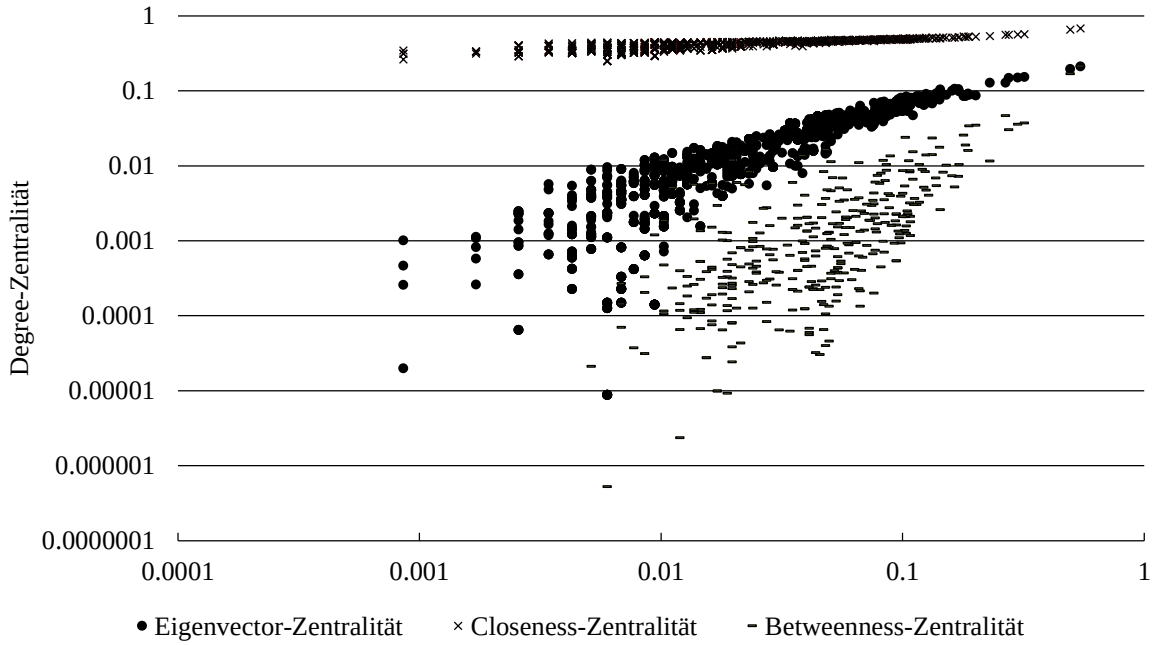


Abb. 4-13: Degree- vs. Closeness-, Eigenvector- und Betweenness-Zentralität in FP7[1200]

So zeigt Abb. 4-14 die kumulierten Verteilungsfunktionen des vereinheitlichten Zentralitätsmaßes für alle Akteure in den jeweiligen FPs. Alle Verteilungsfunktionen zeigen eine deutlich rechtsschiefe Ausprägung auf. So ist eine große Heterogenität bzgl. der positionsbezogenen Stellung durch eine kleine Anzahl an zentralen Akteuren und einer sehr großen Anzahl an peripheren Akteuren zu beobachten. Folglich liegt ein Netzwerk vor, indem die **Macht und Bedeutung der Akteure extrem asymmetrisch ausgestaltet** ist und eine starke Konzentration auf wenige Akteure aufweist. So ist insgesamt aus der Verteilung der Anzahl der Partner bzw. deren Entwicklung über den Zeitverlauf in Kombination mit der Erkenntnis der asymmetrischen Verteilung von Machtpositionen eine ausgeprägte *success-breeds-success*-Dynamik zu unterstellen, durch die sich die zentralen Akteure in strategische Schlüsselpositionen bzgl. einer besseren Aneignungs- und Regulationsfunktion von Wissensströmen im Netzwerk bringen und diese Position weiter ausbauen.

[1200] Eigene Darstellung

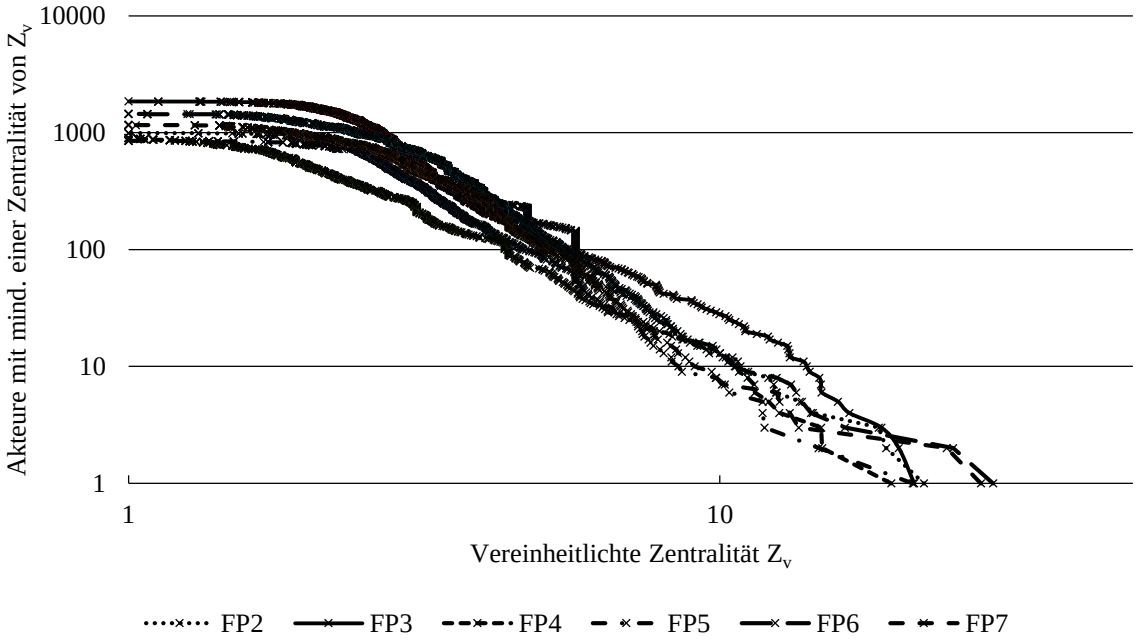


Abb. 4-14: kumulative Verteilung der vereinheitlichen Zentralität Z_v[1201]

Der zweite Schritt, nach der Identifikation der Hub-Struktur und dem Aufzeigen von starken selbstverstärkenden Machteffekten des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie, ist nun die genauere Untersuchung dieser Kernakteure. Für diese weiterführende Analyse werden die zehn aktivsten Akteure in Bezug auf die Gesamtpartizipationsanzahl über alle FPs analysiert.[1202] Abb. 4-15 zeigt die Verläufe der **vereinheitlichten Zentralitätsmaße der Kernakteure**. Die Zentralitätswerte der anderen Akteure sind als Punkte markiert. Auf dieser Basis setzen sich die Kernakteure aus zwei Gruppen zusammen. Zum einen sind dies die industriellen Akteure Airbus, Thales, Finmeccanica, Dassault, Rolls-Royce und SNECMA. Zum anderen die Wissensintermediäre Helmholtz-Gemeinschaft (HHG), das National Aerospace Laboratory der Niederlande (NLR) sowie die französischen Einrichtungen des Office National d'etudes et de Recherches Aerospatiales (ONERA) sowie des Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Die Kernakteure weisen dabei eine gewisse Stabilität auf, wobei sich diese als nicht absolut herausstellt, da andere Akteure in einigen FPs zentraler sind und die Kernakteure ihre Positionen über die FPs verändern.

Insgesamt lassen sich diese Kernakteure allerdings aufgrund ihrer dauerhaft zentralen Positionierung für die Ausgestaltung des F&E-Netzwerks identifizieren. Die zwei Akteure Airbus und HHG stechen dabei heraus. Während Airbus der zentrale Akteur über die FPs ist, entwickelt

[1201] Eigene Darstellung. Um eine Vergleichbarkeit der Zentralitätsmaße zu ermöglichen wurden diese alle verschoben, sodass der Minimalwert in jedem FP bei 1 liegt.

[1202] Alternativ ist auch eine Rangordnungsbildung auf Basis der Zentralitäten möglich. Da diese Maße allerdings stark mit der Projektpartizipation korreliert sind (vgl. Abb. 4-12 und Abb. 4-13) würde dies zu einer, zumindest sehr ähnlichen, Auswahl an Kernakteuren führen.

sich das Zentralitätsmaß der HHG über die Zeit hinweg stetig steigend und übersteigt in FP7 das von Airbus. Dass die Teilnahme am F&E-Netzwerk der thematischen Ausgestaltung sehr stark folgt, zeigt sich an der Entwicklung der Zentralitätsmaße der beiden Triebwerkshersteller Rolls-Royce und SNECMA. Während beide eine mittlere Positionierung unter den zehn aktivsten Akteuren über die ersten fünf FPs einnehmen, belegen sie in FP6 und FP7 nur noch die Plätze neun und zehn. Da die HHG die Dachgesellschaft der deutschen Forschungsinstitutionen ist, geht dessen zentrale Positionierung in FP7 Hand in Hand mit der thematischen Entwicklung und ist durch den gestiegenen Bedarf an wissenschaftlichen Kenntnissen für die Raumfahrtprojekte zu erklären.[1203]

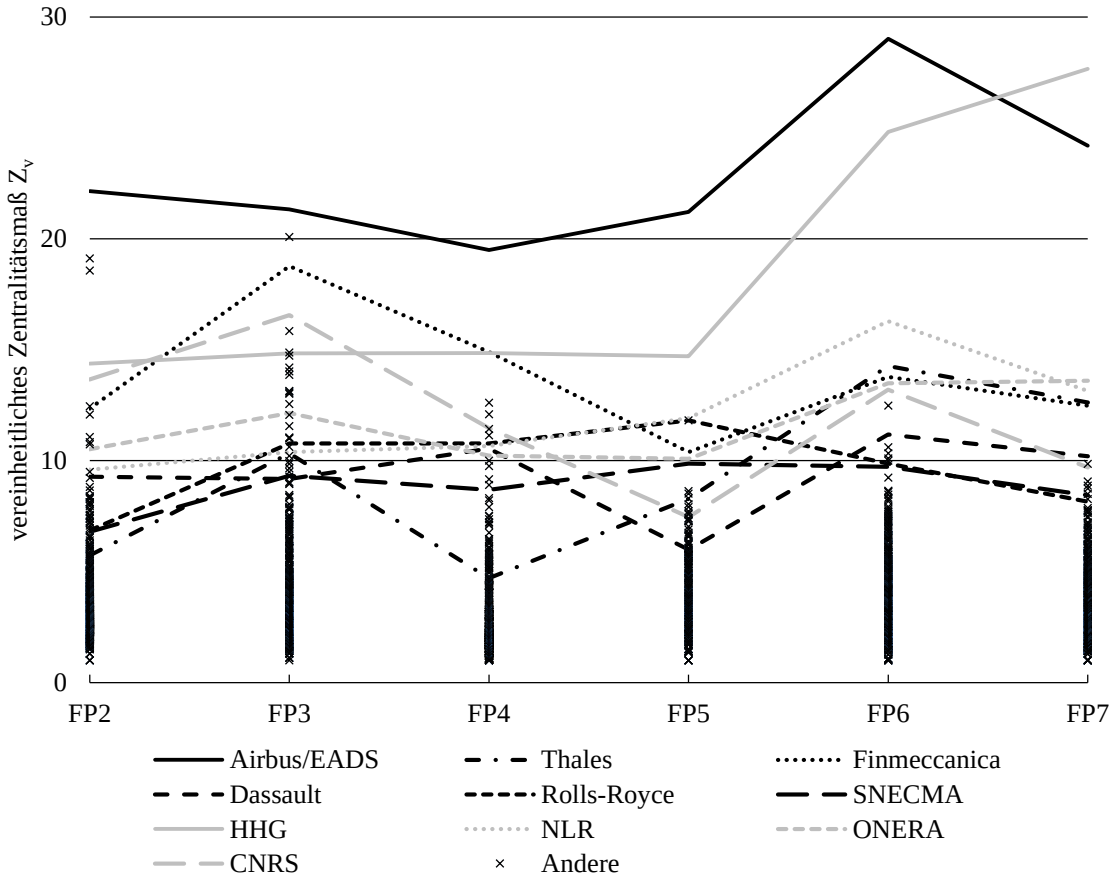


Abb. 4-15: Vereinheitlichte Zentralitäten der Kernakteure des F&E-Netzwerks pro FP[1204]

Da die vereinheitlichte Zentralität die jeweiligen Zentralitätsmaße kombiniert, sind die zentrale Positionierung der HHG und der Anstieg der anderen Wissensintermediäre im F&E-Netzwerk als eine gleichzeitige Strukturveränderung des Netzwerks in Bezug auf mehrere Parameter zu deuten. So führt der steigende wissenschaftliche Fokus nicht nur zu einer größeren Beteiligung

[1203] Vgl. Abschnitt 4.2.1.
[1204] Eigene Darstellung

dieser Institutionen, sondern auch dazu, dass diese Akteure Vermittlerpositionen (*broker*) einnehmen. Insgesamt koordinieren die Kernakteure, allen voran Airbus und die HHG, die Wissensflüsse im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie, verbinden Teilnetzwerke und sind Ankerpunkte zur Verbindung unterschiedlicher Technologiefelder. Inwieweit diese Stellung die wissensseitige Ausgestaltung der Akteursgruppen im Speziellen beeinflusst und wie sich die Lernarten bzw. die Realisierung von Ambidextrie im Netzwerk darstellen ist Gegenstand des nachfolgenden Abschnitts.

4.3.4. Exploration, Exploitation und Ambidextrie im F&E-Netzwerk

Bisher wurde gezeigt, dass sich die Struktur des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie durch eine starke und selbstverstärkende Stellung der Kernakteure auszeichnet. Es stellt sich nun die Frage, welche wissensseitigen Anforderungen an die Akteure bestehen. Um dies zu analysieren werden die Informationen über die wissensseitigen Projektausgestaltungen aus Teilkapitel 4.2. mit den Akteuren verknüpft und in Form einer gruppierten Darstellung in Bezug auf die Wertschöpfungsstufe dargestellt.

Abb. 4-16 zeigt die Anzahl der **Projekte mit explorativer und exploitativer Ausrichtung nach Akteursgruppe**.[1205] Die Akteure des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie werden in sechs Gruppen aufgeteilt. Die Gruppe OEM besteht aus Airbus. Die Gruppe der RRSPs umfasst 9 Akteure – Finmeccanica, BAe Systems, Thales Group, Rolls-Royce, Dassault, Snecma, MTU Aero Engines, Fiat Gruppo sowie Avio. Die weiteren Zulieferer werden in zwei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe der Tier-n-Zulieferer umfasst alle industriellen Akteure, die zwischen drei und zehn Projektteilnahmen aufweisen, woraus sich eine Gruppengröße von 254 ergibt. Die zweite Gruppe umfasst alle industriellen Akteure mit weniger als drei Projektteilnahmen und umfasst 882 Akteure. Für diese Gruppenbildung wird der positive Korrelationszusammenhang zwischen Unternehmensgröße und Teilnahme an den FPs herangezogen.[1206] Dieser lässt den Schluss zu, dass es sich bei den Unternehmen in der Gruppe Tier-n (< 3), um in der Wertschöpfungskette tiefer angesiedelte Unternehmen handelt, als in der Gruppe der Tier-n (3-10), da sich die kapazitativen Anforderungen mit der Wertschöpfungskettenstufe erhöhen. Die Gruppe der industrieexternen Akteure (IND-EXT) setzt sich aus den nicht der Luftfahrtindustrie zuzurechnenden Akteuren zusammen, die mindestens zehn Teilnahmen am EUFP aufweisen und eine Gruppenstärke von 29 Akteure haben. Die Gruppe der Wissensintermediäre und staatlichen Einrichtungen (EDU, ROR, GOV, NCL) umfasst 531 Akteure und ist damit die Zweitgrößte. Insgesamt ergibt sich eine Gesamtteilnehmerzahl von 1706.

[1205] Die Akteursgruppen wurden durch die Betrachtung der Akteursnamen und der anschließenden Recherche zur Stellung im Produktionsnetzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie gebildet.
[1206] Vgl. Abb. 4-10

Die große Diskrepanz zu der Anzahl der Akteure im Gesamtnetzwerk ergibt sich aus der thematischen Fokussierung der Untersuchung. Ausgeklammert sind wiederum alle Raumfahrt-, Helikopter-, und Anderen-Projektfokussierungen.[1207] Der größte Unterschied ergibt sich zwischen der gemessenen und der allumfassenden Gruppenstärke im Bereich der Tier-n (< 3), mit einer Diskrepanz von 2395 Akteuren. Zudem weist die Gruppe der Wissensintermediäre eine Lücke von 784 Akteuren auf. Diese Diskrepanz entsteht durch diejenigen Akteure, die nicht an flugzeugbezogenen Projekten teilnehmen und aufgrund der Betrachtungsfokussierung keine Zuweisung explorativer und/oder exploitativer Lernformen erhalten haben. Diese Unterschiede sind vor allem auf die Raumfahrtprojekte zurückzuführen, die eine sehr große Anzahl an einmaligen Projektteilnahmen aufweisen, was auf die komplexe und von Nischen- sowie wissenschaftlichem Wissen geprägte Produktstruktur zurückzuführen ist.[1208]

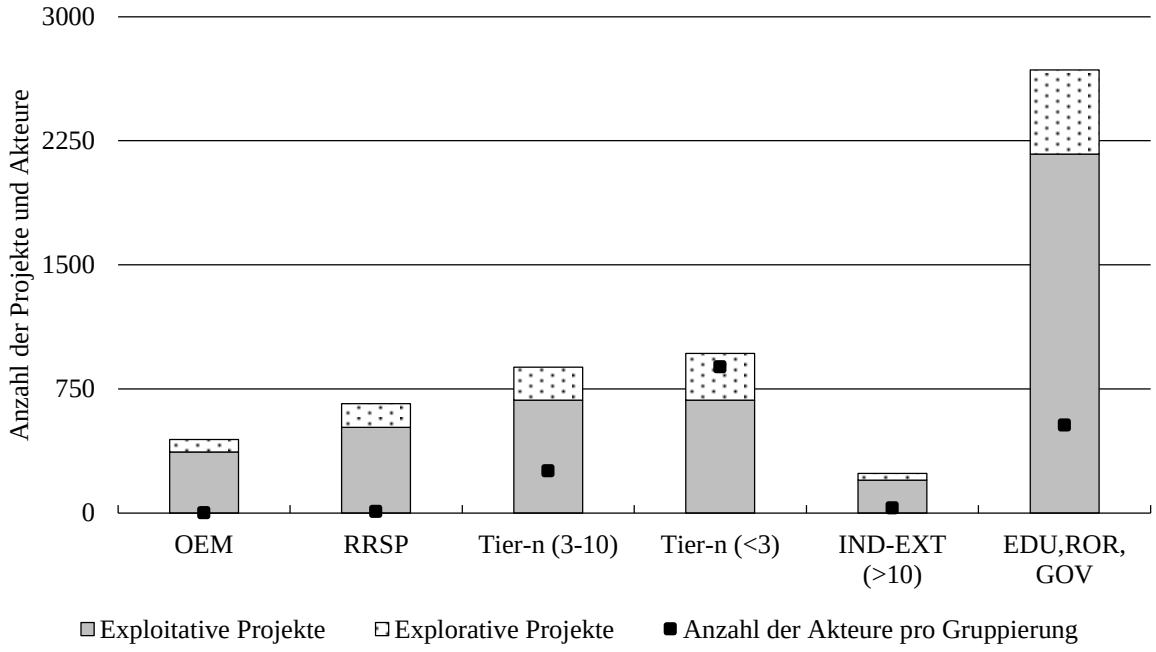


Abb. 4-16: explorative und exploitative Projekte pro Akteursgruppe[1209]

Nichtsdestotrotz bleiben die Gruppenstärkenverhältnisse bestehen. Betrachtet man die Projektvolumina in Abb. 4-16, wird deutlich, dass sich die absolute Anzahl an Projekten mit sinkender Wertschöpfungskettenstufe erhöht und die Wissensintermediäre diesbezüglich den bei weitem größten Wert aufweisen. Dies verdeutlicht erneut die Bedeutung der Nischenspezialisten und

[1207] Vgl. Teilkapitel 4.2.
[1208] Vgl. Teilkapitel 4.2.
[1209] Eigene Darstellung. Die in Klammern gesetzten Zahlen sind die Anzahl der Teilnahmen der jeweiligen Akteure in der Gruppe. Die Gruppe Tier-n (3-10) umfasst somit alle Akteure, die zwischen 3- und 10-mal an den FPs teilgenommen haben. Die Gruppe Tier-n (< 3) bildet die Akteure mit weniger als drei Teilnahmen ab. Die Gruppe IND-EXT umfasst alle industrieexternen Akteure mit mehr als 10 Teilnahmen. Alle weiteren industrieexternen Unternehmen wurden nicht erfasst und sind Bestandteil der Tier-n Kategorien.

der Träger wissenschaftlicher Kompetenzen für die europäische Luftfahrtindustrie. Nimmt man allerdings die Informationen bzgl. der Gruppenstärke hinzu relativiert sich diese absolute Bedeutung teilweise. Während der OEM bzw. Airbus 445 Projekte realisiert und die Gruppe der RRSPs immerhin noch 73 Projekte pro Akteur aufweisen, sinkt dieser Wert in der Gruppe der Tier-n (3-10) auf drei und in der Gruppe der Tier-n (< 3) auf eins. Auch das Verhältnis für die Gruppen der Industrieexternen sowie der Wissensintermediäre ist relativ gering und beläuft sich auf acht bzw. fünf. Somit ergibt sich bzgl. der Relevanz auf Einzelakteursebene ein starkes Gefälle und untermauert die Ergebnisse aus Abschnitt 4.3.3. Bezogen auf die wissensseitige Ausgestaltung ist der Anteil exploitativer Projekte über alle Akteursgruppen hinweg dominant,[1210] wobei der Exploitationsfokus auf OEM-Ebene mit 83,4 % am größten ist und sich mit sinkender Wertschöpfungsgröße verringert bzw. der Explorationsfokus erhöht. So weist bspw. die Gruppe der Tier-n (< 3) mit knapp 30 % den größten relationalen Anteil explorativer Projektausrichtung auf. Dies ist ein weiteres Indiz für die Nutzung des Netzwerks zur Realisierung von Ambidextrie sowie für das Auftreten unterschiedlicher Lebenszyklusphasen von Subsystemen bzw. der sehr heterogenen Anforderungen an die Lernarten der Akteure in den jeweiligen Wertschöpfungskettenstufen.

Um herauszufinden welche Akteure beidhändig und welche rein explorativ oder exploitativ agieren, wird auf die Anzahl der Akteure mit der jeweiligen Lernartausprägung innerhalb der Gruppierung fokussiert. Um eine Zuteilung der Lernarten zu bewerkstelligen wird für jede Akteursgruppe die Anzahl der Akteure mit der jeweiligen Ausprägung ermittelt. Als beidhändige Akteure werden diejenigen Akteure gezählt, die sowohl an explorativ als auch an exploitativ ausgerichteten Projekten teilnehmen und deshalb der Gruppe Ambidextrie zugeordnet werden. In den Gruppen Exploration und Exploitation sind all diejenigen Akteure subsummiert die ausschließlich die eine oder die andere Lernart aufweisen bzw. nur in explorativ oder exploitativ ausgerichteten Projekten teilnehmen. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 4-17 dargestellt.[1211] Auffallend ist, dass sowohl der **OEM als auch die RRSPs durchweg beidhändig agieren**, d.h. sowohl an explorativ als auch exploitativ ausgerichteten Projekten teilnehmen. Diese eindeutige Zuordnung von Ambidextrie ist in den Tier-n-Gruppen nicht mehr möglich. Während in der Gruppe der Tier-n (3-10) immerhin noch 35 % der Akteure beidhändig Lernen, sinkt dieser Anteil in der Gruppe der Tier-n (< 3) auf unter 4 %. Im Gegenzug ist die Anzahl der Akteure mit einer rein explorativen oder exploitativen Ausrichtung wesentlich größer. Gerade die Anzahl der Akteure mit explorativer Lernart ist in der Gruppe der Tier-n (< 3) mit knapp 30 % am größten. Somit lässt sich ein eindeutiger **Zusammenhang zwischen Wertschöpfungskettenstufe und der Lernart** feststellen. Mit abnehmender Wertschöpfungskettenstufe

[1210] Vgl. Abb. 4-16
[1211] Die Systematik der Gruppeneinteilung der Akteure bleibt dabei die selbe wie in Abb. 4-16.

steigt der Anteil spezialisierter und darüber hinaus explorativ ausgerichteter Akteure. Dies untermauert die in Unterabschnitt 2.3.3.2. theoretisch hergeleitete Behauptung, dass nicht alle Akteure dauerhaft beidhändig agieren müssen, jedoch der stabile und **zentrale Kern das Netzwerk als Vehikel zur Ambidextrierealisierung** nutzt, indem diese Akteure die Verbindungen zu peripheren Akteuren eingehen, die entweder auf Exploration oder Exploitation spezialisiert sind. Vergleicht man die Akteure, deren Stellung im Netzwerk als zentral analysiert wurde mit den Akteuren die beidhändig agieren, so ist eine nahezu perfekte Überschneidung zu erkennen.[1212] Der OEM und die RRSP sowie einige Wissensintermediäre stellen den strukturellen Kern des F&E-Netzwerks, woraus sich weiterführende Erkenntnisse ableiten lassen.

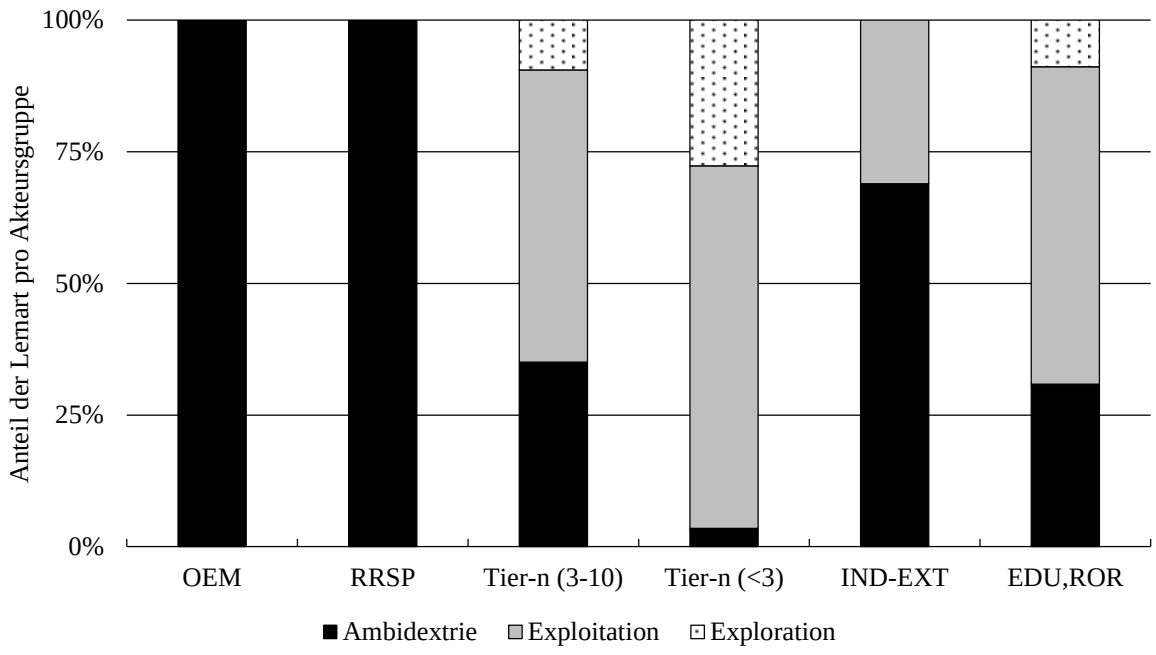


Abb. 4-17: Exploration, Exploitation und Ambidextrie pro Wertschöpfungskettenstufe[1213]

Dass sich der explorative Anteil mit der niedrigeren Wertschöpfungskettenpositionierung steigert ist ein Indiz dafür, dass sich der technische Innovationsdruck und die Realisierung von Neuerungen im Flugzeug auf der Ebene der Subsysteme abspielen. Dabei ist eine große Kom-

[1212] Die in Abschnitt 4.3.3. identifizierten Akteure sind Airbus, Thales, Finmeccanica, Dassault, Rolls-Royce und Snecma, Helmholtz-Gemeinschaft (HHG), National Aerospace Laboratory der Niederlande (NLR), Office National d'etudes et de Recherches Aerospatiales (ONERA) sowie Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). In der Konsequenz kann hiermit das Argument von Breschi und Cusmano (2004), S.748 f., die den Grund für die Etablierung eines robusten und oligarchischen Kerns im F&E-Netzwerk rein auf die Förderstrategie der EU beziehen, entkräftet werden, da im Fall der vorliegenden Netzwerke der Luftfahrtindustrie, die Kernakteure des F&E-Netzwerks auch die Kernakteure des Produktionsnetzwerks sind.

[1213] Eigene Darstellung

plexität selbst in den Subsystemen zu verzeichnen, da sich eine extrem große Anzahl an Zulieferern in dieser Wertschöpfungskettenstufe befindet.[1214] Dass sich die industrieexternen Akteure als hauptsächlich beidhändig repräsentieren, lässt sich anhand der Erkenntnisse aus Abschnitt 4.3.2., dass dies vor allem große multitechnologische Mischkonzerne oder OEMs aus anderen Industrien sind, erklären. Dass Wissensintermediäre ein relativ ausgeglichenes Verhältnis zwischen beidhändig lernenden Akteuren sowie einseitig, also explorativ oder exploitativ partizipierenden Akteuren, aufweisen, ist ein Indiz für die Bedeutung dieser Akteursgruppe im Inventionsprozess der europäischen Luftfahrtindustrie. Andererseits wird deren Bedeutung nicht nur im Bereich der explorativen und deshalb durch Grundlagenwissen determinierten Beteiligung aufgezeigt, sondern liefert auch einen Hinweis, dass prozessrelevantes Wissen und die Funktion als Mittler über Industrien hinweg entscheidend ist.

4.3.5. Langfristigkeit von Ambidextrie

Dass Netzwerkbeziehungen ein erfolgversprechender Mechanismus zur Realisierung von Ambidextrie sind, wurde anhand der Zusammensetzung des F&E-Netzwerks und der Identifikation der Lernarten der Akteure auf den jeweiligen Wertschöpfungsstufen in den vorangehenden Abschnitten erörtert. Inwiefern allerdings die Zusammensetzung der Projekte und die Realisierung von Ambidextrie eine langfristige Ausrichtung erfährt erfordert eine weitreichendere Untersuchung. So fokussiert dieser Abschnitt zum einen auf die wiederholten partnerschaftlichen Verbindungen und zum anderen rückt die Verbindungsstärke zwischen den Akteuren in den Fokus.

Da auf Netzwerkebene die selben Risiken wie bei intraorganisationaler Ambidextrieetablierung bestehen, bspw. durch das Auftreten eines Übergewichts einer der beiden Lernarten durch Persistenzen, wird im Folgenden die **wiederholte Partnerschaftsbildung** zwischen den Akteuren im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie untersucht.[1215] Durch wiederholte Verbindungen zwischen Partnern bilden sich Routinen, die zwar eine effiziente Nutzung gemeinschaftlicher Ressourcen und Kompetenzen ermöglichen, allerdings gleichsam eine Abhängigkeit, Nähe und Verbindungsstärke entstehen lassen, die gerade für eine explorative Zielsetzung ungünstig ist und wodurch die Gefahr einer schrittweisen Verdrängung von Exploration besteht.[1216] Durch eine frühe Institutionalisierung partnerschaftlicher Verbindungen besteht also das Risiko von *Lock-ins* bzw. Verkrustungstendenzen,[1217] wodurch extensive technologische Möglichkeiten unentdeckt bleiben und die Realisierung beidhändigen Lernens im Netzwerk

[1214] Dass sich der Innovationsprozess auch im Bereich der Zulieferer als vernetzt und komplex darstellt wird durch die Studie von Corallo und Lazoi (2010), S. 1 ff. untermauert, die Tier-2-Zulieferer der Luftfahrtindustrie untersuchen und feststellen, dass die technologische Entwicklung durch den großen Einbezug externer, vertikaler, horizontaler und lateraler Akteure gekennzeichnet ist, die für jede Komponente ihr Spezialwissen einbringen und so ein Netzwerk zur Realisierung von Neuerungen bilden.

[1215] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.1.

[1216] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.1.

