Organisation und Gesellschaft – Forschung

RESEARCH

Uli Meyer

Innovationspfade

Evolution und Institutionalisierung komplexer Technologie

Springer VS

Organisation und Gesellschaft – Forschung

Herausgegeben von
G. Ortmann, Hamburg, Deutschland
A. Windeler, Berlin, Deutschland

Wie wünscht man sich Organisationsforschung?

Theoretisch reflektiert, weder in Empirie noch in Organisationslehre oder -beratung sich erschöpfend. An avancierte Sozial- und Gesellschaftstheorie anschließend, denn Organisationen sind in der Gesellschaft. Interessiert an Organisation als Phänomen der Moderne und an ihrer Genese im Zuge der Entstehung und Entwicklung des Kapitalismus. Organisationen als Aktionszentren der modernen Gesellschaft ernstnehmend, in denen sich die gesellschaftliche Produktion, Interaktion, Kommunikation – gelinde gesagt – überwiegend abspielt. Mit der erforderlichen Aufmerksamkeit für das Verhältnis von Organisation und Ökonomie, lebenswichtig – nicht nur aber besonders – für Unternehmungen, die seit jeher als das Paradigma der Organisationstheorie gelten. Gleichwohl Fragen der Wahrnehmung, Interpretation und Kommunikation, also der Sinnkonstitution, und solche der Legitimation nicht ausblendend, wie sie in der interpretativen resp. der Organisationskulturforschung und innerhalb des Ethik-Diskurses erörtert werden. Organisation auch als Herrschaftszusammenhang thematisierend – als moderne, von Personen abgelöste Form der Herrschaft über Menschen, über Natur und materielle Ressourcen. Kritisch gegenüber den Verletzungen der Welt, die in der Form der Organisation tatsächlich oder der Möglichkeit nach impliziert sind. Verbindung haltend zu Wirtschafts-, Arbeits- und Industriesoziologie, Technik- und Wirtschaftsgeschichte, Volks- und Betriebswirtschaftslehre, und womöglich die Abtrennung dieser Departments voneinander und von der Organisationsforschung revidierend. Realitätsmächtig im Sinne von: empfindlich und aufschlussreich für die gesellschaftliche Realität, und mit Neugier und Sinn für das Gewicht von Fragen, gemessen an der sozialen Praxis der Menschen.

So wünscht man sich Organisationsforschung. Die Reihe „Organisation und Gesellschaft – Forschung“ ist für Arbeiten gedacht, die dazu beitragen.

Herausgegeben von

Günther Ortmann
Helmut-Schmidt-Universität
Hamburg, Deutschland

Arnold Windeler
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland

Uli Meyer

Innovationspfade

Evolution und Institutionalisierung komplexer Technologie

Springer VS

Uli Meyer
Berlin, Deutschland

Dissertation Technische Universität Berlin, Deutschland

D83

Organisation und Gesellschaft – Forschung
ISBN 978-3-531-17587-4 ISBN 978-3-531-93159-3 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-531-93159-3

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

Springer VS
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH ist Teil der Fachverlagsgruppe
Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Danksagung

... von den vielen zeitraubenden
Vergnügungen, denen man sich hier in
Berlin hingeben kann, ist, wie ich nunmehr
konstatiren kann, das Doktormachen eine
der allerzeitraubensten und der damit
verbundene Genuß ein sehr geringer.

Max Weber an Hermann Baumgarten,
30.07.1889

Zu Dank verpflichtet bin ich all jenen Personen, die mich bei dem „zeitraubenden Vergnügen“ des „Doktormachens“ unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Arnold Windeler. Den Diskussionen mit ihm, seinen Anregungen und Kommentaren habe ich außerordentlich viel zu verdanken. Danken möchte ich denjenigen, die verschiedene Teile der Arbeit in unterschiedlichen Graden der Fertigstellung gelesen und kommentiert haben: Werner Rammert, Cornelius Schubert, Thomas Klatetzki, Kai-Uwe Hellmann und Gudrun und Harald Meyer,

Ein Teil der Arbeit ist bei SCANCOR (Scandinavian Consortium for Organization Research) an der Stanford University, USA, entstanden. Hier gilt mein Dank Walter Powell für die Einladung, dort als Gastwissenschaftler zu arbeiten. Ich habe die Arbeit und den Austausch mit Kollegen dort als außergewöhnlich produktiv und anregend erlebt. Hier danke ich insbesondere Brian Arthur, Mark Granovetter, John Meyer und James March. Sie haben mir geholfen, zumindest einige der gröbsten Fehlinterpretationen ihrer Arbeiten zu vermeiden.

Ohne meine Interviewpartner hätte ich diese Arbeit nicht anfertigen können. In den meisten Fällen habe ich von diesen ein großes Entgegenkommen erfahren. Sehr viele Gesprächspartner haben sich viel Zeit für die Gespräche genommen, um mir einen Einblick in die jeweiligen Tätigkeitsbereiche zu gewähren.

Inhaltsübersicht

Danksagung ..... **V**

Inhaltsübersicht ..... **VII**

1 Einleitung **1**
1.1 Der Innovationspfad der Fahrerassistenzsysteme 6
1.2 Mechanismen 20
1.3 Modellbildung zwischen Formeln und Geschichten 26
1.4 Aufbau der Arbeit 30

2 Evolution und Innovation **33**
2.1 Biologische Evolution 35
2.1.1 Zufall, Funktionalismus und Fortschritt 36
2.1.2 Stabilität und Wandel 41
2.1.3 Mehrebenenperspektive und Umweltrelationen 42
2.1.4 Aktivitäten und Akteure 44
2.1.5 Emergenz und Selbstorganisation: Komplexität 46
2.1.6 Der Beitrag biologischer Konzepte zur Erklärung technologischer Entwicklung 48
2.2 Besonderheiten sozialer Evolution 49
2.3 Evolution von Technik 54
2.3.1 Gradualistische Konzepte 56
2.3.2 Punktualistische Konzepte 57
2.3.3 Koevolution und Nischen: die Bedeutung der Umwelt 62
2.4 Pfadabhängigkeit 65
2.4.1 Technologische Pfadabhängigkeit und neo-klassische Ökonomie 69
2.4.2 Eigenschaften pfadabhängiger Technikentwicklung 71
2.4.3 Dynamik von Pfaden: Selbstverstärkung und Verriegelung 72
2.4.4 Small Events 77

2.4.5 Modelle 78
2.4.6 Grenzen des Pfadabhängigkeitsmodells 82
2.4.7 Pfadkreation 89
2.5 Evolution von Organisationen und Ökonomie 93
2.5.1 Evolutionäre Ökonomie: Technologische Innovation als treibende Kraft ökonomischen Wandels 93
2.5.2 Population Ecology: Innovation ohne Akteur und organisationale Trägheit 104
2.6 Zwischenfazit: Evolutionäre Eigenschaften technologischer Pfade 108

3 Institutionalisierung und Innovation 115
3.1 Mehr als Effizienz und technische Rationalität: Institutionen und Legitimität 119
3.1.1 Die drei Säulen von Institutionen 122
3.1.2 Organisationaler Umgang mit Rationalitätserwartungen 132
3.1.3 Konstitution von Institutionen 137
3.1.4 Institutionalisierung, Institutionalisiertheit und Geflechte 142
3.2 Organisationale Felder der Technologieentwicklung 145
3.3 Wandel und Stabilität 156
3.4. Institutioneller Wandel und Akteure 159
3.5 Rahmung und Theoretisierung 168
3.6 Professionen 173
3.7 Zwischenfazit 177

4 Innovationspfade 179
4.1 Institutionalisierung von Innovationspfaden 184
4.2 Geflechte, organisationale Felder und verteilte Technikentwicklung 189
4.3 Akteure 192
4.4 Mechanismen der Stabilisierung und Selbstverstärkung 199
4.5 Zentrale Eigenschaften des Konzepts der Innovationspfade 205

