

Werner Rammert

Technik und Innovationen:
Kerninstitutionen der modernen
Wirtschaft*

Technical University Technology Studies

Working Papers

TUTS-WP – 4 – 2015

* Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine erweiterte und aktualisierte Fassung des Überblicks von 2008, der im Handbuch der Wirtschaftssoziologie, hg. von Andrea Maurer, 2. Auflage im Springer-Verlag/ VS 2016, erscheinen wird.

Technik und Innovationen: Kerninstitutionen der modernen Wirtschaft*

Werner Rammert

Abstract:

Der Beitrag führt ein in die soziologische Analyse von Technik und Innovation als zentrale Institutionen von Wirtschaft und Gesellschaft. Er gibt gleichzeitig einen systematischen Überblick über disziplinäre Zugänge (Soziologie, Ökonomie, Geschichte, Politik) und theoretische Ansätze zur Erforschung von Techniken als sozialen Tatsachen mit hoher Zuverlässigkeit und von Innovationen als sozialen Prozessen mit großer Ungewissheit aus breiter sozialwissenschaftlicher Sicht. Dazu werden nach einer reflexiven und relationalen Bestimmung der Begriffe Technik und Innovation ihre wirtschafts- und gesellschaftshistorische Relevanz aufgezeigt und mit Marx, Ogburn, Gilfillan und Schumpeter vier Klassiker sozialwissenschaftlicher Technik- und Innovationsforschung vorgestellt. Ausgewählte aktuelle Theorieansätze zwischen Ökonomie und Soziologie werden so präsentiert, dass man die Grundzüge ihrer Argumentation kennenlernen und die kritischen oder konstruktiven Bezüge zueinander erkennen kann. Die Ansätze reichen von der Theorie der rationalen Technikwahl und des praktischen Handelns, das Routinen folgt oder kreativ abweicht, bis hin zu Modellen der sozialen Technikgenese und soziotechnischer Konstellationen, der Innovationspfade und der verteilten Innovationsprozesse. Sie sind danach geordnet, welcher Gesichtspunkt bei ihnen jeweils besonders zählt, wenn es um die Prägung oder Erklärung der technischen Entwicklung oder Innovationsverläufe geht: „Gewinnmaximierung und Märkte“ oder „Geschichte und kritische Ereignisse“, „Herrschaft und Interessen“ oder „Projekte und kulturelle Deutungen“, „Institutionen“ oder „Akteur-Konstellationen“. Der Beitrag schließt mit einer erweiterten Forschungsperspektive für Prozesse gesellschaftlicher Innovation, die technische wie ökonomische, aber auch soziale und kulturelle Innovationen einschließt.

Schlüsselworte:

Technik - Technikgenese - soziotechnische Konstellation - technikbezogenes Handeln - Innovation - Innovationsverläufe - Pfadabhängigkeit - innovatives Handeln - Kreativität - soziale Innovation - Innovationsnetzwerk - Regime - Institution - Wirtschaftssoziologie - Innovationsökonomie - Innovationssoziologie

* Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine erweiterte und aktualisierte Fassung des Überblicks von 2008, der im Handbuch der Wirtschaftssoziologie, hg. von Andrea Maurer, 2. Auflage im Springer-Verlag/ VS 2016, erscheinen wird.

Inhaltsverzeichnis:

Technik und Innovation – Einleitung.....	4
1. Das Problem der Technik und die Paradoxie der Innovation.....	5
1.1 Technik als soziale Tatsache	5
1.2 Die soziale Dynamik der Innovation.....	9
2. Technik und Innovation in Geschichte und Gesellschaft.....	11
3. Theoretische Zugänge zu technischem Wandel und gesellschaftlicher Innovation.....	15
3.1 Sozialwissenschaftliche Klassiker: Marx, Ogburn, Gilfillan und Schumpeter	15
3.2 Theorieansätze der Gegenwart zwischen Ökonomie und Soziologie: Von der rationalen Technikwahl bis zu Technikgenese und Innovationspfad.....	22
3.2.1 Neo-klassische Produktionsfunktionstheorie und rationale Technikwahl: Gewinnmaximierung und Märkte zählen	24
3.2.2 Neo-schumpeterianischer Ansatz: Routinen und evolutionäre Mechanismen zählen ..	25
3.2.3 Pfadabhängigkeits-Ansatz: Geschichte und kritische Ereignisse zählen	27
3.2.4 Neo-marxistischer Ansatz: Herrschaft und Interessen zählen.....	29
3.2.5 Sozialkonstruktivistischer Ansatz: Projekte und kulturelle Deutungen zählen	30
3.2.6 Neo-institutionalistischer Ansatz: Institutionen und Akteur-Konstellationen zählen...	31
4. Eine erweiterte Forschungsperspektive für die Vielfalt und den Vergleich gesellschaftlicher Innovationsprozesse	33
Literatur	36