[1217] Vgl. Pyka (2002), S. 160

behindert wird.[1218] In Abschnitt 4.3.3. wurde ein stabiler Kern des untersuchten Netzwerks aufgezeigt. Insgesamt gestaltet sich allerdings die Teilnahme an den FPs durch eintretende, austretende und wieder eintretende Akteure über den Zeitverlauf sehr heterogen. Tab. 4-3 zeigt die Teilnahmekontinuität der Akteure über den Betrachtungszeitraum. Insgesamt ist eine große Fluktuation der Akteure zu erkennen, mit Austrittsraten zwischen 40 % und 80 % bezogen auf die Vorgängerprogramme. Dabei zeigt sich auch hier, dass lediglich beim Übergang von FP2 nach FP3 sowie von FP5 nach FP6 die Eintrittsraten die Austrittsraten übersteigen, was mit der thematischen Ausgestaltung erklärt wird.[1219] Klammert man die wiederkehrenden Akteure aus, so bleibt ein Kern von 107 Organisationen, also 2 % der teilnehmenden Akteure, die in allen FPs teilnehmen. Dieser Kern setzt sich aus 20 industriellen Akteuren und 87 wissenschaftlichen Institutionen zusammen. Die 20 dauerhaft teilnehmenden Unternehmen enthalten die zehn Kernunternehmen, also OEM und RRSP, die in Abschnitt 4.3.4. als beidhändig agierende Akteure und durch die Analyse in Abschnitt 4.3.3. als zentrale Positionsinhaber identifiziert wurden.

FP-Wechsel	Austritte	Verbleibe	Eintritte
2 → 3	580	473	1667
3 → 4	1765	375	585
4 → 5	709	251	689
5 → 6	600	340	1114
6 → 7	958	496	690

Tab. 4-3: Teilnahmenkontinuität der Akteure über den Betrachtungszeitraum[1220]

Bezogen auf die Beurteilung der langfristigen Möglichkeit der Realisierung von Ambidextrie ist die **große Fluktuation im F&E-Netzwerk** der europäischen Luftfahrtindustrie ein Indiz, dass durch die große Zahl an Aus- und Eintritten ein großes wissensseitiges Potential für Exploration besteht und die Gefahr von Verkrustungstendenzen im Allgemeinen kaum vorliegt. Allerdings bedarf es einer genaueren Analyse, gerade in Anbetracht der Tatsache, dass immerhin 107 Akteure in jedem FP teilnehmen und die Möglichkeit einer engen und dauerhaften Verkettung dieser Akteure besteht. Aus diesem Grund wird in Tab. 4-4 die Dynamik der paarweise wiederholten Partnerschaftsverbindungen über den Betrachtungszeitrum dargestellt. Die Werte zeigen die Anzahl an eineindeutigen paarweisen Partnerverbindungen im entsprechenden FP, die in einem nachfolgenden FP wieder auftreten. So treten bspw. 422 Akteurspaare, die

[1218] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.1. Eine differenzierte Betrachtung liefert Hakansson (1989), der den Mehrwert der Teilnahme an Förderprojekten durch die sich über den Zeitverlauf entwickelnden informellen Verbindungen sieht, die nur über die wiederholte Partnerschaft etabliert werden können. Allerdings ist hierzu anzumerken, dass dies vor allem auf die im Nachgang außerhalb des Rahmens der Förderprojekte realisierten Kooperations- bzw. Innovationsbeziehungen bezogen ist und deshalb die dargestellten Gefahren im Netzwerk nicht mindert.

[1219] Vgl. Teilkapitel 4.2. sowie Abschnitt 4.3.2.

[1220] Eigene Darstellung

in FP2 zusammengearbeitet haben, in FP3 erneut auf. Die diagonalen Elemente enthalten dementsprechend die Anzahl der Akteurspaare die in dem jeweiligen FP vorkommen – bspw. existieren in FP2 5722 Akteurspaare. Um diese Werte interpretieren zu können, werden die erwarteten Werte für wiederkehrende Akteurspaare auf Basis einer zufälligen Version des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie eingeführt.[1221] Hieraus lassen sich drei wesentliche Erkenntnisse ziehen. Erstens, ist die **Anzahl der Akteurspaare in allen FPs geringer als auf Basis des randomisierten Netzwerks** erwartet, was auf zahlreiche Akteure die in mehreren Projekten teilnehmen zurückzuführen ist. Dies ist wiederum maßgeblich auf die Kernakteure zurückzuführen, die wie in Abschnitt 4.3.3. dargelegt, sehr große Beteiligungsraten aufweisen.

	wiederholte Partnerschaften aus Vorgänger-FPs						
	FP 2	FP 3	FP 4	FP 5	FP 6	FP 7	jedes spätere FP
FP 2	5722	422	256	185	57	104	728
FP 2 erwartet	*6305*	*53*	*84*	*87*	*14*	*42*	*220*
FP 3		13807	865	488	126	187	1169
FP 3 erwartet		*14541*	*148*	*142*	*18*	*57*	*297*
FP 4			12083	1260	180	269	1405
FP 4 erwartet			*13123*	*692*	*77*	*165*	*796*
FP 5				27679	518	689	1011
FP 5 erwartet				*28527*	*272*	*467*	*670*
FP 6					41811	1014	1014
FP 6 erwartet					*43737*	*367*	*367*
FP 7						23503	
FP 7 erwartet						*24707*	

Tab. 4-4: Wiederholte paarweise Teilnahmen über den Betrachtungszeitraum[1222]

Zweitens, ist die **Anzahl der wiederholten Akteurspartnerschaften zwischen den FPs höher als erwartet**, was das Vorhandensein stabiler Partnerschaften über die Zeit offenlegt. Auffallend sind hier die hohen Werte beim Übergang von FP4 zu FP5 und von FP6 zu FP7. Erstere sind auf die Fokussierung auf das Artefakt Flugzeug und der damit einhergehenden Themeneingrenzung zurückzuführen, die das Netzwerk verengen und wiederholte Partnerschaften durch Folgeprojekte wahrscheinlicher machen. Der zweite hohe Wert stabiler Partnerschaften beim Übergang der beiden letzten FPs ist der Kategorie Raumfahrt zuzuschreiben, da auch hier nach einer Findungsphase erfolgreiche Partnerschaften im nachfolgenden Förderprogramm

[1221] Diese Werte sind in Tab. 4-4 in kursiver Schreibweise dargestellt. Die Randomisierung des Netzwerks basiert auf zufällig wechselnden Akteurszuweisungen zu Projekten und die dargestellten Werte stellen die Durchschnittswerte von 1000 Wiederholungen dieses Vorgangs dar. Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 19

[1222] Eigene Darstellung. Die Werte für die erwarteten Ausprägungen sind auf ganze Zahlen gerundet, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 19

wiederholt werden. Drittens, ist die **Summe der FP-spezifisch wiederholten Akteurspartnerschaften größer als die Anzahl der Akteurspartnerschaften zu jedem späteren Zeitpunkt**, was auf zahlreiche Akteurspaarungen hindeutet, die über den Zeitverlauf mehrmals wiederkehren und einen stabilen Kern an Akteurspaarungen etablieren.

Die graphische Darstellung der Entwicklung des Kerns der wiederholten Akteurspaarungen des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie ist in Abb. 4-18 zu sehen.[1223] Betrachtet man diese dauerhaft wiederholenden Akteurspaarungen wird klar, dass die zentralen Akteure, also OEM, RRSPs sowie einige wissenschaftliche Institutionen untereinander dauerhafte und stabile Verbindungen etablieren. Insgesamt erscheint der Kern des Netzwerks zu jedem FP stabil, wobei Airbus als dominante Größe auffällt. Die weiteren zentralen Akteure sind ebenso nahezu durchweg vertreten, wobei eine thematische Struktur sichtbar ist. So sind die Triebwerkshersteller Rolls-Royce, Snecma und MTU Aero Engines eng miteinander verbunden und stellen in FP2 und FP3 sogar einen separierten Kern dar. Zudem ist in FP3 ein Automobilteilnetzwerk zu erkennen, welches sich aus den Akteuren Daimler, BMW, Volvo, PCA, Renault und Fiat zusammensetzt. Die wissenschaftlichen Akteure gruppieren sich dabei meist um den von Airbus dominierten Kern. Diese Erkenntnis hat weitreichende Konsequenzen für die Interpretation langfristiger Ambidextrierealisierung im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie. Während also **zwischen dem OEM und den Subsystemintegratoren** sowie in Kombination mit einigen wissenschaftlichen Einrichtungen die **Gefahr besteht Exploration zu verdrängen** und in einen wissensseitigen *Lock-in* zu geraten, besteht die Möglichkeit für exploratives Lernen vor allem zwischen diesen zentralen Akteuren und den wechselnden, peripheren Akteuren. Um diesen Zusammenhang zu verifizieren wird nun auf die **Verbindungsstärke** zwischen den Netzwerkakteuren fokussiert. Im Mittelpunkt steht hierbei die Untersuchung der zentralen Akteure bzw. deren Verbindungsstärken zum Rest des F&E-Netzwerks. Während über stabile, langfristige und intensive Beziehungen zwischen den Akteuren, aufgrund der sich annähernden Informationsbasis über den Zeitverlauf, oft eher redundantes Wissen ausgetauscht wird, sind in Bezug auf die Aneignung neuen Wissens die schwachen Verbindungen vorteilhaft.[1224] Folglich ist der Einzugsbereich heterogenen Wissens breiter, je mehr schwache Verbindungen ein Akteur aufweist und desto größer ist dessen Möglichkeit zur Informationsaneignung und dessen Fähigkeit die Entwicklungen und Möglichkeiten im Netzwerk zu erkennen.[1225]

[1223] Die Darstellung wird dabei auf Basis der direkten Verbindungen zwischen den Akteuren errechnet und schließt alle Verbindungen aus, bei denen die Anzahl der Akteurspaarungen unterhalb eines Schwellenwertes liegt, der mindestens 15 Akteure in die Kerndarstellung aufnimmt. Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 18

[1224] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2.

[1225] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2.

Wie bereits aufgezeigt verfügen die zentralen Akteure (Hubs) im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie über eine sehr große Anzahl an starken, direkten Verbindungen und nehmen strategisch wichtige Positionen zur Aufrechterhaltung ihrer Status ein.[1226]

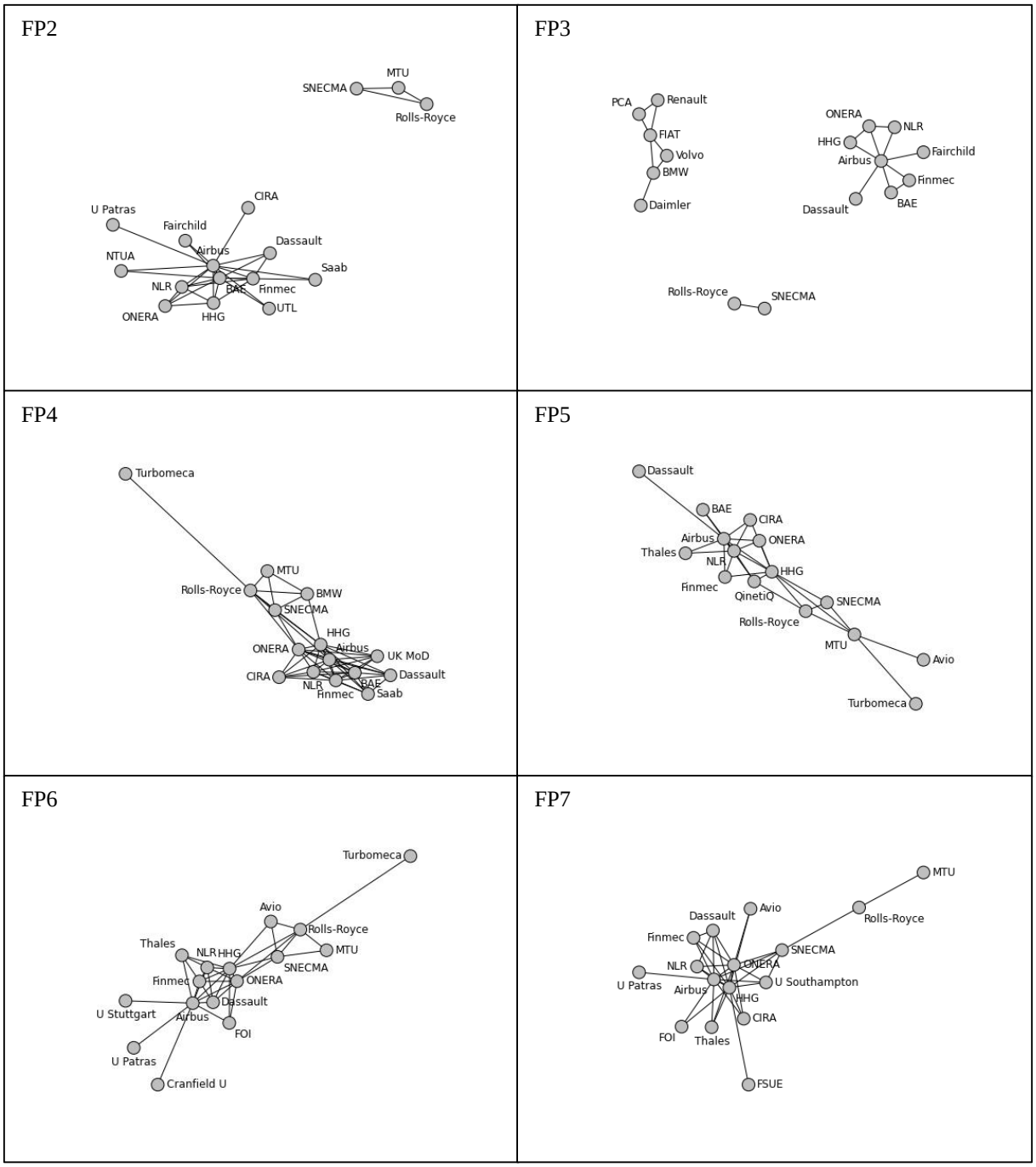


Abb. 4-18: Kernakteure des F&E-Netzwerk pro FP[1227]

[1226] Vgl. Abschnitt 4.3.3.
[1227] Eigene Darstellung

Um die Verbindungsstärken der zentralen Akteure analysieren zu können wird die Kantengewichtung, also die Anzahl der gemeinsam realisierten Projektteilnahmen mit einem Partner herangezogen. Die Verteilung dieser Verbindungsstärken wird in Abb. 4-19 für die zentralen Akteure dargestellt.[1228]

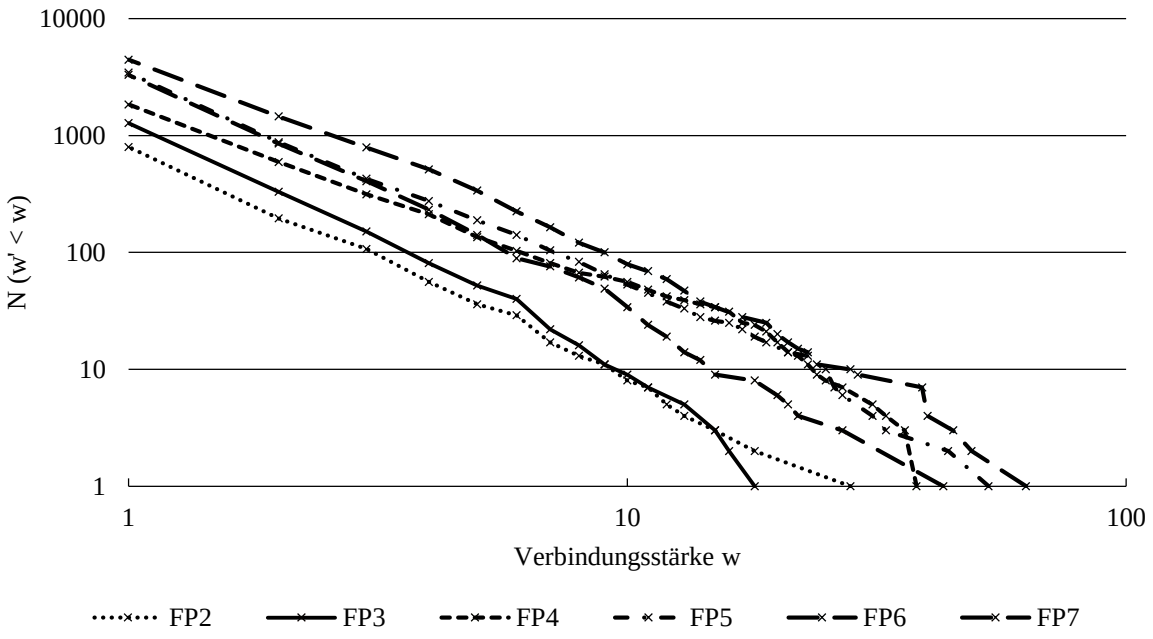


Abb. 4-19: Verteilung der Verbindungsstärken der Kanten der Kernakteure[1229]

Die Verteilungsfunktion zeigt folglich alle Gewichtungsstärken der Verbindungen für die zentralen Akteure auf,[1230] wobei die große Bandbreite an Gewichtungen mit sehr vielen sowohl starken als auch schwachen Verbindungen sichtbar wird, was die bisherigen Ergebnisse untermauert. Da zentrale Akteure direkte und indirekte Verbindungen pflegen, können sie Ressourcen für die Exploration schneller einholen und sind deshalb weniger abhängig von einzelnen Akteuren.[1231] Zudem wird auch die Exploitationsfähigkeit erweitert, da sie gut über die Geschehnisse im Netzwerk informiert sind und so Schlüsselressourcen erkennen können. So ist zu folgern, dass die Kernakteure sowohl starke und stabile Verbindungen untereinander aufweisen, gleichsam aber über eine beträchtliche Anzahl an schwachen Verbindungen verfügen und hierdurch ihre Position und die Realisierung ihrer beidhändigen Anforderungsprofile sicherstellen.

[1228] Die zentralen Akteure werden auf der Basis der Erkenntnisse aus Abschnitt 4.3.3. hier übernommen und sind: Airbus, Thales, Rolls-Royce, CNRS, HHG, ONERA, NLR, Finmeccanica, Dassault und BAe Systems.
[1229] Eigene Darstellung
[1230] Die Anzahl der Verbindungen der zehn Kernakteure macht einen sehr großen Anteil der Verbindungen im Netzwerk aus. Dieser variiert zwischen 10 % in FP3 und 19 % in FP4.
[1231] Vgl. Unterabschnitt 2.3.3.2.

4.4. Beidhändige und spezialisierte Regionen

Die strukturellen Besonderheiten des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie zeichnen sich auch geographisch ab, was in Abschnitt 4.4.1 aufgezeigt wird. Dabei stellt sich in Abschnitt 4.4.2. die Frage welche Spezialisierungsmuster Regionen in Bezug auf Exploration und Exploitation aufweisen oder inwieweit beide Lernarten vorliegen. Eine Kopplung zwischen F&E-Netzwerk bzw. dessen regionalen Aktivitätsmustern und dem Produktionsnetzwerk von Airbus wird in Abschnitt 4.4.3. analysiert.

4.4.1. Geographische Ausgestaltung und Entwicklung des F&E-Netzwerks

Ausgehend von der Analyse in Teilkapitel 4.3. stellt sich die Frage inwieweit die regionale Struktur den netzwerktopologischen Erkenntnissen folgt. Dass aufgrund der komplexen und damit breiten Wissensbasis, den sehr langen Entwicklungszeiträumen, den hohen Kosten und der nationalstaatlich geprägten Historie eine sehr fragmentierte Industriestruktur hervorgegangen ist,[1232] hebt die Bedeutung der regionalen Verteilung und die Ausgestaltung etwaiger Clusterinitiativen zur Vernetzung zwischen Industrie, Forschung und Dienstleistern hervor.[1233] Dabei ist mit steigender Komplexität ein Anstieg der Spezialisierung zu verzeichnen, wobei sich spezialisierte Nischenanbieter in der Luftfahrt oft aus und in der Nähe von ihren stabilen und etablierten Kunden entwickelt haben.[1234] Somit ist davon auszugehen, dass Hub-Akteure ein starker Treiber regionaler Entwicklung sind und deren strategische Ausrichtung und Einbettung in die industrielle und geographische Umwelt ein kritisches Merkmal der Entwicklung darstellt.[1235] Um das F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie zu visualisieren werden die Knoten und Kanten der Akteure in einer Region auf NUTS-2-Ebene aggregiert.[1236]

In Abb. 4-20 wird die **regionale Ausgestaltung über den Zeitverlauf** dargestellt, wobei der Durchmesser der Knoten die Anzahl der in der jeweiligen Region ansässigen Akteure aufzeigt.

[1232] Vgl. Teilkapitel 3.1. und 3.2. sowie Niosi und Zhegu (2008), S. 1 ff. und Niosi und Zhegu (2010), S. 109 ff. Hierbei ist anzumerken, dass aufgrund der gestiegenen Komplexität des Produkts Flugzeug und der pan-europäischen Ausgestaltung des Herstellers Airbus, ein zusätzlicher Spezialisierungstreiber vorhanden ist, da sich die nationalen Airbus-Sektionen auf bestimmte Teilgebiete spezialisiert haben. Eine dieser Teilgebiete angepasste Zuliefererstruktur ist somit zu erwarten.

[1233] Vgl. Schönfeld und Jouaillec (2008), S. 3

[1234] Vgl. Hickie (2006), S. 714

[1235] Smith und Ibrahim (2006), S. 362 ff. zeigen dies am Beispiel der East Midlands (UK) für das Unternehmen Rolls Royce als einer der führenden Triebwerkshersteller auf.

[1236] Die NUTS-Klassifikation (aus dem franz. für *nomenclature of territorial units for statistics*) ist ein geographisch-hierarchisches System, welches die EU in einzelne Regionen einteilt und das Ziel verfolgt regionale und sozio-ökonomische Analysen auf Basis der amtlichen Statistiken durchzuführen. Für die vorliegende Untersuchung wurde die Ebene 2 der EU-25 Mitgliedsstaaten (ohne Zypern und Malta) sowie analoge territoriale Einheiten für Norwegen und die Schweiz ausgewählt. Dabei ist zu beachten, dass hierfür der Stand von 2010 verwendet wurde.

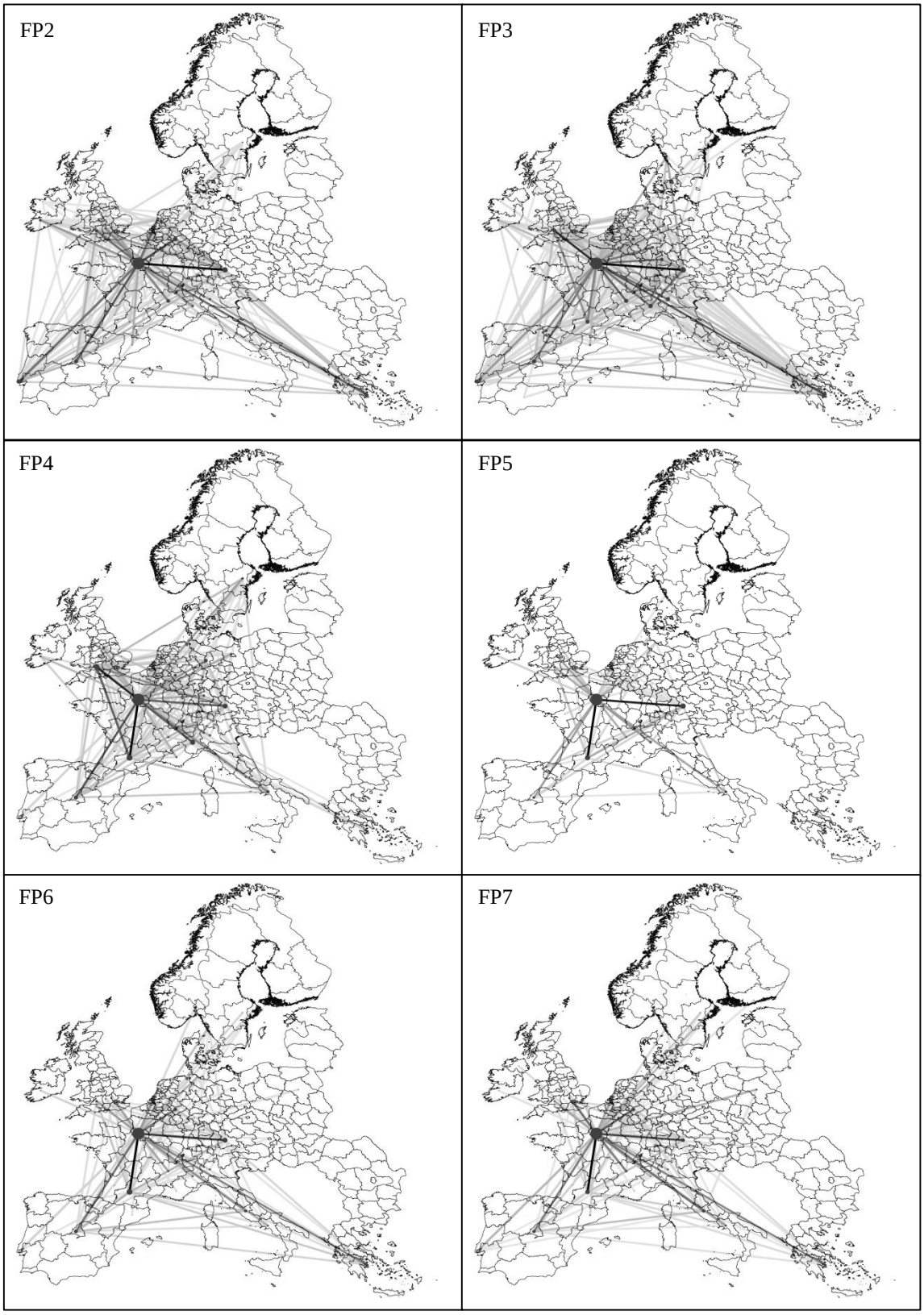


Abb. 4-20: Geographische Ausgestaltung des F&E-Netzwerks nach FP[1237]

Die Kantengewichtung, also die Summe der Verbindungen zwischen den jeweiligen Akteuren in den beiden Regionen, ist durch die Schattierung repräsentiert – dunkler gefärbte Verbindungen stehen für mehr Verbindungen zwischen den Regionen im jeweiligen FP. Auffallend ist eine gleichmäßigere Verteilung über die Regionen in FP2 und FP3 im Vergleich zu den nachfolgenden Programmen. Bezugnehmend auf die Erkenntnisse aus Teilkapitel 4.2. stellt sich also nicht nur die technologische Breite und die interindustrielle Anwendbarkeit als wesentlich größer in den frühen FPs heraus, sondern spiegelt sich auch in der geographischen Ausgestaltung des F&E-Netzwerks wider bzw. determiniert dessen Entwicklung.[1238] Dabei werden mit der abnehmenden Anzahl an Projekten und deren technologischer Breite über die Zeit hinweg die zentralen Regionen definiert. Auffallend ist dabei, dass sich unregelmäßig oder schwach partizipierende Regionen an die zentralen Regionen anbinden und die **Hub-Struktur** des europäischen F&E-Netzwerks auch auf regionaler Ebene unterstreichen. Über alle FPs hinweg ist die Region Île-de-France dominierend.[1239] Zudem stellen die Regionen Oberbayern in Deutschland sowie Midi-Pyrénées in Frankreich markante Zentren dar. Dies sind allesamt Standorte von Airbus – in Paris (Île-de-France) ist einer der Hauptstandorte von Airbus, in Ottobrunn und Donauwörth (Oberbayern) befindet sich das Airbus *innovation center* und ein Helikopterzentrum, in Toulouse (Midi-Pyrénées) das wichtigste Airbus Produktionszentrum mit den Endmontagelinien für die meisten Modelle.[1240] In diesen Hub-Regionen sind neben dem OEM bzw. Gesamtsystemintegrator Airbus zudem zahlreiche Zulieferer ansässig. Weitere stark repräsentierte Regionen befinden sich in Großbritannien, Spanien sowie in Italien. Die steigende Bedeutung der Region Midi-Pyrénées ist auf drei Faktoren zurückzuführen. Erstens steigt die relationale Bedeutung von herstellungsoptimierenden Verfahren an.[1241] Zweitens nimmt die Bedeutung von Zulieferern zu – wobei die großen Zulieferer bzw. RRSPs, wie bspw. Thales, dort lokalisiert sind. Und drittens ist eine deutliche Zentralisierung von Airbus in Toulouse über die letzten Jahre zu erkennen.

Um die Entwicklung der Regionen genauer zu untersuchen wird in Abb. 4-21 die **kumulative Verteilungsfunktion** der Projektteilnahmen der NUTS-2-Regionen im jeweiligen Zeitraum

---

[1237] Eigene Darstellung. Sehr schwach ausgeprägte interregionale Verbindungen, die weniger als 10 % der Verbindungen des am stärksten ausgeprägten Verbindungspfads in einem FP ausmachen werden nicht dargestellt. Vgl. Guffarth und Barber (2014), S. 6

[1238] Interessant ist dabei auch, dass jedes Land (mit den Ausnahmen Frankreich und Deutschland) eine Region aufweist, die besonders aktiv ist und als nationale Luftfahrtregion betitelt werden kann.

[1239] Dass Barber und Scherngell (2009), S. 531 ff. diese Region als ebenso dominant für alle Verbundprojekte, also nicht nur Luftfahrtbezogene, herausgefunden haben unterstreicht insgesamt die Bedeutung des Instruments der Akquirierung von Fördermitteln zur Realisierung unternehmensbezogener Forschungsaufgaben in Frankreich.

[1240] Im Zuge der Lokalisierungsentscheidung und deren Ausbau gerade bei Airbus ist der staatliche Durchdringungsgrad hervorzuheben. So investierte bspw. der französische Staat viel in die Etablierung und den technologischen Ausbau des Standorts Toulouse. Vgl. Hickie (2006), S. 713

[1241] Vgl. Teilkapitel 4.2. sowie Guffarth und Barber (2014), S. 8

(FPs) in einem Log-Log-Diagramm dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine allgemeine Zunahme der Projektteilnahmen über den Zeitverlauf,[1242] die durch die horizontale Entwicklung der FP-Funktionen nach rechts abgebildet wird und einen Anstieg in der Anzahl der Projektteilnahmen sowohl in Regionen mit vielen Projektteilnahmen als auch jenen mit einer geringen Anzahl an Teilnahmen zeigt. Dies wird anhand der numerischen Werte deutlich. Während in FP2 nur 10 Regionen in mehr als 380 Projekten teilnehmen, sind es in FP6 um die 100 Regionen. Gleichzeitig stieg der Schwellenwert der zehn aktivsten Regionen auf mehr als 3300 Teilnahmen an.

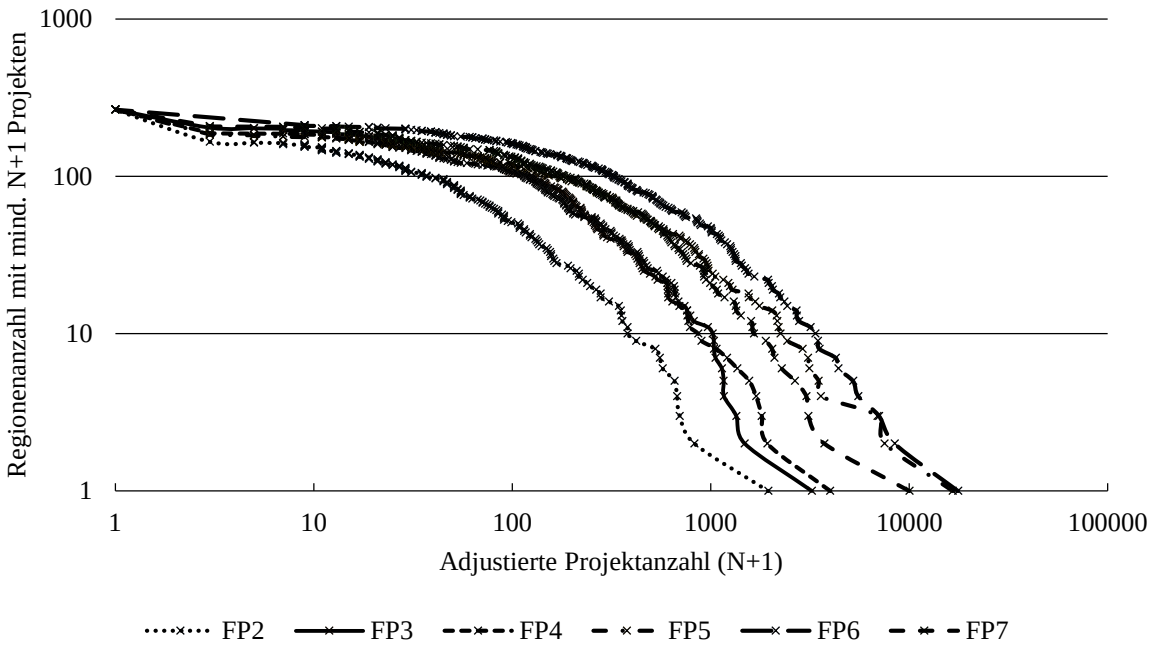


Abb. 4-21: Kumulierte Verteilung der Projektteilnahmen der NUTS-2-Regionen[1243]

Um einen genaueren Blick auf die Verteilungsfunktionen zu erhalten wird im Folgenden ein **Gruppierungsmechanismus** angewendet, der die Analyse von *success-breeds-success*-Effekten über die Entwicklung des F&E-Netzwerks ermöglicht. So bleiben die Top-20-Regionen aus FP2 über den gesamten Zeitraum die aktivsten.[1244] Wie bereits in Abb. 4-20 ersichtlich ist die Region Île-de-France (FR10) führend und wird gefolgt von den Regionen Oberbayern (DE21), Köln (DEA2), Madrid (ES30), Bristol (UKK1), North Holland (NL32) und Piemont (ITC1),

[1242] Ausgenommen bleibt in dieser Diskussion FP7. Da der generelle Verlauf der Verteilungsfunktion auch in FP7 erhalten bleibt ist die insgesamt geringere Partizipationsrate auf die zum Zeitpunkt der Erhebung noch nicht vollständig erfassten Daten zurückzuführen.