5 Der Innovationspfad Fahrerassistenzsysteme 207
5.1 Methoden 210
5.2 Entstehung und Struktur des Innovationspfades 216
5.2.1 Technologische Grundlagen des Innovationspfades 216
5.2.2 Die heutige Form der Entwicklung von Assistenzsystemen 221
5.2.3 Struktur des organisationalen Feldes der Technologieentwicklung 227
5.2.4 Entstehung des organisationalen Feldes: PROMETHEUS 234
5.2.5 Institutionalisierung und Verengung des Innovationspfades: Die PRO-ROAD Logik 246
5.3 Mechanismen der Stabilisierung und Selbstverstärkung 249
5.3.1 Orientierung auf Innovation und Innovativität 250
5.3.2 Koordination des organisationalen Feldes: Zuliefererbeziehungen, Forschungsprojekte und Wissensdiffusion 254
5.3.3 Die Profession der Ingenieure 268
5.3.4 Akteure: Rahmung und Theoretisierung 277
5.4 Momentum des Pfades im Wechselspiel von Strategie und Emergenz 293
5.4.1 Aktive Gestaltung 294
5.4.2 Das Wechselspiel von Mechanismen, aktiver Gestaltung und Ereignissen 301
5.4.3 Gegenwart und Zukunft des Innovationspfades 310

6 Innovationspfade und gesellschaftliche Entwicklung 315

7 Literaturverzeichnis 325

1 Einleitung

Innovation wird heute selbstverständlich als etwas Gutes betrachtet. Sie ist zu einem Allheilmittel in wirtschaftlich schlechten Situationen erklärt worden, sowohl für Unternehmen[1] und Nationalstaaten als auch in globalen Krisen. Innovation ist eng verknüpft mit der neuzeitlichen Vorstellung, das Ziel gesellschaftlicher Entwicklung sei Gerechtigkeit und Fortschritt (Meyer et al. 1987b). Ähnlich wie Freiheit oder Gleichheit ist Innovation zu einem der großen Begriffe der Moderne geworden (van Lente 2000: 49).[2] Besonders technologische Innovationen werden häufig und aus den unterschiedlichsten Perspektiven als Triebkraft gesellschaftlicher Entwicklung beschrieben (z.B. Marx 1867 ; Schumpeter 1964 [1911]; Habermas 1969 ; Berger et al. 1973 ; Nelson/Winter 1982 ; Castells 2001 ; Wajcman 2002). Das Streben nach Innovation ist dabei weder neu noch innovativ: „In der Tat gibt es in gewissem Sinne nichts Traditionelleres als die Orientierung am Neuen" (Groys 2004: 9).[3] Eine Folge dieser auf Dauer gestellten Orientierung auf Neues ist, dass heute sowohl die Ausrichtung auf Innovation als auch die konkreten Prozesse der Entwicklung neuer Technologien in vielen Fällen hochgradig institutionalisiert und organisiert sind. Innovationen sind in den seltensten Fällen Resultat von Geistesblitzen genialer Erfinder, sondern werden strukturiert hervorgebracht, z.B. in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen von Unternehmen.

Insbesondere komplexe Innovationen entstehen dabei zunehmend aus der Interaktion einer Vielzahl von Organisationen, wobei keine dieser Organisationen alleine in der Lage wäre, die Innovation hervorzubringen. Aufgrund dieser Auf- und Verteilung von Innovationsprozessen und den daraus resultierenden Interaktionen

[1] Formal wäre es korrekt, statt des (juristischen) Begriffs des „Unternehmens" den (betriebswirtschaftlichen) Begriff der „Unternehmung" zu verwenden (Sydow 1992: 78 f.). Da die formale Differenz jedoch keine große Bedeutung für die beschriebenen Phänomene hat, wird im Folgenden der gängigere Begriff des Unternehmens verwendet.

[2] Viele Innovationsstudien orientieren sich auch deshalb primär an der Frage, warum Innovationen sich nicht schneller ausbreiten und schneller übernommen werden (Winter 1990b: 277).

[3] Gille etwa sieht die Ursprünge dieser Perspektive noch vor der Renaissance (Gille 1968).

U. Meyer, *Innovationspfade,* Organisation und Gesellschaft – Forschung,
DOI 10.1007/978-3-531-93159-3_1, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

der beteiligten Organisationen können sich spezielle *organisationale Felder der Technologieentwicklung* herausbilden, die über lange Zeit stabile Arten der Technologieentwicklung und Entwicklungstrends hervorbringen. Innovation ist in diesen Fällen eine Fähigkeit des Feldes, nicht einzelner Organisationen in diesem Feld. Solche Felder sind die Voraussetzung für stabile Pfade technologischer Innovation. In ihnen entwickeln sich soziale Mechanismen, die einen *Innovationspfad* tragen und verstärken können. Solche *Innovationspfade* können hochgradig dynamisch sein, die Richtung ihrer weiteren Entwicklung ist jedoch sehr stabil und weist eine klare Orientierung auf. Bei Innovationspfaden handelt es sich um industrieweite bzw. feldweite Entwicklungen, die nicht nur ein konkretes Artefakt betreffen, sondern einen generellen Entwicklungstrend beschreiben. Sie können viele Einzelinnovationen beinhalten und bringen ein bestimmtes Verständnis einer Technologie und ihrer Entwicklung zum Ausdruck. In den organisationalen Feldern, die solche Innovationspfade stützen, kann die Art und Form der Technologieentwicklung über lange Zeiträume verriegelt sein. Technikentwicklung ist dann in institutionellen Geflechten eingebettet, und es bestehen klare Kriterien zur Beurteilung von Technik und neuen Entwicklungen.

Auch wenn technologische Entwicklung häufig erscheint, als würde sie einer eigenen Logik folgend evolvieren, so ist technologischer Wandel bzw. Entwicklung doch ein originär soziales Phänomen (vgl. Pitt-Rivers et al. 1906 ; Basalla 1988). Sie geschieht immer in einem sozialen Kontext, der geprägt ist von sozialen Strukturen, Macht und den Interessen und Vorstellungen der an diesem Prozess beteiligten Akteure. Im *Modell der Innovationspfade* wird speziell die Herausbildung *einer* bestimmten, konkreten Art der Technologieentwicklung betrachtet. Es soll dabei helfen zu erklären, wie Organisationen und Institutionalisierungsprozesse auf der Ebene organisationaler Felder dazu beitragen, Innovationsprozessen eine solche Dynamik zu verleihen, dass es erscheint, als würden sie einer Eigenlogik folgen, zu der es keine Alternative gibt. Ziel des Konzeptes ist es aufzuzeigen, wie Vorstellungen von ökonomischer und technischer Rationalität, sei es durch emergente Prozesse oder durch die Mobilisierung von Ressourcen und Beeinflussung, z.B. in sozialen Netzwerken (Padgett/Ansell 1993: 167), sozial konstruiert und stabilisiert werden. Da Innovationen soziale Phänomene sind, ist es notwendig, die *sozialen* Prozesse zu verstehen

und zu erklären, die diesen zugrunde liegen und die damit in Zusammenhang stehende Institutionalisierung zu betrachten.