Technik und Innovation

Technik und Innovation sind zentrale Institutionen in Wirtschaft und Gesellschaft. Bei vielen Klassikern der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften bestand darüber kein Zweifel. Doch tauchen diese Begriffe in den gegenwärtigen Theorien der Ökonomie und Soziologie kaum auf. Ebenso fehlen sie in vielen Einführungen, Hand- und Wörterbüchern. Wenn Technik und Innovation zum Gegenstand gemacht werden, bleiben sie meistens peripher, werden z.B. nur als externe Größen gesellschaftlichen Wandels oder als Randbedingungen wirtschaftlichen Entscheidens erfasst. Zentrales Thema sind sie nur für Bindestrich-Soziologien wie die Technik-, Industrie- und Organisationssoziologie oder Spezialökonomien wie die Innovationsökonomie und die Ökonomie technischen Wandels. Der Status eines soziologischen Grundbegriffs bleibt ihnen in der Regel verwehrt. Der folgende Beitrag will dem abhelfen.

Technik und Innovation werden als genuin soziologische Phänomene begriffen. Der Beitrag bietet gleichwohl eine Einführung in die Problematik und die Geschichte von Technik und Innovation aus einer breiten sozialwissenschaftlichen Sicht. Er gibt einen systematischen Überblick über die wichtigsten klassischen wie aktuellen theoretischen Ansätze. Zunächst werden im *ersten Kapitel* die beiden Begriffe ausführlich bestimmt und die Problemstellungen in einer Weise vorgestellt, dass der gesellschaftliche Zusammenhang zwischen Technik und Innovation sichtbar wird: *Technik* wird dabei als soziale Tatsache eher auf der statischen Seite gesehen; sie ist bestimmt durch Erwartungen an Wirksamkeit und Verlässlichkeit, geprägt durch vereinfachende Schemata der Technisierung und installiert als gefestigte Konstellation unterschiedlicher Trägermedien. *Innovation* wird hingegen als sozialer Prozess eher auf der dynamischen Seite verortet; sie beginnt als von Gewohnheiten, Normen und Werten abweichendes und kreativ improvisierendes Handeln, zielt durch experimentelles Erproben und Re-Kombinieren von Elementen auf in irgendeiner Hinsicht für besser bewertete Veränderungen von Praktiken und Produkten in einem Feld und verläuft, was die Verbreitung, die Widerstände und die unerwarteten Struktureffekte betrifft, als mehr oder weniger radikaler Prozess sozialen Wandels – zwischen Mode und Revolution –, der durch hohe Ungewissheit und Offenheit gekennzeichnet ist. Im *zweiten Kapitel* werden dann Technik und Innovation als einerseits grundlegende und andererseits sich im Hinblick auf institutionelle Einbettung und Werteordnung wandelnde Phänomene in der Geschichte der Gesellschaft beschrieben. Thema des *dritten Kapitels* sind die verschiedenen theoretischen Zugänge zu technischem Wandel und gesellschaftlicher Innovation. Im ersten Abschnitt werden

Karl Marx, William F. Ogburn, S. Colum Gilfillan und Joseph Schumpeter als Klassiker der sozialwissenschaftlichen Technik- und Innovationsforschung vorgestellt und ihre wesentlichen Beiträge herausgestellt. Im zweiten Abschnitt werden ausgewählte aktuelle Theorieansätze zwischen Ökonomie und Soziologie so präsentiert, dass man die Grundzüge ihrer Argumentation kennenlernen und die kritischen oder konstruktiven Bezüge zueinander erkennen kann. Die Ansätze reichen von der Theorie der rationalen Technikwahl bis hin zu Modellen der sozialen Technikgenese, der Innovationspfade und der verteilten Innovationsprozesse. Sie sind danach geordnet, welcher Gesichtspunkt bei ihnen jeweils besonders zählt, wenn es um die Prägung oder Erklärung der technischen Entwicklung oder Innovationsverläufe geht: „Gewinnmaximierung und Märkte“ oder „Geschichte und kritische Ereignisse“, „Herrschaft und Interessen“ oder „Projekte und kulturelle Deutungen“, „Institutionen“ oder „Akteur-Konstellationen“. Der Beitrag schließt im *vierten Kapitel* mit der knappen Skizze einer Forschungsperspektive für Prozesse gesellschaftlicher Innovation, die technische wie ökonomische, aber auch soziale und kulturelle Innovationen einschließt.