[1243] Eigene Darstellung. Die Anzahl der Projekte N wurde durchgehend mit 1 addiert, um die Darstellung von Regionen ohne Projektteilnahmen auf der logarithmischen Achse zu ermöglichen.

[1244] Ausnahmen sind in diesem Zusammenhang die Regionen Darmstadt (DE71) sowie Berkshire, Buckinghamshire und Oxfordshire (UKJ1), die deutliche Positionseinbußen verzeichnen.

die allesamt ähnliche Wachstumsverhältnisse aufweisen. Die Positionen 20-40 zeigen eine wesentlich turbulentere und differenziertere Wachstumsentwicklung als die Top-20 Regionen. Vor allem die in den späteren FPs eine Top-5-Platzierung einnehmende Region Midi-Pyrénées (FR62) stieg sehr stark an, ebenso wie die italienische Region Kampanien (ITF3). Die Regionen mit einer Platzierung zwischen 40-100 in FP2 konnten generell keine großen Zuwächse verzeichnen, wobei eine nicht-dauerhafte Dynamik in Bezug auf die Positionsveränderung zwischen den FPs sichtbar ist.[1245] Die Positionen 100-266 bleiben über den gesamten Verlauf sehr klein, wobei keine Region einen Sprung in eine andere Positionsgruppierung erreicht. So ist insgesamt zu folgern, dass ***success-breeds-success*-Effekte** zu beobachten sind, da Regionen mit einer starken Teilnahmeaktivität in frühen FPs ihre Position über den Zeitverlauf deutlich ausbauen konnten und Regionen mit einer geringen Teilnahmeaktivität in diesem Zustand verbleiben oder keine Partizipation mehr aufweisen.[1246]

4.4.2. Regionale Spezialisierung versus Beidhändigkeit

Um eine Einschätzung bzgl. der den Regionen inhärenten Lernarten zu ermöglichen, widmet sich dieser Abschnitt der wissensseitigen Ausgestaltung aus geographischer Perspektive. Die Annahmen aus Unterabschnitt 2.3.3.3. in Bezug auf die geographischen Ambidextriemerkmale lassen sich wie folgt zusammenfassen. Für Exploration vorteilhaft sind die geographische Nähe zu Forschungs- und Bildungseinrichtungen, da diese verantwortlich für die Sammlung, Aufbereitung und Verteilung neuen Wissens sind. Andererseits ist die Verbindung mit anderen Regionen bzw. deren Akteuren vorteilhaft, da neues Wissen in die Region gebracht wird. Für Exploitation ist eine große Nähe zwischen Industrieakteuren vorteilhaft, da eine gute Informationslage vorherrscht, was Imitationsverhalten erfolgreicher Akteure mit sich bringt und so dieses Replikationsverhalten die Exploitationsfähigkeit fördert. Gleichzeitig führt dies zu Isolationseffekten der Region, was nachteilig für Exploration in Bezug auf die Generierung neuen Wissens ist, da Konformitätsdruck und Standardsetzung die Erschließung neuen Wissens verhindern. So sind im Fall von Industrien mit komplexen Produkten zwei Regionaltypen zu identifizieren. Zum einen **Hub-Regionen**, die keine dominante Innovations- bzw. Lernform aufweisen, da sich einerseits einige Akteure in Explorationsphasen und andere in Exploitationsphasen befinden und andererseits die Kernakteure immer eine beidhändige Ausrichtung verfol-

[1245] Kleinere Ausnahmen stellen hier die Regionen Toskana (ITE1) sowie Lazio (ITE4) dar, die vor allem in FP6 (und auch in FP7) starke Zuwächse zeigen.

[1246] Neben dem Wachstum der Akteure in der Region ist Entstehung bzw. das Hinzukommen neuer Akteure in der Regionen nach Buenstorf und Klepper (2009), S. 705 ff. ein weiterer Erklärungsfaktor für diese Entwicklung. Da die meisten Spin-offs sich räumlich nahe an ihrem Entstehungskonzern niederlassen, verstärkt sich der geographische Konzentrationsprozess selbst, was sowohl für Unternehmen als auch für wissenschaftliche Einrichtungen gilt. Gerade in der Luftfahrt existieren hierfür einige prominente Beispiele: CESA (Compania Espanola de Sistemas Aeronauticos SA) die ein Spin-off der CASA und Airbus sind oder Lavision ein Spin-off des deutschen Max-Planck-Instituts.

gen. Zum anderen **spezialisierte Regionen**, die je nach Technologielebenszyklusstand explorations- oder exploitationsfokussierte Ausprägungen aufweisen und sich technologisch spezialisiert zeigen. Dabei wird unterstellt, dass die Akteure der Hub-Regionen die spezialisierten Regionen durch interregionale Verbindungen zur Realisierung von Ambidextrie nutzen und sich so für neue Technologien öffnen und diese in Wachstumsmöglichkeiten umsetzen.

Um den **regionalen Spezialisierungsgrad** zu analysieren wird in Abb. 4-22 die Größe der Region dem thematischen Konzentrationsmaß in der Region in einem Log-Log-Diagramm gegenübergestellt. Die horizontale Achse bildet die Größe der Regionen in Bezug auf die Summe der Themenzuweisung pro Region über alle FPs ab.[1247] Die vertikale Achse zeigt das Konzentrationsmaß der wissensseitigen Spezialisierung. Dies wird mit Hilfe des **Herfindahlindex** ermittelt, der mittels des quadrierten Verhältnisses zwischen Wissenskategorieausprägung und der Summe aller Wissenskategorieausprägungen in der Region über alle Wissenskategorien summiert wird und Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei 1 eine vollständige Konzentration, also die Spezialisierung auf eine Wissenskategorie, bedeutet und Werte nahe 0 sehr heterogen ausgestaltete, weniger spezialisierte Regionen ohne wissensseitigen Fokus, repräsentieren. Auffallend ist, dass je kleiner eine Region ist, desto größer die Themenkonzentration oder je größer eine Region, desto breiter ist die wissensseitige Ausgestaltung und geringer der Spezialisierungsgrad.[1248] Trotz dieses Zusammenhangs weisen selbst im vorliegenden Netzwerk auch die eher kleinen Regionen eine ausgeprägte wissensseitige Diversität auf. Die Differenz des Verhältnisses der Größe der Region und der Diversität ist somit relativ gering. Die Schwelle von einem Herfindahlindexwert von 0,2 wird bereits ab einer Größe von 20 Wissenskategoriezuweisungen unterschritten und liegt für alle größeren Regionen zwischen 0,07 und 0,2.[1249]

[1247] Grundlage hierfür sind die in Teilkapitel 4.2. behandelten 25 Unterkategorien der Wissensfelder, wobei Mehrfachnennungen möglich sind.

[1248] Ein weiterer Zusammenhang in Bezug auf die Größe der Region ergibt sich bei der Analyse des Innovationsoutputs. Guffarth und Barber (2013), S. 13 f. nutzen hierzu Patentdaten, um die Projektteilnahmen in Relation zu der Anzahl der angemeldeten Patente in der Klasse IPC64 (*aircraft, aviation and cosmonautics)* zu setzen. Es zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Teilnahme an FP und der Patentaktivität. Neben den generellen Einschränkungen der Nutzung von Patentdaten. Vgl. Grandstrand (2010), besteht eine Diskussion über die Nutzung von Patentdaten in der Luftfahrtindustrie. So argumentiert bspw. Hollanders et al. (2008), S. 22 ff., dass in der Luftfahrtindustrie eher Geheimhaltung (*secrecy*) als Patente zum Wissensschutz genutzt wird, was die Aussagekraft limitiert. Allerdings kann hier entgegengehalten werden, dass dies vornehmlich nur für Systemintegratoren und darüber hinaus vor allem in der Vergangenheit galt. Durch neue Konkurrenz und der Etablierung von RRSP ist anzunehmen, dass die Relevanz von Patenten als Schutzinstrument steigt.

[1249] Aussagen über intraregionale Verbindungen sind im Zusammenhang des vorliegenden Datensets nicht oder nur eingeschränkt möglich. Der Grund ist in den Teilnahmebedingungen an den FPs zu sehen. Diese schreiben vor, dass mindestens zwei Partner aus unterschiedlichen Ländern in einem Projekt teilnehmen müssen. Dies verzerrt auch insgesamt das Bild regionaler Spezialisierung zu einem gewissen Grad, da die projektseitige Zuweisung von Wissensfeldern auch Akteuren bzw. Regionen zugeschrieben wird, die evtl. eine geringe Ausprägung auf dem betreffenden Feld haben. Guffarth und Barber (2013) sowie Guffarth und Barber (2014) stellen fest, dass die Anzahl der intraregionalen Kooperationen einen sehr geringen Anteil ausmachen: Weniger als 3 %, die allerdings alle in den Hub-Regionen verortet sind. Eine Ausnahme stellt die Region Extremadura (ES43) mit 17 % intraregionalen Projekten dar.

Daraus lassen sich drei grundsätzliche Erkenntnisse ableiten. Erstens ist zu erkennen, dass alle Hub-Regionen wissensseitig sehr breit aufgestellt sind. Zweitens weisen extreme Peripherie-Regionen, also Regionen mit weniger als 20 Wissenskategoriezuweisungen, eine eindeutige Spezialisierung auf. Drittens, legt die Erkenntnis, dass auch die meisten kleineren Regionen keine solitär ausgeprägten Spezialsierungen aufweisen den Schluss nahe, dass Luftfahrtwissen einerseits sehr breit ist und andererseits eine Spezialisierung weniger in Bezug auf die grundlegenden Wissensfelder fokussiert, sondern eher auf die Artefakte und Produkte, die in einer Region hergestellt werden. Aggregiert man die Werte auf die nationale Ebene zeigen sich kaum Unterschiede zwischen den historisch dominanten Luftfahrtnationen.[1250] Dies deutet darauf hin, dass gerade in Europa die im Fall komplexer Produkte notwendige Spezialisierung und die Herausbildung von RRSP noch nicht vollzogen ist und eine zu starke wissensseitige Homogenität auf geographischer Ebene vorliegt. Um diese Zusammenhänge und Folgerungen besser zu verstehen werden nachfolgend die **regionalen Wissensbasen** beispielhaft näher untersucht.[1251]

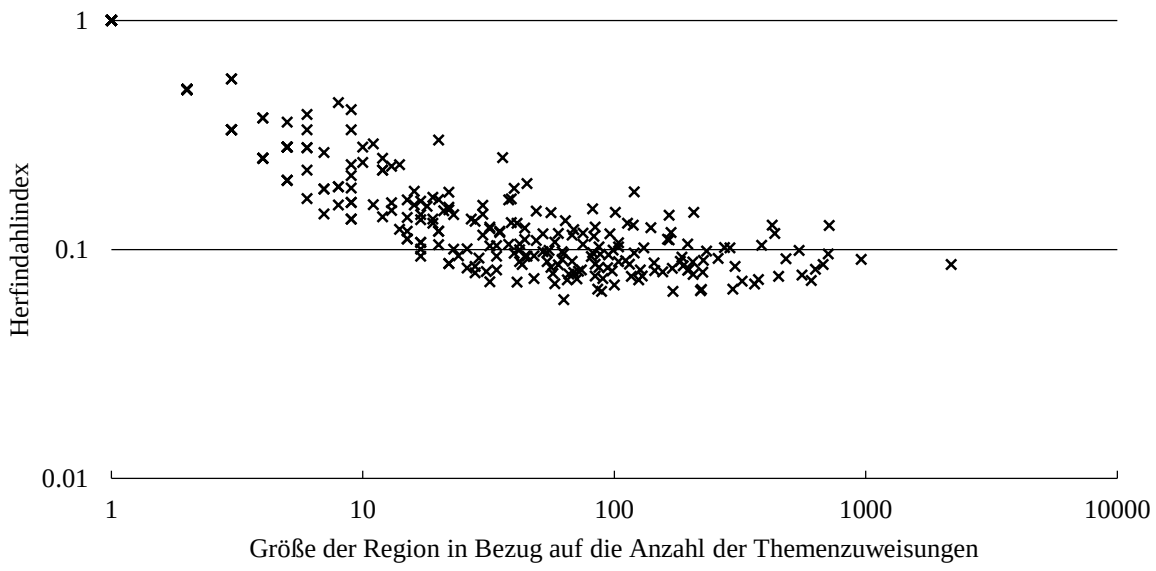


Abb. 4-22: Spezialisierungsmuster der NUTS-2-Regionen[1252]

Betrachtet man die Region Midi-Pyrénées (FR62) und das Luftfahrtzentrum Toulouse ist die starke Wissensausprägung im Bereich der herstellungsverbessernden Maßnahmen aufgrund der Endmontagelinien von Airbus naheliegend. Zudem befinden sich in diesen Regionen auch ein Großteil der Airbusentwicklung sowie eine starke Zuliefererindustrie, was die weiteren überdurchschnittlichen Werte in den Bereichen Aerodynamik und Elektronik bzw. Avionik erklärt.

[1250] Vgl. Guffarth und Barber (2013), S. 16

[1251] Diese Erkenntnisse entstammen den Ausführungen von Guffarth und Barber (2013), die in einer dezidierten Einzelanalyse die regionalen Spezialisierungsmuster der Regionen auf Basis derer über- oder unterdurchschnittlichen Ausprägung in Bezug auf die europäische Gesamtbasis untersuchten.

[1252] Eigene Darstellung

Dass die Hub-Region Oberbayern (DE21) eine sehr breite und kaum spezialisierte Wissensstruktur aufweist ist ebenso auf die ihr inhärenten heterogenen Akteure zurückzuführen. Neben den Airbus Standorten aus den Unternehmenssparten *Space und Defence* sowie *Helicopters*, sind das Airbus *innovation center* sowie der Triebwerkshersteller MTU Aero Engines hier ansässig. Die Regionen Madrid (ES30) und Bristol (UKK1) sind ebenso Airbus bzw. mit Airbus sehr eng verbundene Standorte, die auf Heckleitwerke bzw. Flügel spezialisiert sind, woraus sich das stärker ausgeprägte Wissen in den Bereichen Herstellungsverfahren und Aerodynamik erschließt. Neben diesen großen Hub-Zentren mit einer großen Diversität zeigen periphere Regionen deutlichere Spezialisierungsmuster. So weist die Region Stuttgart (DE11) eine Spezialisierung im Bereich der Metallverarbeitung und die Region Noord-Holland (NL32) im Bereich Aerodynamik auf.[1253] Ein weiteres Beispiel ist die Region Athen (GR30), die eher weniger mit der Luftfahrt verbundene Region, weist allerdings in Abb. 4-20 große Prominenz auf. Neben der großen Anzahl an Wissensintermediären ist dort die Hellenic Aerospace Industry S.A. ansässig. Ihr Wissen im Bereich der unbemannten Fluggeräte, bspw. Drohnen, wird in den späteren FP6 und FP7 im Bereich Raumfahrt benötigt und erklärt die ausgeprägte Stellung in der regionalen Ausgestaltung.

4.4.3. F&E- vs. Produktionsnetzwerk

Wie in Teilkapitel 3.3. gezeigt befindet sich die Industriestruktur der Luftfahrtindustrie in einem Wandlungsprozess. Abb. 4-23 zeigt die **Entwicklung der Zuliefererlandschaft von Airbus** über die Jahre 2010, 2012 und 2013 auf. Dabei wird deutlich, dass fünf Länder – Frankreich, Deutschland, USA, Großbritannien und Spanien – mehr als 88 % aller Airbus Zulieferer ausmachen. Nimmt man die anderen europäischen Länder hinzu steigt dieser Wert auf 94 %. Dabei ist die Entwicklung, gerade in einer so kurzen Zeitspanne, bemerkenswert. Frankreich ist das einzige Land der großen fünf Zuliefererländer, das kontinuierlich steigende Anteile im Betrachtungszeitraum aufweist, während Deutschland, USA und Großbritannien sinkenden Anteil aufweisen. Im Gegenzug steigt der Anteil der anderen Herkunftsländer der Lieferanten, vor allem in Asien. Diese Entwicklung bildet sehr deutlich die Herausforderungen, als auch die Pfadabhängigkeiten der europäischen Luftfahrtindustrie ab. Als Nachrücker im Bereich der Großraumflugzeuge ist Airbus seit jeher auf die Kompetenzen US-amerikanischer Zulieferer angewiesen, was die starke Position im Zulieferernetzwerk erklärt.[1254] Die vier großen europäischen Zuliefererländer sind bzw. waren allesamt Teilhaber des Airbuskonsortiums, wodurch sich ein Länderproporz entwickelte, was die relativ homogene Ausgestaltung der Verteilung

[1253] Hierbei ist das Spezialisierungsmuster der Region Stuttgart durch die große Nähe zur Automobilindustrie und dem Maschinenbaugewerbe geprägt. Zudem sind hier sehr viele mittelständische metallverarbeitende Betriebe ansässig. Die Aerodynamikspezialisierung der Region Noord-Holland ist auf den in dieser Region installierten Windkanal des NLR und Airbus zurückzuführen.

[1254] Vgl. ECORYS et al. (2009), S. 123 ff.

der Zuliefererranzahlen bestätigt. Dass sich Frankreich in der jüngeren Vergangenheit von den anderen Ländern abheben konnte liegt daran, dass in den letzten Jahren seitens Airbus eine wesentlich weniger restriktive Einmischung der Regierungen bei den Unternehmensentscheidungen eingefordert wurde und diese sich nach und nach durchsetzt. Für die steigenden Anteile aller nicht-europäischen Länder sind im Wesentlichen drei Faktoren zu nennen. Zum einen ist Airbus gezwungen durch währungsresistente Renditen, Kapitalrisiken abzubauen, da grundsätzlich nur in US-Dollar gehandelt wird und ein starker Euro finanzielle Risiken birgt. Zudem stehen die Niedriglohnländer als Beschaffungsmärkte von Komponenten im Fokus.[1255]

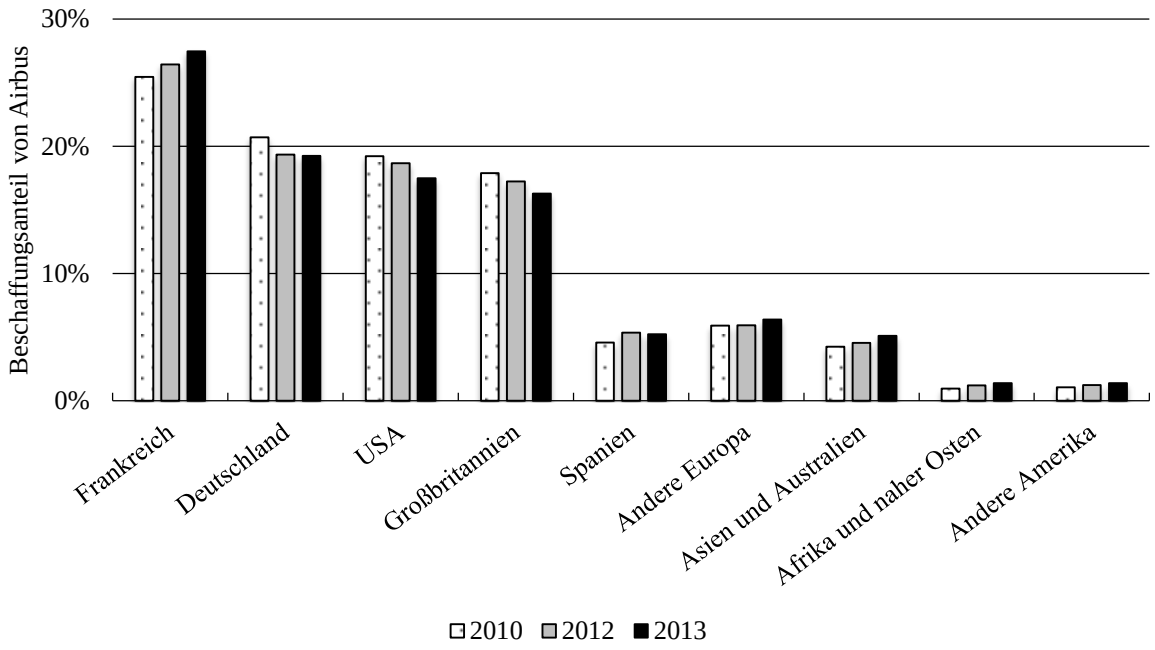


Abb. 4-23: Standort der Airbus Zulieferer zwischen 2010 und 2013[1256]

Drittens verfolgen die potentiellen Wettbewerberländer, wie bspw. China, eigene Interessen, die den Kompetenzaufbau im eigenen Land betreffen. Zusammengenommen haben diese Mechanismen einen direkten Einfluss auf die europäischen Regionen. So führte dieser Prozess in der Vergangenheit zu einer Reduzierung und Verkleinerung der der Luftfahrt zuzurechnenden Regionen.[1257] Umso wichtiger für die europäischen Zulieferer ist also sich langfristig technologisch zu positionieren und gleichzeitig die kapazitativen Anforderungen von Airbus und den RRSPs zu erfüllen.[1258] Um den **Einfluss des Produktionsnetzwerks auf das F&E-Netzwerk**

[1255] Vgl. Mazaud und Lagasse (2007), S. 1 ff. sowie Richter (2014), S. 1ff. Allerdings kann die Auslagerung zu Niedrigkostenanbietern das Vertrauen zu den etablierten Partner stören und die Wissensteilung und intensive Zusammenarbeit in der Entwicklung, welche in der Luftfahrt notwendig ist, behindern. Vgl. Rebolledo und Nollet (2011), S. 334

[1256] Eigene Darstellung auf Basis der Airbus-Zulieferliste (März 2012).

[1257] Vgl. Niosi und Zhegu (2008), S. 1 ff. sowie Niosi und Zhegu (2010), S.109 ff.

[1258] Vgl. Cooke und Ehret (2009), S. 563 f.

der europäischen Luftfahrtindustrie zu untersuchen wird in Abb. 4-24 und Abb. 4-25 die geographische Ausgestaltung des F&E-Netzwerks der räumlichen Struktur der Airbus Zulieferer-standorte gegenübergestellt.[1259] Abb. 4-24 zeigt hierbei die regionale Verteilung des FP7 F&E-Netzwerks und Abb. 4-25 fokussiert auf die räumliche Ausgestaltung der Airbus Zulieferer.[1260] Hierzu wird wiederum die Aggregationsebene der NUTS-2-Regionen genutzt, wobei die Färbung der Regionen Aufschluss über die Anzahl der Akteure im jeweiligen Teilbild gibt.[1261] In Abb. 4-25 wird eindrücklich sichtbar, dass Produktionsnetzwerke in der Luftfahrtindustrie in geographischen Clustern organisiert sind.[1262] Dabei werden sieben Zentren in Europa sichtbar: (1) Midi-Pyrénées und die Nachbarregion Rhône-Alpes, (2) Île-de-France, (3) Hamburg, (4) Süddeutschland mit den Regionen Oberbayern, Stuttgart und Tübingen, (5) die spanischen Regionen Madrid und Andalusien, (6) Süd-West-England, sowie (7) Nord-West-England mit den Regionen Greater Manchester und Lancashire. Während in den Regionen (1)-(5) Airbus als regionaler Anker anzusehen ist, werden die britischen Regionen durch Rolls-Royce und BAe geprägt. Vergleicht man die regionale Verteilung des Produktionsnetzwerks in Abb. 4-25 mit der räumlichen Ausgestaltung des FP7-F&E-Netzwerks in Abb. 4-24 sind einige Gemeinsamkeiten aber auch frappierende Unterschiede erkennbar. Die **regionalen Zentren des Produktionsnetzwerks sind ebenso im F&E-Netzwerk** vertreten, wobei vor allem die französischen Zentren, Süddeutschland und Süd-West-England starke Positionen einnehmen. Im Gegensatz sind bspw. die Regionen Hamburg-Niedersachsen sowie die französischen Regionen um Île-de-France wesentlich stärker im Produktionsnetzwerk vertreten. Einen Sonderfall stellen die italienischen Regionen Piemont, Lombardei und Lazio sowie Nord-West-England dar. Sie sind im F&E-Netzwerk extrem stark vertreten, wohingegen sie im Produktionsnetzwerk eine untergeordnete Rolle spielen.

[1259] Die Wahl der Nutzung der Airbus Zulieferer stellvertretend für das Produktionsnetzwerk unterliegt dabei dem Nachteil, dass die Verbindungen zwischen den Zulieferern nicht dargestellt werden, sondern lediglich direkte Lieferbeziehungen zu Airbus. Die Airbus Zulieferer-Listen werden monatlich aktualisiert und sind frei zugänglich über die Website von Airbus.

[1260] Datengrundlage ist die Airbus-Zuliefererliste vom März 2012. Um die Vergleichbarkeit der beiden Teilabb. zu erhöhen, wurden aus dem F&E-Netzwerk alle nicht-industriellen Akteure ebenso wie alle Akteure die ausschließlich unter die Kategorie Raumfahrt fallen, da die Zuliefererdaten nur auf Airbus-Flugzeuge fokussieren. Bei der Generalisierung von etwaigen Interpretation muss berücksichtigt werden, dass die Abb. auf die reine Anzahl an Akteuren in den jeweiligen Regionen fokussieren und keinerlei Berücksichtigung von Kennzahlen wie bspw. dem Wertschöpfungsgrad enthalten.

[1261] In jedem Teilbild stechen mehrere Regionen in Bezug auf die Anzahl der Akteure heraus, weshalb diese als separierte Klasse von Schlüsselregionen behandelt werden (schwarze Färbung). Alle anderen Regionen wurden in die Kategorien hoch, mittel und geringe Anzahl an Akteuren eingeteilt (Graustufen - absteigend). Weiß eingefärbte Regionen haben keine Akteure. Da die Anzahl in den Regionen stark variiert stellen die als hoch eingestuften Regionen all diejenigen Regionen dar, die mind. 10 % der maximalen Anzahl der Akteure in den Schlüsselregionen aufweisen. Die mittlere Gruppe weist zwischen 5 % und 10 % und die geringe Gruppe höchstens 5 % des Maximums der Schlüsselregion auf.

[1262] Vgl. Eriksson (2000), S. 653 ff., Niosi und Zhegu (2005), S. 1 ff., Beaudry (2001), S. 405 ff. sowie Jackson (2004), S. 519 ff.

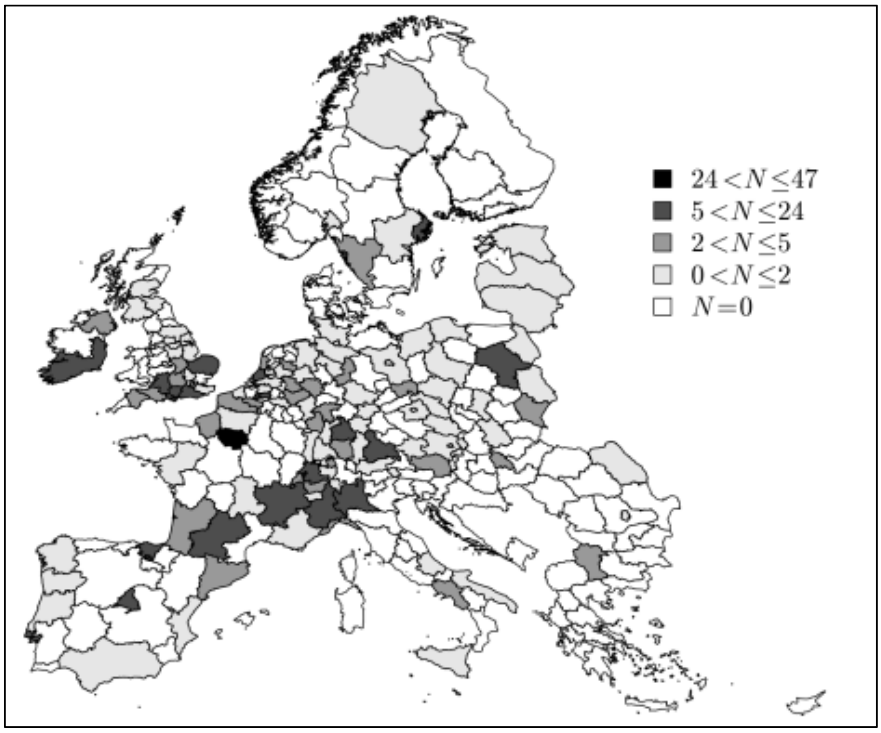


Abb. 4-24: Regionale Partizipation im FP7 F&E-Netzwerk[1263]

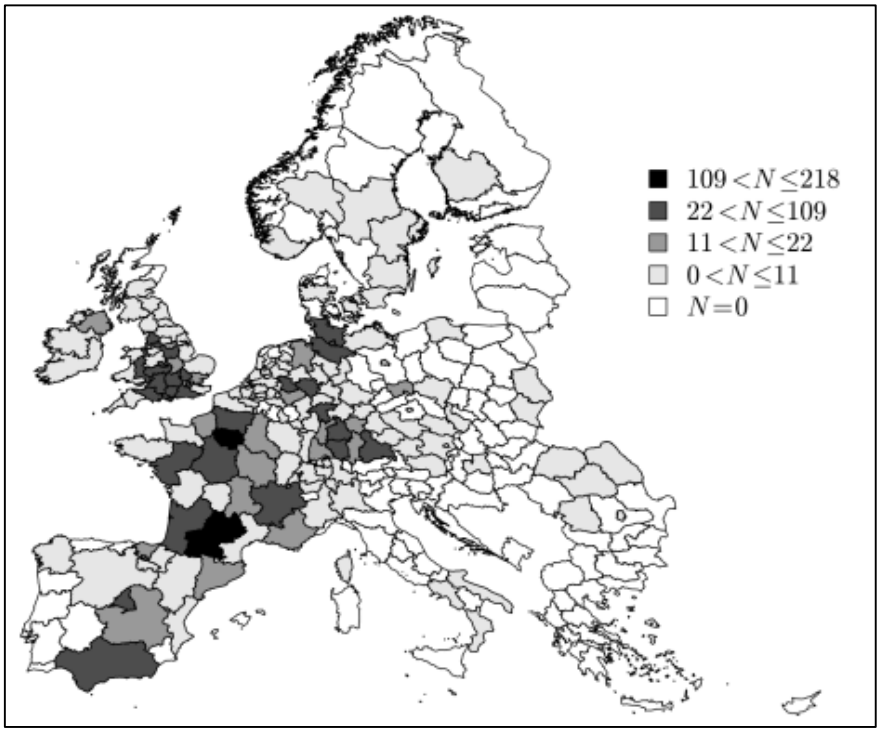


Abb. 4-25: Standorte der Airbus Zulieferer 2012[1264]

[1263] Eigene Darstellung. N stellt die Anzahl an Akteuren in der jeweiligen NUTS-2-Region dar.
[1264] Eigene Darstellung. N stellt die Anzahl an Akteuren in der jeweiligen NUTS-2-Region dar.

Der Grund hierfür ist in der Historie der europäischen Luftfahrt zu finden. Die italienische Luftfahrtindustrie war nie direkt in das Airbus-Konsortium involviert, sondern traditionell Partner der US-amerikanischen Hersteller. Ebenso gelten die britischen Hersteller Rolls-Royce (Triebwerke) und BAe (Rüstung) eher als eigenständige RRSP, wodurch sich die Zahl der Zulieferer die direkt an Airbus liefern deutlich verkleinert und so im Produktionsnetzwerk unterrepräsentiert sind. Weiter ist festzustellen, dass Regionen, die in beiden Netzwerken vertreten sind wesentlich größer sind. Die Lokalisierung des gesamten Produktentwicklungsprozesses in einer Region wird als vielversprechend angesehen. Dies untermauert die Vorteilhaftigkeit einer hohen Interdependenz zwischen Innovations- und Produktionsnetzwerk, was als Erfolgsfaktor zu werten ist. Ferner ist die Anzahl der Akteure im Produktionsnetzwerk um ein vielfaches größer als im F&E-Netzwerk. Daraus lässt sich schließen, dass ein Akteur eine bestimmte Masse bzw. Größe braucht, um im Innovationsnetzwerk erfolgreiche Ergebnisse zu erzielen bzw. der Anreiz einer direkten Amortisation von Entwicklungskosten im Produktionsnetzwerk wesentlich reizvoller ist, da ein geringeres Risiko besteht zukunftsorientierte Projekte durchzuführen als im F&E-Netzwerk.