Um die emergenten Eigenschaften technischer Entwicklung, aber auch die darunter liegenden Prozessen angemessen erfassen zu können, basiert das im Folgenden entwickelte Modell der Innovationspfade auf einer Kombination evolutionstheoretischer und neo-institutionalistischer Konzepte. Die Stärken der beiden Ansätze können so kombiniert bzw. die Schwächen der Ansätze jeweils ausgeglichen werden: Evolutionäre Modelle liefern keine detaillierte Beschreibung der ihnen zugrundeliegenden Prozesse und der Rolle von Akteuren dabei, während neo-institutionalistische Konzepte alleine keine Möglichkeit bieten, technologische Entwicklung als solche in den Blick zu nehmen. Entsprechend der sich daraus ergebenden ‚Aufgabenverteilung' der theoretischen Ansätze werden im Modell der Innovationspfade die Eigenschaften technischer Entwicklung mit Begriffen evolutionärer Modelle – allen voran dem Modell technologischer Pfadabhängigkeit – beschrieben. Als evolutionär werden dabei die Eigenschaften technologischer Entwicklung betrachtet. Die genauen Mechanismen dieser Entwicklung werden sodann jedoch als Prozesse der Institutionalisierung beschrieben, die sich nicht einfach auf die evolutionären Mechanismen der Variation, Selektion und Retention zurückführen lassen. Möchte man ein genaueres Verständnis der einem Innovationspfad zugrundeliegenden Prozesse entwickeln, ist es vielmehr notwendig, die konkret wirkenden sozialen Prozesse zu betrachten. Organisationale Felder der Technologieentwicklung und Innovationspfade werden dabei als ko-konstitutiv betrachtet. Felder konstituieren Pfade darüber, dass in ihnen relevante Aspekte der Technologieentwicklung miteinander verflochten und stabilisiert werden. Innovationspfade wiederum konstituieren Felder darüber, dass in diesen Technologieentwicklung zentraler Orientierungspunkt und Thema wird. Pfad und Feld stellen damit die Kernkonzepte des hier entwickelten Modells dar. Darüber hinaus manifestiert sich in ihnen die Verwendung und Verknüpfung der zwei zentralen Theoriestränge: die *Institutionalisierung* in und von organisationalen Feldern bringt die Makrodynamik hervor, die zur *Evolution* eines Innovationspfades führt.

Die Organisationen von Innovation

Forschung und Entwicklung (F&E) sind gerade bei komplexen Technologien häufig so zeit- und ressourcenaufwendig, dass sie hauptsächlich als langfristig ausgerichtete Projekte in und durch Organisationen stattfinden (Winter 1990b: 272; Rammert 1993: 65). Organisationen verfügen über das Ausmaß an Ressourcen, die nötig sind, F&E langfristig zu verfolgen und sind häufig erste Abnehmer bzw. Anwender von neuen Technologien (Nelson/Winter 1977a: 62). „Das Unternehmen als Erfinder" (Noble 1977: 84 ff.) ist als Träger von Innovation abgelöst worden von Geflechten, Netzwerken oder Verbünden von Organisationen, in denen keine der beteiligten Organisationen die vollständige Kompetenz zur Entwicklung einer Technologie besitzt. Häufig finden Entwicklungen daher bereits ab einem sehr frühen Stadium auf der Ebene interorganisationaler Netzwerke bzw. organisationaler Felder statt, in denen technisches Wissen und Kompetenzen der Forschung und Entwicklung verteilt sind. Neben der Institutionalisierung von Innovationsprozessen ist dies der Komplexität von Technologie geschuldet. Viele Technologien, wie z.B. die im Folgenden betrachteten Elektroniksysteme in Automobilen, die sogenannten *Fahrerassistenzsysteme* (FAS), setzen sich aus zahlreichen Komponenten zusammen, die sehr unterschiedliche Wissens- und Technikbereiche berühren können. Fahrerassistenzsysteme etwa setzen unter anderem Kompetenz in den Bereichen Automobiltechnik, Elektronik, Informatik, Sensortechnik voraus. Durch die Verteiltheit von Innovationsprozessen über viele Organisationen hinweg sind bei komplexen Technologien die organisationalen Felder, die durch die notwendige interorganisationale Koordination entstehen, von besonderer Bedeutung für deren Beschreibung und Analyse. Diese organisationalen Netzwerke setzen sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Organisationen zusammen. Neben den eigentlichen Herstellern einer Technologie sind dies z.B. Zulieferer, Forschungseinrichtungen, politische Akteure, diverse Interessenvertretungen wie Verbände, Fachvereinigungen (Kowol/Krohn 1995: 78). Sie bilden den primären Rahmen, in dem sich Innovationspfade industrieweit herausbilden und stabilisieren können. Sowohl auf der Ebene von Organisationen als auch auf der von organisationalen Feldern können Innova-

tionsaktivitäten stabilisiert und institutionalisiert werden. In Organisationen geschieht dies beispielsweise durch die Herausbildung von Routinen und Formalstrukturen (Hannan/Freeman 1977: 154), zwischen Organisationen durch die Herausbildung stabiler organisationaler Felder und Geflechte. Bilden sich solche stabilen institutionellen Geflechte, können diese eine bestimmte technologische Entwicklungsrichtung maßgeblich fördern. Eine solche Betrachtungsweise schließt explizit die Möglichkeit der gezielten Beeinflussung solcher Pfade durch Akteure mit ein. Organisationen setzen ihre Ressourcen häufig ein, um die Entwicklung von Innovationen machtvoll in ihrem Sinne zu beeinflussen. Zwar sind selbst große Organisationen nicht in der Lage, komplexe Technologien alleine zu entwickeln und ihre Entwicklung beliebig zu steuern, Innovationsprozesse sind jedoch auch immer Ausdruck von Macht und aktiver Gestaltung durch Organisationen. Organisationale Felder sind folglich kein Ort der Harmonie, sondern vielmehr häufig Schauplätze von Machtkämpfen um verschiedene Interpretationen von Technologie.

Das Modell der Innovationspfade versucht, zur Beantwortung der Frage beizutragen, wie sich Innovationen durchsetzen und diffundieren (Rogers 1995), insbesondere wie sich eine bestimmte Art und Weise der Innovation herausbilden und gegen andere durchsetzen und etablieren kann. Oder wie es Dosi formuliert: „Why do certain technological developments emerge instead of others?“ (Dosi 1982: 148). Von besonderer Relevanz ist dabei das Wechselspiel von Stabilität und Wandel, das in der Institutionalisierung von Innovation zum Ausdruck kommt und die Frage, inwieweit solche Dynamiken, die große Kontinuität aufweisen können, gesteuert oder emergent und unintendiert sind.

Die Relation zwischen den beiden Phänomenen Innovation und Institution wird dabei als durchaus komplex betrachtet: Innovationen sind nicht alleine Ursache und Ausdruck von Wandel und Institutionen nicht alleine Ursache und Ausdruck von Stabilität. Die Mechanismen, auf denen die Stabilität von Innovationspfaden beruht, verhindern Entwicklung nicht, orientieren diese jedoch. Innovation ist ohne kognitive und normative Verankerung im wahren Sinne des Wortes nicht denkbar. Die mit Innovation verbundenen Prozesse der Institutionalisierung sind für Stabilität verantwortlich; die Stabilität der Entwicklung von Technologie ermöglicht so aber

gerade Wandel. Stabilität ist notwendig, damit technologische Entwicklung Momentum, eine sich selbst tragende Dynamik, entwickeln kann und die Unsicherheit in Bezug auf zukünftige Entwicklung reduziert wird.

Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt auf der evolutionären Dynamik der Herausbildung und Stabilisierung von Innovationspfaden durch Prozesse der Institutionalisierung.

1.1 Der Innovationspfad der Fahrerassistenzsysteme

Das Modell der Innovationspfade, das in dieser Arbeit entwickelt wird, ist in der Auseinandersetzung mit einem konkreten Fall entwickelt worden: der Entstehung des Innovationspfades zu Fahrerassistenzsystemen in der Automobilindustrie. Assistenzsysteme sind eine besondere Form elektronischer Systeme in Automobilen, die aktiv in die Fahrzeugführung eingreifen bzw. Teile dieser übernehmen (vgl. Rammert 2002b). Eine Reihe solcher Systeme sind seit längerem in Serienfahrzeugen verfügbar, so etwa Systeme, die selbständig den Abstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen regulieren können, die Folgen von Auffahrunfällen abmildern bzw. verhindern sollen oder ein Auto (halb-)automatisch einparken können. FAS haben in den letzten Jahrzehnten einen gravierenden Bedeutungswandel erfahren. Noch in den 1960er und 1970er Jahren bestand in der Automobilindustrie eine grundlegende Skepsis gegenüber dem Einsatz von Elektronik in Automobilen. Die vorherrschende Sichtweise dieser Zeit war, dass ein Auto sehr gut ohne Computer funktioniert und durch solche ein Auto zwar nicht grundlegend verbessert, aber vieles schlechter und vor allem unsicherer werden könne. Diese Position ist nahezu vollständig verschwunden.[4] Heute verfügt jeder Neuwagen über eine Vielzahl von elektronischen Systemen. So formulierte bereits 1997 der Vorstandsvorsitzende der Ford Motor Company, Alexander Trotman: „The Ford Taurus has more computing power than the original Apollo that went to the moon“ (zitiert nach: Rycroft/Kash 2000: 4). Seitdem sind die Anzahl, die Leistungsfähigkeit und auch das Leistungsspektrum von

[4] Die Veränderung dieser Position wird in Kapitel 5 behandelt.