1. Das Problem der Technik und die Paradoxie der Innovation

1.1 Technik als soziale Tatsache

Technik wird in der Gesellschaft gern als etwas Gegebenes angesehen, eine verlässliche Sache wie das Dach (*tectos*) über dem Kopf, eine verfügbare Ressource wie das Auto vor der Tür oder ein funktionierendes Infrastruktursystem wie das Netz der Stromversorgung. Werkzeuge und Textilien, Maschinen und Flugverkehr werden im gegenwärtigen Alltag ebenso selbstverständlich benutzt wie das Wasser zum Bewässern von Plantagen und Kühlen von Kraftwerken und der Boden zum Bebauen mit Straßen und Städten und zum Ausbeuten seiner Erze und Energieträger. Die Selbstverständlichkeit, mit der die technischen Dinge und Infrastrukturen im sozialen Handeln vorausgesetzt werden, hat häufig zu den falschen Annahmen verführt, die Technik käme nur als äußere Bedingung der Gesellschaft oder exogener Faktor der Wirtschaft in Betracht, das Technische sei möglichst auf materielle Geräte und Maschinen einzuschränken und diese seien nur als wertfreie Mittel für wirtschaftliche, militärische und andere soziale Zwecke zu behandeln.

Die Technik ist jedoch nichts natürlich Gegebenes: Sie ist weder ‚unser Schicksal‘ noch naturwüchsiger ‚technischer Fortschritt‘. Sie ist auch keine abstrakte Größe und geschlossene Ganzheit, weswegen wir hier von den konkreten Techniken im Plural sprechen. Die Techniken werden

gesellschaftlich produziert und künstlich gemacht. An ihrer Genese und Gestaltung sind viele Akteure beteiligt, die ihr als Entdecker und Erfinder, als Ingenieure und Unternehmer, als Patentanwälte und Ministerialbeamte, als Konsumenten und politisch Bewegte Schwung, Dauer und Richtung geben, ohne ihre gesamte Entwicklung im engeren Sinn steuern zu können. An ihren variantenreichen und verbesserten Formen kann man erkennen, dass sie mit Plan für einen Zweck entworfen (Projekt, Konstruktion) und mit Kunstfertigkeit gemacht und in Gang gesetzt (Artefakt, mechanicus, Ingenieur) werden. Das unterscheidet den natürlichen Bau der Wabe durch die Biene von der Vielfalt der von Menschen konstruierten Gebäude, von den Wellblechhütten bis zu den Marmorpalästen, von den klimatisierten Hochhäusern bis zur ökologischen Stadtvilla.

Die technischen Werke sind soziale Tatsachen. Sie sind es als sozial gemachte Sachen (Artefakte, Technostruktur) und als Bezugspunkte sozialen Tuns (technikbezogenes Handeln: Konstruktion von, Interaktivität mit und Delegation an Technik). Die sozial gemachten *Sachen*, wie die Verkehrsnetze, die Produktionsmaschinerien und die Internetprotokolle, sind ebenso zu den sozialen Tatsachen zu zählen wie die Regelwerke des bürgerlichen Rechts, die Organisationsarchitekturen moderner Unternehmen oder die Programme nachhaltigen Wirtschaftens. Sie beziehen sich wie diese auf das Handeln anderer und nehmen den Charakter sozialer Institutionen an, an denen sich weiteres Handeln orientiert. Sie unterscheiden sich von den anderen sozialen Institutionen dadurch, dass sie in physischen Trägermedien eingeschrieben, also versachlicht sind und dadurch bei Regelabweichung unerbittlicher und blinder als übliche menschliche Sanktionsinstanzen reagieren, mit unbestechlicher Funktionsverweigerung und körperlicher Verletzungsgefahr, zwischen Perfektion und Panne, garantierter Normalität und Katastrophe. Techniken dieser materialen Art sind versachlichte Erwartungen, eben Gesellschaft im Medium physischer Dinge und deren Aktivitäten und nicht im Medium menschlicher Körper und Handlungen. Die Gesellschaft steckt auch in der Maschine. Die Technostruktur ist Teil der Wirtschafts- und Sozialstruktur (Rammert 2007: 11 ff.).

Das *technikbezogene Handeln* bezieht sich auf den *Tat*-Aspekt der Technik als sozialer Tatsache. Es kommt auf dreierlei Weise ins Spiel: als „Machen *von* Technik“ (Technikgenese und Technikgestaltung), als „Machen *mit* Technik“ (instrumentelle Nutzung und spielerische Interaktivität) und als „Mitmachen *der* Technik selbst“ (Automation, Assistenz, verteiltes Agentensystem) (Rammert 2008: 341 ff). Diese Typen technikbezogenen Tuns fallen unter die Kategorie sozialen Handelns, insofern sie sich auf die in anderen technischen Werken eingeschriebenen Erwartungen und Werte und auf die anderen Typen technikbezogenen Tuns beziehen. Das „Machen der Technik“ ist ein zugleich technischer und sozialer Konstruktionsprozess: Techniken werden absichtsvoll

entworfen und kunstfertig hergestellt, um angestrebte Leistungen wirkungsvoll, dauerhaft und verlässlich erwartbar zu erzielen. An der Technikonstruktion sind alternierende Projekte der Technisierung und konkurrierende gesellschaftliche Gruppen beteiligt, die Nutzungsvisionen, Leistungskriterien und Anwendungsszenarios immer wieder neu definieren und aushandeln.