4.5. Ambidextrie in der europäischen Luftfahrtindustrie

Dieses Teilkapitel fasst die erzielten Erkenntnisse über die wissensseitige, strukturelle und geographische Ausgestaltung des F&E-Netzwerks der europäischen Luftfahrtindustrie zusammen. Die Ergebnisse werden dazu auf die Herausforderungen der europäischen Luftfahrtindustrie übertragen, woraus sich eine Potentialabschätzung zur erfolgreichen Bewältigung dieser Dynamik in Bezug auf die **Kernherausforderung Ambidextrie** ergibt. Hierzu wurde die Beidhändigkeitsanforderung an die Akteure und deren Durchsetzung im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie untersucht.

Die theoriegeleiteten Ausführungen zur **Ausgestaltung von Netzwerken** bei komplexen Produkten konnten für das F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie bestätigt werden.[1265] So ist das vorliegende Netzwerk sehr groß und weist einen großen Durchmesser auf. Die sehr geringe Dichte und kurze Pfadlängen stützen die Annahme eines **Kleine-Welt-Netzwerks**, was durch den extrem hohen Clusterbildungs-Koeffizienten untermauert wird. Dies wird durch den Watts-Strogatz-Test bestätigt, wobei der Kleine-Welt-Koeffizient Q dauerhaft Werte weit über 1 aufweist. Das F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie setzt sich aus Unternehmen und Wissensintermediären zusammen und ist insgesamt äußerst **heterogen**. Der Anteil der Wissensintermediäre steigt in den späten FPs deutlich, was auf den erhöhten Anteil an Satelliten- und Raumfahrtprojekten zurückzuführen ist. Die Unternehmen lassen sich weiter in die Kernakteure, industrieexterne Unternehmen sowie eine große Anzahl an KMU

[1265] Vgl. Tab. 2-1 in Unterabschnitt 2.3.3.2.

und einmalig-teilnehmende Unternehmen unterteilen. Der Anteil dieser einmalig-teilnehmenden Unternehmen liegt bei 78 %. Auch dies spricht für die Bedeutung von Nischenwissen und Spezialisten.

Ein wesentlicher Aspekt zur Potentialabschätzung ist der komplexe Aufbau des Artefakts Flugzeug und seine **systemische Struktur**.[1266] Es befindet sich in einer paradigmatischen Phase. Im F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie sind hierfür vor allem die große Bedeutung der Wissensfelder Material und Optimierung des Herstellungsprozesses Indizien. Dies sind vor allem für den OEM bzw. Gesamtsystemintegrator relevante Themen, die die exploitative Ausrichtung im Bereich der Flugzeugstrukturen, wie Rumpf und Flügel, zeigen. Während die Materialthemen größtenteils prozessbezogene Zielstellungen aufweisen, dominieren flugzeugbezogene Produktthemen, was ein weiterer Indikator für die Differenzierungsnotwendigkeit zwischen Subsystemen und Gesamtsystem ist. Im vorliegenden F&E-Netzwerk sind die unterschiedlichen Zyklusphasen und die **multitechnologische Ausgestaltung** in den Subsystemen durch die große Breite in den Wissensfeldern und die große interindustrielle Anwendbarkeit erkenntlich. So zeigt sich, auch vorangebracht durch die neue Konkurrenz, ein ausgeprägter **technologischer Wettbewerb**, der allerdings weniger auf Gesamtsystemebene sondern in den Subsystemen stattfindet.[1267] Im F&E-Netzwerk wird der sich intensivierende Innovationsdruck in den Subsystemen durch den Anstieg der Produktexploration in späten FPs deutlich. Obwohl in den Subsystemen Exploration dauerhaft vorhanden ist, erweist sich insgesamt der Exploitationsanteil im Flugzeugbereich als groß. Grund ist der OEM, der große Teile der exploitativen Projekte bindet und in seinem Kerngeschäft der Strukturkomponenten auf die gegenwärtige Lebensfähigkeit und dessen Sicherstellung durch Prozessexploration und –exploitation fokussiert ist. Gleichzeitig beschäftigt sich der OEM aufgrund der systemischen Struktur mit den explorativen Projekten der Subsysteme, wodurch sich eine **permanente Ambidextrie** ergibt. Die Gefahr einer *success-trap*, also der reinen Fokussierung auf Exploitation, besteht im vorliegenden Fall folglich nicht, da der OEM durch die Integration und Koordination der Subsysteminnovationen explorative Aufgaben nicht verdrängt. Aus dieser technologischen Betrachtungsweise wird ersichtlich, dass aufgrund der komplexen Produktcharakteristik eine Interpretation bzgl. der Industrieentwicklung erschwert ist bzw. vom Standardmodell abweichen muss, weshalb die Betrachtung der strukturellen Ausgestaltung notwendig wird.

Die Bedeutung von **selbstverstärkenden Effekten** und der Stellung im Netzwerk ist dabei besonders ausgeprägt. Vorliegende ***success-breeds-success*-Effekte** zeigen sich deutlich anhand der Entwicklung der Anzahl der Partner und der Zentralitätsmaße. Hieraus ergibt sich, dass Hubs bzw. Kernakteure gestärkt und kleine Akteure in ihrer Entwicklung gehemmt werden,

[1266] Vgl. Teilkapitel 2.4.
[1267] Vgl. Teilkapitel 3.3.

was auch den eher kompetenzerweiternden, denn -entwertenden Charakter radikaler Innovationen untermauert. Die Position im Netzwerk bedingt somit die Dynamisierung der Fähigkeiten und den kreativen Akkumulationsprozess der Akteure, wobei **etablierte und zentrale Akteure** eher in der Lage sind Ambidextrie durch partnerschaftliche Verbindungen zu realisieren als periphere Akteure. Anhand der Zuweisung explorativer und exploitativer Projektzielsetzungen zu den Akteursgruppen OEM, RRSP, Tier-n1 und Tier-n2 sowie Industrieexternen und Wissensintermediären wird die Ausgestaltung organisationalen Lernens deutlich. So weisen **OEM und RRSPs eindeutig Ambidextrie** auf, während der Anteil beidhändig lernender Unternehmen mit niedrigerer Wertschöpfungskettenposition deutlich abnimmt und in der Gruppe der **Tier-n2 fast ausschließlich Exploration oder Exploitation** vorherrschen. Gleichzeitig offenbart die Analyse der Realisierung von Ambidextrie durch das Netzwerk die Grundsystematik der Zusammenarbeit. Da **OEM und RRSPs im Netzwerk sehr eng miteinander verbunden** und in zahlreichen sich wiederholenden Partnerschaften eingebunden sind, besteht zwischen diesen Akteuren die Gefahr Exploration zu verdrängen und Verkrustungstendenzen zu etablieren. Deshalb werden **Peripherie und interindustrielle Partnerschaften zur Realisierung** der explorativen und exploitativen Projekte geschlossen. Es zeigen sich **multitechnologische und diagonale Kooperationsverbindungen**, die die benötige Wissensbreite auf den oberen Wertschöpfungsstufen untermauert. Die **große Fluktuation** in der Netzwerkperipherie verdeutlicht einerseits die extrem fragmentierte Industriestruktur und hebt gleichzeitig die Bedeutung der Nischenakteure zur Realisierung von Ambidextrie für die Kernakteure hervor.

Durch die Verlagerung von Investitions- und Entwicklungskosten auf niedere Ebenen der Wertschöpfungskette ergibt sich eine Restrukturierung, die die Zulieferer vor umfangreiche kapazitative, finanzielle und technologische Herausforderungen stellt.[1268] Das ko-evolutorische Spannungsfeld von Technologie und Industriestruktur steht somit im Mittelpunkt der anstehenden Dynamik, wobei der Parameter **Ambidextrie** erfolgskritisch für die Bewältigung dieser Dynamik ist.[1269] Aus der strukturellen Ausgestaltung des Netzwerks ergibt sich eine sich **vergrößernde Kluft** der wissensseitigen Ausstattung der Akteure im F&E-Netzwerk. Dass sich diese Effekte im F&E-Netzwerk zeigen, ist **eng mit dem Produktionsnetzwerk** und der kapazitativen Ausstattung gekoppelt. Das vorliegende F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie zeigt deutlich, dass Ambidextrie im Netzwerk realisiert wird. Eine Ausweitung der Beidhändigkeitsanforderung auf eine immer größere Zahl an Akteuren und in immer tiefere Wertschöpfungskettenstufen führt somit zu einer Herausforderung, die kleine Akteure kaum bewältigen können. Sowohl die **geographische Ausgestaltung** des F&E-Netzwerks, als auch die Dy-

[1268] Vgl. Teilkapitel 3.3.
[1269] Vgl. Teilkapitel 3.3.

namik der Airbus-Zulieferer untermauert die Erkenntnisse und bestätigt gleichzeitig die Bedeutung der regionalen Einbettung für die Realisierung von Ambidextrie durch die Positionierung in den Innovations- und Produktionsnetzwerken.

Um eine **Potentialabschätzung** abgeben zu können müssen allerdings die Dynamiken in Produktions- und Innovationsnetzwerken einbezogen werden, die sich wechselseitig beeinflussen. So sind auf Produktionsseite Kostenreduktion und Wachstumsanforderung zu nennen. Im F&E-Netzwerk sind die selbstverstärkenden Effekte und die Ambidextrierealisierung dominant. Während die Zulieferer für die Bedürfnisse auf Produktionsseite zu klein sind, ist dies genau der Vorteil der Realisierung von Ambidextrie im F&E-Netzwerk. So würde ein starker Konsolidierungsprozess die Möglichkeit der Aneignung explorativen Wissens durch Partnerschaften im F&E-Netzwerk für OEM und RRSP erschweren und so die Ambidextrie der Akteure selbst gefährden. In gleicher Weise wirken die Forderungen nach Kostenreduktionen bei den Zulieferern, die durch sinkende F&E-Budgets ihre kreative Basis und ihre Innovationsfähigkeit einbüßen könnten. Andererseits ist Kostendruck immer auch Anreiz zu innovativem Verhalten, obgleich sich diese auf Zuliefererebene eher in prozessseitigen Verbesserungsmaßnahmen ausdrücken. Zusätzlich ergibt sich hier die Gefahr, dass europäische Unternehmen durch finanziell und kapazitativ besser gestellte Konkurrenz, bspw. aus dem asiatischen Raum, verdrängt werden.[1270] In Summe erschwert die Dynamik im Produktionsnetzwerk die Ambidextrierealisierung im F&E-Netzwerk. Gleichsam wirken allerdings die *success-breeds-success*-Effekte im F&E-Netzwerk den Wachstumsanforderungen der Produktionsseite entgegen. So bietet das vorliegende F&E-Netzwerk KMU, aufgrund seiner strukturellen Ausgestaltung, wenige Möglichkeiten für den wissensseitigen Ausbau voranzutreiben. Zudem verschärfen regionale *success-breeds-success*-Effekte die Explorationsverdrängung. Die neue Konkurrenz auf OEM-Ebene eröffnet allerdings große Wachstumschancen für Zulieferer und damit einhergehend durch eine kapazitative Ausweitung die Chance, die wissensseitigen Anforderungen zu realisieren und beidhändig zu lernen.

[1270] So wurde bspw. das österreichische Unternehmen FACC, ein Spezialist für Verbundwerkstoffe in der Luftfahrtindustrie durch die chinesische Xi'an Aircraft Corporation übernommen.

5. Abschließende Betrachtung

Die vorliegende Untersuchung rückt die Ansatzpunkte der theoriebezogenen Untersuchung der Evolution von Industrien mit komplexen Produkten sowie der Realisierung von Ambidextrie und der praxisbezogenen Potentialabschätzung der Zukunftsfähigkeit der europäischen Luftfahrtindustrie in den Vordergrund. Hierzu werden einerseits das Verständnis der Evolution von Industrien mit komplexen Produkten, wie der Luftfahrtindustrie, und andererseits die differenzierte Ausgestaltung von Ambidextrieanforderungen dieser Industrien sowie deren Untersuchung auf Netzwerkebene als Ziele definiert. Zur Erreichung dieser Ziele bedient sich die vorliegende Untersuchung neben der theoretischen Deduktion auch der empirischen Analyse von Netzwerken. Dieses Teilkapitel schließt die Untersuchung mit der Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse, der Ableitung von Implikationen für Praxis, Forschung und Politik sowie einer kritischen Reflexion und der Aussicht für weitere Forschungsansätze ab.

5.1. Zusammenfassung zentraler Ergebnisse

Dieses Teilkapitel fasst die zentralen Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung unter Berücksichtigung der in Teilkapitel 1.2. erörterten Kernziele zusammen. Dabei wird entgegen der Synthesen der jeweiligen Kapitel, auf den theoretischen Rahmen eingegangen und anschließend die erarbeiteten Ergebnisse vorgestellt. Unter Bezug auf die bereits dargestellten Kernziele der vorliegenden Untersuchung lassen sich die wichtigsten Ergebnisse wie folgt zusammenfassen.

Für die Analyse der **Evolution von Industrien mit komplexen Produkten**, wie der Luftfahrtindustrie, ist die Berücksichtigung des ko-evolutorischen Einflussfaktorengeflechts aus Technologie, Technik, Produktcharakteristika, Nachfrage, Staat und Industriestruktur ausschlaggebend (Kernziel 1). Während sich die **präparadigmatische Phase** strukturell und in Bezug auf die Produktkomplexität kaum von einfachen Produkten unterscheidet, steigt über den Zeitverlauf der Komplexitätsgrad durch funktionale und technische Ausdehnung, wobei gleichzeitig der systemische Charakter durch Modularisierung und Standardisierung sichtbar wird. Dabei ist in der **paradigmatischen Phase** im Vergleich zu Einflussfaktoren von einfachen Produkten ein differenziertes Gewichtungsverhältnis zu beobachten. Dies resultiert aus der Produktcharakteristik, der sich daraus ergebenden zweigeteilten Nachfrage und der hohen staatlichen Bindung. **Staatsinduzierte Industriestrukturveränderungen** prägen somit die Evolution von Industrien mit komplexen Produkten und geben den Entwicklungsrahmen vor. Durch Substitution, Addition oder Alternation verändern sich **Subsysteme** auch unabhängig vom Produktlebenszyklus des Gesamtsystems. Es entsteht eine Situation in der die Analyse der Herstellerebene nicht ausreicht, um evolutorische Mechanismen offenzulegen. Aufgrund der **fehlenden Implikationsleistung zwischen technologischen und industriellen Lebenszyklusphasen**

sind Industrielebenszyklen als Instrument zur Analyse der Entwicklung von Industrien mit komplexen Produkten inadäquat. Dieser Zusammenhang wird durch die aufgezeigten Produktlebenszyklen aller seit 1950 eingeführten Großraumflugzeuge und des Konsolidierungsprozesses der Flugzeughersteller sichtbar. Eine Mischung aus technologischen, nachfrageseitigen, wirtschaftlichen und vor allem staatlichen Mechanismen ist entscheidend für die Entwicklung dieser Industrie.

Um diese Charakteristika zu berücksichtigen und den Faktor **Ambidextrie** zu untersuchen wird die **Industrie als Netzwerk** betrachtet (Kernziel 2). Beidhändiges Lernen wird als Kernparameter langfristigen, unternehmerischen Erfolgs auf allen Wertschöpfungsstufen der Industrie angesehen. Die Stellung der Akteure im Produktionsnetzwerk ist für die Lernanforderung dabei ebenso entscheidend wie die **Position** im F&E-Netzwerk. So wird gezeigt, dass sich OEM und RRSP permanenter Ambidextrie gegenübersehen, während für Tier-n-Akteure zyklische Ambidextrie, also die Fokussierung zu einem bestimmten Zeitpunkt auf eine der beiden Lernarten, Exploration oder Exploitation, ausreichend ist. Zudem wird die peristaltische Erweiterung entlang der Wertschöpfungskette von oben nach unten offengelegt, die ein Wechsel von **zyklischer Ambidextrie** hin zu **permanenter Ambidextrie** erfordert und so ein Spannungsfeld aus technologischen sowie kapazitativen Faktoren eröffnet.

Die interorganisationale **Realisierung dauerhafter Ambidextrie** auf den höheren Wertschöpfungsstufen wird im **F&E-Netzwerk** der europäischen Luftfahrtindustrie sichtbar (Kernziel 3). Das sehr heterogene und multitechnologisch ausgestaltete F&E-Netzwerk der europäischen Luftfahrtindustrie zeigt v. a. in den Subsystemen die technologische Dynamik deutlich auf. Die Wechselwirkungen von Innovations- und Produktionsnetzwerken werden dabei sowohl auf netzwerktopologischer als auch auf geographischer Ebene sichtbar. So nutzen OEM und RRSP die partnerschaftlichen Verbindungen zu KMU und Wissensintermediären zur Realisierung von Ambidextrie, da zwischen ihnen eine durch wiederholte Partnerschaft hervorgerufene explorative Verkrustungstendenz sichtbar ist. *Success-breeds-success*-Effekte stützen dabei die Stellung der etablierten Akteure und erfordern gleichzeitig eine große Fluktuation an peripheren Akteuren zur Aufrechterhaltung der Realisierungsmöglichkeit von explorativen Projekten des Netzwerkkerns.

Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass die **Zukunftsfähigkeit der europäischen Luftfahrtindustrie** maßgeblich von der erfolgreichen Gestaltung der Wandlungsprozesse in der Wertschöpfungskette abhängt. Die erfolgreiche Bewältigung dieser Dynamik ist durch die strukturelle Ausgestaltung der F&E- sowie Produktionsnetzwerke geprägt und erfordert Maßnahmen die eine Befähigung einer beidhändigen Lernorientierung und der kapazitativen Erweiterung der Zulieferer beinhaltet und gleichzeitig die Aufrechterhaltung der KMU-Strukturen zur Realisierung explorativer Partnerschaften einschließt. Während auf OEM-Ebene die neue

Konkurrenz aus Asien und Südamerika eher als Herausforderung betrachtet wird, bieten sich für die Zulieferer große Wachstumschancen und damit einhergehend auch die Chance zur Lösung der konfligierenden Anforderungen zwischen Produktion und Innovation sowie Exploration und Exploitation und damit zur Etablierung permanenter Ambidextrie.

5.2. Implikationen für Forschung, Praxis und Politik

Aus den in dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnissen resultieren die folgenden Implikationen für Forschung, Unternehmenspraxis und Politik.

Mit Blick auf die **Forschung** ergeben sich Implikationen hinsichtlich der einbezogenen Themenfelder. Bei der Analyse von **Industrien mit komplexen Produkten** fällt auf, dass keine klare und allgemeingültige Definition sowie Eingrenzung anhand eines produktübergreifenden Kategorisierungssets existiert. Dies ist allerdings gerade in Bezug auf die Frage übertragbarer Evolutionsmechanismen entscheidend. Somit wird zur Lösung der fehlenden Implikationsleistung zwischen technologischen und industriestrukturellen Lebenszyklusphasen die Betrachtung der **Industrie als Netzwerk** vorgeschlagen, deren Anwendung auch in bisher als nicht-komplex klassifizierten Industrien Mehrwerte liefert. Dabei sind die wechselseitigen Dynamiken zwischen Produktions- und Innovationsnetzwerk entscheidend und liefern Erkenntnisse die bisherige Untersuchungen nicht erreichten. Da organisationales Lernen in wissens- und technologieintensiven Industrien im Betrachtungsfokus steht, ist die Untersuchung von **Ambidextrie** als langfristiger Erfolgsfaktor unternehmerischen Handelns ein Ansatzpunkt zur Beantwortung der Frage nach langfristigem Erfolg. Dabei eröffnet sich ein weitreichendes Forschungsfeld aus einer Kombination technologischer, ökonomischer, struktureller und geographischer Untersuchungsmöglichkeiten, deren Verständnis tiefgreifende Einsichten in die Triebfedern, Richtungswirkungen und Dynamiken technologischer und industriestruktureller Wandlungsmechanismen liefert. Zudem besteht in der Identifikation und Etablierung einer gemeinsamen Begriffsdefinition, -ein und -abgrenzung von Exploration, Exploitation und Ambidextrie über die Forschungsstränge hinweg ein weitreichender Bedarf, der Erkenntnisse mit sich bringen wird.

Da Exploration und Exploitation der Forschung zum strategischen Management entlehnt sind, liefern die theoretischen und praktischen Ergebnisse auch für dieses Forschungsfeld Beiträge, was die hohe praktische Relevanz unterstreicht. Für die **Unternehmenspraxis** lassen sich auf den Erkenntnissen zu den anstehenden industriestrukturverändernden Dynamiken, gepaart mit den Ergebnissen zur Realisierung von Ambidextrie als langfristiger Erfolgsparameter für die jeweilige Wertschöpfungsstufe individuelle Handlungsfelder identifizieren. Für den OEM bzw. **Gesamtsystemintegrator** ist die Reorganisation der Wertschöpfungskette unter Berücksichtigung der neuen Konkurrenz und der Abarbeitung des bestehenden Auftragsvolumens, bei gleichzeitigem technologischem Neuerungsdruck zur Befriedigung der Nachfrageseite und der

Verteidigung seiner Marktanteile, das wesentliche Handlungsfeld. Die Durchsetzung der Ambidextrie wird durch eine sorgfältige Handhabung des Restrukturierungsprozesses begleitet, die den Verzicht des Auftretens als Netzwerkdesigner bei gleichzeitiger Gewährleistung der Lieferfähigkeit meint, ohne dabei eine Reintegration aufgrund selbst geschaffener Bedingungen durchführen zu müssen. Für die **Zulieferer** ergibt sich die Herausforderung permanenter Ambidextrie und deren technologischer und struktureller Realisierung. Hierdurch rückt das organisationale Lernen als zentraler Parameter ökonomischer Evolution in den Mittelpunkt und eröffnet unterschiedliche Lösungsmuster, die von Zusammenschlüssen über Übernahmen hin zu verstärkten Kooperationsbeziehungen reichen. Gerade für die sich neu formierenden **RRSP** besteht dabei die Herausforderung in der technologischen Weiterentwicklung sowie der Eröffnung extensiver technologischer Möglichkeiten bei gleichzeitiger kapazitativer Ausweitung in Bezug auf Personal, Kapital und Technologie. Gleichzeitig eröffnen sich durch das Eintreten neuer Gesamtsystemhersteller neue Kunden- und Absatzmärkte, deren Erschließung neben dem großen Potential auch Risiken beinhaltet, denen sich diese Akteursgruppe bisher nicht gegenüber sah. Dies erfordert Kompetenzen in Bezug auf formal-rechtliche Ausgestaltungen und birgt kulturelle Herausforderungen. Für **KMU** bzw. Tier-n-Zulieferer besteht die Herausforderung in der Anbindung an die RRSP, der Überprüfung ihrer technologischen Basis und der sich verändernden Kostenstruktur durch einen sich verstärkenden Preisdruck seitens neuer Konkurrenz aus Niedriglohnländern. Folglich stehen KMU vor der Aufgabe ihre explorative Ausrichtung nicht zugunsten kurzfristigen Erfolgs, sprich der exploitativen Nutzung des generierten Wissens, zu vernachlässigen. Die Realisierung zyklischer Ambidextrie ist demnach entscheidend.

Implikationen für den öffentlichen Sektor bzw. dessen **Innovationspolitik** ergeben sich im Wesentlichen zur Aufrechterhaltung der technologischen Leistungsfähigkeit der Luftfahrtindustrie sowie zur Bewahrung hochqualifizierter Arbeitsplätze in diesem Bereich, unter Berücksichtigung der multitechnologischen Möglichkeiten gegenseitiger Befruchtung angrenzender Industrien. Um dies zu gewährleisten ist die Förderung der Kooperationsbildung ein vielversprechendes Instrument, welches um technologische Fördermaßnahmen ergänzt werden sollte. Diese Fördermaßen sind vor allem auf die Kompetenz- und Kapazitätsentwicklung von KMUs sowie auf den Ausbau der Verbindungen zwischen Industrie und Wissenschaft auszurichten. Neben Fördermaßnahmen sind auch regulative und rahmenschaffende Maßnahmen adäquate Mittel. Aus der engen Verflechtung der Luftfahrtindustrie mit Staaten ergibt sich eine Sondersituation, die zudem ein Abwägen zwischen **nationalen Sicherheitsinteressen** und **industrieförderden Maßnahmen** notwendig macht und gerade in Bezug auf die aufkommende Konkurrenz der aufstrebenden Luftfahrtnationen berücksichtigt werden muss. Dabei sind die Einflusshebel und der Gestaltungsspielraum nicht auf eine supranationale oder nationale Ebene beschränkt, sondern zeigen sich vor allem auf regionaler Ebene für die Luftfahrtindustrie als bedeutend.

5.3. Kritische Reflexion und Aussicht für die weitere Forschung

Gerade aus dem breiten Untersuchungsspektrum auf technologischer, industriestruktureller und geographischer Betrachtungsebene dieser Untersuchung verbleiben inhaltliche und methodische Kritikpunkte, die Ansätze für weitere Forschung bieten.

Ein erster kritischer Ansatzpunkt ist die **Betrachtungsebene der Untersuchung**. Die Analyse fokussiert im Wesentlichen auf das Anwendungsgebiet ziviler Großraumflugzeuge und deren Dynamiken in Europa. Es muss demnach festgestellt werden, dass lediglich ein Ausschnitt einer Gesamtdynamik untersucht wird, der weiterführende Forschungsansätze in Bezug auf die Schwerpunktsetzung und Betrachtungsebene aufweist: So bietet **sich technologieorientiert** eine fokussierte Betrachtung der Einzeldynamiken in den Subsystemen an, wobei die Bedeutung und Dynamik einzelner Subsysteme, wie bspw. dem Rumpf, zu analysieren ist. Zudem rücken neue Produktionsverfahren wie additive Herstellungsverfahren immer mehr in den Fokus der Industrie und bieten die Möglichkeit einer eigenständigen Untersuchung mit der Fragestellung ob solche Verfahren die gegenläufige Dynamiken bspw. zur Globalisierung erzeugen könnten. Die **Anhebung der Untersuchungsebene** der bevorstehenden Dynamik auf das Niveau der globalen Luft- und Raumfahrtindustrie ist ein weiterer Ansatzpunkt, der regionale Unterschiede sowohl in der Historie als auch in Bezug auf die Zukunftsfähigkeit eröffnet und dem Verständnis der Evolution von Industrien mit komplexen Produkten dient. Eine Unterscheidung der Dynamiken im zivilen und militärischen Bereich der Luftfahrtindustrie bietet die Chance tiefgreifender Erkenntnisse für die intraindustrielle Erforschung der Industrie aufzubauen. Eine weitere Möglichkeit hierfür ist die aggregierte Betrachtung aller Industrien, die komplexe Produkte herstellen. Ferner ergibt sich die Möglichkeit eines **alternativen analytischen Fokus** im Rahmen der Gesamtdynamik, wie bspw. die Analyse unternehmensinterner Realisierungsmöglichkeiten von Ambidextrie auf den jeweiligen Wertschöpfungsstufen, die Untersuchung der regionalen Auswirkungen der sich verändernden industriestrukturellen Zusammensetzung in einem regionalen und globalen Kontext oder die detaillierte Betrachtung der Rolle des öffentlichen Sektors. Abschließend besteht die Möglichkeit der Erörterung eines **alternativen nationalökonomischen Untersuchungsfeldes**, die den Fokus auf aufstrebende Luftfahrtnationen aus Schwellen- und/oder Entwicklungsländer legt, wobei insbesondere die technologische und strukturelle Entwicklung der chinesischen, koreanischen, japanischen und indischen Luftfahrtindustrie interessant erscheint. Eine Annäherung an die globale Analyse bietet eine äquivalente Studie der vorliegenden Untersuchung für den zweiten Duopolisten Boeing.

Ein zweites Kritikfeld an der vorliegenden Untersuchung resultiert aus der Vernachlässigung der **Heterogenität der Akteure innerhalb der jeweiligen Wertschöpfungsstufe**, bspw. hinsichtlich unterschiedlicher Rahmenbedingungen ökonomischer und institutioneller Natur, tech-

nologischer Fähigkeiten, Ressourcenausstattung sowie deren Historie und kulturellem Hintergrund. Da allerdings davon auszugehen ist, dass diese Parameter die Bewältigung der anstehenden Dynamik beeinflussen, bietet ihre Analyse Ansatzpunkte für weitere Forschung mittels individueller Befragung oder parameterbezogener Gruppenbildung.

Ein dritter kritischer Ansatzpunkt an der vorliegenden Untersuchung eröffnet die eingeschränkte **Eignung von geförderten Verbundprojekten und den daraus resultierenden Netzwerken als Indikatoren von Ambidextrie** und damit der langfristigen Erfolgswahrscheinlichkeit der Akteure. Dabei ist vor allem die unvollständige Teilnahme der luftfahrtindustriezugehörigen Akteure, die eingeschränkte Bereitschaft zur Einbringung explorativen bzw. sensiblen Wissens und die Vernachlässigung realwirtschaftlicher Dynamiken zu nennen. Zudem ist die Methode zur Bildung der thematischen Kategorien und deren Ausprägungen in Bezug auf Produkt und Prozess sowie Exploration und Exploitation eine subjektive Annäherung. Aus diesen Argumenten ergeben sich forschungsseitige Ansatzpunkte hinsichtlich der Prüfung und Erweiterung der hier gewonnen Erkenntnisse durch den Einsatz alternativer analytischer Perspektiven und Konzepte. In diesem Zusammenhang werden folgende Ansätze als vielsprechend identifiziert. Erstens bietet sich der Einsatz qualitativer Methoden wie Befragungen in den unterschiedlichen Wertschöpfungskettenstufen zur Verifizierung der erlangten Erkenntnisse an. Dies ermöglicht eine weitreichendere Einschätzung von Verbundprojekten zur Erörterung der Zukunftsfähigkeit der europäischen Luftfahrtindustrie. Zweitens ist die Durchführung einer Patentzitationsanalyse zur Identifikation explorativer, also ohne Zitation versehene Patente und exploitativer, also zitierender Patente, ein alternatives quantitatives Konzept. Der Wert der jeweiligen Patente könnte dann durch die Messung der Anzahl der Zitation des jeweiligen Patents einen genaueren Einblick über die Tragweiten von Neuerungen liefern. Drittens ist die Untersuchung der M&A-Aktivitäten der Akteure eine Herangehensweise um den Fortschritt der Restrukturierungsmaßnahmen in der Luftfahrtindustrie zu analysieren und den wissensseitigen Veränderungsprozess genauer zu erörtern. Darüber hinaus bestehen ergänzende Fragestellungen. So ist eine Ausweitung der Analyse von Exploration und Exploitation in den Verbundprojektnetzwerken durch die zeitliche Untersuchung wiederholter Partnerschaften denkbar. Also die Untersuchung, ob Partnerschaften zuerst explorativ ausgerichtet sind und in einer sich wiederholenden Partnerschaft die Thematik exploitativ verfeinern. Zudem sind die Erforschung der interorganisationalen Unsicherheitsakzeptanz von Explorationsprojekten und die Dimensionen des Einbringens unternehmenskritischen Wissens in Projekte weitere Ansätze. An diesen Gedankengang anschließend bietet sich eine Erörterung der Dimensionen von intraorganisational durchgeführten explorativen und exploitativen Projekten an.

Aus innovationsökonomischer und innovationspolitischer Sicht wäre es zudem von Interesse zu erforschen, ob die **Erfolgsaussichten** der Unternehmen, die an geförderten Verbundprojekten teilnehmen, ihre vorherige bzw. die ihrer nicht-teilnehmenden Industrieakteure in der Folge

übersteigt und durch den sich einstellenden Vernetzungsgrad die Chancen industriestruktureller Konsolidierungstendenzen positiver zu bewältigen sind. Hierzu eignet sich eine detaillierte Analyse der M&A-Aktivitäten gekoppelt mit den Erkenntnissen aus den Verbundnetzwerken. Ansatzpunkte für weitere Forschung ergeben sich letztlich auch aus der in dieser Untersuchung entwickelten Erkenntnis der **fehlenden direkten Implikationsleistung zwischen technologischer und industrieller Zyklusphasen**. Neben der hier fokussierten Analysemethode der Netzwerke sind zur weiteren Validierung des Modells tiefergehende empirische Untersuchungen sowohl in Bezug auf die technologische, als auch auf die strukturelle Ausgestaltung von Netzwerken unter der Berücksichtigung explorativer und exploitativer Phasen erforderlich. Darüber hinaus erscheint die tiefergehende Analyse der Ausprägung der Netzwerkmetriken – insbesondere in Bezug auf die unterschiedlichen Phasen der Teilnetzwerke – in der Industrieevolution vielversprechend.