Computersystemen in Autos noch einmal massiv gestiegen.[5] Heute sind Ingenieure in der Automobilindustrie davon überzeugt, dass sich ein modernes Auto nicht ohne Computer bzw. Elektronik bauen lässt. Assistenzsysteme sind Teil der kognitiv-kulturellen Vorstellung von Ingenieuren geworden, was ein modernes Auto kennzeichnet. Im Jahr 2003 wurde der Beruf des *Kfz-Mechanikers* in Deutschland durch den Beruf des *Kfz-Mechatronikers* ersetzt, um der gewachsenen Bedeutung von Elektronik gerecht zu werden. Vor allem die Rahmung von Assistenzsystemen als Möglichkeit, die Verkehrssicherheit zu erhöhen, hat dabei zu einer normativen und inzwischen auch regulativen Aufwertung durch politische Akteure geführt. Es hat sich ein stabiles organisationales Feld herausgebildet, in dem FAS entwickelt werden. Es existieren stabile Interaktionsmuster zwischen beteiligten Organisationen, es haben sich feldweite Institutionen herausgebildet u.ä. Automobilhersteller und -zulieferer verfügen über eigene Forschungsabteilungen zu Fahrzeugelektronik, und FAS werden als einer der wichtigsten Wachstumsbereiche der Zukunft betrachtet.

Die Prozesse und Dynamiken, die zu dieser Veränderung der Bewertung von FAS geführt haben, sollen in dieser Arbeit beschrieben und analysiert werden. Das Ziel ist es darzustellen, wie es zu einer solchen Umorientierung kommen konnte, welche Mechanismen und Prozesse zur Herausbildung des Innovationspfades und eines diesen stützenden organisationalen Feldes beigetragen haben und welche Organisationen und deren Konstellationen dabei von besonderer Bedeutung waren. Es gilt zu erklären, wie etwas, das als Unsicherheitsfaktor und Störungsquelle in Autos betrachtet wurde, sich mit der Zeit zu einem als selbstverständlich betrachteten Teil wandeln konnte. Rein ökonomisch kann dies nicht erklärt werden. Zwar wird die Entwicklung seit den 1970er Jahren von Erwartungen getragen, dass solche Systeme bedeutend zur Umsatzsteigerung beitragen werden. Auch wenn sie sich bis heute nicht erfüllt hat, bleibt diese Erwartung weiterhin ungebrochen. Interessant ist nun, welche Prozesse, insbesondere Mechanismen, eine solche Entwicklung so lange Zeit tragen konnten.

[5] Hinzu kommt, dass damals wie heute die amerikanische Automobilindustrie kein Vorreiter in Bezug auf Innovationen ist. Im Gegenteil: Ein Interviewpartner nannte den Ford Taurus explizit als Beispiel dafür, dass die amerikanische Automobilindustrie bei der Entwicklung von Assistenzsystemen hinter Europa und Japan hinterherhinke.

Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf Deutschland und bezieht den internationalen Kontext mit ein, wenn dieser zum Verständnis der Entwicklung notwendig ist. Eine solche regionale Fokussierung ist deswegen möglich und sinnvoll, da die Automobilindustrie trotz ihrer starken internationalen Orientierung deutliche regionale Unterschiede zeigt (Levy/Rothenberg 2002: 177). Eine Besonderheit der deutschen bzw. europäischen Automobilindustrie ist eine starke Orientierung auf Innovationen. Aufgrund dieser Orientierung sind europäische Hersteller in besonderem Maße bestrebt, ihre Innovationsfähigkeit unter Beweis zu stellen. Dies kann in einigen Fällen so weit gehen, dass die Darstellung von Innovativität die Neuartigkeit von Systemen deutlich übertrifft. So sind verschiedene verfügbare elektronische Systeme für Autos in Werbekampagnen als besonders innovativ beworben worden, die von in diesem Bereich tätigen Ingenieuren als „innovation dust" bezeichnet werden, als etwas, das Innovativität darstellen soll, aber nicht wirklich innovativ oder auch nur von praktischem Nutzen ist.[6] In den USA dagegen wird der Wettbewerb deutlich stärker über Preise bzw. Rabatte ausgetragen. Schon dieser eine Unterschied hat nachhaltige Folgen für die Dynamik der Technologieentwicklung in den jeweiligen Regionen. Trotz solcher Besonderheiten sind regionale Entwicklungen eng mit der weltweiten Automobilindustrie und gesellschaftlichen Entwicklungen im Allgemeinen verflochten. Keine Darstellung der lokalen Prozesse kann ohne Bezugnahme auf diese größeren Kontexte auskommen und findet entsprechend im Folgenden sowohl in der theoretischen Konzeption als auch in der Darstellung der Empirie Berücksichtigung.

Innovation und Technik – eine erste Positionsbestimmung

Im Modell der Innovationspfade steht der Prozess der Innovation im Vordergrund und weniger Innovationen als Folge und Ergebnis dieser Prozesse (z.B. Braun-Thürmann 2005: 6). *Innovation* bezeichnet im Folgenden jene Aktivitäten und Entwicklungen, die neue Technologien hervorbringen (vgl. Weyer 2008: 55 f.). *Technologie* bezeichnet dabei das Wissen um bestimmte Wirkungszusammenhänge und damit

[6] Ich werde darauf im Kapitel 5 näher eingehen.

über eine bestimmte Technik und deren Verwendung und Umsetzung, z.B. in technischen Artefakten (Dosi 1982: 152). Technologie umfasst das Wissen um Wege der Problemlösung und Methoden, Prozeduren und physische Objekte, in die diese eingeschrieben sind. *Technik* wiederum umfasst ein weites Spektrum von dauerhaft zugänglichen Problemlösungen:

„Unter Technik verstehen wir demnach die Gesamtheit der in der Gesellschaft kreativ und künstlich eingerichteten Wirkungszusammenhänge, die aufgrund ihrer Form, Funktionalität und Fixierung in verschiedenen Trägermedien zuverlässig und dauerhaft erwünschte Effekte hervorbringen." (Rammert 2007: 17)

Der Begriff der Technologie umfasst somit den der Technik, geht aber über diesen hinaus, insbesondere in der Betonung der Bedeutung von Wissen.[7] In einem solchen Verständnis von Technologie ist bereits angedeutet, dass Prozesse zur Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien auf einer Vielzahl von sozialen, prozeduralen und organisationalen Innovationen basieren (Hargrave/Van de Ven 2006).[8] Technik und Technologie sind immer in einen Kontext der Verwendung eingebettet, werden als Lösung für bestimmte Probleme beschrieben und auf bestimmte Art gerahmt. Von der Verwendung und dem Kontext hängt ab, wie eine Technologie beurteilt und wie sie weiterentwickelt wird (Munir 2005: 101), was wiederum ihre Verwendung beeinflusst. Technologie und Innovation können daher nicht als rein ingenieurwissenschaftliche Begriffe konzipiert werden.