Auch das „Machen mit Technik“, sei es in Situationen der Arbeit, der Nutzung im Haushalt oder der Interaktivität bei Spiel und Unterhaltung, beschränkt sich nicht auf den instrumentellen Vollzug, sondern provoziert einen Aushandlungsprozess zwischen eingeschriebenem Handlungsentwurf und vielfältigen Nutzerpraktiken, eine kulturelle Deutung oder Umdeutung des implizierten Sinns und eine interaktive Aneignung der Nutzungsfunktionen, die zu neuen technischen Konfigurationen führen kann (z. B. das halb abgesägte Dach eines PKW zum Pick-up, der PC vom Rechner zum Spielzeug oder Kommunikationsmedium).

Das „Mitmachen der Technik“ kann bei bestimmten avancierten Techniken beobachtet werden. Wenn neuerdings Roboterteams und Gruppen von Softwareagenten (Artificial Societies) relativ selbständig Aufgaben ausführen und dabei untereinander kooperieren und sich arbeitsteilig organisieren, dann sind die ‚Belief/Desire/Intention‘ (BDI)-Vokabularien dieser künstlichen Agenten und die sozionischen Koordinationsmechanismen ihrer Systemarchitektur genauso zu studieren wie diejenigen menschlicher oder korporativer Akteure, die im Auftrag von Prinzipalen als deren Agenten relativ eigenständig Aufgaben lösen (vgl. Werle 2002; Schulz-Schaeffer 2007). Je mehr solche Aufgaben, wie optimale Produktionsorte und Transportwege zu suchen, beste Portfolios von Wertpapieren zusammenzustellen oder die Leistungen von Managern und Mitarbeitern zu evaluieren, an solche technischen Agenturen delegiert werden und je höher der Autonomiegrad eingestellt ist, der ihnen bei der Informationssuche, beim Erstellen persönlicher Profile und beim Lernen durch fallbasiertes Schließen zugestanden wird, desto zwingender wird es für die Soziologie, Techniken nicht nur als soziale Institutionen, sondern auch als soziale Akteure in hybriden kollektiven Handlungskonstellationen zu untersuchen (vgl. Rammert 2012).

Das Herstellen technischer Werke ist weder ein geniales Ideenfinden, noch ein bloßes Problemlösen und auch kein bezugsloses Basteln. Technisches Machen ist ein besonderes soziales Handeln, das sich kreativ, kombinierend und experimentierend an Sinn in vielfältigen Bezügen orientiert: Es wird dabei - wie vermittelt auch immer - auf irgendeinen Gebrauchssinn hin projiziert. Es wird - wie bei vielen sozialen Prozessen (Mode, Marktverhalten, Sozialisation) – anderes Verhalten und Handeln imitiert oder davon kreativ abgewichen. Es werden entdeckte Ereignisse oder Effekte auf nützliche Funktionen hin untersucht (Stromimpulse – Tonübertragung; Immunreaktion – Impfung). Es werden beabsichtigte Wirkungen gesteigert, unbeabsichtigte und störende mög-

lichst ausgeschlossen (Einkapselung von Geräten, De-bugging von Software). Es werden Leistungen auf Wirkungssteigerung und Ressourcenersparnis hin verglichen und bewertet. Das Ergebnis ist ein Schema der *Technisierung* von Abläufen jeglicher Art, das dann als Habitualisierung (körperliche Automatismen) im Medium menschlichen Verhaltens, als Mechanisierung im Medium physischer Wirkungen und als Algorithmisierung im Medium symbolischer Operationen ausgedrückt und eingeschrieben werden kann, wie das Schema des Webens in Handwebtechniken, mechanische Webstühle und in Steuerungscode auf Lochkarten oder wie das Schema des Kalküls in Form von eingeübten Rechentechniken, mechanischen Rechenmaschinen und symbolisch codierten Rechenprogrammen.