Quellenverzeichnis

Abernathy, W. J. und Utterback, J.M. (1978): Patterns of Industrial Innovation. In: Technology Review 80(7), S. 40-47

Abernathy, W.J. und Clark, K.B. (1985): Innovation – Mapping the winds of creative destruction, in: Research Policy 14(1), S. 3-22

Abraham, R. (1982): Der Weltluftverkehr am Ausgang des 20. Jahrhunderts – Chancen und Zwänge. In: Luft- und Raumfahrt, S. 67 ff.

Adler, P.S., Goldoftas, B. und Levine, D.I. (1999): Flexibility versus efficiency? A case study of model changeovers in the Toyota production system. In: Organization Science 10(1), S. 43-68

Adner, R. und Levinthal D. 2008. Doing versus seeing: acts of exploitation and observations of exploration. In: Strategic Entrepreneurship Journal 2(1), S. 43–52

AeroSpace and Defence Industries Association of Europe (ASD) (2007): ASD focus.

Afuah, A. (1998): Innovation Management. Strategies, Implementation, and Profits, Oxford University Press

Afuah, A. und Utterback, J. (1997): Responding to Structural Industry Changes: A Technological Evolution Perspective. In: Industrial and Corporate Change 6(1), S. 183-202

Afuah, A.N. und Bahram, N. (1995): The Hypercube of Innovation. In: Research Policy 21(1), S. 51-76

Agarwal, R. und Gort, M. (2002): Products and firm life cycles and firm survival. In: American Economic Review 92(2), S. 184-190

Ahuja, G. (2000): The duality of collaboration: Inducements and opportunities in the formation of interfirm linkages. In: Strategic Management Journal 21(3), S. 317-343

Ahuja, G. und Lampert, C. (2001): Entrepreneurship in the large corporation: A longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions. In: Strategic Management Journal 22(6), S. 521-543

Airbus (2012): Company and Strategy Presentation. Zugriff: 13.12.2013: www.airbus.com

Albach, H. (1994): Technische Entwicklung und Wettbewerb. In: WZB, Discussion Papers FS IV 94-12

Albert, R. und Barabási, A.-L. (2002): Statistical mechanics of complex networks. In: Reviews of Modern Physics 74(1), S. 47-97

Alchian, A. (1950): Uncertainty, Evolution and Economic Theory. In: Journal of Political Economy 58, S. 211-221

Aldrich, H.E. (1999): Organizations evolving. Sage Publications. London.

Alfonso-Gil, J. (Ed.) et al. (2007): European Aeronautics. The Southwestern Axis, Berlin

Almendral, J.A., Oliveira, J., López, L., Mendes, J. und Sanjuán, M.A. (2007): The network of scientific collaborations within the European framework programme. In: Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 384(2), S. 675-683

Ambriz, A.M. (2010): Produktinnovationen durch Kompetenzclusterbildung in kompetenzzellenbasierten Netzen. Chemnitz

Amelingmeyer, J. (2002): Gestaltung der Wissensbasis von Unternehmen. In Wissensmanagement. Deutscher Universitätsverlag. S. 117-184

Angelucci, E. (Ed.) (1981): World Encyclopedia of Military Aircraft. Janes Publishing Company, London

Ansoff, H. I. (1984): Implanting Strategic Management. Englewood Cliffs u. a.: Prentice/Hall

Antill, P. D., Moore, D. M. und Neal, D. (2001): Supply chain management in SMEs within the defence/aerospace Industry - a case of simplification or increased complexity? In: International Journal of Aerospace Management 1(1), S. 35–45

Argyris, C. und Schön, D. (1978): Organizational learning. A theory of action perspective. Reading / Mass.

Arrow, K. (1962b): Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In: The Rate and Direction of Inventive Activity - Economic and Social Factors, National Bureau of Economic Research, Cambridge, S. 609-626

Arrow, K. J. (1962a): The economic implications of learning by doing. In: The review of economic studies, S. 155-173.

Arthur, B.W. (1989): Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events. In: The Economic Journal 99(394), S. 116-131

Audretsch, D. (1987): An empirical test of the industry life cycle. In: Weltwirtschaftliches Archiv 123(2), S. 297–307

Audretsch, D. und Feldman, M.P. (1996): R&D spillovers and the geography of innovation and production. In: American Economic Review 86(3), S. 630-640

Auh, S. und Menguc, B. (2005): Balancing exploration and exploitation: the moderating role of competitive intensity. In: Journal of Business Research 58, S. 1652-1661

Ayres, R. (1988): Barriers and breakthroughs: an expanding frontiers model of the technology-industry life cycle. In: Technovation 7, S. 87-115

Backhaus, K. und Voeth, M. (2007): Industriegütermarketing. 8. Aufl. München.

Baden-Fuller, C. und Volberda, H.W. (1997): Strategic renewal: How large complex organizations prepare for the future. In: International Studies in Management & Organization 27, S. 95-120

Baker, M. J. (1985): Marketing Strategy and Management. Houndsmills.

Baldwin, C.Y. und Clark, K.B. (1997): Managing in an age of modularity. In: Harvard Business Review 149, S. 84-93

Baldwin, R.E. and P. Krugman (1988): Industrial Policy and International Competition in Wide-bodied Jet Aircraft. In: Baldwin, R. E. (ed.): Trade Policy and Empirical Analysis. University of Chicago Press for the NBER. S. 45-71

Baldwin, Y.C. und Clark, K.B. (2006): Architectural Innovation and Dynamic Competition: The Smaller Footprint Strategy. Harvard Business School. Boston, M.A.

Barabási, A.-L. (2002): Linked. The New Science of Networks, Cambridge (Perseus)

Barabási, A.-L. (2005): Taming complexity. In: Nature Physics 1(2), S. 68-70

Barabási, A.-L. (2007): The architecture of complexity. In: IEEE Control Systems Magazine 27(4), S. 33-42

Barabási, A.-L. und Albert, R. (1999): Emergence of scaling in random networks. In: Science 286 (5439), S. 509-512

Barabási, A.-L. und Albert, R. (2002): Statistical mechanics of complex networks. In: Reviews of modern physics 74(1), S. 47-97

Barabási, A.-L. und Bonabeau, E. (2003): Scale-Free Networks. In: Scientific American 288(5), S. 50-59

Barney, J. (1991): Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. In: Journal of Management 17(1), S. 99

Bathelt, H., Malmberg, A. und Maskell, P. (2004): Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation, Progress in Human Geography 28(1), S. 31-56

Baum, J.A.C., Li, S.X. und Usher, J.M. (2000): Making the next move: How experiential and vicarious learning shape the locations of chains' acquisitions, Administrative Science Quarterly 45(4), S. 766-801

Baum, J.A.C., Shipilov, A.V. und Rowley, T.J. (2003): Where do small worlds come from? In: Industrial and Corporate Change 12(4), S. 697-725

Baur, W. (1967): Neue Wege der betrieblichen Planung. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg

BDL – Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (Hrsg.) (2013): Report 2013 – Luftfahrt und Wirtschaft. Berlin

Beaudry, C. (2001): Entry, Growth and Patenting in Industrial Clusters: A Study of the Aerospace Industry in the UK, International Journal of the Economics of Business 8(3), S. 405-436

Beck, T. (1998): Kostenorientierte Netzwerkkooperation. Wiesbaden.

Beckenbach, F., Briegel, R. und Daskalakis, M. (2009): Evolution and Dynamics of Networks in Regional Innovation Systems (RIS). In: Pyka, A. und Scharnhorst, A. (Hrsg.): Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, S. 59-100

Becker, K. (2004): Innovation in der Biotechnologie – eine Betrachtung zyklischer Entwicklungen mit der Theorie der langen Wellen. Universität Flensburg, Internationales Institut für Management

Beckman, C.M., Haunschild, P.R. und Phillips, D.J. (2004): Friends or strangers? Firm specific uncertainty, market uncertainty, and network partner selection. In: Organization Science 15(3), S. 259-275

Begemann, A. (2008): Die Rolle von Patenten in der zivilen Luftfahrtindustrie aus historischer und rechtsvergleichender Sicht. Herbert Utz Verlag.

Bell, G. (2005): Clusters, networks, and firm innovativeness. In: Strategic Management Journal 26(3), S. 287-295

Bengtsson, M. und Kock, S. (2000): Coopetition in Business Networks – to Cooperate and Compete Simultaneously. In: Industrial Marketing Management 29, S. 411–426

Benner, M.J. und Tushman, M.L. (2003): Exploitation, Exploration, and Process Management. The Productivity Dilemma Revisited. In: Academy of Management Review 28, S. 238-256

Benz, A. et al. (Hg.) (2007): Handbuch Governance. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder. Wiesbaden: VS Verlag.

Bercovitz, J., und Feldman, M. P. (2007): Fishing upstream: Firm innovation strategy and university research alliances. In: Research Policy 36, S. 930-948

Bergek, A., Tell, F., Berggren, C. und Watson, J. (2008): Technological capabilities and late shakeouts: Industrial dynamics in the advanced gas turbine industry, 1987-2002. In: Industrial and Corporate Change 17, S. 335-392

Berrittella, M., La Franca, L., Mandina, V., und Zito, P. (2007): Modelling strategic alliances in the wide-body long-range aircraft market. In: Journal of Air Transport Management 13(3), S. 139-148

Beyer, J. (2005): Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit! Wider den impliziten Konservativismus eines gängigen Konzepts. In: Zeitschrift für Soziologie 34(1), S. 5-21

Beyer, J. und Wielgohs, J. (2001): On the limits of path dependency approaches for explaining post socialist institution building. In: East European Politics and Societies 15, S.356-388

Bijker, W., Hughes, T. und Pinch, T. (1989): The Social Construction of Technology Systems. Cambridge, MA: MIT Press.

Bilgeri, A. (2001): Das Phänomen Lobbyismus. Eine Betrachtung vor dem Hintergrund einer erweiterten Strategie-Struktur-Diskussion, Lindau (PRO-motion)

Birkinshaw, J. und Gibson, C.B. (2004): Building Ambidexterity into an Organization. In: Sloan Management Review 25, S. 47-55

Bischof, P. (1976): Produktlebenszyklen im Investitionsgüterbereich, Produktplanung unter Berücksichtigung von Widerständen bei der Markteinführung. Göttingen. Vandenhoeck u. Ruprecht (Innovative Unternehmensführung, Bd. 2).

Blöcker A., Jürgens U. und Meißner H.-R. (2009): Innovationsnetzwerke und Clusterpolitik in europäischen Automobilregionen - Impulse für Beschäftigung. Münster

Bode, A. und Alig, S. (2011): Strategies for Innovation Networks. In: Department of Business Administration, Economics and Law, Institute for Business Studies, Nr. 54933. Darmstadt Technical University. Darmstadt

Boehm, B. W. (1988): A spiral model of software development and enhancement. In: Computer 21(5), S. 61-72

Bohne, F. (1998): Komplexitätskostenmanagement in der Automobilindustrie. Augsburg: Universität Augsburg.

Boisot, M. (1998): Knowledge Assets: Securing Competitive Advantage in the Information Economy, New York

Bonaccorsi, A. und Giuri, P. (2000): When shakeout doesn't occur - the evolution of the turboprop engine industry. In: Research Policy 29, S. 847-870

Borchert, J. E., Goos, P. und Hagenhoff, S. (2004): Innovationsnetzwerke als Quelle von Wettbewerbsvorteilen. Arbeitsbericht 11/2004 des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen

Borgatti, S. P. (2005): Centrality and network flow. In: Social Networks 27(1), S. 55–71

Borgatti, S.P. und Foster, P.C. (2003): The network paradigm in organizational research: A review and typology. In: Journal of Management 29, S. 991-1013

Börner, K., Sanyal, S. und Vespignani, A. (2007): Network science. In: Cronin, B. (ed.), Annual Review of Information Science and Technology. Information Today, Inc. American Society for Information Science and Technology 41, Medford, NJ, S. 537-607

Borrus, M. und Zysman, J. (1997): Globalization with Borders - the Rise of Wintelim as the Future of Global Competition. In: Industry and Innovation 4(2), S. 141-167

Boschma, R. (2005): Proximity and innovation: A critical assessment. In: Regional Studies 39(1), S. 61-74

Boschma, R. und Lambooy, J. (2002): Knowledge, Market Structure, and Economic Coordination - Dynamics of Industrial Districts. In: Growth and Change 33, S. 291-311

Boschma, R.A. und ter Wal, A.L.J. (2007): Knowledge networks and innovative performance in an industrial district: The case of a footwear district in the South of Italy. In: Industry & Innovation 14(2), S. 177-199

Brass, D.J., Galaskiewicz, J., Greve, H.R. und Tsai, W. (2004): Taking stock of networks and organizations - A multilevel perspective. In: The Academy of Management Journal 47 (6), S. 795-817

Bräutigam, K. R., & Gerybadze, A. (Eds.). (2011). Wissens-und Technologietransfer als Innovationstreiber: mit Beispielen aus der Materialforschung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

Breschi, S. und Cusmano, L. (2004): Unveiling the texture of a European Research Area - Emergence of oligarchic networks under EU Framework Programmes. In: International Journal of Technology Management 27(8), S. 747-772

Breschi, S. und Lissoni, F. (2004): Knowledge Networks from Patent Data - Methodological Issues and Research Targets. DRUID summer conference 2004. Helsingor, Dänemark.

Broekel, T. und Boschma, R. A. (2010): Aviation, space or aerospace? Exploring the knowledge networks of two industries in the Netherlands. In: Working Papers on Innovation and Space, 2010-05

Brown, S.L. und Eisenhardt, K.M. (1997): The art of continuous change - Linking complexity theory and time-paced evolution in relentlessly shifting organizations. In: Administrative Science Quarterly 42(1), S. 1-34

Buchanan, M. (2003): Nexus: Small worlds and the groundbreaking theory of networks, New York: WW Norton.

Bucher, J. (2015): Airbus - creating better ways to fly. Präsentation auf der Tagung Luft- und Raumfahrt meets Leichtbau am 24.03.2015 im Haus der Wirtschaft, Stuttgart.

Buchholz, M. (2012): Theorie der Variantenvielfalt – Ein produktions- und absatzwirtschaftliches Erklärungs-modell. Gabler Verlag - Springer Fachmedien, Wiesbaden.

Buchmann, T. (2014): The Evolution of Innovation Networks: An Automotive Case Study. Dissertation. Zugriff am 05.06.2015: http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2015/1073/pdf/DissBuchmann.pdf

Buchmann, T. und Pyka, A. (2012). Netzwerkindikatoren zur Bewertung der innovativen Leistungsfähigkeit, Zeitschrift für Controlling und Innovationsmanagement 56 (S1), S. 22-28

Buenstorf, G. und Klepper, S. (2009): Heritage and agglomeration. The Akron tyre cluster revisited. In: The Economic Journal 119, S. 705–733

Burgelmann, R.A. (2002): Strategy as vector and the inertia of coevolutionary lock-in. In: Administrative Science Quarterly 47(2), S. 325-357

Burns, T. und Stalker, G.M. (1966): The Management of Innovation. 2. Auflage. Tavistock Publications: London.

Burr, W., Stephan, M. und Werkmeister, C. (2011): Unternehmensführung. 2. Auflage, München

Burt, R.S. (1992a): The Social Structure of Competition. In: Nohria, N. und Eccles, R.G. (Hrsg.): Networks and organizations structure, form, and action. Boston (Harvard Business School Press), S. 57-91

Burt, R.S. (1992b): Structural holes - The social structure of competition. Harvard University Press. Cambridge, London

Burt, R.S. (2000): The network structure of social capital. In: Research in Organizational Behavior 22, S. 345–423

Burt, R.S. (2004): Structural Holes and Good Ideas, American Journal of Sociology 110(2), S. 349-399

C. Karlsson und Nyström, K. (2003): Exit and Entry over the Product Life Cycle: Evidence from the Swedish Manufacturing Industry. In: Small Business Economics 21, S. 135–144

Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O. und Garrett, B. (2011): Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential and Implications of Additive Manufacturing, Strategic Foresight Report, Atlantic Council

Cantner, U. und Pyka, A. (1998): Absorbing technological spillovers: simulations in an evolutionary framework. In: Industrial and Corporate Change 7(2), S. 369-397

Cantner, U. und Pyka, A. (2001): Classifying technology policy from an evolutionary perspective. In: Research Policy 30(5), 759-775

Carayannis, E. und Alexander, J. (2001): Virtual, Wireless Mannah. A Co-opetitive Analysis of the Broadband Satellite Industry, In: Technovation 21(12), S. 759–766

Carlsson , B. und Eliasson, G. (1994): The Nature and Importance of Economic Competence, In: Industrial and Corporate Change 3, S. 687-711

Caspary, S. und Nishiguchi, T. (2001): Co-opetition in the Japanese Aircraft Industry. In: Nonaka, I. und Nishiguchi, T. (Hrsg.): Knowledge Emergence. Social, Technical, and Evolutionary Dimensions of Knowledge Creation, Oxford University Press, Oxford, S. 223–247

Caspers, R., Bickhoff, N. und Bieger, T. (2004): Interorganisatorische Wissensnetzwerke. Mit Kooperationen zum Erfolg. Berlin: Springer

Casti, J. L. (1994): Complexification: Explaining a paradoxical world through the science of surprise. New York: Harper Collins.

Cathomen, I. (1996): Der Lebenszyklus von Interorganisationssystemen. Bergisch Gladbach/Köln 1996

Chandler, A. (1990): Scale and Scope. The Dynamics of Industrial Capitalism. Cambridge.

Chen, E. und R. Katila (2008): Rival interpretations of balancing exploration and exploitation: Simultaneous or sequential? In: Shane, S. (Ed.), Blackwell Handbook on Technology and Innovation Management. Chichester, UK: Wiley, S. 197–214

Chesbrough, H.W. (2003): The Era of Open Innovation. In: MIT Sloan Management Review, 44(3), S. 35-41

Chesnais, F. (1996): Technological agreements, networks and selected issues in economic theory. In: Coombs, R., Richards, A., Saviotti, P. P. und Walsh, V. (Hrsg.): Technological Collaboration – The Dynamics of Cooperation in Industrial Innovation, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, S. 18-33

Christensen, C.M. (1997): The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. Harvard Business Review Press

Christensen, C.M. und Bower, J.L. (1996): Customer Power, Strategic Investment, and the Failure of Leading Firms. In: Strategic Management Journal 17(3), S. 197-218

Clark, K.B. (1985): The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution. Research Policy 14(5), S. 235–251

Clark, P. und Staunton, N. (1989): Innovation in Technology and Organizsation. New York, Routledge

Cohen, W. M. und Levinthal, D. A. (1989): Innovation and learning: the two faces of R & D. In: The Economic Journal, 99(397), S. 569-596

Cohen, W.M. und Levinthal, D.A. (1990): Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. In: Administrative Science Quarterly 35(1), S. 128-152

Coleman, J.S. (1988): Social Capital in the Creation of Human Capital. In: American Journal of Sociology 94, Supplement: Organizations and Institutions: Sociological and Economic Approaches to the Analysis of Social Structure, S. 95-120

Coleman, J.S. (1990): Foundations of social theory. Cambridge, London (Belknap Press of Harvard University Press).

Collinson, S. and Wilson, D. (2006): Inertia in Japanese Organizations: Knowledge Management Routines and Failure to Innovate. In: Organization Studies 27(9), S. 1359-1388

Colombo, M. G., Grilli, L. und Piva, E. (2006): In search of complementary assets: The determinants of alliance formation of high-tech start-ups. In: Research Policy 35(8), S. 1166-1199

Constant, E.W. (1980): The Origin of Turbojet Revolution. John Hopkins Univ. Press, Baltimore.

Cooke, P. (1992): Regional Innovation Systems: Competitive Regulation. In: the New. Geoforum 23(2), S. 365-382

Cooke, Ph. und Ehret, O. (2009): Proximity and Procurement: A Study of Agglomeration in the Welsh Aerospace Industry. In: European Planning Studies 17(4), S. 549-567

Coombs, R. (1988): Technological opportunities and industrial organisations. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. und Soete, L. (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory, London, New York, Pinter Publishers, S. 295-308

Coombs, R., Green, K., Richards, A. und Walsh, V. (Eds.) (2001): Technology and the Market: Demand, Users and Innovation. Edward Elgar. Cheltenham, UK

Coombs, R., Richards, A., Saviotti, P.P. und Walsh, V. (1996): Introduction: technological collaboration and networks of alliances in the innovation process. In: Coombs, R., Richards, A., Saviotti, P. P. und Walsh, V. (Hrsg.): Technological Collaboration – The Dynamics of Cooperation in Industrial Innovation, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, Brookfield, S. 1-17

Cooper, R. G. (1990): Stage-gate systems: a new tool for managing new products. Business horizons 33(3), S. 44-54

Corallo, A., und Lazoi, M. (2010): Value network collaborations for innovations in an aerospace company. In: Proceedings of 16th International Conference on Concurrent Enterprise Collaborative Environments for Sustainable Innovation, Lugano

CORDIS (1998): Fifth Framework Programme (1998-2002). Available from: http://cordis.europa.eu/fp5/about.htm

Corsten, H., Gössinger, R. und Schneider, H. (2006): Grundlagen des Innovationsmanagements. Vahlen. München.

Crouch, C. und Farrell, H. (2001): Great Britian: Falling Through the Holes in the Network Concept. In: Crouch, C., Le Galés, P., Trogilia, C. und Voelzkow, H. (Eds.): Local Production Systems in Europe:Rise or Demise? Oxford: Oxford University Press. S. 161-211

Crozier, M. und Thoenig, J.-C. (1976): The Regulation of Complex Organized Systems. In: Administrative Science Quarterly 21(4), S. 547-570

Cyert, R.M. und March, J.G. (1963): A behavioural theory of the firm. Englewood Cliffs, NJ, S. 60-77

Dachs, B., Diwisch, S., Kubeczko, K., Leitner, K.H., Schartinger, D., Weber, M., Gassler, H., Polt, W., Schibany, A. and Streicher, G. (2003): Zukunftspotentiale der Österreichischen Forschung [Future Potentials of Austrian Research], Study on behalf Austrian Council for Research and Technology Development, Vienna.

Dachs, B., Ebersberger, B. und Pyka, A. (2004): Why do firms co-operate for innovation? A comparison of Austrian and Finnish CIS 3 results. In: Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe des Instituts für Volkswirtschaftslehre der Universität Augsburg, No. 255

Datta, A. (2011): Combining networks, ambidexterity and absorptive capacity to explain commercialization of innovations: a theoretical model from review. In: Journal of Management & Strategy 2(4), S. 2-24

Davenport, T. H. und Prusak, L. (1998): Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know. Boston, MA.

David, P. A. (1985): Clio and the Economics of QWERTY. In: American Economic Review 75(2), S. 332-337

David, P.A. (1971): The landscape and the machine: technical interrelatedness, land tenure and the mechanization of the corn harvest in Victorian Britain. In: Donald McCorsky (Hrsg.): Essays on a mature economy. London: Methuen, S. 145-205

Davies A. und Brady T. (1998): Policies for a complex product system. In: Futures 30(4), S. 293-304

Davies, A. (1997): The Life Cycle of a Complex Product System. In: International Journal of Innovation Management 1(3), S. 229-256

Davies, A. (2006): Integrated Solutions. In: Prencipe, A., Davies, A. und Hobday, M. (Hrsg.): The Business of Systems Integration, Oxford University Press, S. 333-368

Davies, A. und Hobday, M. (2005): The Business of Projects – Managing Innovation in Complex Products and Systems. Cambridge, Cambridge University Press.

Day, G.S. (1981): The Product Life Cycle: Analysis and Application Issues. In: Journal of Management 45(4), S. 60-67

De la Mothe, J. (2002) : Policy networks in adaptive innovation systems. In: De la Mothe, J. R. und Link, A. N. (Hrsg.) : Networks, alliances and partnerships in the innovation process. Economics of Science, Technology and Innovation, Vol. 28, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, S. 251-262

Deans, G.K., Kroeger, F. und Zeisel, S. (2003): Der Weg zum Weltkonzern. In: Harvard Business Manager März 2003, S. 10-11

DeBresson, C. und Amese, F. (1991): Networks of innovators. A review and introduction to the issue. In: Research Policy 20(5), S. 363-379

Denieul, Y., Bordeneuve, J., Alazard, D., Toussaint, C., und Taquin, G. (2015): Integrated Design and Control of a Flying Wing Using Nonsmooth Optimization Techniques. In: Advances in Aerospace Guidance, Navigation and Control Springer International Publishing, S. 475-489

Deroian, F. (2002): Formation of social networks and diffusion of innovations. In: Research policy 31 (5), S. 835-846

Dewar, R. D. und Dutton, J. E. (1986): The Adoption of Radical and Incremental Innovations: An Empirical Analysis. In: Management Science 32(11), S. 1422-1433

Dierickx, I. und Cool, K. (1989): Asset Stock Accumulation and Sustainability of Competitive Advantage. In: Management Science 35(12), S. 1504-1511

Diez, W. (1990): Modellzyklen als produktpolitisches Entscheidungsproblem. In: ZfbF 43(3), S. 263-275

DiMaggio, P.J. und Powell, W.W. (1983): The iron cage revisited – Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. American Sociological Review 48(2), S. 147-160

Dodge, M. und Kitchin, R. (2001): Atlas of Cyberspace. Addison-Wesley, Harlow.

Dodgson, M. (1993): Technological collaboration in industry - Strategy, policy and internationalization in innovation. Routledge, London

Dodgson, M. (1994): Technological Collaboration and Innovation. In: Dodgson, M. und Rothwell, R. (Hrsg.): The Handbook of Industrial Innovation, Aldershot, Edward Elgar, S. 285-292

Dolata, U. (2007): Technik und sektoraler Wandel – Technologische Eingriffstiefe, sektorale Adaptionsfähigkeit und soziotechnische Transformationsmuster. In: MPIfG Discussion Paper 07/3, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln

Dolata, U. (2008): Soziotechnischer Wandel, Nachhaltigkeit und politische Gestaltungsfähigkeit. In: Lange, H. (Hrsg.): Nachhaltigkeit als radikaler Wandel. Die Quadratur des Kreises? Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 261-286

Döring, T. (2014): Fliegen mit gutem Gewissen. In: Handelsblatt (2014) vom 20.05.2014, Zugriff am 23.07.2015: http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/elektro-flugzeuge-fliegen-mit-gutem-gewissen/9920106.html

Dosi, G. (1982): Technological paradigms and technological trajectories – a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. In: Research Policy 11(3), S. 147–162

Dosi, G. (1988): Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. In: Journal of Economic Literature 26, S.1120-1171

Dosi, G. (1988): The Nature of the Inventive Process. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. und Soete, L. (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory, London, New York, Pinter Publishers, S. 221-238

Dosi, G. und Egidi M. (1991): Substantive and procedural uncertainty - An exploration of economic behaviours in changing environments. In: Journal of evolutionary economics 1, S. 145-168

Dosi, G. und Nelson, R.R. (1994): An introduction to evolutionary theories in economies. In: Evolutionary Economics 4(3), S. 153-172

Dosi, G. und Nelson, R.R. (2009): Technical Change and Industrial Dynamics as Evolutionary Processes. In: Diskussionspapier des Laboratory of Economics and Management der Sant'Anna School of Advanced Studies, No. 2009/07

Dougherty, D. (1992): Interpretive barriers to successful product innovation in large firms. In: Organization Science 3(2), S. 179-202

Doz, Y. (1988): Technology partnership between larger and smaller firms: some critical issues. In: Contractor, F. and Lorange, P. (Ed.): Cooperative strategies in International Business, Lexington Books, Lexington, Massachusetts

Doz, Y., Olk, P.M. und Ring, P.S. (2000): Formation processes of R&D consortia: Which path to take? Where does lead? In: Strategic Management Journal 21(special issue), S. 239-266

Doz, Y.L. (1996): The evolution of cooperation in strategic alliances: Initial conditions or learning processes? In: Strategic Management Journal 17(S1), S. 55-83

Duncan, R.B. (1976): The ambidextrous organization: desiring dual structures for innovation. In: Killman, R.H. (Hrsg.): The Management of Organization, North Holland: New York, S. 167-188

Duncker, C. (2000): Verlust der Werte? Wertewandel zwischen Meinungen und Tatsachen. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag

Duschek, S. (2002): Innovation in Netzwerken. Renten – Relationen – Regeln. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden.

Duschek, S. (2004): Inter-firm resources and sustained competitive advantage. In: Management Revue 18(1), S. 53-73

Duysters, G., Hagedoorn, J. und Lemmens, C. (2003): The Effect of Alliance Block Membership on Innovative Performance. In: Revue d'Economie Industrielle. 2nd and 3rd trimester 103, S. 59-70

Dwyer, F.R., Schurr, P.H., Oh, S. (1987): Developing buyer-seller relationships. In: Journal of Marketing 51, S. 11-27

Dyer, J. H. und Singh, H. (1998): The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. In: Academy of management review, 23(4), S. 660-679

Dyer, J.H. (1996): Specialized supplier networks as a source of competitive advantage: Evidence from the auto industry. In: Strategic Management Journal, 17(4), S. 271-291

Dyer, J.H. und Hatch, N.W. (2006): Relations-specific capabilities and barriers to knowledge transfers: Creating advantage through network relationships. In: Strategic Management Journal 27(8), S. 701-719

Dyer, J.H. und Nobeoka, K. (2000): Creating and managing a high-performance knowledge-sharing network: the Toyota case. In: Strategic Management Journal, 21(3), S. 345-367

Earle, A.G. (2013): Explore with Strangers, Exploit with Friends: Organizational Ambidexterity and Networks in Successful Technology Commercialization. Dissertation. Zugriff am 22.12.2014: https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/handle/1794/13413

Easingwood, Ch. J. (1988): Product lifecycle patterns for new industrial products. In: R&D Management 18(2), S. 23-32

Eberl, M. (2009): Die Dynamisierung organisationaler Kompetenzen. Eine kritische Rekonstruktion und Analyse der Dynamic Capability-Debatte. Hamburg: Dr. Kovac

ECORYS, CES ifo GmbH, Idea Consult, Bauhaus Luftfahrt and Decision Etudes Conseil (2009): FWC Sector Competitiveness Studies: Competitiveness of the EU Aerospace Industry with a focus on: Aeronautic Industry, Final report for the European Commission, Directorate-General Enterprise & Industry

Edquist, C. (1997) (Hrsg.): Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations. Pinter Publishers, London

Eisenhardt, K. M. und Martin, J. A. (2000): Dynamic Capabilities: What Are They? In: Strategic Management Journal 21(10/11), S. 1105-1121

Eldredge, N. und Gould, S.J. (1972): Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. In: Schopf, T.J.M. (Hrsg.): Models in Paleobiology, Freeman, Cooper. San Francisco, S. 82-115

Eliasson, G. (1990): The firm as a competent team, in: Journal of Economic Behavior & Organization 13(3), S. 275-298

Erdős, P. and Rényi, A. (1960): On the evolution of random graphs, Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences 5, S. 17-61

Ergas, Henry (1987): The Importance of Technology Policy. In: Dasgupta, P. und Stoneman, P. (Eds.): Economic Policy and Technological Performance. Cambridge University Press, Cambridge

Eriksson, S. (2000): Technology spill-over from the aircraft industry: the case of Volvo Aero. In: Technovation 20(12), S. 653-664

Espenhorst, S. (2008): Nachwirkungen staatlich geförderter, umweltorientierter Verbundprojekte auf Unternehmen: Die Verwendung der Forschungsergebnisse und das Kooperationsverhalten. Dissertation Heidelberg. Zugriff am 03.02.2014: http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/8940/1/Dissertation_Espenhorst.pdf

Esposito, E. und Raffa, L. (2006): Evolution of the supply chain in the aircraft industry. In: Proceedings of the Ipsera Conference.

Etter, C. (2003): Nachgründungsdynamik neugegründeter Unternehmen in Berlin im interregionalen Vergleich. Interaktionseffekte zwischen Unternehmen, unternehmerischem Umfeld, Kooperationsbeziehungen und unternehmerischem Erfolg. Freie Universität Berlin, Berlin

European Council (1998): Council decision of 22 December 1998 concerning the rules for the participation of undertakings, research centres and universities and for the dissemination of research results for the implementation of the fifth framework programme of the European Community (1998-2002).