Eine übliche Sichtweise ist, den Prozess der Innovation in die Phasen der eigentlichen Erfindung und deren anschließender Verbreitung (Invention und Diffusion) zu untergliedern. Invention beschreibt die Verknüpfung eines bestimmten Zwecks oder Ziels mit einem Effekt, der dies erreichen kann (Arthur 2007: 274); sie erzeugt dauerhafte Wirkzusammenhänge. Auch für Inventionen gilt, dass sie vielfach die Folge von Aushandlungsprozessen zwischen Akteuren sind, die in organisationalen Kontexten arbeiten (Fujimura 1988: 261) oder zwischen

[7] Zur Vereinfachung werde ich im Folgenden hauptsächlich den Überbegriff Technologie verwenden.
[8] Zu einer weiter gefassten Definition des Innovationsbegriffs, speziell zu sozialen Innovationen, siehe z.B. (Zapf 1989).

kollektiven Akteuren selbst. Eine Invention wird zur Innovation, wenn sie genutzt wird und sich verbreitet.

„Innovation concerns the search for, and the discovery, experimentation, development, imitation, and adoption of new products, new production processes and new organizational setups." (Dosi 1988a: 222)[9]

So wichtig die Betonung der verschiedenen Aspekte für Innovation ist, so wichtig ist die Feststellung, dass sich Innovation nicht in zwei – oder auch mehr – klar getrennte Phasen unterteilen lässt (Nelson/Winter 1977a: 61).

Innovationskonzepte – ob auf Prozess oder Resultat orientiert – enthalten üblicherweise einen Verweis darauf, dass es sich dabei um etwas Neues handelt, z.B. um neues Wissen oder neue Kombinationen von Wissen (Edquist 1997a: 42). Daraus ergibt sich zwangsläufig die Frage, wann etwas neu ist. Die oben angeführte Definition von Dosi lässt diese Frage unberührt, Braun-Thürmann definiert Innovation darüber, was „Beobachterinnen und Beobachter als neuartig wahrnehmen" (Braun-Thürmann 2005: 6). Dieser Weg der Definition hat den Vorteil, dass die Zuschreibung und Konstruktion von „neuartig" explizit mit aufgenommen wird.[10] So ist bei der Herausbildung und Stabilisierung von Innovationspfaden die Entstehung allgemein geteilter Kriterien zur Beurteilung von Innovation innerhalb eines Feldes ein wichtiger Bestandteil. Ob und in welchem Ausmaß Akteursgruppen in der Lage sind, ihre Definitionen von „Neu" zu etablieren und durchzusetzen, ist entscheidend für die Entstehung und die Ausrichtung eines Innovationspfades. Aus diesem Grund wird Innovation im Folgenden vor allem unter dem Gesichtspunkt betrachtet, was Akteure als

[9] Wichtig ist, dass diese Aufzählung keine zeitliche Reihung darstellt. Nicht alle diese Aspekte werden sich bei jeder Innovation in gleichem Maße finden lassen, und deren Abfolge wird nicht linear sein. Vielen Entdeckungen geht keine Suche voraus, Imitation kann ein Ersatz für Experimentieren und Entwickeln sein usw.

[10] Ein Nachteil dieser Perspektive kann sein, dass keine eigenen analytischen Kriterien zur Beurteilung entwickelt werden. Konzepte von „Neu", die Kriterien unabhängig von Beobachtern beinhalten, nehmen häufig Bezug auf formale (z.B. als Patent angemeldet) oder funktionale bzw. normative Kriterien (z.B. in Bezug auf Nützlichkeit). Die beiden Herangehensweisen lassen sich als Extreme eines Kontinuums betrachten. So kann eines von mehreren Kriterien zur Bestimmung von Innovationen sein, dass es von Nutzern als neuartig empfunden wird, aber es wird nicht automatisch alles als neu betrachtet, was z.B. in Werbekampagnen als innovativ angepriesen wird, wenn es nicht weitere Kriterien erfüllt.

Innovation betrachten, bzw. inwieweit es Akteuren oder Akteursgruppen gelingt, bestimmte Vorstellungen von Innovativität durchzusetzen und zu institutionalisieren. Daraus ergibt sich ein Innovationsbegriff, bei dem die Bewertung von Innovativität unterschiedlich ausfallen kann, je nachdem, auf welche Akteursgruppe sich diese Bewertung stützt. Technologien können von unterschiedlichen Akteuren bzw. Gruppen durchaus unterschiedlich bezüglich ihrer Neuartigkeit bewertet werden. Daraus resultiert jedoch kein analytisches Problem, sondern dies ist im Gegenteil für den hier gewählten Blickwinkel notwendig. Diese Betrachtungsweise erlaubt es zu beobachten, ob Innovationen und ihre Bedeutungen umkämpft sind oder nicht, ob Widersprüche bestehen, bzw. ob und wie sich einheitliche Kriterien etablieren (Pinch/Bijker 1984).

Innovationsprozesse sind grundsätzlich – per Definition – mit Unsicherheit verbunden (Dosi 1982: 151; Rammert 1988b: 33). Wären technologische Entwicklungen vollständig vorhersehbar, würden sie nichts Neues enthalten (Poser 2004: 274). Dies macht Prognosen über den zukünftigen Erfolg und Misserfolg entstehender Entwicklungsrichtungen so problematisch (Garud/Ahlstrom 1997: 525; Meyer/Schulz-Schaeffer 2006: 7 ff.). Stabilisieren und institutionalisieren sich jedoch bestimmte Formen von Innovationsprozessen, können stabile Innovationspfade entstehen. Dem Aspekt der mit der Herausbildung von Innovationspfaden verbundenen Institutionalisierung wird im Konzept der Innovationspfade große Bedeutung für die Herausbildung bzw. Evolution von Innovation und Innovationsprozessen eingeräumt.

Hiermit ist bereits angedeutet, dass das Verhältnis von Institutionen und Innovationen komplex und von wechselseitiger Beeinflussung gekennzeichnet ist: Institutionen ermöglichen die Stabilisierung technologischer Trends. Die Institutionalisierung von Vorstellungen von Innovationen führen erst zu einer Orientierung auf Innovationen, wie sie in modernen Gesellschaften besteht. Die Verbreitung einer bestimmten Perspektive auf Innovation oder eine bestimmte Technologie und der Umgang damit hat Konsequenzen für die Organisation von Innovation in dieser Gesellschaft. Für das Modell der Innovationspfade findet dies

vor allem in Form der Beeinflussung von Technologieentwicklung und deren Beurteilung in einer Gesellschaft durch Ingenieure Berücksichtigung. Bereits in konkreten F&E Aktivitäten wird diese Verflechtung deutlich:

„Praktiken der Technologieentwicklung sind – wenn man will: bis in die Niederungen alltäglichen Tuns in Forschungslabors und anderen Produktionsstätten hinein – durch Gesellschaft und andere Sozialsysteme gleichzeitig ebenso geprägt, wie sie diese selbst mit prägen." (Windeler 2003: 319)

So wie technische Innovationen gesellschaftlich geprägt sind, beeinflussen diese in bedeutendem Maße wiederum Gesellschaft. Allgemein hat die mit technischer Produktion und dem Streben nach Fortschritt einhergehende Logik von Maximierung und Effizienz, z.B. in Form einer Orientierung auf „größer und besser", „mehr und günstiger", „stärker und schneller", Auswirkungen auf nahezu alle gesellschaftlichen Bereiche (Ellul 1964 ; Berger et al. 1973: 36). Besonders in modernen Gesellschaften ist diese Übertragung enorm:

„Everyday life in just about every one of its sectors is ongoingly bombarded, not only with material objects and processes derived from technological production but with clusters of consciousness originating within the latter." (Berger et al. 1973: 39)

Ein Beispiel für die gegenseitige Beeinflussung von Technik und Gesellschaft ist die Parallelentwicklung der Verbreitung des Autos und der gesellschaftlichen Dynamik (Rammler 2001). Die konkret verfügbare Technik in Autos formt Erwartungen und Vorstellungen, die wiederum die konkrete Technikentwicklung prägen.