Technisierung als sozialer Prozess beinhaltet, Abläufe zu vereinfachen, sie in einem Trägermedium einzuschreiben, sie auf Dauer zu stellen und sie zu komplexen Technostrukturen zu kombinieren, um erwartete Wirkungen zu erzielen. In den Parametern und Prozessen der Technisierung stecken generalisierte gesellschaftliche Erwartungen, wie die auf Vereinfachung, Entlastung, Ersatz, Steigerung oder Stabilisierung. Technisierung im engeren Sinn bedeutet, unter Absehen von anderem Sinn – ökonomischem Gewinn, militärischer Stärke, moralischen Bedenken oder schlimmen sozialen Folgen – also durch bewussten Sinnverzicht Schemata und Mittel der Wirksamkeit zu erstellen und deren Leistungsfähigkeit zu steigern. Die Techniken können jedoch niemals nur ‚Mittel an sich‘ sein, sondern sind - bewusst oder unbewusst - immer schon mit einem ‚um zu‘, einer oder mehreren Zwecksetzungen, Sinnvorstellungen oder gesellschaftlichen Erwartungen verbunden. Wie wir noch in Abschnitt 3.2 sehen werden, bedeutet das nicht, dass die neuen Techniken nur der Nachfrage der Märkte und Militärs folgen (technology pull) und sie auch nicht umgekehrt als neutrale Mittel und neue Möglichkeiten allein von Wissenschaft und Technologie entwickelt und vorgegeben werden (technology push), sondern dass sich in lockeren Interaktionen zwischen Technikerzeugern und Technikverwendern engere Kopplungen von technischen Potentialen und gesellschaftlichen Projekten ergeben (rekursive Innovation), die sich als technisch-ökonomische Paradigmen verfestigen und zu Pfaden der Technikentwicklung verstetigen.

Das Problem der Technik kann also darin gesehen werden, dass ihre *sachliche* Erscheinungsform leicht ihre *soziale* Form als Schema der Technisierung verbirgt – auch ihren Beobachtern gegenüber, sei es aus Furcht vor einer ‚Versachlichung‘ oder ‚Verdinglichung‘ des Sozialen oder umgekehrt vor einer ‚Sozialisierung‘ oder ‚Anthropomorphisierung‘ der Sachen – und damit den Weg zu einer soziologischen Analyse der vielen Technikvarianten verbaut, wie sie als soziale Tatsachen das Handeln in Wirtschaft und Gesellschaft, in Arbeit und Alltag orientieren und wie sie selbst in den verschiedenen Formen des technikbezogenen Handelns hervorgebracht, genutzt und verändert werden.

1.2 Die soziale Dynamik der Innovation

Innovation wird gern im Gegensatz zur Technik als ein modernes Phänomen angesehen. Das gilt gleichwohl für die engere technische Neuerung wie auch für die gesellschaftliche Innovation. Der tempobetonte Rhythmus *technischer* Innovation startet demnach mit der Industriellen Revolution. Seitdem ist die Kette der Erfindungen von Antriebstechniken (Dampfmaschine, Dieselmotoren, Elektromotoren), Arbeitstechniken (Spinn-, Web-, Werkzeugmaschinen) und Transporttechniken (Dampfschiffahrt, Eisenbahn, Lastkraftwagen) nicht abgerissen. Diese technischen Innovationschübe wären ohne die gleichzeitig stattfindenden *institutionellen* Innovationen des modernen Kapitalismus nicht vorstellbar. Man denke an die Institutionalisierung des Systems der Lohnarbeit, die rechtliche Absicherung freier Märkte für Güter und Arbeitskräfte, die Einrichtung technisch effizient organisierter Betriebe und die Gründung rein an rational berechenbarem Gewinn orientierter Unternehmen. In der gegenwärtigen Globalisierung ergreift der Wettbewerb der Innovationen alle Bereiche, von der Schulbildung über die wissenschaftliche Forschung bis zu Politiken der Vorausschau, der Prioritätensetzung, der Förderung und des Transfers. Das Zusammenspiel aller Elemente im nationalen Innovationssystem wird heute zum kritischen Faktor für Macht und Reichtum der Nationen angesehen (vgl. Nelson 1993; OECD 2001). Die Neuzeit beginnt jedoch schon früher, und die Neuerungen sind nicht nur auf diejenigen in Technik und Wirtschaft beschränkt. Sie begann, als dem Alten bewusst das Neue oder das Erneuerte gegenübergestellt wurde, als die Entdecker neugierig die Grenzen der bekannten alten Welt überschritten und als die Forscher und Gelehrten die alten Autoritäten und Methoden aufgaben und am Himmel wie auf Erden eine neue Weltsicht riskierten (vgl. Nowotny 2005).