Faems, D., van Looy, B., und Debackere, K. (2005): Interorganizational Collaboration and Innovation: Toward a Portfolio Approach. In: Journal of Product Innovation Management 22, S. 238-250

Fagerberg, J. (2005): Innovation: A Guide to Literature. In: Fagerberg, J., Mowery, D.C. und Nelson, R.R. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford University Press, S. 1-26

Fandel, G., Dyckhoff, H., und Reese, J. (1990): Industrielle Produktionsentwicklung. Springer Berlin Heidelberg

Farnel, F. J. (1994): Am richtigen Hebel. Strategie und Taktik des Lobbying. Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech

Fasse, M. (2013): Enders auf Renditejagd. In: Handelsblatt vom 26.09.2013, S. 1-5

Fasse, M. und Kersting, S. (2012): Die Flugzeughersteller fürchten um ihre Zulieferer. In: Handelsblatt vom 11.09.2012, Nr. 176, S. 23

Felin, T. und Foss, N.J. (2009): Organizational Routines and Capabilities. Historical Drift and a course-correction toward microfoundations, In: Scandinavian Journal of Management 25, S. 157-167

Ferrary, M. (2011): Specialized organizations and ambidextrous clusters in the open innovation paradigm. European Management Journal 29(3), S. 181–192

Fisch, H. und Kertels, K. (2010): Exploration and exploitation of technological knowledge in R&D cooperation – an analysis of patent citation by German manufacturing firms. In: Stephan, M. und Kerber, W. (Hrsg.) 2010: Ambidextrie: Der unternehmerische Drahtseilakt zwischen Ressourcenexploration und -exploitation, Jahrbuch Strategisches Kompetenzmanagement, Band 4, Rainer Hampp Verlag, München, S. 149-160

Fleming, L. (2001): Recombinant Uncertainty in Technological Search. In: Management Science 47(1), S. 117-132

Flight (1912): The Paris Aero Salon. Flight, 9 November, IV(45), S. 1022 – 1028

Flight (1920): New Air Screw. Flight, 6 May, XII(19), S. 487-500

Flottau, J. (2011): Dünne Luft: Airbus, Boeing und die neuen Herausforderer. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG

Floyd, S.W. und Lane, P.J. (2000): Strategizing throughout the organization: Managing role conflict in strategic renewal. In: Academy of Management Review 25(1), S. 154-177

Forrest, E. und Cao, Y. (2013): Digital Additive Manufacturing: A Paradigm Shift in the Production Process and Its Socio-economic Impacts. In: Engineering Management Research 2(2), S. 66

Forrest, J.E. (1991): Models of the Process of Technological Innovation. In: Technological Analysis & Strategic Management 3, S. 439-453

Freeman, C. (1987): Technology Policy and Economic Performance. London: Pinter.

Freeman, C. und Perez, C. (1988): Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. und Soete, L. (Hrsg.): Technical Change and Economic Theory, London, New York, Pinter Publishers, S. 38-66

Freeman, C. und Perez, C. (1988): Structural crisis of adjustment: Business cycles and investment behavior. In Dosi et al. (Hrsg.): Technical change and Economic Theory, Pinter Publishers, London

Freiling, J., Gersch, M. und Goeke, C. (2006): Eine Competence-based Theory of the Firm als marktprozesstheoretischer Ansatz: Erste disziplinäre Basisentscheidungen eines evolutorischen Forschungsprogramms. In: Schreyögg, G. und Conrad, P. (Hrsg.): Jahrbuch Managementforschung 16, Wiesbaden, S. 37-82

Freiling, J., Gersch, M. und Goeke, C. (2008): On the path towards a competence-based theory of the firm. In: Organization Studies 29, S. 1143-1164

Friehmelt, F. (2008): Besonderheiten der Luftfahrtlogistik über den gesamten Lebenszyklus eines Flugzeuges. In: Spiegel, H., Gotte, S. und Friehmelt, H. (Hrsg.): Partnership Supply Chain in der Luftfahrt, München: Reiner Hampp Verlag.

Frischtak, C. R. (1994): Learning and technical progress in the commuter aircraft industry: an analysis of Embraer's experience. In: Research Policy 23(5), S. 601-612

Fritsch, M. (1992): Unternehmens-Netzwerke im Lichte der Institutionenökonomik. In: Böttcher, E., Herder-Dornreich, Ph., Schenk, K.-E. und Schmidtchen, D. (Hrsg.): Jahrbuch für Neue Politische Ökonomie. 11. Band: Ökonomische Systeme und ihre Dynamik. Tübingen: J.C.B. Mohr, S. 89-102

Fritsch, M., Koschatzky, K., Schätzl, L. und Sternberg, R. (1998): Regionale Innovationspotentiale und innovative Netzwerke. Raumforschung und Raumordnung 56, S. 243-252

Gann, D. M. und Salter, A. J. (2000): Innovation in project-based, service enhanced firms: the construction of complex products and systems. In: Research Policy 29, S. 955–72

Geels, F.W. (2005): Technological Transitions and System Innovation – A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.

Gersch, M., Goeke, C. und Wessel, L. (2009): Interorganisationale Routinen – Entstehung, Implikationen sowie Möglichkeiten und Grenzen einer zielorientierten Gestaltung. In: Zeitschrift für Management (ZfM) 4 (Schwerpunkt: Evolutionäre Prozesse und Emergenz in und zwischen Organisationen), S. 209-234

Gerybadze, A. (1988): Raumfahrt und Verteidigung als Industriepolitik? Auswirkungen auf die amerikanische Wirtschaft und den internationalen Handel. Campus-Verlag.

Gerybadze, A. (1999): Management technologischer Kooperationen, Discussion Paper on International Management and Innovation 99-04, Universität Hohenheim, Stuttgart

Gerybadze, A. (2004): Technologie-und Innovationsmanagement. Vahlen Verlag, München

Ghemawat, P. und Ricart i Costa, J. (1993): The organizational tension between static and dynamic efficiency. In: Strategic Management Journal 14 Sonderheft, S. 59-73

Giampaolo, T. (2006): The gas turbine handbook: Principles and practices. 3rd Ed. The Fairmont Press, Inc.

Gibson, C.B. und Birkinshaw, J. (2004): The Antecedents, Consequences, and Mediating Role of Organizational Ambidexterity. In: Academy of Management Journal 47, S. 209-226

Gilbert, C.G. (2005): Unbundling the Structure of Inertia. Resource versus Routine Rigidity, Academy of Management Journal 48, S. 741-763

Gilsing, V. (2005): The dynamics of innovation and interfirm networks – Exploration, Exploitation and Co-Evolution, Edward Elgar.

Gilsing, V. A. (2003): Exploration, exploitation and co-evolution in innovation networks. No. ERIM PhD Series; EPS-2003-032-ORG. Erasmus Research Institute of Management (ERIM). Zugriff am 14.08.2014: http://repub.eur.nl/pub/1040/

Gilsing, V. und Nooteboom, B. (2006): Exploration and exploitation in innovation systems: The case of pharmaceutical biotechnology. In: Research Policy 35, S. 1-23

Gilsing, V., Nooteboom, B., Vanhaverbeke, W., Duysters, G. und Van Den Oord, A. (2008): Network embeddedness and the exploration of novel technologies: Technological distance, betweenness centrality and density. In: Research Policy 37(10), S. 1717-1731

Gilsing, V.A. und Nooteboom, B. (2005): Density and strength of ties in innovation networks, an analysis of multimedia and biotechnology. In: European Management Review 2, S. 179–197

Giuliani, E. und Bell, M. (2005): The micro-determinants of meso-level learning and innovation: evidence from a Chilean wine cluster. In: Research Policy 34, S. 47-68

Gloede, F. und Hennen, L. (2005): Technikakzeptanz als Gegenstand wissenschaftlicher und politischer Diskussion. In: Technikfolgenabschätzung, Theorie und Praxis 14(3), S. 4-12

Gnyawali, D.R. und Madhavan, R. (2001): Cooperative networks and competitive dynamics: A structural embeddedness perspective. In: Academy of Management Journal 26(3), S. 431-445

Goeke, C. (2008): Unternehmenskooperation und Branchen-transformation: eine Analyse aus coevolutorischer Perspektive, Gabler-GWV Fachverlage, Wiesbaden

Gomes-Casseres, B. (1994): Group vs. group - how alliance networks compete. In: Harvard business review 728$9, S. 62-76

Göpfert, J. (1998): Modulare Produktentwicklung zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden.

Gould, S.J. und Vrba, E.S. (1982): Exaptation - a missing term in the science of form. In: Paleobiology, 8(1), S. 4-15

Grandori, A. und Soda, G. (1995): Inter-firm Networks: Antecedents, Mechanisms and Forms. In: Organization Studies 16(2), S. 183-214

Granovetter, M. (1982): The Strength of Weak Ties. A Network Theory Revisited. In: Marsden, P.V. und Lin, N. (Eds.): Social Structure and Network Analysis. Beverly Hills: Sage, S. 105-130

Granovetter, M. (1985): Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness, in: American Journal of Sociology 91(3), S. 481-510

Granovetter, M.S. (1973): The Strength of Weak Ties. In: American Journal of Sociology 78(6), S. 1360-1380

Granovetter, M.S. (1983): The strength of weak ties: A network theory revisited. In: Sociological theory 1(1), S. 201-233

Grant J. und Neven, D. (2005): The attempted merger between General Electrics and Honeywell. A case study of transatlantic conflict. In: Journal of Competition Law and Economics 1(3), S. 595-633

Grant R. (2005): Contemporary Strategy Analysis (7th edn). Blackwell: Oxford, UK.

Greenwood, R. und Hinings, C.R. (1996): Understanding Radical Organizational Change: Bringing together the Old and the New Institutionalism. In: Academy of Management Review 21(4), S. 1022-1054

Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels: Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik, Springer, Berlin

Guffarth, D. (2015). Hartley, Keith: The political economy of aerospace industries: a key driver of growth and international competitiveness? In: Journal of Evolutionary Economics 25(2), 537-539

Guffarth, D. und Barber, M.J. (2013): The European aerospace R&D collaboration network. In: FZID discussion papers, No. 84-2013

Guffarth, D. und Barber, M.J. (2014): Network evolution, success, and regional development in the European aerospace industry. FZID-discussion papers, No.96-2014

Gulati, R. (1995): Social structure and alliance formation patterns: a longitudinal analysis. In: Administrative Science Quarterly 40(4), S. 619–652

Gulati, R. (1998): Alliances and Networks. In: Strategic Management Journal 19(4), S. 293-317

Gulati, R. (1999): Network location and learning: The influence of network resources and firm capabilities on alliance formation. In: Strategic Management Journal 20(5), S. 397-420

Gulati, R. und Gargiulo, M. (1999): Where Do Interorganizational Networks Come From? In: American Journal of Sociology 104(5), S. 1439-1493

Gulati, R. und Puranam, P. (2009): Renewal through reorganization: The value of inconsistencies between formal and informal organization. In: Organization Science 20(2), S. 422–440

Gulati, R., Nohria, N. und Zaheer, A. (2000): Strategic networks. In: Strategic Management Journal 21(3), S. 203-215

Gunawan, I. (2009): Implementation of Lean Manufacturing through Learning Curve Modelling for Labour Forecast. In: International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering 9(10), S. 35-39

Gupta, A.K., Smith, K.G. und Shalley, C.E. (2006): The Interplay between Exploration and Exploitation, Academy of Management Journal 49, S. 693-706

H&Z Unternehmensberatung AG (2013): Internationalization and Competitiveness of aerospace suppliers – a Joint Analysis of Germany and France. München.

Haberfellner, R., Fricke, E., de Weck, O. und Vössner, S. (2012): Systems Engineering. Grundlagen und Anwendung. 12. Auflage, Orell Füssli, Zürich.

Hagedoorn, J. (1993): Understanding the rationale of strategic technology partnering: Interorganizational modes of cooperation and sectoral differences. In: Strategic Management Journal 14(5), S. 371-385

Hagedoorn, J. (1995): Strategic technology partnering during the 1980s: trends, networks and corporate patterns in non-core technologies. In: Research Policy 24(2), S. 207-231

Hagedoorn, J. und Schakenraad, J. (1990a): Strategic partnering and technological co-operation. In: Dankbaar, B., Groenewegen, J. und Schenk, H. (Hrsg.): Perspectives in Industrial Organization, Kluwer Academic Publishers. Springer Netherlands, Dordrecht, S. 171-191

Hagedoorn, J. und Schakenraad, J. (1990b): Inter-firm partnerships and co-operative strategies in core technologies. In: Freeman, C. und Soete, L. (Hrsg.): New explorations in the economics of technical change. Pinter Publishers, London, S. 3-37

Hagedoorn, J. und Schakenraad, J. (1994): The effect of strategic technology alliances on company performance. In: Strategic Management Journal 15, S. 291-309

Hagrup, K. (1980): The Aerospace Industry of Western Europe. In: Book No. 1-5, Tekniska Högskolani Stockholm, Stockholm

Hakansson, H. (1989): Corporate Technological Behaviour: Cooperation and Networks. Routledge, London

Halinen, A., Salmi, A. und Havila, V. (1999): From dyadic change to changing business networks: An analytical framework. In: Journal of Management Studies 36(6), S. 779-794

Hamel, G. (1991): Competition for competence and interpartner learning within international strategic alliances. In: Strategic Management Journal 12(1), S. 83-103

Hamel, G., Doz, Y. L., Prahalad, C. K. (1989): Collaborate with your Competitors - and Win. In: Harvard Business Review 67(1), S. 133-139

Hamilton-Paterson, J. (2010): Empire of the Clouds: When Britain's Aicraft Ruled the World. Faber and Faber, London

Hannan, M.T. und Freeman, J.H. (1977): The population ecology of organizations. In: Journal of Sociology 82(5), S. 929-964

Hanneman, R.A. und Riddle, M. (2005): Introduction to social network methods. In: Riverside: University of California, Zugriff am 23.06.2015: http://www.faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/

Hanusch, H. und Pyka, A. (2006): Principles of Neo-Schumpeterian Economics. In: Cambridge Journal of Economics 31, S. 275–289

Hardstone, G. (2004): Capabilities, Structures and Strategies Re-examined. Incumbent Firms and the Emergence of Complex Product Systems (CoPS) in Mature Industries. In: Technology Analysis & Strategic Management 16(2), S. 173–196

Hargadon, A. (2002): Brokering knowledge: Linking learning and innovation. Research in Organizational Behavior 24, S. 41–85

Hartley, K. (2014): The Political Economy of Aerospace Industries: A Key Driver of Growth and International Competitiveness? Edward Elgar, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA.

Hauschildt, J. (1997): Innovationsmanagement. 2. Auflage. Vahlen Verlag, München.

Hauschildt, J. (1998): Promotoren-Antriebskräfte der Innovation. Universität Klagenfurt, Institut für Wirtschaftswissenschaften.

Hauschildt, J. und Salomo, S. (2011): Innovations-management. 5. Auflage, Franz Vahlen, München

Hayek, F. A. von (1968): Der Wettbewerb als Entdeckungsverfahren. In: Kieler Vorträge Nr. 56, Kiel

Hayek, F. A. von (1972): Die Theorie komplexer Phänomene. Mohr

Hayward, K. (1989): The British Aircraft Industry. Manchester University Press, Manchester.

He, Z.L. und Wong, P.-K. (2004): Exploration vs. Exploitation. An Empirical Test of the Ambidexterity Hypothesis. In: Organization Science 15, S. 481-494

Heidenreich, M. (2011): Regionale Netzwerke. In: Weyer, J. (Hrsg.): Soziale Netzwerke: Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung, 2.Aufl., Oldenburg Verlag, München, S. 167-188

Heidling, E. (2011): Strategische Netzwerke. Kooperation und Interaktion in asymmetrisch strukturierten Unternehmensnetzwerken. In: Weyer, J. Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung. 2. Auflage, Oldenburg Verlag, S. 135 - 165

Heiner, R.A. (1983): The Origin of Predictable Behavior. In: American Economic Review 73, S. 560-595

Helmstädter, E. (2011): Das gesellschaftliche Wissen als Reichtumsquelle – seine Bedeutungsschwankungen von Adam Smith bis heute. In: Hagemann, H. (Hrsg.): Studien zur Entwicklung der ökonomischen Theorie XXVI, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Band 115/XXVI, Duncker & Humblot, Berlin, S. 17-35

Helpman, E. (Hrsg.): General Purpose Technologies and Economic Growth. Cambridge, London, MIT Press

Henderson, R. M. und Clark, K. B. (1990): Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. In: Administrative Science Quarterly 35(1), Special Issue: Technology, Organizations and Innovation, S. 9-30

Henderson, R. und Cockburn, I. (1996): Scale, scope and spillovers: the determinants of research productivity in drug discovery. In: Rand Journal of Economics 27(1), S. 32–59

Heppenheimer, T. A. und Heppenheimer, T. (1995): Turbulent skies: the history of commercial aviation. J. Wiley & Sons

Herzog, Th. (2010): Strategisches Management von Koopetition. Eine empirisch begründete Theorie im industriellen Kontext der zivilen Luftfahrt. Doctoral thesis, WU Vienna University of Economics and Business. Zugriff am 04.04.2013: http://epub.wu.ac.at/3048/

Hickie, D. (2006): Knowledge and competitiveness in the aerospace industry: The cases of Toulouse, Seattle and north-west England. In: European Planning Studies 14(5), S. 697-716

Hillig, A. (1997): Die Kooperation als Lernarena in Prozessen fundamentalen Wandels – Ein Ansatz zum Management von Kooperationskompetenz. Bern.

Hinsch, M. (2012): Industrielles Luftfahrtmanagement - Technik und Organisation luftfahrttechnischer Betriebe. 2. Aufl., Berlin, Heidelberg

Hinsch, M. und Olthoff, J. (2013): Impulsgeber Luftfahrt - Industrial Leadership durch luftfahrtspezifische Aufbau und Ablaufkonzepte. Springer Vieweg, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Hirsch, S. (1967): Location of Industry and International Competitiveness. Oxford: Oxford University

Hirsch-Kreinsen, H. (2003): Internationale Netzwerke kleiner und mittlerer Unternehmen. In: Hirsch-Kreinsen, H. und Wannöffel, M. (Hg.). Netzwerke kleiner Unternehmen, Berlin: edition sigma, S. 9-34

Hislop, D. (2009): Knowledge Management in Organizations. Oxford University Press, Oxford

Hobday, M. (1998): Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation. In: Research Policy 26(6), S. 689–710

Hobday, M. (2000): The Project-based Organisation. An Ideal Form for Managing Complex Products and Systems? In: Research Policy 29(7-8), S. 871–893

Hobday, M. (2005): Firm-level innovation models: perspectives on research in developed and developing countries. In: Technology Analysis & Strategic Management 17(2), S. 121-146

Hobday, M., Rush, H. und Tidd, J. (2000): Innovation in complex systems. In: Research policy 29. S. 793-804

Hodgson, G.M. (1997): Evolutionary theories of the firm. In: Sorge, A. und Warner, M. (Hrsg.): The IEBM Handbook of organizational behavior. London u.a., S. 88-94

Hoekman, J., Frenken, K. und Van Oort, F. (2009): The geography of collaborative knowledge production in Europe. In: The Annals of Regional Science 43(3), S. 721-738

Hoetker G. (2006): Do modular products lead to modular organizations? In: Strategic Management Journal 27(6), S. 501-518

Höft, U. (1992): Lebenszykluskonzepte: Grundlage für das strategische Marketing- und Technologiemanagement. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co KG. Berlin

Holland, J.H. (1995): Hidden order: How adaptation builds complexity. Reading: Addison-Wesley

Hollanders, H., Van Cruysen, A. und Vertesy, D. (2008): Sectoral innovation systems in Europe: The case of the aerospace sector. Final Report, Europe INNOVA.

Holmquist, M. (2004): Experiential Learning Processes of Exploitation and Exploration Within and Between Organizations. An Empirical Study of Product Development. In: Organization Science 15, S. 70-81

Holzer, B. (2005): Vom globalen Dorf zur kleinen Welt: Netzwerke und Konnektivität in der Weltgesellschaft. In: Zeitschrift für Soziologie. Sonderheft Weltgesellschaft, S. 314-329

Horng, T.C. und Bozdogan, K. (2007): Comparative analysis of supply chain management practices by Boeing and Airbus: long-term strategic implications. Presentation at the MIT Lean Aerospace Initiative, April 18.

Howard-Grenville, J.A. (2005): The Persistence of Flexible Routines. The Role of Agency and Organizational Context. In: Organization Science 16, S. 618-636

Huang, C. C. (2000): Overview of modular product development. In: Proceedings-National Science Council Republic of China, Part A: Physical Science and Engineering 24(3), S. 149-165

Hughes, T. (1983): Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore.

Huy, O.N. (2002): Emotional balancing of organizational continuity and radical change: The contribution of middle managers. In: Administrative Science Quarterly 47(1), S. 31-69

Huygens, M., Baden-Fuller, C., van den Bosch, F.A.J. und Volberda, H.W. (2001): Co-evolution of firm capabilities and industry competition: Investigating the music industry, 1877-1997. In: Organization Studies 22(6), S. 971-1001

Iammarino, S. und McCann, P. (2006): The structure and evolution of industrial clusters: Transactions, technology and knowledge spillovers. In: Research Policy 35(7), S. 1018-1036

Im, G. und Rai, A. (2008): Knowledge Sharing Ambidexterity in Long-Term Interorganizational Relationships. In: Management Science 54, S. 1281-1296

Inglehart, R. (1977): The Silent Revolution: Changing Values and Political Styles among Western Publics. Princeton: Princeton University Press.

Itami, H. und Roehl, T. (1987): Mobilizing Invisible Assets. Cambridge, MA.

Jackson, I. (2004): The future of the defense firm: the case of the UK aerospace cluster. In: Defence & Peace Economics 15, S. 519–534

Jakab, P. L. (1999): Wood to metal: The structural origins of the modern airplane. In: Journal of aircraft, 36(6), S. 914-918

Jansen, D. (2006): Einführung in die Netzwerkanalyse: Grundlagen, Methoden, Forschungsbeispiele. 3., überarbeitete Auflage, Wiesbaden (VS Verlag für Sozialwissenschaften)

Jansen, J.J.P., Tempelaar, M.P., van den Bosch, F.A.J. und Volberda, H.W. (2009): Structural differentiation and ambidexterity: the mediating role integration mechanisms. In: Organizational Science 20, S. 797-811

Jansen, J.J.P., van den Bosch, F.A.J. und Volberda, H.W. (2006): Exploratory innovation, exploitative innovation, and performance: effects of organizational antecedents and environmental moderators. In: Management Science 52, S. 1661-1674

Jarillo, J.C. (1988): On Strategic Networks. In: Strategic Management Jounral 9, S. 31-41

Jensen, M. B., Johnson, B., Lorenz, E. und Lundvall, B. Å. (2007): Forms of Knowledge and Modes of Innovation. In: Research Policy 36(5), S. 680-693

Johansen, K., Comstock, M. und Winroth, M. (2005): Coordination in collaborative manufacturing mega-networks: a case study. In: Journal of Engineering and Technology Management 22(3), S. 226-244

Jordan, J. und Lowe, J. (2004): Protecting strategic knowledge: insights from collaborative agreements in the aerospace sector. In: Tech. Anal. Strat. Manag. 16, S. 241–259

Jovanovic, B. und MacDonald, G. M. (1994): The Life Cycle of a Competitive Industry. In: Journal of Political Economy 102(2), S. 322-347

Jovanovic, B. und Tse, C.-Y. (2006): Creative destruction in industries. National Bureau of Economic Research, No. w12520

Jürgens, U. und Meißner, H.-R. (2003): Arbeiten am Auto der Zukunft. Produktinnovationen und Perspektiven der Beschäftigten. Edition Sigma, Berlin

Kash, D.E. und Rycroft, R. (2002): Emerging patterns of complex technological innovation. In: Technological forecasting and social change 69(6), S. 581-606

Kauppila, O-P. (2010): Creating ambidexterity by integrating and balancing structurally separate interorganizational partnerships. In: Strategic Organization 8(4), S. 283–312

Kay, A. L. (2002): German Jet Engine and Gas Turbine Development, 1930-45. Crowood Press.

Keijzer, A. C. (2007): Wandlungsfähigkeit von Entwicklungs-netzwerken – ein Modell am Beispiel der Automobilindustrie, Technische Universität München, Zugriff am 12.11.2013: http://d-nb.info/98813475 6/34

Keller, T. (2012): Verhalten zwischen Exploration und Exploitation. Ein Beitrag zur Ambidextrieforschung auf der organisationalen Mikroebene. Dissertation FernUniversität in Hagen Zugriff am 05.01.2015: http://deposit.fernuni-hagen.de/2874/

Kempf, M. (2007): Strukturwandel in der Dynamik von Abhängigkeiten. Ein Theorieansatz und seine Illustration am deutschen Kabelnetzsektor. Springer-Gabler.

Kidess, P. (2003): Die räumliche und unternehmerische Konzentration in der deutschen Luftfahrtindustrie nach 1945. Euler Verlag

Kienstra, J. D. (2012): Cleared for Landing: Airbus, Boeing and the WTO Dispute over Subsidies to Large Civil Aircraft. In: Nw. J. Int'l L. & Bus. 32 (3), S. 569-583

Kimberly, J.R. (1979): Issues in the creation of organizations: Initiation, innovation, and institutionalization. In: Academy of Management Journal 22(3), S. 437-457

Kimberly, J.R. (1980): Initiation, innovation, and institutionalization in the creation process. In: Kimberly, J.R. und Miles, R.H. (Hrsg.): The Organizational life cycle: issues in the creation, transformation, and decline of organizations, Jossey-Bass: San Francisco, CA, S. 18-43

King, D., und M. Nowack (2003): The Impact of Government Policy on Technology Transfer: An Aircraft Industry Case Study. In: Journal of Engineering and Technology Management 20, S. 303-318

King, P. (1989): Knights of the Air. London: Constable and Company

Klein, Ch. (2008): Deutsche Luftfahrtzulieferer müssen neue Wege suchen. In: Produktion – die Wirtschaftszeitung für die deutsche Industrie, vom 29.05.2008, Nr. 22, S. 1-2

Klepper, G. (1994): Industrial policy in the transport aircraft industry. In: Krugman, P.R. und Smith, A. (Hrsg): Empirical Studies of Strategic Trade Policy. The University of Chicago Press, Chicago, S. 101-130

Klepper, S. (1996): Entry, exit, growth, and innovation over the product life cycle. In: American Economic Review 86(3), S. 562–583

Klepper, S. (1997): Industry Life Cycles. In: Industrial and Corporate Change 6(1), S. 145-181

Klepper, S. (2002): The capabilities of new firms and the evolution of the US automobile industry. In: Industrial and Corporate Change 11(4), S. 645-666

Klepper, S. und Simons, K. L. (2000b): The making on an oligopoly: Firm survival and technological change in the evolution of the U.S. tire industry. In: Journal of Political Economy 108(4), S. 728-760

Klepper, S. und Simons, K.L. (2005): Industry shakeouts and technological change. In: International Journal of Industrial Organization 23, S. 23-43

Kline, S.J. (1990): A numerical measure for the complexity of systems: the concept and some implications. Report INN-5, Thermosciences Division, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, CA.

Kline, S.J. und Rosenberg, N. (1986): An Overview of Innovation. In: Landau, R. und Rosenberg, N. (Hrsg.): The Positive Sum Strategy – Harnessing Technology for Economic Growth, Washington, National Academy Press, S. 275-305

Kluyver, C.A. (1977): Innovation and Industrial Product Life Cycles. California Management Review 20, S. 21-33

Knappe, M. (2014): Kooperation als Strategie technologischen Paradigmenwechsels. Eine nachhaltigkeitsbasierte Untersuchung der Elektrifizierung des Automobils. Dissertation. Zugriff am 21.12.2014: http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2014/1037/

Knight, F.H. (1921): Risk, Uncertainty and Profit. Chicago.

Knoke, D. und Yang, S. (2008): Social network analysis. Thousand Oaks: Sage Publications

Kogut, B. (1991): Joint ventures and the option to expand and acquire. In: Management Science 37, S. 19-33

Kogut, B. (2000): The network as knowledge: Generative rules and the emergence of structure. In: Strategic Management Journal 21, S. 405-425

Kogut, B. und Zander, U. (1992): Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology. In: Organization Science 3(3), S. 383-397

Konlechner, S.W. und Güttel, W.H. (2010): Die Evolution von Replikationsstrategien im Spannungsfeld von Exploration und Exploitation. In: Stephan, M. und Kerber, W. (Hrsg.) 2010: „Ambidextrie“: Der unternehmerische Drahtseilakt zwischen Ressourcenexploration und –exploitation, Jahrbuch Strategisches Kompetenzmanagement, Band 4, Rainer Hampp Verlag, München, S. 27-56

Konrad, W. und Nill, J. (2001): Innovationen für Nachhaltigkeit - Ein interdisziplinärer Beitrag zur konzeptionellen Klärung aus wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Perspektive, Schriftenreihe des IÖW 157/01, Institut für ökologische Wirtschafts-forschung, Berlin

Kortmann, S. (2012): The Relationship between Organizational Structure and Organizational Ambidexterity: A Comparison between Manufacturing and Service Firms, Wiesbaden, Westdeutscher Verlag GmbH

Koschatzky, K., Kulicke, M. und Zenker, A. (2001): Innovation Networks: Concepts and Challenges in the European Perspective, Heidelberg, Physica-Verlag

Koza, M.P. und Levin, A.Y. (1998): The co-evolution of strategic alliances. In: Organization Science 9(2), S. 255-264

Krcmar, H. (2000): Informationsmanagement. 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin

Krol, S. (2010): Geteiltes Leid – Strukturwandel der Luftfahrtbranche: Zu den Gründen, Risiken und Chancen der neuen Dimension der abflachenden Fertigungstiefe bei den Flugzeugherstellern, Zugriff: 31.03.2015: https://www.altran.de/fileadmin/medias/DE.altran.de/documents/Pressemeldungen/Pressemeldungen_2011/20101510_lieferantenmanagement.pdf

Krubasik, E.G. (1982): Strategische Waffe. In: WirtchaftsWoche (18.06.1982), Nr. 25, S. 28-33

Krugman, P. (1991): Geography and Trade, MIT Press: Cambridge.

Kuhn, A., Hellingrath, H. (2002): Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg

Kunow, Angela (2006): Anreizsteuerung unter Berücksichtigung von Lernkurveneffekten. 1. Auflage, Deutscher Universitätsverlag/GWV Fachverlage GmbH,.Wiesbaden.

Kurz, R. (2001): Innovation und nachhaltige Entwicklung. In: Hanekamp, G. und Steger, U. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung und Innovation im Energiebereich, Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlichtechnischer Entwicklungen, Wahrlich Druck Ahrweiler, Bad Neuenahr-Ahrweiler

Kutschker, M. und Schmid, S. (1995): Netzwerke internationaler Unternehmungen. Diskussionsbeiträge der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät Ingolstadt Nr. 64. Ingolstadt

Kuznets, S. (1929): Retardation in Economic Growth. In: Journal of Economic and Business History 1, S. 534–560

Lagendijk, A. (1999): Innovative Forms of Regional Strucural Policy in Europe: The Role of Dominant Concepts and Knowledge Flows. In: Fischer, M., Suarez-Villa, L. und Steiner, M. (Hrsg.): Innovation, Networks and Localities. Berlin, Heidelberg, S. 272-296

Landgrebe, J. (2006): Liberalisierung und Regulierungsmanagement. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden

Lane, P. J., Koka, B. R. und Pathak, S. (2006): The Reification of Absorptive Capacity: A Critical Review and Rejuvenation of the Construct. In: The Academy of Management Review 31(4), S. 833-863

Langlois, R.N. (1992): Transaction cost economics in real time. In: Industrial and Corporate Change 1, S. 99-127

Langlois, R.N. (2003): The vanishing hand: the changing dynamics of industrial capitalism. In: Industrial and Corporate Change 12(2), S. 351–385

Lasinger, D. (2011): Die Leistung vor der Innovation –Ermittlung und Nutzung schwacher Signale von Chancen. Gabler Springer, Wiesbaden

Lavie, D. und Rosenkopf, L. (2006): Balancing Exploration and Exploitation in Alliance Formation, Academy of Management Journal 49, S. 797-818

Lavie, D., Stettner, U. und Tushman, M. L. (2010): Exploration and Exploitation Within and Across Organizations. Academy of Management Annals 4, S. 109-155

Lazer, D. und Friedman, A. (2007): The network structure of exploration and exploitation. Administrative Science Quarterly 52(4), S. 667–694

Leamer, E.E. und Storper, M. (2001): The economic geography of the internet age. In: NBER Working Paper, No. 8450

Leana, C.R. und van Buren III, H. (1999): Organizational social capital and employment practices. In: Academy of Management Review 24(3), S. 538-555

Lee, C., Lee, K. und Pennings, J.M. (2001): Internal capabilities, external networks, and performance: A study on technology-based ventures. In: Strategic Management Journal 22(6/7), S. 615-640

Lee, D. S., Fahey, D. W., Forster, P. M., Newton, P. J., Wit, R. C., Lim, L. L., Owen, B. und Sausen, R. (2009): Aviation and global climate change in the 21st century. In: Atmospheric Environment 43(22), S. 3520-3537

Lee, J. J., Lukachko, S. P., Waitz, I. A. und Schafer, A. (2001): Historical and future trends in aircraft performance, cost, and emissions. In: Annual Review of Energy and the Environment 26(1), S. 167-200

Lee, M. (2007): Politics, Institutions and Firms: A Multilevel Analysis of the Regional Jet Industry. Abschlussarbeit, Indiana

Leif, T. und Speth, R. (2006): Die fünfte Gewalt – Anatomie des Lobbyismus in Deutschland. In: Leif, T. und Speth, R. (Hrsg.): Die fünfte Gewalt – Lobbyismus in Deutschland. Bonn (Bundeszentrale für politische Bildung), S. 10-37

Lemmens, C.E.A.V. (2004): Innovation in technology alliance networks. Edward Elgar, Cheltenham, Northhampton

Leonard-Barton, D. (1988): Implementation as mutual adaptation of technology and organization. In: Research Policy 17, S. 251–267

Leonard-Barton, D. (1992): Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. In: Strategic Management Journal 13(S1), S. 111-125

Leonard-Barton, D. (1995): Wellsprings of knowledge: Building and sustaining the sources of innovation. Harvard Business Press, Boston, MA.