Durch den hier angedeuteten und im Folgenden ausgearbeiteten Blick auf Innovationen, ihre Entwicklung und Institutionalisierung unterscheidet sich der vorgestellte Ansatz von verschiedenen anderen, die Innovationen thematisieren. Sozialwissenschaftliche Studien zur Entstehung und Verbreitung neuer Technologien zeichnen häufig die konkrete Entwicklung einer bestimmten Innovation nach. Ziel dieser Studien ist es, die soziale Konstruiertheit der jeweiligen Technologie nachzuzeichnen (Pinch 1996) und die sozialen Aushandlungsprozesse aufzudecken, die zu

einer bestimmten Form von Technologie geführt haben. Die in diesem Kontext beschriebenen Beispiele sind zahlreich: So wurde z.B. die Entwicklung des Mountain-Bikes (Rosen 1993), des Moog-Synthesizers (Pinch 2001), der post-it-notes (Garud/Karnøe 2003), des Cochlear Implantats (Garud/Rappa 1994), von Interkontinentalraketen (MacKenzie 2001) und viele andere Technologien in dieser Art beschrieben. Die große Stärke dieser Studien sind die detaillierten Fallbeschreibungen, wohingegen die Einbettung in einen theoretischen Rahmen in vielen Fällen rudimentär bleibt. Zudem wird die Bedeutung von Organisationen in diesen Prozessen weitgehend vernachlässigt, bzw. nicht systematisch erfasst.[11]

Ein anderer Strang der Innovationsforschung versucht, vergleichend die Innovationskraft, z.B. von Organisationen oder Nationen, zu messen und die Ursachen für Differenzen zu bestimmen. Diese Art der Innovationsforschung behandelt primär die Frage, wie sich Innovationen schneller verbreiten lassen und setzt damit ebenfalls voraus, dass eine solche Verbreitung erstrebenswert ist (vgl. Winter 1990a). Solche Studien machen Innovativität häufig an Indikatoren wie Anzahl (verschiedener Arten) von Patenten fest, um daraus Grade der Innovationsfähigkeit zu errechnen. Ein Beispiel für diese Art der Innovationsforschung sind die Arbeiten zu „National Innovation Systems" (z.B. Lundvall 1988 ; Nelson 1993). Der konkrete Prozess der Innovation findet dabei wenig Beachtung. Als Resultat solcher Studien werden gesetzliche Rahmen oder auch Ressourcenreichtum eines Landes und dessen (geographische) Größe als primäre Gründe für die Entstehung eines bestimmen „Systems of Innovation" (Edquist 1997b ; Mowery 1998: 8f, 178) auf Kosten anderer (sozialer) Faktoren hervorgehoben. Auch diese Studien, die Innovationen oder auch die Herausbildungen von generellen Strukturen der Innovation nachzeichnen, liefern häufig detaillierte historische Darstellungen (z.B. Mowery 1998), fundieren diese jedoch selten theoretisch.

Näher verwandt ist der hier vorgestellte Ansatz mit dem Konzept der „Innovation Journey" (Van de Ven 1999). Allerdings werden in diesem Innovationen als in einer Organisation entstehend beschrieben (ibid.: 149) und primär Aktivitäten individueller Akteure rekonstruiert (ibid.: 7,13) (Van de Ven 1999: 7, 13). Besonders

[11] Eine der wenigen Ausnahmen stellt (Eden 2004) dar.

durch die Betrachtung des Phänomens, dass Innovationsprozesse häufig über mehrere, oft sehr viele Organisationen verteilt sind, kommt der Unterschied des Konzepts der Innovationspfade zu diesem Ansatz zum Ausdruck. Das Feld ist die Ebene, die Innovationen hervorbringt. Und es sind solche organisationalen Felder, die Bündel von Innovationen, wie sie Innovationspfade darstellen, stabilisieren und institutionalisieren.

Neben dem Fokus auf Organisationen und Institutionen betont das hier vorgestellte Modell den historischen Kontext und die Entstehungsgeschichte von Innovationen, ohne die Innovationen nicht angemessen erklärt werden können. Dies steht im Gegensatz zu Ansätzen, die Innovationen z.B. auf der Ebene sozio-technischer Systeme, auf der Basis der Funktion, die sie für eine Gesellschaft erfüllen, erklären wollen (z.B. Geels 2005a: 1 f.). Die Probleme, die mit solchen funktionalistisch orientierten Erklärungen einhergehen, werden im folgenden Kapitel noch ausführlicher diskutiert.

Evolutionäre Dynamik als Folge institutioneller Prozesse

Das hier entwickelte Konzept der Innovationspfade soll die grundlegende Dynamik technologischer Entwicklung erfassen, aber auch die konkreten Prozesse und Mechanismen aufzeigen, die solche Dynamiken hervorrufen. Theoretische Ausgangspunkte sind dabei evolutionäre und neo-institutionalistische Konzepte. Evolutionstheoretische Konzepte, allen voran das Konzept der Pfadabhängigkeit, erlauben eine Beschreibung der allgemeinen Dynamik der Entwicklung von Innovation. Komplementär dazu ermöglicht es der soziologische Neo-Institutionalismus, die konkreten sozialen Prozesse und Dynamiken und die Rolle von Akteuren dabei zu beschreiben.

Evolutionäre Modelle und evolutionäre Erklärungen technologischen und organisationalen Wandels erlauben in besonderer Weise, die grundlegende Dynamik technologischer Entwicklung nachzuzeichnen. Die Makrostruktur technologischer Entwicklung weist evolutionäre Muster auf. Es ist sicherlich kein Zufall, dass die Entwicklung von Technik häufig mit Hilfe evolutionärer Modelle beschrieben wurde (z.B. Butler 1863 ; Pitt-Rivers et al. 1906 ; Gilfillan 1935 ; Nelson/Winter 1982 ;

Basalla 1988 ; Tushman/Rosenkopf 1992 ; Van de Ven/Garud 1994). Auch evolutionäre Konzepte, die nicht speziell zur Beschreibung technologischer Entwicklung entworfen wurden, leisten einen Beitrag zum Verständnis des Zusammenwirkens von Technik, Organisationen und Institutionen, durch das Innovationspfade gekennzeichnet sind.

Evolutionäre Modelle werden im Folgenden nicht genutzt, um ein streng darwinistisches Modell basierend auf Variation, Retention und Selektion zu entwickeln.[12] Im Zentrum steht vielmehr die Frage nach den grundlegenden Eigenschaften evolutionärer Dynamik und der Übertragbarkeit auf Technologieentwicklung im Speziellen. Im Vordergrund steht damit die vor allem zu Beginn bestehende Offenheit von Entwicklungen, die nicht zuletzt durch Zufall beeinflusst, sich zunehmend stabilisieren oder gar verriegeln (vgl. Ortmann et al. 1997: 334f). Nicht gemeint ist eine wie auch immer geartete Argumentation im Sinne eines „survival of the fittest". Ganz im Gegenteil.

Von besonderer Bedeutung für die Beschreibung von Technik sind folgende Eigenschaften evolutionärer Modelle:

- Das Wechselspiel von zufälligen und systematischen Elementen.
- Das (zumindest teilweise) emergente Ergebnis solcher Prozesse.
- Entwicklungen sind historisch, nicht-funktionalistisch.
- Evolutionsmodelle weisen einen klaren Modellcharakter auf.
- Solche Modelle identifizieren zentrale Mechanismen und deren Zusammenwirken.
- Der Mehrebenencharakter von Dynamiken.
- Entwicklungen, nicht nur statische „Schnappschüsse" .