Die Neuerung, auch die technische Neuerung, ist ein durchgängiges Thema in der Geschichte der Gesellschaften. Joseph Schumpeter hat das grundlegende Paradox der Innovation mit seiner Formulierung von der „kreativen Zerstörung“ auf den Begriff gebracht: Das Neue stellt das Alte und Bewährte in Frage; Innovation trifft auf Tradition, zerstört sie oder scheitert selbst; Neuerer überschreiten rücksichtslos die Grenzen des sozialen und territorialen Raums, der Werte und des Wissens. *Innovatives Handeln* kann demnach als ein von den Normen und Werten abweichendes Handeln (Merton 1968. 195 ff), als ein die Institutionen und Traditionen in Frage stellendes und umwälzendes Handeln wie bei Marx und als ein kreatives und die Beziehungen und die Bedingungen experimentell erprobendes Handeln wie bei Dewey (vgl. Joas 1992) bestimmt werden. Gegenüber der Selbstverständlichkeit und der festen Erwartbarkeit der etablierten Techniken und Praktiken sind Innovationen also durch hohe Ungewissheit und Offenheit gekennzeichnet.

Genau diese Ungewissheit innovativen Handelns und seiner Folgen hat lange Zeit dafür gesorgt, dass es sich nur im Schutz klösterlicher Mauern oder unter der Kontrolle mächtiger Zünfte im Mittelalter ereignen und institutionell eingehegt stattfinden konnte. Und auch nach seiner Freisetzung im modernen kapitalistischen Wirtschaftssystem wird das innovative Handeln wegen seiner unberechenbaren Radikalität wieder eingebettet in die Institutionen akademischer Forschung und industrieller Entwicklung. Gegenwärtig lassen sich erneut Tendenzen beobachten, dass die Innovationen die räumlichen Grenzen des Labors und die institutionellen Grenzen akademischer Wissenschaft überschreiten und den von den Unternehmen und Industrien kontrollierten Innovationsrhythmus sprengen. Auf der einen Seite werden Universitäten und Grundlagenforschung einem kommerziellen Regime der Förderung, Patentierung und Anwendungsorientierung unterworfen. Auf der anderen Seite werden Industrie, Finanzen, Gesundheitssystem und andere gesellschaftliche Bereiche einer wissenschaftlich basierten Innovation und Evaluation unterzogen, die sie schlanker und innovationsfähiger machen soll: Diese Tendenzen der Institutionalisierung fortlaufender, systemischer und reflexiver Innovation – wiederum ein Paradox - scheinen auf der gesamtgesellschaftlichen Ebene auf eine *Innovation der Innovation* selbst hinzuweisen. Eine Innovationsforschung, die diese technischen und institutionellen Neuerungen zum Gegenstand macht, muss auch selbst die Grenzen alter Disziplinen überschreiten, sprich: innovativ und interdisziplinär sein. Die in diesem Beitrag referierten Theorien und empirischen Studien reichen daher von der Wissenschaftsforschung bis zur Wirtschaftssoziologie, von der Techniksoziologie bis zur Innovationsökonomie. Zugleich zeigen sie eine neue Perspektive für einen umfassenderen Begriff gesellschaftlicher Innovation auf.

Technik und Innovation sind zwei für die Wirtschaft und Gesellschaft grundlegende Sachverhalte: Techniken bilden Bezugspunkte wie auch Infrastrukturen wirtschaftlichen Handelns. In den technischen Projekten schreiben sich die Interessen und Erwartungen der gesellschaftlichen Akteure ein, und in den versachlichten Technostrukturen orientieren, ermöglichen und beschränken sie - wie andere Sozialstrukturen und Institutionen auch - deren Handeln und Handlungskalküle. Innovationen bilden dazu gleichsam die Kehrseite: Im innovativen Handeln werden die institutionalisierten Ordnungen in Frage gestellt. Die Neuerung erweist sich als ein von den Normen abweichender und sozial ambivalenter, zwischen Kreativität und Kriminalität schwankender Prozess. Dieser Strom der Neuerungen verlangt geradezu nach einem institutionellen Innovationsregime, das ihn einbettet und seine verzweigten Läufe so in ein kunstvoll verteiltes Innovationssystem kanalisiert, dass es gelingt, das *Paradox der Innovation* zu balancieren, nämlich die Kraft der Kreativität zu entfalten und gleichzeitig die Gewalt der Zerstörung einzudämmen. Ist die Technik als gesellschaftliche Institution ein geschlossener sozialer Mechanismus, der durch

kontrollierte Beziehungen, verlässliche Wiederholbarkeit und festgestellte Absicht einen hohen Grad an Erwartbarkeit erzeugt, so beginnt die Innovation als offener sozialer Prozess, der dank unkontrollierbarer Ereignisse der Neuerung, überraschender Re-Kombinationen von Praktiken, Prozessen und Produkten und ungeklärter wie umstrittener Absichten einen ganzen Kranz von kognitiven Ungewissheiten und institutionellen Unsicherheiten für Wirtschaft und Gesellschaft mit sich bringt. Deren Akteure reagieren darauf mit immer wieder neuen Versuchen der institutionellen Regelung und gesellschaftlichen Steuerung der Innovationsprozesse.