Levin, R. C. A., Klevorick, A.K., Nelson, R.R. und Winter, S.G. (1987): Appropriating the returns from industrial research and development. In: Brookings Papers on Economic Activity 3, S. 783-820

Levinthal, D. A. und March, J. G. (1993): The myopia of learning. In: Strategic Management Journal 14(S2), S. 95-112

Levinthal, D. und J. Myatt (1994): Co-evolution of capabilities and industry: The evolution of mutual fund processing. In: Strategic Management Journal, Winter Special Issue 15, S. 45-62

Levinthal, D. und March, J. G. (1981): A Model of Adaptive Organizational Search. In: Journal of Economic Behavior & Organization 2(4), S. 307-333

Levinthal, D.A. (1997): Adaptation on rugged landscapes. In: Management Science 43, S. 377-415

Levitt, B. und March, J. G. (1988): Organizational learning. In: Annual review of sociology 14(1), S. 319-338

Lewin, A. Y., Long, C. P. und Carroll, T. N. (1999): The coevolution of new organizational forms. Organization Science 10, S. 535-550

Li, S.X. und Rowley, T.J. (2002): Inertia and Evaluation Mechanisms in Interorganizational Partner Selection: Syndicate Formation among U.S. Investment Banks. In: The Academy of Management Journal 45(6), S. 1104-1119

Lin, N. (1999): Building a Network Theory of Social Capital. In: Connections 22(1), S. 28-51

Lin, Z., Peng, M. W., Yang, H. und Sun, S. L. (2009): How do networks and learning drive M&As? An institutional comparison between China and the United States. In: Strategic Management Journal 30, S. 1113–32

Lin, Z., Yang, H., Demirkan, I. (2007): The performance consequences of ambidexterity in strategic alliance formations: Empirical investigation and computational theorizing. In: Management Science 53(10), S. 1645–1658

Linscheidt, B. (1999): Nachhaltiger technologischer Wandel aus Sicht der Evolutorischen Ökonomik – staatliche Steuerung zwischen Anmaßung von Wissen und drohender Entwicklungsfalle, Umweltökonomischer Diskussionsbeitrag Nr. 99-1 des Sonderforschungsbereichs 419 der Universität zu Köln.

Lodahl, T.M. und Mitchell, S.M. (1980): Drift in the development of innovative innovations. In: Kimberly, J.R. und Miles, R.H. (Hrsg.): The organizational life cycle: Issues in the Creation, Transformation, and Decline of Organizations, Jossey-Bass: San Francisco, CA, S. 184-207

Lubatkin, M.H., Simsek, Z., Ling, Y. und Veiga, J.F. (2006): Ambidexterity and performance in small- to medium-sized firms: the pivotal role of top management team behavioural integration. In: Journal of Management 32, S. 646-672

Lundvall, B. Ä., und Johnson, B. (1994): The learning economy. In: Journal of industry studies 1(2), S. 23-42

Lundvall, B.Ä. (1988): Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. (Eds.), Technical Change and Economic Theory. Pinter, London, S. 349-369

Lüthje, B., Schumm, W. und Sproll, M. (2002): Contract Manufacturing. Campus Verlag. Frankfurt und New York.

Luukkonen, T. (2002): Technology and market orientation in company participation in the EU framework programme. In: Research Policy 31(3), S. 437-455

Machatschke, M. (2010): Rotieren im Rohbau. In: ManagerMagazin, Ausgabe 6/2010, S. 34-38

MacPherson, A. (2009): The emergence of a new international competitor in the commercial aircraft sector: The China syndrome. In: Futures 41(7), S. 482-489

MacPherson, A. und Pritchard, D. (2003): The international decentralisation of US commercial aircraft production: implications for US employment and trade. In: Futures 35(3), S. 221-238

Malerba, F. (2006): Innovation and the evolution of industries. In: Journal of Evolutionary Economics 16(1), S. 3–23

Malerba, F. und Orsenigo, L. (1993): Technological Regimes and Firm Bebavior. In: Industrial and corporate change 2(1), S. 45-71

Malmberg, A. und Maskell, P. (1997): Towards an explanation of regional specialization and industry agglomeration. In: European Planning Studies 5(1), S. 25-41

Mandl, C. (2005): Radikale Innovation als Kernkompetenz. Zugriff am 25.03.2014: http://www.mlp.co.at/fileadmin/artikel/RadikaleInnovatRadikaleIn.pdf

Männel, B. (1996): Netzwerke in der Zuliefererindustrie. Konzepte – Gestaltungsmerkmale – Betriebswirtschaftliche Wirkungen. Springer Verlag, Wiesbaden

Mansfield, E. (1986): Patents and Innovation: An Empirical Study. In: Management Science 32(2), S. 173-181

March, J. G. (1991): Exploration and Exploitation in Organizational Learning. In: Organization Science 2(1), S. 71-87

March, J. und Olsen, J. (1976): Organizational choice under ambiguity. In: Ambiguity and choice in organizations 2, S. 10-23

March, J.G. (1996): Continuity and change in theories of organizational action. In: Administrative Science Quarterly 41(2), S. 278-287

Mariti, P. und Smiley, R.H. (1983): Co-operative agreements and the organization of industry. In: Journal of Industrial Economics 31, S. 437-451

Marsden, P. V. (1990): Network data and measurement. In: Annual review of sociology, S. 435-463

Marshall, A. (1920): Principles of economics: an introductory volume. 8. Auflage, Macmillan and Co., London

Martin X, Mitchell W. und Swaminathan A. (1995): Recreating and extending Japanese automobile buyer supplier links in North America. In: Strategic Management Journal 16(8), S. 589-619

Matthiesen, U. (2008): Eigenlogiken städtischer Wissenslandschaften - Zur Koevolutionsdynamik von Stadt- und Wissensentwicklungen in urbanen KnowledgeScapes. In: Berking, H., Löw, M. (Hrsg.): Die Eigenlogik der Städte. Neue Wege für die Stadtforschung, Frankfurt/Main, Campus-Verlag, S. 83-152

Matthiesen, U., Bürkner, H.-J. (2004): Wissensmilieus - Zur Sozialen Konstruktion und analytischen Rekonstruktion eines neuen Sozialraums-Typus. In: Matthiesen, U. (Hrsg.): Stadtregion und Wissen. Wiesbaden, S. 65-90

Matthiesen, U., Büttner, K., Fichter, H., Jähnke, P. und Hölzl, C. (2003): Wissenskultur und Stadt–Einfluss und Bedingungen von Wissenskultur für die Städte in Nordrhein-Westfalen.

Matusik, S. F. und Heeley, M. B. (2005): Absorptive Capacity in the Software Industry: Identifying Dimensions That Affect Knowledge and Knowledge Creation Activities. In: Journal of Management 31(4), S. 549-572

Mayhew, B. H. und Levinger, R. (1976): Size and density of interaction in human aggregates. In: American Journal of Sociology 82, S. 86-110

Mayntz, R. (1996): Policy-Netzwerke und die Logik von Verhandlungssystemen. In: Kenis, P. und Schneider, V. (Hg.): Organisation und Netzwerk. Frankfurt/New York: Campus, S. 471-496

Mayntz, R. (2004): Governance im modernen Staat. In: Arthur Benz (ed.), Governance – Regieren in komplexen Regelsystemen. Eine Einführung. Wiesbaden: VS Verlag, S. 65-76

Mazaud, F. (2007): De la firme sous-traitante de premier rang à la firme pivot, l'organisation du système productif Airbus. Thèse de Doctorat, Toulouse

Mazaud, F. und LAGASSE, M. (2007): Vertical sub-contracting relationships strategy, the Airbus First-tier suppliers' coordination (No. 2007-02). Groupement de Recherches Economiques et Sociales

McDermott, C.M. und O'Connor, G.C. (2002): Managing radical innovation: an overview of emergent strategy issues. In: Journal of Product Innovation Management 19, S. 424-438

McEvily, B. und Marcus, A. (2005): Embedded ties and the acquisition of competitive capabilities. In: Strategic Management Journal 26, S. 1033-1055

McKee, D. (1992): An organizational learning approach to product innovation. In: Journal of Product Innovation Management 9(3), S. 232-245

McKelvey, M. (1991): How do National Systems of Innovation Differ?: A Critical Analysis of Porter, Freeman, Lundvall and Nelson. In: Hodgson, G. und Screpanti, C. (Hrsg.): Rethinking Economics: Markets Technology and Economic Evolution. UK: Edward Elgar, S. 117-137

Medeiros, E.S., Cliff, R., Crane, K. und Mulvenon, J.C. (2005): A New Direction for China's Defense Industry. Rand Corporation, Santa Monica CA.

Meffert, H. (1974): Interpretation und Aussagewert des Produktlebenszyklus-Konzeptes. In: Hamann, P. (Hrsg.): Neuere Ansätze der Marketingtheorie, S. 85-134

Meil, P., Heidling, E. und Rose, H. (2004): Erfahrungsgeleitetes Arbeiten bei verteilter Arbeit. In: Böhle, F., Pfeiffer, S. und Sevsay-Tegethoff, N. (Hg.): Die Bewältigung des Unplanbaren. Berlin: edition sigma, S. 180-198

Merton, R.K. (1949): Social theory and social structure: Toward the codification of theory and research. Free Press: Glencoe, IL.

Metcalfe, J.S. (1995): Technology systems and technology policy in an evolutionary framework. In: Cambridge Journal of Economics 19, S.25-46

Meusburger, P. (1998): Bildungsgeographie: Wissen und Ausbildung in der räumlichen Dimension. Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg/Berlin

Meusburger, P. (2006): Wissen und Raum - ein subtiles Beziehungsgeflecht. in: Kempter, Klaus; Meusburger, Peter (Hrsg.): Bildung und Wissensgesellschaft. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 269–308

Meyer, C.B. und Stensaker, I.G. (2006): Developing capacity for change. In: Jounal of Change Management 6(2), S. 217-231

Meyer, M.H. und Utterback, J.B. (1993): The product family and the dynamics of core capability. In: Sloan Management Review 34, S. 29-47

Mialon, B., Fol, T. und Bonnaud, C. (2002): Aerodynamic optimization of subsonic flying wing configurations. In: Ofiice National d'etudes et de recherches aerospatiales, ONERA-PUBLICATIONS-TP, Nr. 113

Michel, K. (1987): Technologie im strategischen Management – ein Portfolio-Ansatz zur integrierten Technologie- und Marktplanung. E. Schmidt Verlag, Reihe Technological Economics, Bd. 26, Berlin

Milgram, S. (1967): The small world problem. In: Psychology Today 1(1), S. 61-67

Miller, R. E. und Sawers, D. (1970): The technical development of modern aviation. Praeger Publishers.

Miller, R., Hobday, M., Leroux-Demers, T. und Olleros, X. (1995): Innovation in Complex Systems Industries – The Case of Flight Simulators. In: Industrial and Corporate Change 4(2), S. 363-400

Mitchell, W. und Singh, K. (1996): Survival of Businesses Using Collaborative Relationships to Commercialize Complex Goods. In: Strategic Management Journal 17(3), S. 169–195

Mody, A. (1993): Learning through alliances, Journal of Economic Behavior and Organization 20, S. 151-170

Mokyr, J. (1990): The Lever of the Riches. Oxford University Press. New York.

Molina-Morales, F.X. and Martínez-Fernández, M.T. (2009): Too much love in the neighborhood can hurt: How an excess of intensity and trust in relationships may produce negative effects on firms. In: Strategic Management Journal 30 (9), S. 1013-1023

Möllering, G. (2010): Kartelle, Konsortien, Kooperationen und die Entstehung neuer Märkte. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 62(7), Preprint vom 20.10.2010, S. 770-796

Monßen, M. (2006): Umweltinnovationen—Untersuchung von Fallstudien bei der Bayer AG. In Kooperative Umweltpolitik und nachhaltige Innovationen, Physica-Verlag HD, S. 27-94

Moreau, R. (2004): The role of the state in evolutionary economics. In: Cambridge Journal of Economics 28, S. 847-874

Moret, R. (2000): Through the sound barrier: a historical and technical survey. SUPAERO-PIR report.

Moser, R. (2012): China and Hong Kong: Aerospace Industry. Maine International Trade Center

Mowery, D.C. and Rosenberg, N. (1979): The influence of market demand upon innovation: A critical review of some recent empirical studies. In: Research Policy 8, S. 102-153

Moxon, R., Roehl, T. und Truitt, J. (1988): International Cooperative Ventures in the Commercial Aircraft Industry. Gains, Sure, but what's My Share? In: Contractor, F. und Lorange, P. (Hrsg.): Cooperative Strategies in International Business, Lexington Books, Lexington, S. 255–277

Müller, M., Buchmann, T., & Kudic, M. (2014): Micro strategies and macro patterns in the evolution of innovation networks: an agent-based simulation approach. In: Gilbert, N., Ahrweiler, P. und Pyka, A. (Hrsg.): Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks Springer Berlin Heidelberg, S. 73-95

Mulotte, L. (2013): Do Experience Effects Vary Across Governance Modes? Evidence from New Product Introduction in the Global Aircraft Industry, 1948–2000. In: Organization Science 25(3), S. 757-775

Naschold, F., Jürgens, U., Lippert, I. und Renneke, L. (1999): Vom chandlerischen Unternehmensmodell zum Wintelismus? WZB discussion paper FS II, 99–204

Nelson, R. R. (1959): The Simple Economics of Basic Scientific Research. In: The Journal of Political Economy 67(3), S. 297-306

Nelson, R. R. (1983): Government Support of Technical Progess: Lessons from History. In: Journal of Policy Analysis and Management 2 (Summer), S. 499-514

Nelson, R. R. (1989): What is private and what is public about technology? In: Science, Technology & Human Values 14(3), S. 229-241

Nelson, R. R. (1994): The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions. In: Industrial and Corporate Change 3(1), S. 47-63

Nelson, R. R. (1995): Co–evolution of Industry Structure, Technology and Supporting Institutions, and the Making of Comparative Advantage. In: International Journal of the Economics of Business 2(2), S, 171-184

Nelson, R. R. (Hrsg.) (1993): National innovation systems: a comparative analysis. Oxford University Press, New York

Nelson, R. R. und Winter, S. G. (1977): In search of useful theory of innovation. In: Research Policy 6(1), S. 36-76

Nelson, R. und Consoli, D. (2010): An Evolutionary theory of household consumption behavior. In: Journal of Evolutionary Economics 20, S. 665-687

Nelson, R.R. und Winter, S.G. (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge

Neugebauer, K.V. (1993): Grundzüge der deutschen Militärgeschichte. Band 2: Arbeits- und Quellenbuch. Rombach, Freiburg

Neven, D. und Seabright, P. (1995): European Industrial Policy: The Airbus Case. In: Economic Policy 21(3), S. 315-358

Newhouse, J. (1982): The Sporty Game. New York: Alfred A. Knopf.

Newman, M.E.J. (2003): The Structure and Function of Complex Networks, SIAM Review, 45(2), S. 167-256

Newman, M.E.J., Barabasi, A.L. und Watts, D.J. (2006): The structure and dynamics of networks. Princeton: Princeton University Press.

Ngo, D. und Okura, M. (2007): Coopetition in a Mixed Oligopoly Market. In: Discussion Paper 2007-8 der Faculty of Economics, Nagasaki University, verfügbar unter: http://www.econ.nagasaki-u.ac.jp/introduction/discussion/dp_0708.pdf

Nickerson, J. A. und Zenger, T. R. (2002): Being efficiently fickle: A dynamic theory of organizational choice. Organization Science 13, S. 547-566

Niosi, J. (2012): R&D Support for the Aerospace Industry A Study of Eight countries and One Region A Report.

Niosi, J. und M. Zhegu (2008): Innovation System Lifecycle in the Aircraft Sector. DRUID, Copenhagen, CBS, Denmark.

Niosi, J. und Zhao, J. Y. (2013): China's catching up in aerospace. In: International Journal of Technology and Globalisation 7(1), S. 80-91

Niosi, J. und Zhegu, M. (2005): Globalization and the patterns of industry location: The case of the aerospace industry. In: Innovation Systems Research Network, 7th Annual Meeting.

Niosi, J. und Zhegu, M. (2010): Multinational Corporations, Value Chains and Knowledge Spillovers in the Global Aircraft Industry. In: International Journal of Institutions and Economies, 2(2), S. 109-141

Nonaka, I. (1991): The Knowledge-Creating Company. In: Harvard Business Review 69(6), S. 96-104

Nonaka, I. (1994): A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. In: Organization Science 5(1), S. 14

Nooteboom, B. (1999): Interfirm Alliances: Analysis and Design. Routledge, London

Nooteboom, B. (2000): Learning by interaction: absorptive capacity, cognitive distance and governance. In: Journal of Management and Governance 4(1-2), S. 69-92

Nooteboom, B. (2004): Inter-firm collaboration, learning and networks: An integrated approach. Routledge, London

North, D. C. (1990): Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge University Press, Cambridge

North, K. (1998): Wissensorientierte Unternehmens-führung: Wertschöpfung durch Wissen. Gabler, Wiesbaden

Norton, J. A. und Bass F. M. (1987): A Diffusion Theory Model Of Adoption And Substitution For Successive Generations Of High-Technology Products. In: Management Science 33(9), S. 1069-1086

O'Reilly, C. und Tushman, M.L. (2008): Ambidexterity as a Dynamic Capability: Resolving the Innovator's Dilemma. In: Research in Organizational Behavior 28, S. 185-206

O'Reilly, C.A. und Tushman, M.L. (2004): The ambidextrous organization. In: Harvard Business Review 82, S. 74-81

O'Sullivan, A. (2006): Why tense, unstable, and diverse relations are inherent in co-designing with suppliers: an aerospace case study. In: Industrial and Corporate Change 15(2), S. 221-250

OECD (2005): Oslo Manual - Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data OECD Publications, Paris.

Oinas, P. (2001): Distance and Learning: Does Proximity matter? In: Boekema, F., Morgan, K., Bakkers, S., and Rutt R. (Eds): Knowledge, Innovation and Economic Growth: The Theory and Practice of Learning Regions. Edward Elgar Publishing, Massachusetts, S. 57-72

Oliver, Ch. (1988): The Collective Strategy Framework: An Application to Competing Predictions of Isomorphism. In: Administrative Science Quarterly 33(4), S. 543-561

Oltra, V. und Saint Jean, M. (2009): Sectoral systems of environmental innovation: an application to the French automotive industry. In: Technological Forecasting and Social Change 76(4), S. 567-583

Ömer-Rieder, B. und Tötzer, T. (2004): Umweltinnovation als spezieller Innovationstyp, ARC systems research GmbH, ZIT Zentrum für Innovation und Technologie (Hrsg.), Zugriff am 11.10.2012: http://www.innovationspolitik-wien.at/arge-berichte/umwa.pdf

Ortiz, A. (2013): Kooperation zwischen Unternehmen und Universitäten. Eine Managementperspektive zu regionalen Innovationssystemen. Wiesbaden: Springer Gabler.

Otto, A. (2002): Management und Controlling von Supply Chains. Wiesbaden.

Owen-Smith, J., Riccaboni, M., Pammolli, F. und Powell, W. W. (2002): A Comparison of U. S. and European University-Industry Relations in the Life Sciences. In: Management Science 48, S. 24-43

Paraskevopoulou, E. (2012): Non-technological regulatory effects: Implications for innovation and innovation policy. In: Research Policy 41(6), S. 1058-1071

Patel, P. und Pavitt, K. (1997): The technological competences of the world's largest firms: Complex and path dependent, but not much variety. In: Research Policy 26(2), S. 141-156

Patterson, D. und Shapiro, C. (2001): Trans-Atlantic Divergence in GE/Honeywell: Causes and Lessons. Antitrust Magazine 16, S. 18-25

Pavelec, S.M. (2010): The Jet Race and the Second World War. Naval Institute Press.

Pavitt, K. (1984): Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. In: Research Policy 13(6), S. 343-373

Peeters, P. M., Middel, J. und Hoolhorst, A. (2005): Fuel efficiency of commercial aircraft: An overview of historical and future trends. 2005. National Aerospace Laboratory NLR: Amsterdam.

Penrose, E. (1959): The Theory of the Growth of the Firm, New York.

Perez, C. (1983): Structural Changes and the Assimilation of new Technologies in the Economic and Social System. In: Futures 15(5), S. 357-375

Perez, C. (1998): Neue Technologien und sozioinstitutioneller Wandel, in: Thomas, H. und Nefiodow, L.A. (Hrsg.): Kondratieffs Zyklen der Wirtschaft - An der Schwelle neuer Vollbeschäftigung? Herford, Busse Seewald, S. 17-51

Perez, C. (2010): Technological revolutions and technoeconomic paradigms. In: Cambridge Journal of Economics 34(1), S. 185-202

Perez, C. und Soete, L. (1988): Catching-up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: Dosi, G. et al. (Eds.): Technical change and economic theory, Frances Pinter, London.

Peri, G. (2005): Determinants of knowledge flows and their effect on innovation. In: Review of Economics and Statistics 87 (2), S. 308-322

Perl, E. (2006): Implementierung von Umweltinformationssystemen – Industrieller Umweltschutz und die Kommunikation von Umweltinformationen in Unternehmen und in Netzwerken. Deutscher Universitätsverlag. Wiesbaden.

Perry-Smith, J. E. und Shalley, C. E. (2003): The social side of creativity: A static and dynamic social network perspective. In: The Academy of Management Review 28(1), S. 89-106

Peters, S., Reinhardt, K. und Seidel, H. (2006): Wissen verlagern. Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler + GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden

Peterson, K. (2011): A wing and a prayer: Outsourcing at Boeing. Special Report. Reuters. Everett (Washington). Online verfügbar unter http://web. welchcon.com/PDF/Reuters_Boeing.pdf

Phillips, A. (1971): Technology and Market Structure. Lexington Books, Lexington, MA.

Picot, A. (1977): Betriebliche Umweltbeziehungen und Umweltinformationen. Duncker & Humblot, Berlin

Picot, A., Dietl, H. und Franck, E. (2002): Organisation. Eine ökonomische Perspektive. 3. Auflage. Schäffer-Poeschel, Stuttgart

Pierson, P. (2000): Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics. In: American Political Science Review 94(2), S. 251-268

Pindyck, R. S. und Rubinfeld, D. L. (2001): Microeconomics. Prentice Hall, Upper Saddle River

Pleschak, F. und Sabisch, H. (1996): Innovations-management. Schäffer-Poeschel, Stuttgart

Podolny, J.M. (1993): A status-based model of market competition. In: American journal of sociology 98(4), S. 829-872

Podolny, J.M. (1994): Market uncertainty and the social character of economic exchange. In: Administrative Science Quarterly 39(3), S. 458-483

Podolny, J.M. und Baron, J.N. (1997): Relationships and resources: Social networks and mobility in the workplace. In: American Sociological Review 62, S. 673–693

Pohle, H. (2003): Wissen als strategischer Faktor der Regionalentwicklung in einer globalisierten Welt. In: Schädlich, M. und Stangl, J. (Hrsg.): Regionalentwicklung in der Wissensgesellschaft. Hannover: Akad. für Raumforschung und Landesplanung, S. 1–19

Pohlmann, M. (1995): Industrielle Netzwerke. Theorie und Praxis der Abnehmer-Zulieferer-Beziehungen. In: Fischer, J. und Gensior, S. (Hrsg.): Netz-Spannungen. Berlin, edition sigma, S. 141-155

Polanyi, M. (1966): The Tacit Dimension. Routledge & K. Paul, London

Pompl, W. (2007): Luftverkehr: Eine ökonomische und politische Einführung. 5. Auflage. Spinger, Berlin

Porter, M. (1983): Cases in Competitive Strategy. Free Press, New York

Porter, M. E. (1990): The Competitive Advantage of Nations, Macmillan, London

Porter, M. E. (1999): Wettbewerbsstrategie: Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten, 10. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt/Main

Porter, M.E. (1998): Clusters and the new economics of competition. In: Harvard Business Review 76(6), S. 77-90

Pouder, R. und StJohn, C.H. (1996): Hot spots and blind spots: Geographical clusters of firms and innovation. In: Academy of Management Review 21(4), S. 1192-1225

Powell, W.W. und Grodal, S. (2005): Network of innovators. In: Fagerberg, J., Mowery, D.C. und Nelson, R.R. (Hrsg.): The Oxford Handbook of Innovation, Oxford, S. 56-85

Powell, W.W., Koput, K.W. und Smith-Doerr, L. (1996): Interorganizational collaboration and the locus of innovation. In: Administrative Science Quarterly 41(1), S. 116-145

Powell, W.W., White, D.R., Koput, K.W. und Owen-Smith, J. (2005): Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences. In: American journal of sociology 110 (4), S. 1132-1205

Preissl, B. und Solimene, L. (2003): The Dynamics of Clusters and Innovation - Beyond Systems and Networks. Physika-Verlag. Heidelberg, New York

Prencipe, A. (1997): Technological competencies and product's evolutionary dynamics: A case study from the aeroengine industry. In: Research Policy 25(8), S. 1261-1276

Prencipe, A. (2000): Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: the case of the aircraft engine control system. In: Research Policy 29(7–8), S. 895–911

Price, D.S. (1976): A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. In: Journal of the American Society for Information Science 27(5), S. 292-306

Probst, G. J. B. und Bächel, B. (1998): Organisationales Lernen: Wettbewerbsvorteil Der Zukunft, Wiesbaden.

Probst, G. und Raisch, S. (2005): Organizational crisis: The logic of failure, Academy of Management Executive 19(1), S. 90-105

Proff, H. und Haberle, K. (2010): Begrenzung von Ambidextrie durch konsistentes dynamisches Management. In: Stephan, M. und Kerber, W. (Hrsg.) 2010: „Ambidextrie“: Der unternehmerische Drahtseilakt zwischen Ressourcenexploration und –exploitation, Jahrbuch Strategisches Kompetenzmanagement, Band 4, Rainer Hampp Verlag, München, S. 81-118

Pyka, A. (1999): Der kollektive Innovationsprozeß – Eine theoretische Analyse informeller Netzwerke und absorptiver Fähigkeiten, Volkswirtschaftliche Schriften, Heft 498, Berlin, Duncker und Humblot

Pyka, A. (2000): Informal networking and industrial life cycles. In: Technovation 20(1), S.25-35

Pyka, A. (2002): Innovation networks in economics: from the incentive-based to the knowledge-based approaches. In: European Journal of Innovation Management 5(3), S.152-163

Pyka, A. und Scharnhorst, A. (Hrsg.) (2009): Innovation Networks – New Approaches in Modelling and Analyzing. Springer, Berlin

Pyka, A., Gilbert, N. und Ahrweiler, P. (2009): Agent-Based Modelling of Innovation Networks – The Fairytale of Spillovers. In Pyka, A. and Scharnhorst, A. (Hrsg.): Innovation Networks: New Approaches in Modelling and Analyzing. Springer, Berlin, S. 101-126

Rahmeyer, F. (2007): From a routine-based to a knowledge-based view: towards an evolutionary theory of the firm. In: Hanusch, H. und Pyka, A. (Hrsg.): Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, S. 159-181

Raisch, S. und Birkinshaw, J. (2008): Organizational ambidexterity: Antecedents, outcomes, and moderators. In: Journal of Management 34(3), S. 375-410

Rasche, C. (2002): Multifokales Management: Strategien und Unternehmenskonzepte für den pluralistischen Wettbewerb. Wiesbaden.

Rautenstrauch, T., Generotzky, L. und Bigalke, T. (2003): Kooperationen und Netzwerke – Grundlagen und empirische Ergebnisse. Euler Verlag, Köln

Reagans, R. und Zuckerman, E. W. (2001): Networks, diversity, and productivity: The social capital of corporate R&D teams. In: Organization Science 12(4), S. 502–517

Rebolledo, C. und Nollet, J. (2011): Learning from suppliers in the aerospace industry. In: International Journal of Production Economics 129(2), S. 328-337

Rehäuser, J. und Krcmar, H. (1996): Wissensmanagement im Unternehmen. In: Schreyögg, G., Conrad, P. (Hrsg.): Wissensmanagement. De Gruyter, Berlin/New York, S. 1-40

REMER, A. (1982): Instrumente ordnungspolitischer Steuerung: Unternehmensverfassung, formale Organisation und personale Gestaltung, Berlin u.a. (Springer).

Ren, Y.T. und Yeo, K.T. (2003): Research Challenges on Complex Product Systems (CoPS) Innovation. In: Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers 23(6), S. 519-529

Rennings, K. (1998): Towards a Theory and Policy of Eco-Innovation – Neoclassical and (Co-)Evolutionary Perspectives. ZEW Discussion Paper 98-24

Rennings, K. (2005): Messung und Analyse nachhaltiger Innovationen, Beitrag zum Kolloquium des Statistischen Bundesamtes und der Deutschen Statistischen Gesellschaft 2005, http://kolloq.destatis.de/2005/rennings.pdf, Zugriff am 29.01.2013

Richardson, G. B. (1972): The organisation of industry. In: The Economic Journal 82(327), S. 883-896

Richter, K. (2014): Challenges for the Supply Chain – an Airbus perspective. Präsentation gehalten im Februar 2014 auf dem BavAiria Supply Chain Excellence Meeting in Oberpfaffenhofen.

Ring, P.S. and Van de Ven, A.H. (1992). Structuring cooperative relationships between organizations, Strategic Management Journal 13(7), S. 483-498

Rink, D. R., & Swan, J. E. (1979): Product life cycle research: A literature review. In: Journal of business Research 7(3), S. 219-242

Rink, D.R. (1976): The Product Life Cycle in Formulating Purchaising Strategy. In: Industrial Marketing Management 5(4), S. 231-242

Ristuccia, C. A. (2014): Depression, war and the US aircraft industry 1930–1944: a productivity cul-de-sac?

Roberts, E. and Berry, C. (1985): Entering new business: strategies for success. In: Sloan Management Review 26(3). In: Roberts, E. (1987): Generating Technological Innovation, Oxford, Oxford University Press.

Rodriguez, S.B., van Halem, M. und Lee, J. (2013): Networks for Exploration and Exploitation Purposes in Biotech Firms in the Netherlands, Encontrao da ANPAD, Rio de Janeiro

Roediger-Schluga, T. und Barber, M.J. (2008): R&D collaboration networks in the European Framework Programmes: Data processing, network construction and selected results. In: International Journal of Foresight and Innovation Policy 4, S. 321–347

Rogers, E. M. (1995): Diffusion of Innovations. Fourth Edition. The Free Press, New York

Romanelli, E. und Tushman, M.L. (1994): Organizational transformations as punctuated equilibrium: An empirical test. In: Academy of Management Journal 37(5), S. 1141-1166

Rosenberg, N. (1969): The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices, in: Economic Development and Cultural Change 18(1), S. 1-24

Rosenkopf, L. und Nerkar, A. (2001): Beyond Local Search: Boundary-Spanning, Exploration, and Impact in the Optical Disk Industry, Strategic Management Journal 22, S. 287-306

Rosenkranz, N. A. (2012). Connecting the Dots: Studies on Boundary-spanning Ambidexterity at the Individual, Project, Firm, and Alliance Level. Doctoral dissertation

Rosenthal, F. (1993): Die nationale Luft- und Raumfahrtindustrie. Aspekte staatlichen Engagements in Hochtechnologie-Branchen. Lang, Frankfurt a.M.