Aus der Menge evolutionärer Konzepte leistet das Modell der Pfadabhängigkeit (David 1985 ; Arthur 1989b, 1994c ; David 2000) und insbesondere in der Lesart von Brian Arthur, den größten Beitrag zu dem hier vorgestellten theoretischen Konzept. Das Modell der Pfadabhängigkeit geht der Frage nach, warum und wie sich

[12] Die genaue Form dieser Elemente muss jedoch jedes Mal abhängig vom jeweiligen Kontext bestimmt werden. Es ist z.B. nur von begrenztem Nutzen, darwinistische Evolutionsmodelle direkt auf soziale Prozesse übertragen zu wollen (vgl. Kapitel 2).

bestimmte technologische Designs gegen andere durchsetzen und verbreiten können. Das Pfadabhängigkeitskonzept macht deutlich, dass technologische Entwicklung aufgrund der Mischung aus zufälligen und systematischen Prozessen nicht vorhersagbar ist. Es verdeutlicht die Bedeutung, die stabilisierende und selbstverstärkende Mechanismen für die Entstehung langfristiger Prozesse haben. Damit bietet es eine solide Basis für das Modell der Innovationspfade.[13]

Der klare Modellcharakter vieler Evolutionsmodelle stellt allerdings auch eine Schwäche dar. Gerade evolutionäre Modelle sozialer Phänomene, wie etwa evolutionäre Modelle ökonomischer Dynamik oder der Technikentwicklung (Nelson/Winter 1982 ; Erdmann 1993), abstrahieren häufig stark von konkreten Prozessen. Bei solchen – meist mathematisch formulierten – Modellen bleiben die genauen sozialen Mechanismen und Dynamiken, die der Entwicklung zugrunde liegen, weitgehend unberücksichtigt. Auch Akteure werden nur in begrenztem Umfang in evolutionären Modellen repräsentiert. Dies hat zwei Gründe: Zum einen werden durch den hohen Abstraktionsgrad vieler evolutionärer Modelle Akteure und ihre Aktivitäten nicht oder aber sehr stark vereinfacht und stilisiert dargestellt. Zum anderen werden in der generellen Argumentationslinie evolutionärer Modelle Entwicklungen auf Dynamiken überindividueller Ebenen, etwa auf die von Populationen, zurückgeführt. Besonders darwinistische Modelle betonen, dass Variation blind und Selektion kein aktiver Prozess der Auswahl, sondern Folge unterschiedlicher Grade von Erfolg ist (z.B. Hannan/Freeman 1977) und daher der Kontrolle von Akteuren entzogen ist. Auch das Modell der Pfadabhängigkeit weist diese Lücken auf: So wird die Komplexität der betrachteten Prozesse zugunsten einfacher (mathematischer) Modelle vernachlässigt und als Folge dessen neben der konkreten Wirkungsweise verschiedener sozialer Mechanismen auch der Einfluss von Akteuren und insbeson-

[13] Über die ursprüngliche Anwendung auf die Verbreitung von Technologie hinaus ist die Idee der Pfadabhängigkeit auf eine Vielzahl von Phänomenen und Anwendungsgebieten übertragen worden. Das Konzept organisationaler Pfadabhängigkeit (Schreyögg et al. 2003 ; Schreyögg/Sydow 2010) beleuchtet beispielsweise die Stabilisierung organisationaler Entwicklungen. Auch wenn diese Übertragungen im Folgenden nicht primär zur Erklärung organisationaler Stabilisierung herangezogen werden, so ist es doch Ziel des Konzepts der Innovationspfade, die beiden Phänomene zu verknüpfen und die Stabilität der Art und Weise der Entwicklung technologischer Neuerungen organisational zu erklären. Dazu mehr im Kapitel 2.

dere Organisationen auf die Entwicklung von Pfaden nur unzureichend aufgenommen (vgl. Raadschelders 1998 ; Arrow 2003: 23). Evolutionäre Modelle sind somit wenig geeignet, die konkreten sozialen Mechanismen und die Rolle von Akteuren, insbesondere von Organisationen, angemessen zu erfassen. Die genauen sozialen Prozesse werden eher verdeckt, insbesondere würde man versuchen, sie in der Darstellung einfach in ein Korsett aus den darwinistischen Mechanismen Variation, Selektion und Retention zu zwängen. Im Modell der Innovationspfade werden daher die Eigenschaften und die Dynamik technischer Entwicklung mit evolutionären Konzepten beschrieben, während die diesen zugrundeliegenden Mechanismen mit soziologischen Konzepten gefasst werden.

An dieser Stelle erweist sich der soziologischen Neo-Institutionalismus als nützlich: Mit ihm können sowohl die sozialen Mechanismen institutioneller Stabilisierung als auch der Einfluss von Akteuren im Allgemeinen und Organisationen im Speziellen auf diese Prozesse aufgenommen werden. Die Identifizierung sozialer Mechanismen der Institutionalisierung ist zentrales Element dieses Ansatzes (vgl. Powell 1991 ; Scott 2008: 51), so dass es diese Perspektive ermöglicht, die konkreten sozialen Mechanismen der Stabilisierung genauer zu erfassen. Durch die Kombination der Betrachtung des Einflusses von Institutionen auf formale Organisation, wie sie vor allem in frühen neo-institutionalistischen Studien thematisiert wird (Scott 2008: XIX), mit Konzepten, die institutionellen Wandel und die Bedeutung von Macht, Interessen, Akteuren und aktives Gestalten thematisieren, wie dies vor allem neuere neo-institutionalistische Arbeiten tun, können Institutionen sowohl als unabhängige als auch als abhängige Variable berücksichtigt werden.[14]

Die detaillierte Behandlung von Prozessen der Institutionalisierung hilft zu erklären, wie und warum Innovationen und bestimmte Arten ihrer Entwicklung sich zu etwas entwickeln können, das als legitim oder selbstverständlich betrachtet wird (Munir 2005: 96): Erst die gesellschaftsweite Betrachtung von Innovationen als etwas

[14] Diese Unterscheidung zwischen frühen und neueren Arbeiten wird noch verschiedentlich in dieser Arbeit auftauchen. Diese grobe Unterscheidung weist auf die zwei Phasen neo-institutionalistischer Theorieentwicklung hin. Eine erste Phase, in der die Grundlagen der Theorie gelegt wurden und in der Institutionen primär als zu erklärende Variable betrachtet werden und eine zweite Phase, die Institutionen darüber hinaus auch als zu erklärende Variable betrachten und einen Schwerpunkt auf deren aktive Beeinflussung durch Akteure legt. Als Arbeiten, die diese zweite Phase eingeleitet haben, gelten u.a. (DiMaggio 1988 ; Oliver 1991 ; Powell 1991).

grundsätzlich Gutem und der formalen Verankerung von Technologieentwicklung in F&E-Abteilungen führt dazu, dass Innovationsaktivitäten routinisiert und institutionalisiert werden (Orlikowski 1992: 411).

Neo-institutionalistische Organisationstheorie schließt darüber hinaus eine weitere Lücke vieler Innovationskonzepte: Sie rückt Organisationen und deren Interaktionen auf der Ebene *organisationaler Felder* ins Zentrum der Betrachtung (Scott 2008: 182). Organisationen werden nicht nur als bedeutender Kontext betrachtet, in dem individuelle Akteure agieren, sondern werden selbst als zentrale Akteure in modernen Gesellschaften betrachtet (Meyer/Jepperson 2000 ; Hardy/Maguire 2008 ; Lawrence 2008), die ihre Wirkung vor allem in Interaktionen untereinander entfalten (Scott 2008: 182). Eine solche Betonung von Organisationen und ihrer Bedeutung für die Entstehung sozialer Ordnung orientiert auf wichtige Eigenschaften von Innovationsprozessen.

Gerade bei Technologieentwicklung üben Organisationen in bedeutendem Umfang Einfluss auf ihre Umwelt aus und mobilisieren Ressourcen, um die Entwicklungen in Bahnen zu lenken, die ihren Interessen entgegen kommen. In Bezug auf Pfade betrifft dies z.B. die aktive Einflussnahme von Akteuren auf Institutionen und Institutionalisierung zur Hervorbringung, Stützung oder Destabilisierung von Entwicklungen. Gleichzeitig sind Organisationen der Ort, in denen Technologien entwickelt werden. Allgemein strukturieren Organisationen einen Großteil der täglichen Aktivitäten der meisten Menschen (Tolbert/Zucker 1996: 1).