Im Hinblick auf die technischen Innovationen kann man dann zugespitzt formulieren: Mit Technik wird die statische Seite der Gesellschaft angesprochen, nach der ihre Erwartungen, Beziehungen und Regeln gefestigt und auf Dauer gestellt erscheinen (in Sachen eingeschriebene Sozialbeziehungen, mit Schnittstellen vorgeschriebene Anschlusshandlungen, mit Medien und Programmen vorstrukturierte soziale Kommunikation). Mit Innovation rückt die dynamische Seite der Gesellschaft in den Vordergrund, auf der sie sich verflüssigt und rekonfiguriert, indem ihre Regeln und Elemente zum Spielball kritischer und konstruktiver Praktiken, kreativer und destruktiver Kräfte werden (Erforschen, Spielen, Basteln und Experimentieren), wobei sich durch Kooperation und Konflikt neue gesellschaftliche Konstellationen, wie eine Internetfinanzwirtschaft (vgl. Knorr Cetina, Brugger 2002) oder ein gentechnisch basiertes Gesundheitssystem (vgl. Rabinow, Dan-Cohen 2005), entwickeln. Je mehr diese ständige Orientierung am Neuen und Andersartigen sich nicht nur im engeren Bezugsrahmen von Technologie und Ökonomie, sondern als Vielfalt gesellschaftlicher Innovationen in allen Bereichen als Handlungsimperativ verbreitet und als Diskursdispositiv durchsetzt, desto mehr nähern wir uns einer „Innovationsgesellschaft“, in der reflexive und verteilte Innovation auf allen ihren Feldern zu einem konstitutiven Prinzip gesellschaftlicher Koordination wird (vgl. Reckwitz 2012; Rammert et al. 2016).

2. Technik und Innovation in Geschichte und Gesellschaft

Techniken bilden den Kern dessen, was seit Marx als Produktivkräfte der Gesellschaft bezeichnet wird. Es sind eben nicht nur die physikalischen Techniken, sondern es ist – wie oben schon angedeutet – das gesamte Ensemble an Organisations- und Verfahrenstechniken (technische Arbeitsteilung, Fließfertigung), aber auch an Handlungs- und Zeichentechniken (körperliches Training, Disziplin, Schriftlichkeit, Rechnen), damit kompetent und leistungssteigernd umzugehen. Von den Archäologen kann man lernen, aus den ausgegrabenen Techniken (Pfeilspitzen, Tonscherben, Bewässerungsanlagen, Erzgruben) auf die Produktions- und Lebensweise früherer Gesellschaften zurück zu schließen. Zeichen auf den Geräten oder gar Bilder und Schriften erleichtern das Geschäft

der Rekonstruktion natürlich erheblich. Insofern lassen sich Epochen der Technikgeschichte als – wenn auch grobe - Indikatoren für die Produktions- und Wirtschaftsweisen früherer Gesellschaftsformationen lesen. Der Form des technischen Handelns und der Techniken entspricht ein bestimmter Typ des Wirtschaftens und in gewisser Weise auch ein Typ von gesellschaftlicher Differenzierung und Koordination, ohne eine engere Determination zu unterstellen (vgl. Popitz 1989).

Techniken des Jagens und Tötens kennzeichnen die frühesten nomadischen Gesellschaften, aber auch Techniken des Zähmens und Züchtens von Pflanzen und Tieren. Techniken der Bewegung (Reittiere, Zelte) und des Aufbewahrens (Kochen, Tongefäße) zählten auch dazu. In der Regel entwickelte sich eine Wirtschaft des Gabentausches (vgl. Polanyi 1978; Mauss 1990 [1923]; Godelier 1999), die Güter zu teilen und die Bande der Solidarität durch reziproke Interaktion zu stärken. Rituelle Feste (Potlatsch), Kriege wie auch Frauenraub gehörten ebenso dazu wie das Gemeineigentum. Solche Stammesgesellschaften organisierten sich in Verwandtschafts- und Clanstrukturen mit spezifischen Rollenteilungen, welche sich in ihrer vielfältigen Wiederholung als Typ *segmentärer Differenzierung* der Gesellschaft kennzeichnen lassen (Stämme Israels, der Indianer, der Gallier oder Germanen).