Rothaermel, F. T. und Alexandre, M.T. (2009): Ambidexterity in technology sourcing: The moderating role of absorptive capacity. In: Organization Science 20(4), S. 759–780

Rothaermel, F.T. (2001): Complementary assets, strategic alliances, and the incumbent's advantage: an empirical study of industry and firm effects in the biopharmaceutical industry. In: Research Policy 30, S. 1235-1251

Rothaermel, F.T. und Deeds, D.L. (2004): Exploration and exploitation alliances in biotechnology: A system of new product development. In: Strategic Management Journal 25, S. 201-221

Rothwell, R. (1992): Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s. In: R&D Management 22(3), S. 221-240

Rothwell, R. (2002): Towards the Fifth-Generation Innovation Process. In: Henry, J. und Mayle, D. (Hrsg.): Managing Innovation and Change. 2. Auflage, Sage Publications, London, Thousand Oaks, New Delhi, S. 115-135

Rothwell, R. und Gardiner, P. (1989): The strategic management of re-innovation. R&D Management 19(2), S. 147-160

Rothwell, R. und Zegveld, W. (1985): Reindustrialization and Technology. ME Sharpe, New York

Röttmer, N. (2011): Innovation Performance and Clusters: A Dynamic Capability Perspective on Regional technology Clusters. Gabler Verlag

Rowley, T., Behrens, D. und Krackhardt, D. (2000): Redundant governance structures: An analysis of structural and relational embeddedness in the steel and semiconductor industries. In: Strategic Management Journal 21(3), S. 369-386

Roy, P. und Yami, S. (2006): Coopetition in Oligopoly. Effects of an Individual Move on Collective Strategy. In: Konferenzbeiträge zum 2ten EIASM Workshop on Coopetition Strategy, Mailand

Rudolph, S. (2003): Die Innovation und Diffusion des Drei-Liter-Autos. Forschungsstelle für Umweltpolitik der Freien Universität Berlin, FFU-Report 09-2003

Ruppert, T. (2007): Modularisierung des Verbrennungsmotors als strategische Option in der Motorenindustrie. Kassel University Press, Kassel

Russo, A. und Vurro, C. (2010): Cross-boundary ambidexterity: Balancing exploration and exploitation in the fuel cell industry. In: European Management Review 7, S. 30-45

Rycroft, R. und Kash, D. (1999): The Complexity Challenge. Technological Innovation for the 21st Century, Pinter, London.

Sahal, D. (1981): Patterns of technological Innovation. Addison Wesley.

Sahal, D. (1985): Technological guideposts and innovation avenues. In: Research Policy 14, S. 61-82

Saviotti, P. P. und Pyka, A. (2008): Micro and macro dynamics: Industry life cycles, intersector coordination and aggregate growth. In: Journal of Evolutionary Economics 18(2), S. 167-182

Saviotti, P. P., de Looze, M. und Maupertuis, M. A. (2005): Knowledge Dynamics, Firm Strategy, Mergers and Acquisitions in the Biotechnology Based Sectors. In: Economics of Innovation and New Technology 14(1), S. 103-124

Saviotti, P.P. und Pyka, A. (2013): The co-evolution of innovation, demand and growth. In: Economics of Innovation and New Technology 22(5), S. 461-482

Scherngell, T. (2013): The geography of networks and R&D collaborations. Springer Advances in Spatial Science series, Springer, Berlin, Heidelberg and New York.

Scherngell, T., und Barber, M. J. (2009): Spatial interaction modelling of cross-region R&D collaborations: empirical evidence from the 5th EU framework programme. In: Papers in Regional Science 88(3), S. 531-546

Scheuing, E.E. (1969): The Product Life Cycle as an Aid in Strategy Decisions. In: MIR 9(4-5), S. 111-124

Schmid, M.S. (2010): Der Wettbewerb zwischen Business Webs: Strategien konkurrierender Unternehmensnetzwerke im IPTV-Markt. Gabler Research, Wiesbaden

Schmidt, A. (1997): Flugzeughersteller zwischen globalem Wettbewerb und internationaler Kooperation. Der Einfluß von Organisationsstrukturen auf die Wettbewerbsfähigkeit von Hochtechnologie-Unternehmen. edition sigma, Berlin

Schmidt, S. (2009): Die Diffusion komplexer Produkte und Systeme. Ein systemdynamischer Ansatz. Gabler.

Schmidt-Tiedemann, K.J. (1982): A new model of the innovation process. In: Research Management, 25(2), S. 18–21

Schmookler, J. (1962): Economic Sources of Inventive Activity, in: The Journal of Economic History 22(1), S. 1-20

Schön, B. (2013): Mergers & Acquisitions als strategisches Instrument. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Schön, B. und Pyka, A. (2012): A taxonomy of innovation networks. In: FZID discussion papers, No. 42-2012

Schonert, T. (2008): Interorganisationale Wertschöpfungsnetz-werke in der deutschen Automobilindustrie – die Ausgestaltung von Geschäftsbeziehungen am Beispiel internationaler Standortentscheidungen, Gabler GWV Fachverlage, Wiesbaden

Schönfeld, T. und Jouaillec, F. (2008): The regional aerospace cluster policy in Europe. In: 26th International Congress of the Aeronautical Sciences, http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE_CD1998-2010/ICAS2008/PAPERS/628

Schreyögg, G. (1984): Unternehmensstrategie. Grundfragen einer Theorie strategischer Unternehmensführung. Walter de Gruyter, Berlin

Schreyögg, G. (1996): Organisation: Grundlagen moderner Organisationsgestaltung, Springer, Wiesbaden

Schuh, G. (2005): Produktkomplexität managen: Strategien- Methoden-Tools. 2. Auflage, Carl Hanser, München

Schuh, G., Klappert, S., Schubert, J. und Nollau, S. (2011): Grundlagen zum Technologiemanagement. In: Schuh, G. und Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement – VDI Handbuch Produktion und Management 2. 2. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg.

Schumann, J. (2011): Humankapital und Wissen. In: Hagemann, H. (Hrsg.): Studien zur Entwicklung der ökonomischen Theorie XXVI, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Band 115/XXVI, Duncker & Humblot, Berlin, S. 103-127.

Schumpeter, J.A. (1912): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, Duncker & Humblot, Berlin, 8. Auflage, 1993.

Schumpeter, J.A. (1934): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung – Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus, 9. Auflage 1997 als unveränderter Nachdruck der 1934 erschienenen 4. Auflage, Berlin, Duncker & Humblot

Schumpeter, J.A. (1939): Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. McGraw-Hill, New York, London

Schumpeter, J.A. (1942): Capitalism, socialism and democracy. Routledge, London und New York, Abdruck 2012 mit einem Vorwort von Swedberg, R.

Schwirten, Christian (2003): Forschungseinrichtungen und Unternehmenssektor: Ein Beitrag zur Erklärung innovationsorientierter Zusammenarbeit. Dissertation. Freiberg. Technische Universität Bergakademie Freiberg

Scott, J. (1994): Social network analysis. A handbook. Sage Publications, London

Scott, J. (2000): Social network analysis: A handbook Sage Publications, London

Semlinger, K. (1988): Innovationsnetzwerke. Kooperation von Kleinbetrieben, Jungunternehmen und kollektiven Akteuren. Eschborn: RKW

Semlinger, K. (2010): Effizienz und Autonomie in Zulieferungsnetzwerken - zum strategischen Gehalt von Kooperation. In: Sydow, J. (Hrsg.): Management von Netzwerkorganisationen - Beiträge aus der Managementforschung. 5. Auflage, Gabler GWV Fachverlage, Wiesbaden, S. 28-74

Senge, P.M. (1990): The fifth discipline: Mastering the five practices of the learning organization. Doubleday: New York, NY

Senti, R. (1994): Produktlebenszyklusorientiertes Kosten- und Erlösmanagement. Dissertation. Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften St. Gallen

Shapiro, C. und Varian, H.R. (1998): Information Rules. Harvard Business School Press, Boston, MA.

Sharp, M. und Pavitt, K. (1993): Technology Policy in the 1990s: Old trends and new realities. In: Journal of Common Market Studies 31(2), S. 129-151

Shenhar, A.J. (1994): A new conceptual framework for modern project management. In: Khalil, T.M., Bayraktar, B.A. (Eds.): Management of Technology, IV. Institute of Industrial Engineers.

Sheremata, W. (2000): Centrifugal and Centripetal Forces in Radical New Product Development under Time Pressure. In: Academy of Management Review 25, S. 389-408

Shuldiner, A.; Raymond, T. (1998): Who's in the Lobby? A Profile of Washington's Influence Industry, zuletzt geändert am 5.2., aufgerufen am 21.2.2012 unter http://www.crp.org/pubs/

Siebert, H. (2010): Ökonomische Analyse von Unternehmens-netzwerken, in: Sydow, J. (Hrsg.): Management von Netzwer-korganisationen - Beiträge aus der „Management-forschung“, 5. Auflage, Gabler GWV Fachverlage, Wiesbaden, S. 7-27

Siggelkow, N. und Levinthal, D. (2003): Temporarily divide to conquer: centralized, decentralized and reintegrated organizational approaches to exploration and adaption. In: Organization Science 14, S. 650-669

Simon, H.A. (1955): A behavioral model of rational choice. In: The quarterly journal of economics 69(1), S. 99-118

Simonson, G.R. (1960): The Demand for Aircraft and the Aircraft Industry, 1907-1958. In: Journal of Economic History 20(3), S. 361-382

Simsek, Z. (2009): Organizational Ambidexterity: towards a multilevel understanding, Journal of Management Studies 46, S. 597-624

Simsek, Z., Heavey, C.B., Veiga, J.F. und Souder, D. (2009): A typology for aligning organizational ambidexterity’s conceptualization, antecedents, and outcomes, Journal of Management Studies 46, S. 864-894

Smallwood, J.E. (1975): The Product Life Cycle: A Key to Strategic Marketing Planning. In: Mancuso, J. (Ed.): Managing Technology Products, S.85-91

Smith, D. und Ibrahim, G. (2006): Cluster dynamics: Corporate strategy, industry evolution and technology trajectories–a case study of the East Midlands aerospace cluster. In: Local Economy, 21(4), S. 362-377

Smith, D.J. und Tranfield, D. (2005): Talented suppliers? Strategic change and innovation in the UK aerospace industry. In: R&D Management 35(1), S. 37-49

Smith, W.K. (2006): Top Management Team Approaches to Simultaneously Managing Exploration and Exploitation. In: Academy of Management Best Conference Paper Proceedings

Smith, W.K. und Tushman, M.L. (2005): Senior teams and managing contradictions: on the team dynamics of managing exploitation and exploration. In: Organizational Science 16, S. 522-536

Soda, G., Usai, A. und Zaheer, A. (2004): Network memory: The influence of past and current networks on performance. In: Academy of Management Journal 47, S. 893-906

Spender J.C. und Grant R.M. (1996): Knowledge and the firm: overview. In: Strategic Management Journal, Winter Special Issue 17, S. 5-10

Spreen, W. E. (2007): Marketing in the international aerospace industry. Ashgate.

Steenhuis, H.-J. und de Bruijn, E.J. (2001): Developing countries and the aircraft industry: match or mismatch? In: Technology in Society 23(4), S. 551-562

Stephan, M. und Kerber, W. (Hrsg.) 2010: „Ambidextrie“: Der unternehmerische Drahtseilakt zwischen Ressourcenexploration und –exploitation, Jahrbuch Strategisches Kompetenzmanagement, Band 4, Rainer Hampp Verlag, München.

Stettner, U. und Lavie, D. (2014): Ambidexterity under scrutiny: Exploration and exploitation via internal organization, alliances, and acquisitions. In: Strategic management journal 35(13), S. 1903-1929

Stiglitz, J. E. (1987): Learning to learn, localized learning and technological progress. In: Dasgupta, P. und Stoneman, P. (Hrsg.): Economic policy and technological performance, Cambridge University Press, Cambridge, S. 125-153

Stiglitz, J.E. (1988): On the Economic Role of the State. In: A. Heertje (Ed.): The economic role of the state. Oxford, U.K.: Blackwell, S. 9-85

Stöckmann, Ch. (2010): Exploration und Exploitation in adoleszenten Unternehmen. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Strambach, S. (2004): Wissensökonomie, organisatorischer Wandel und wissensbasierte Regional-entwicklung. Herausforderungen für die Wirtschafts-geographie. In: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie 48(1), S. 1–18

Strothmann, K.-H. (1987): Innovationsmarketing – Herausforderung für Theorie und Praxis. In: Planung und Analyse 14(2), S. 60-66

Strube, G. (1996): Wörterbuch der Kognitions-wissenschaft. Klett-Cotta, Stuttgart

Sturmey, S. G. (1964): Cost curves and pricing in aircraft production. In: The Economic Journal 74(296), S. 954-982

Suarez, F. F. (2004): Battles for technological dominance: an integrative framework, in: Research Policy 33(2), S. 271-286

Suárez, F. F. und Utterback, J. M. (1995): Dominant designs and the survival of firms, in: Strategic Management Journal 16(6), S. 415-430

Sutton, J. (2001): Technology and Market Structure: Theory and History. The MIT Press, Cambridge

Swann, G.M.P. und Prevezer, M. (1996): A Comparison of the Dynamics of Industrial Clustering in Computing and Biotechnology. In: Research Policy 25, S. 139-157

Sydow, J. (1992): Strategische Netzwerke. Evolution und Organisation. Gabler, Wiesbaden.

Sydow, J. (1993): Strategie und Organisation international tätiger Unternehmungen – Managementprozesse in Netzwerkstrukturen. In: Ganter, H.-D. und Schienstock, G. (Hrsg.): Management aus soziologischer Sicht. Wiesbaden, S. 47-82

Sydow, J. (2003): Dynamik von Netzwerkorganisationen – Entwicklung, Evolution, Strukturation. In: Hoffmann, W.H. (Hrsg.): Organisationsdynamik in Theorie und Praxis. Gabler Verlag, Stuttgart, S. 327-356

Sydow, J. (2006): Management von Netzwerkorganisationen – Zum Stand der Forschung. In: Sydow, J. (Hrsg.): Management von Netzwerkorganisationen. Gabler, Wiesbaden, S. 387-472

Sydow, J. (2007): Innovation durch Organisation: Pfadabhängigkeiten und Pfadbrechungen. In: Hagen, H. und Wengenroth, U. (Hrsg.): Innovationsforschung, Münster, S. 315-329

Sydow, J. und Möllering, G. (2004): Produktion in Netzwerken - Make, Buy & Cooperate. Vahlen, München

Sydow, J. und Möllering, G. (2009): Produktion in Netzwerken: Make, Buy & Cooperate, 2. Auflage, Vahlen, München

Sydow, J., Duschek, S., Möllering, G. und Rometsch, M. (2003): Kompetenzentwicklung in Netzwerken. Westdeutscher Verlag, Wiesbaden

Sydow, J., Schreyögg, G., Koch, J. (2005): Organizational paths: Path dependency and beyond. Paper presented at the 21st EGOS Colloquium, Sub-Theme 1, 30 June - 2 July, Berlin. Available online at: http://www.wiwiss.fuberlin.de/forschung/pfadkolleg/downloads/organizational_paths.pdf

Sydow, J., Schreyögg, G., Koch, J. (2009): Organizational Path Dependence: Opening the Black Box. In: Academy of Management Review 34(2), S. 689-709

Takeishi, A. (2001): Bridging inter- and intra-firm boundaries: management of supplier involvement in automobile product development. In: Strategic Management Journal 22(5), S. 403-433

Tanenbaum, A. (1996): Computer Networks. 3. Auflage. Upper Saddle River, Prentice Hall

Teece, D. J. (2007): Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. In: Strategic Management Journal 28, S. 1319-1350

Teece, D. J., Pisano, G. und Shuen, A. (1997): Dynamic capabilities and strategic management. In: Strategic management journal 18(7), S. 509-533

Teece, D. und Pisano, G. (1994): The dynamic capabilities of firms: an introduction. In: Industrial and Corporate Change 3(3), S. 537-556

Teece, D.J. (1986): Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. In: Research Policy 15, S.285-305

Tellis, G.J. und Crawford, C. M. (1981): An Evolutionary Approach to Product Growth Theory. In: Journal of Marketing 45, S. 125-32

Tempelaar, M.P. und Vrande, V.J.A. van de (2011): Knowledge ambidexterity and Financial Performance: A Longitudinal Study of the Simultaneous Pursuit of Local and Distant Knowledge within and across Organizational Boundaries. In: Organization Science Winter Conference XVII: Steamboat Springs, USA.

Thelen, K. (1999): Historical institutionalism in comparative politics. In: Annual Review of Political Science 2, S. 369-404

Thompson, J.D. (1967): Organizations in action. McGraw Hill, New York

Thorelli, H.B. (1986): Networks: between markets and hierarchies. In: Strategic Management Journal 7, S. 37-51

Tichy, N.M. (1980): Problem cycles in organizations and the management of change. In: Kimberly, J.R. und Miles, R.H. (Hrsg.): the organizational life cycles: issues in the creation, transformation, and decline of organizations, Jossey-Bass. San Francisco, CA, S. 164-183

Tidd, J. (1995): Development of Novel Products Through Intraorganizational and Interorganizational Networks – The Case of Home Automation. In: Journal of Product Innovation Management 12, S. 307-322

Tiwana, A. (2008): Do bridging ties complement strong ties? An empirical examination of alliance ambidexterity. In: Strategic Management Journal 29, S. 251-272

Trezzini, B. (2010): Netzwerkanalyse, Emergenz und die Mikro-Makro-Problematik. In: Stegbauer, Ch. und Häußling, R. (Hg.): Handbuch Netzwerkforschung. 4 Bände. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Trier, M. (2010): Struktur und Dynamik in der Netzwerkanalyse. In: Stegbauer, Ch. und Häußling, R. (Hg.): Handbuch Netzwerkforschung. 4 Bände. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Tripsas, Mary (1997): Surviving Radical Technological Change through Dynamic Capability: Evidence from the Typesetter Industry. In: Industrial and Corporate Change 6(2), S. 341-377

Tushman, M. L. und Nadler, D.A. (1978): Information Processing as an Integrating Concept in Organizational Design. In: Academy of Management Review 3, S. 613-624

Tushman, M. L. und Rosenkopf, L. (1992): Organizational Determinants of Technological-Change-toward a Sociology of Technological Evolution. In: Research in organizational behavior 14, S. 311-347

Tushman, M.L. (1997): Winning through innovation. In: Strategy Leadership 25(4), S. 14-21

Tushman, M.L. und O'Reilly, C. (1996): Ambidextrous Organizations. Managing Evolutionary and Revolutionary Change. In: California Management Review 38, S. 8-30

Tushman, M.L. und Romanelli, E. (1985): Organizational evolution: a metamorphosis model of convergence and reorientation. In: Cummings, L.L. und Star, B.M. (Hrsg.): Research in Organizational Behavior 7, S. 171-222

Tushman, M.L. und Smith, W.K. (2002): Organizational technology. In: Baum, J. (Hrsg.): Blackwell Companion to Organization, Blackwell: Malden, MA, S. 386-414

Tushman, M.L., Anderson, P.C. und O'Reilly, C. (1997): Technology cycles, innovation streams, and ambidextrous organizations: organization renewal through innovation streams and strategic change. In: Managing strategic innovation and change, S. 3-23

Tushman, M.L., und Anderson, Ph. (1986): Technological discontinuities and organizational environments. In: Administrative Science Quarterly 31, S. 439-465

Tyson, L.D.A. (1992): Who's Bashing Whom? Trade Conflict in High Technology Industries. Washington, D.C., Institute for International Economics

United States International Trade Commission (USITC) (2012): Business Jet Aircraft Industry: Structure and Factors Affecting Competitiveness, Investigation No. 332-526, USITC Publication 4314

Uotila, J., Maula, M., Keil, T. und Zahra, S.A. (2009): Exploration, exploitation, and financial performance. Analysis of S&P 500 corporations. In: Strategic Management Journal 30, S. 221-231

Utterback, J. M. (1994): Mastering the Dynamics of Innovation. Harvard Business Press, Boston, MA.

Utterback, J.M. and Suarez, F.F. (1993): Innovation, Competition, and Industry Structure. In: Research Policy 22(1), S. 1-21

Utterback, J.M. und Abernathy, W.J. (1975): A Dynamic Model of Process and Product Innovation. In: OMEGA, the International Journal of Management Science 3(6), S. 639-656

Uzzi, B. (1997): Social Struture and Competition in Interfirm Networks. The Paradox of Embeddedness, Administrative Science Quarterly 42, S. 35-67

Uzzi, B. und Spiro, J. (2005): Collaboration and Creativity. The Small World Problem, American Journal of Sociology 111, S. 447-504

Vajda, F. A. und Dancey, P. (1998): German Aircraft Industry and Production, 1933–1945. Shrewsbury, UK: Airlife

Valente, T.W. (1996): Social network thresholds in the diffusion of innovations. In: Social Networks 18 (1), S. 69-89

Van den Berg, L., Braun E. und van Winden, W. (2001): Growth Clusters in European Cities: An Integral Approach. In Urban Studies 38, S. 186-206

Van Deusen, C.A. und Müller, C.B. (1999): Learning in Acquisitions. Understanding the relationship between exploration, exploitation and performance. In: the Learning Organization 6, S. 186-193

Van Looy, B., Martens, T. und Debackere, K. (2005): Organizing for continous innovation: On the sustainability of ambidextrous organizations, Creativity and Innovation Management 14(3), S. 208-221

Vanhaverbeke, W., Gilsing, V., Beerkens, B. und Duysters, G. (2009): The Role of Alliance Network Redundancy in the Creation of Core and Non-core Technologies. In: Journal of Management Studies, 46(2), S. 215-244

Vassolo, R.S., Anand, J. und Folt, T. (2004): Non-additivity in portfolios of exploration activities: a real-options based analysis of equity alliances in biotechnology. In: Strategic Management Journal 25, S. 1045-1061

Venkatraman, N., Lee, C.-H. und Iyer, B. (2007): Strategic Ambidexterity and Sales Growth: A longitudinal test in the software sector, unpublished manuscript.

Vergne, J.-P. und Durand, R. (2010): The missing link between the theory and empirics of path dependence: Conceptual clarification, testability issue, and methodological implications. Journal of Management Studies 47(4), S. 736-759

Vermeulen, F. und Barkema, H.G. (2001): Leaning through acquisitions. In: Academy of Management Journal 44, S. 457-476

Vernon, R. (1966): International investment and international trade in the product life cycle. In: The Quarterly Journal of Economics 80(2), S. 190-207

Vértesy, D. (2011): Interrupted Innovation: Emerging economies in the structure of the global aerospace industry. Dissertation.

Vincenti, W. (1990): What engineers know and how they know it? Johns Hopkins Press, Baltimore

Volberda, H.W. (1996): Toward the flexible form: how to remain vital in hypercompetitive environments. In: Organization Science 7, S. 359-374

Volberda, H.W., Baden-Fuller, C. und van den Bosch, F.A.J. (2001): Mastering strategic renewal: mobilizing renewal journey in multi-unit firms. In: Long Range Planning 34, S. 159-178

von Au, D. (2010): Strategisches Innovations-management - eine empirische Analyse betrieblicher Innovationssysteme in der spezialchemischen Industrie in Deutschland. Gabler-Springer, Wiesbaden

von Gleich, C. F., Schütt, A. und Isenberg, R. (2012): SMART ramp-up: methods to secure production ramp-up in the aircraft industry. In: CEAS Aeronautical Journal 3(2-4), S. 125-134

von Hippel, E. (1986): Lead Users. A source of novel product concepts. Management Science 32, S. 791-805

von Hippel, E. (1987): Cooperation between rivals - Informal know-how trading. In: Research Policy 16(6), S. 291-302

von Hippel, E. (1994): Sticky information and the locus of problem solving: Implications for innovation, Management Science 40, S. 429-439

Vonortas, N.S. (2009): Innovation networks in industry. In: Malerba, F. und Vonortas, N.S. (Eds.): Innovation Networks in Industries. Edward Elgar Publishing Cheltenham, S. 27-44

Walker, G., Kogut, B. und Shan, W. (1997): Social capital, structural holes and the formation of an industry network. In: Organization Science 8 (2), S. 109-125

Walker, W. (2000): Entrapment in large technology systems: institutional commitments and power relations. In: Research Policy 29, S. 833–846

Walker, W., Graham, M. und Harbor, B. (1988): From components to integrated systems: technological diversity and integration between the military and civilian sectors. In: Gummett, P. und Reppy, J. (Eds.): The Relations Between Defence and Civil Technologies. Kluwer Academic. London.

Wang, Q. und von Tunzelmann, G.N. (2000): Complexity and the functions of the firm: Breadth and depth. In: Research Policy 29, S. 805-818

Wasserman, S. und Faust, K. (1994): Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge University Press. Cambridge, New York, Melbourne

Wasson, C.R. (1976): The Importance of the Product Life Cycle to the Industrial Marketer. In: Industrial Marketing Management 5, S.299-308

Watts, D.J. (1999): Networks, dynamics, and the small-world phenomenon. In: American Journal of Sociology 105 (2), S. 493-527

Watts, D.J. und Strogatz, S.H. (1998): Collective dynamics of small-world networks. In: Nature, 393(6684), S. 440-442

Weber, H.J., Gellman, A.J., Hamlin, G.W. (2005): Study of European Government support to civil aeronautics R&D. NASA.

Weiber, R. (1997): Das Management von Geschäftsbeziehungen im Systemgeschäft. In: Kleinaltenkamp, M. und Plinke, W. (Hrsg.): Geschäftsbeziehungsmanagement. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, S. 277-349

Wells Jr., L.T. (1983): Third World Multinationals. The Rise of Foreign Investment from Developing Countries. Cambridge, MIT Press

Wells Jr., L.T. (1983): Third World Multinationals. The Rise of Foreign Investment from Developing Countries. Cambridge, MIT Press

Wentz, R.-C. (2008): Die Innovationsmaschine - Wie die weltbesten Unternehmen Innovationen managen. Springer, Berlin, Heidelberg

Wessel, L., Gersch, M. und Goeke, Ch. (2010): Netzwerk-Ambidextrie: Ist eine Balance explorativen und exploitativen Lernens auch in Netzwerken möglich? In: Stephan, M. und Kerber, W. (Hrsg.) 2010: „Ambidextrie“: Der unternehmerische Drahtseilakt zwischen Ressourcenexploration und –exploitation, Jahrbuch Strategisches Kompetenzmanagement, Band 4, Rainer Hampp Verlag, München, S. 121-147

Wetzel A. (2005): Das Konzept der Pfadabhängigkeit und seine Anwendungsmöglichkeiten in der Transformationsforschung. Arbeitspapiere des Osteuropa-Instituts der Freien Universität Berlin.

Weyer, J. (Hrsg.) (2011). Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschafltichen Netzwerkforschung. 2. Auflage. Oldenburg Verlag, München, Wien

Wheelwright, S.C. und Clark K.B. (1992): Creating project plans to focus product development. Harvard Business Review 70, S. 70–82

Williamson, O. E. (1975): Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust lmplications - A Study in the Economics of Internal Organization. Free Press, New York

Willke, H. (1998): Systemisches Wissensmanagement. Lucius&Lucius De, Stuttgart

Windeler, A. (2001): Unternehmensnetzwerke. Konstitution und Strukturation. Westdeutscher Verlag, Wiesbaden.

Wittig, S. (2012): Luftfahrtindustrie - Implikationen der WTO-Berufungsentscheidungen für Airbus und Boeing. In: Ifo Schnelldienst 65(07), S. 21-27

Wollersheim, J. (2010): Exploration und Exploitation als zwei Seiten derselben Medaille: Eine systematische Zusammenführung bestehender Konzepte zur Förderung von Ambidextrie in Unternehmen. In: Stephan, M. und Kerber, W. (Hrsg.) 2010: „Ambidextrie“: Der unternehmerische Drahtseilakt zwischen Ressourcenexploration und –exploitation, Jahrbuch Strategisches Kompetenzmanagement, Band 4, Rainer Hampp Verlag, München, S. 3-26

Woodward, J. (1958): Management and technology, London. Her Majesty’s Stationary Office, London

Wright, T.P. (1936): Factors Affecting the Cost of Airplanes. Journal of Aeronautical Science 3(4), S. 122-128

Wulfert, H. (2011): Wissensproduktion und -transfer im regionalen Kontext. Wissensvernetzung und regionale Einbettung außeruniversitärer Forschungsinstitute im Ruhrgebiet. Zugriff am 25.03.2014: https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/29416/1/Dissertation.pdf

Wurche, S. (1994): Vertrauen und ökonomische Rationalität in kooperativen Interorganisationsbeziehungen. In: Sydow, J. und Windeler, A. (Hrsg.): Management interorganisationaler Beziehungen. Westdeutscher Verlag, Opladen, S. 142-159

Yang, H., Phelps, C. und Steensma, H.K. (2010): Learning from what others have learned from you: The effects of knowledge spillovers on originating firms. The Academy of Management Journal 53(2), S. 371-389.

Yelle, L. E. (1979): The learning curve: historical review and comprehensive survey. In: Decision Sci. 10, S. 302-328

Yelle, L.E. (1980): Industrial Life Cycles and Learning Curves: Interaction of Marketing and Production. In: Industrial Marketing Management 9, S. 311-318

Younossi, O., Mark V.A., Moore, R.M., Lorell, M.A., Mason, J. und Graser, J.C. (2002): Military Jet Engine Acquisition: Technology Basics and Cost-estimating Methodology. In: RAND, MR-1596-AF, Santa Monica, CA.

Zahra, S. A. und George, G. (2002): Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization,

Zehbold, C. (1996): Lebenszykluskostenrechnung. Springer Verlag. Wiesbaden

Ziman, J. (2000): Evolutionary models for technological change. In: Ziman, J. (Ed.): Technological innovation as an evolutionary process 6, S. 3-11

Zimmermann, V. und Andres, M. (2001): Das Innovationsverhalten von kleinen und mittleren Unternehmen. In: Wirtschaftsdienst 81(9), S. 532-540

Zobolski, A. (2008): Kooperationskompetenz im dynamischen Wettbewerb – eine Analyse im Kontext der Automobilindustrie. Gabler GWV, Wiesbaden

Zollenkop, M. (2006): Geschäftsmodellinnovation – Initiierung eines systematischen Innovationsmanagements für Geschäftsmodelle auf Basis lebenszyklusorientierter Frühaufklärung. Deutscher Universitäts-Verlag, GWV Fachverlage, Wiesbaden

Zollo, M., Reuer, J.J. und Singh, H. (2002): Interorganizational routines and performance in strategic alliances. In: Organization Science 13(6), S. 701-713

Anhang

Anhang 1: Wissensfelder und Kategorien[1271]

Wissensfeld	Kategorie	Beschreibung
Aerodynamik und Aerothermisch	Aerodynamik und Aerothermisch	Aerodynamik, Luftströme, Thermik, Temperatur
Material	Legierungen	Legierungen, Beschichtigungen, Anstriche, Versiegelung
	Metalle	Stahl, Aluminium, Kupfer, Titanium,…
	Verbundwerkstoffe	alle Arten von Verbundwerkstoffen, bspw. kohlenfaserverstärkter Kunststoff
	Kunststoff	Alle Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere.
	Keramik und Glas	Alle (technischen) Kermaiken und amorphe Feststoffe
	Lithium und Seltene Erden	Lithium und Seltene Erden
	Textilien	Alle (technischen) Textilien
	Andere Materialien	wie bspw. Leder, Gummi, Holz, Zement und Harze
Elektrik, Elektronik und chemische Verfahren	Elektrik, Elektronik	wie bspw. Kabel, Konduktoren, Spulen, Aktuatoren, Elektromagnete und Magnete
	chemische Verfahren	inkl. Petrochemie
	Batterie und Brennstofffzelle	(Traktions-) Batterien, Brennstoffzellen, Kathoden, Flüssigwasserstoff
Laser, Sensoren, Optik	Laser, Sensoren, Optik	Laser, Sensoren, optische Messungen, Licht,…
Optimierung des Herstellungsprozesses	Formen	Verformungsinstrumente und -verfahren (wie bspw. Aufwickeln, Sintern, Schleifen, Schmieden, Kleben,...)
	Prozesse	Prozessverbesserungen, Kostenreduktion, Herstellungsprozesse, Zuliefererkettenanalysen,…
	Robotik	Roboter (-systeme)
	Qualitätsprüfung	Reparatursysteme, nicht-zerstörendes Prüfen, Wartung,…
	Trennen	wie bspw. Sägen, Schneiden,…
	Simulationen	Simulationen, numerische Modelle, Computerunterstützte Systeme und Informatik
	Schweißen	Schweißen und Löten
Satelliten und Raumfahrt	Satelliten und Raumfahrt	Satelliten, Raketen sowie weitere Raumfahrtprodukte und Prozesse
Umweltbezogen	Recycling und Verschmutzungs-vermeidung	Alle Projekte die mit der expliziten Themenstellung des Recycling und/oder der Umweltverschmutzung deklariert sind
Andere	Bergbau	Bergbau, Pfahlrammen,…
	funktionale Oberflächen	alle funktionalen Oberflächen (ausgeschl. Metalle)
	Andere Themen	kein direkter Bezug zur Luft- und Raumfahrt, wie bspw. Gemäuer

[1271] Eigene Darstellung

Anhang 2: Suchwörter Industrien[1272]

Industrie	Zusammensetzung	Suchwörter
Transport	Automobil, Schiffsbau und Schienenfahrzeuge	automotive, vehicle, ship, rail, locomotive
Energie, Elektronik, Laser	Energie, Elektrik- und Elektronik, Laser	energy, electric, electronic, laser, power generation, solar, sensor
Bau, Bergbau, Holz	Bau, Bergbau, Holz	mining, ore, construction, building, road, paper, furniture
Textil	Textil	textile, shoe, leather, clothing, wool
Medizin und Lebensmittel	Medizin und Lebensmittel	medical, implant, drink, food

[1272] Eigene Darstellung