Über die Betrachtung von einzelnen Organisationen hinaus ist die Berücksichtigung interorganisationaler Netzwerke bzw. organisationaler Felder notwendig. Nur so lässt sich beschreiben, wie es zum heute beobachtbaren Ausmaß der „routinization of innovation“ (Schumpeter 1942: 132) kommen kann. Die Stabilisierung von Technologieentwicklungen wird gefördert durch die Herausbildung von dauerhaften Geflechten zwischen Organisationen. Die Interaktionsmuster zwischen Organisationen können auf sehr unterschiedlichen Grundlagen beruhen: Sie basieren auf Kooperation und Wettbewerb und können sowohl Ausdruck friedlichen Miteinanders als auch von Auseinandersetzung und Konflikt sein (DiMaggio/Powell 1983 ; Bourdieu/Wacquant 1992: 104 f.). Dabei sind die Interaktionen innerhalb eines organisationalen Feldes auf bestimmte Themen bezogen, auf deren Basis sich

das Feld gebildet hat (Hoffman 1999). Speziell bei organisationalen Feldern der Technologieentwicklung beziehen sich Themen und Interaktionen auf die Art und Weise der Technologieentwicklung und deren Bewertung. Auch wenn das gemeinsame Thema unumstritten ist, kann die konkrete Ausgestaltung eines Themas, dessen konkrete Rahmung, umkämpft sein.[15]

Diese Orientierung auf die organisationalen Felder ermöglicht es, die sozialen Prozesse zwischen einer Vielzahl von Organisationen zu analysieren, die die evolutionären Eigenschaften von technologischer Entwicklung hervorbringen.

Trotz der Unterschiede teilen evolutionäre und neo-institutionalistische Konzepte verschiedene Grundannahmen, die eine Kombination im beschriebenen Sinne – Technik evolviert auf der Basis sozialer Mechanismen – erleichtern bzw. ermöglichen. Gemein ist beiden Ansätzen die Orientierung auf Dynamiken, die sich über längere Zeiträume erstrecken können (Nelson 1994a: 132; Scott 2008: 213). Darüber hinaus erlauben bzw. erfordern beide die Betrachtung von Entwicklungen auf verschiedenen Ebenen, lehnen funktionalistische Erklärungen ab, betonen die Bedeutung der Analyse von Mechanismen und identifizieren Prozesse, die weitere Entwicklungen stabilisieren können. Beide betrachten Zukunft als offen, aber nicht zufällig oder beliebig, so dass zwar präzise Vorhersagen schwierig sind, wohl aber die konkreten Mechanismen angegeben werden können, die zu bestimmten Entwicklungen führen bzw. geführt haben. Beide Ansätze betrachten komplexe Prozesse und berücksichtigen dies in den Beschreibungen des Zusammenhangs von Wandel und Stabilität. Evolutionstheorie zeigt, wie komplexe Entwicklungen aus wenigen einfachen Prozessen entstehen können. Idealtypisch ist dies verkörpert in der Relation von Variation, Selektion und Retention: Variation – Neues bedarf der Stabilisierung, der Retention, um Bestand zu haben und sich verbreiten zu können. Auch neo-institutionalistische Konzepte zeigen für konkrete soziale Prozesse den Zusammenhang und die gegenseitige Abhängigkeit von Stabilität und Wandel auf. Akteure, die institutionellen Wandel herbeiführen wollen, greifen dabei auf stabile

[15] Allein die Automobilindustrie in Deutschland hat in den letzten Jahren und Jahrzehnten verschiedene Beispiele für solche Auseinandersetzungen um Bedeutungsmacht und Relevanz geliefert. Stichworte sind u.a. Rußpartikelfilter, Hybridantrieb oder das Dauerthema eines Tempolimits auf Autobahnen.

institutionelle Geflechte zurück, und auch Wandel in Organisationen basiert mit wenigen Ausnahmen auf wenigen stabilen Prozessen (March 1981: 563).

Das Modell der Innovationspfade weist somit eine Kombination aus diesen beiden Theorierichtungen auf:

- Für komplexe Technologien wird Innovation als Prozess verstanden, an der eine Vielzahl von Akteuren, insbesondere Organisationen, aktiv und strategisch beteiligt ist und der sich auf der Ebene organisationaler Felder entfaltet.
- Unterschiedliche, im konkreten Fall zu analysierende soziale Mechanismen der Stabilisierung und Selbstverstärkung tragen zentral zur Herausbildung eines Innovationspfades bei.
- Die Bedeutung zeitlicher Dynamiken und Geschichte wird betont und die Notwendigkeit nicht-funktionalistischer Erklärungen hervorgehoben.
- Dem Zusammenspiel von Stabilität und Wandel wird ein hoher Stellenwert eingeräumt. Dynamiken sind weder deterministisch noch zufällig.
- Institutionen und Institutionalisierungsprozesse sind zentral für die Herausbildung von Innovationspfaden.
- Aus diesen Elementen speist sich das ko-konstitutive Verhältnis von Pfaden (Evolution) und Feldern (Institutionalisierung).

Aus dieser Sichtweise beschreiben Innovationspfade langfristige, in ihrer Form konstante Innovationsprozesse, die durch Institutionalisierung in, durch und zwischen Organisationen stattfinden und in denen sich bestimmte Formen der Technologieentwicklung gegen andere durchsetzen.

1.2 Mechanismen

Aufgrund der grundsätzlichen Komplexität sozialer Phänomene (Powell 1991: 201) ist es in den Sozialwissenschaften kaum möglich, Regelmäßigkeiten in der Art und

Allgemeingültigkeit darzustellen, wie dies z.B. in der Physik postuliert wird. Zumindest theoretisch sollen physikalische Gesetze ohne Ausnahme zutreffen.[16] In den Sozialwissenschaften sind sie dagegen nahezu immer stochastischer Natur (Merton 1936: 898).[17] Es lassen sich wahrscheinliche Entwicklungen aufzeigen, aber keine Vorhersagen im engeren Sinne treffen. Erklärungen dafür setzen an verschiedenen Punkten an: die unerkannten Bedingungen und unerkannten bzw. unintendierten Konsequenzen des Handelns (Merton 1936 ; Giddens 1984: 5), die Vielfalt der kausal relevanten Konstellationen (Weber 1988 ; Balog 2008: 80), begrenzte Rationalität (Simon 1947), die grundsätzliche Kontingenz des Sozialen (Windeler 2001: 36 ff.), oder formal formuliert, dass Klassifikationen sozialer Phänomene nicht zu vollständig homogenen Kategorien führen (Merton 1936: 899). Der Kern dieser Begründungen ist der gleiche: Soziale Phänomene sind so komplex, dass sie sich nicht mit universal gültigen Gesetzen ausdrücken lassen. Dies soll oder kann jedoch nicht bedeuten, dass soziologische Forschung nicht nach Möglichkeiten sucht, verallgemeinerbare Aussagen zu treffen und nach Mustern in sozialen Strukturen und Prozessen zu suchen. Mit dem Begriff des *Mechanismus* wird versucht, dem Fehlen von Gesetzen im Sozialen Rechnung zu tragen, gleichzeitig aber die Suche nach verallgemeinerbaren Konzepten und Analysen nicht vollständig aufzugeben.

Einer der bekanntesten sozialen Mechanismen ist die *selbsterfüllende Prophezeiung:* „The self-fulfilling prophecy is, in the beginning, a false definition of the situation evoking a new behavior which makes the originally false conception come true" (Merton 1948: 195).[18] Merton verdeutlicht die Wirkungsweise dieses Mechanismus

[16] Zu den Problemen dieses Anspruchs in den Naturwissenschaften siehe z.B. (Cartwright 1983).
[17] Schon in der Biologie ist die Härte der verwendeten Hypothesen deutlich geringer als in der Physik (Jacob 1977: 1162). Gesetze in der Evolutionstheorie sind kontingente Generalisierungen bzw. empirische Verallgemeinerungen, die vielfach Ausnahmen und große Beschränkungen in Raum und Zeit aufweisen (Mayr 2001: 227 f.).
[18] Merton beschreibt auch den komplementären Mechanismus, bei dem Vorhersagen gerade dadurch nicht zutreffen, dass sie gemacht werden (Merton 1936).