Techniken des Bauens von Bewässerungsterrassen, Festungen und Städten markieren den Übergang zu sesshaften städtischen Zivilisationen in der urbanen Revolution. Dazu gehören sowohl Fortschritte in der Landwirtschaft (Eisenpflug, Dreifelder-Wirtschaft, vgl. White 1962) als auch in den Techniken des Aufschreibens, Planens und Verwaltens (Papier, Pictogramme, Archive; vgl. Mumford 1977). Die größere Ansammlung vieler Menschen erforderte eine Wirtschaft der staatlichen Zentralisierung und Umverteilung der Güter, die durch Zwangsleistungen (Fron) und Zwangsabgaben (Zehnt, Steuer) in Schatzkammern und Kornspeichern vom Staat gesammelt und nach Status und Not redistribuiert wurden (vgl. Polanyi 1978). Solche hierarchischen Gesellschaften organisierten sich in Ständen und Kasten, deren Ordnung und Zuweisung von Funktionen und Tätigkeiten durch religiöse Weltbilder legitimiert wurde. Es bildeten sich auf Befehl und Gehorsam, aber auch auf Pflichten (Treue, Schutz) beruhende Sozialbeziehungen heraus. Von der Frühform des ägyptischen Gottesreiches über das mittelalterliche Feudalsystem bis zur asiatischen Bürokratie reichen die Beispiele für diesen Typ *stratifikatorischer Differenzierung* der Gesellschaft.

Wie sieht es mit dem Übergang zur modernen Gesellschaft in der Industriellen Revolution aus? Wie stellt sich hier der Zusammenhang zwischen technischen Neuerungen und gesellschaftlichen Innovationen genauer dar? Auf der einen Seite kann man eine Entfesselung der *technischen Produktivkräfte* (Landes 1969) beobachten: Die Techniken der Energiegewinnung machen sie mit Kohle und Dampfantrieb frei von den natürlichen Grenzen menschlicher und tierischer Muskelkraft und den natürlichen Grenzen von Wind und Wasser bei der Mühlentechnik; die Techniken

des Transports gewinnen im Vergleich zu Hansekogge und Pferdekutsche grenzenlose und gigantische Ausmaße mit Weltschiffahrt, Kanalsystemen und Eisenbahnverkehr. Mit Recht stehen im Zeitalter der Mechanisierung die Techniken der Arbeitsmaschinen im Zentrum des Wandels hin zur industriellen Produktion. Diese technische Erfindung ersetzt die menschliche Handwerklichkeit, das Spinnen und Weben im Textilgewerbe, das Fräsen, Drehen und Bohren im Maschinenbau durch eine intelligente mechanische Vorrichtung und ermöglicht dadurch eine ungeahnte Ausdehnung der Arbeitszeit, eine übermenschliche Beschleunigung des Maschinentaktes und insgesamt eine Intensivierung und Steigerung der Produktion.

Auf der anderen Seite kann man mit gleichem Recht auf die *institutionellen Innovationen* des modernen Industriekapitalismus hinweisen: Technik, Wirtschaft und Wissenschaft werden aus den institutionellen Fesseln der alten, traditionellen oder feudalen Gesellschaft befreit. Die technische Neuerung gewinnt ihre eigene beschleunigte Dynamik, weil sie vorher von den moralischen Regeln der Zunftordnungen, den religiösen Werten der Kirche und den Herrschaftsinteressen des Adels verhindert oder verbannt worden war. Erst in der modernen Gesellschaft werden die Wertsphären und Handlungen in institutionelle Bereiche voneinander getrennt; das staatliche Handeln von der Religion, das wirtschaftliche Handeln von Staat und Moral und das wissenschaftliche Handeln von den praktischen und schönen Künsten wie von der kirchlichen Autorität. Dieser Typ *funktionaler Differenzierung* der Gesellschaft erlaubt eine Binnenorientierung in den institutionalisierten Teilsystemen, eine dadurch bewirkte Steigerung der jeweiligen Leistungen, wie politische Macht in der demokratischen Öffentlichkeit, wirtschaftlicher Reichtum über Marktwettbewerb und wissenschaftliche Erkenntnis durch autonome Forschung. Modernisierungstheorien von Max Weber bis Niklas Luhmann sehen in diesen gesellschaftlichen Innovationen die Ursache für den berühmten ‚Take off‘ von Industrialisierung, Wirtschaftswachstum und wissenschaftlich-technischen Fortschritten.

Wenn – wie gesagt – Technik und Innovation zwei Seiten ein und derselben gesellschaftlichen Konstellation sind und wenn Technik für den Aspekt der Routine und erwartbaren Resource und Innovation für die Seite der kreativen Abweichung und des unsicheren Potentials steht, dann ließe sich die rasante Dynamik technischer Entwicklungen im modernen Kapitalismus durch folgende Mechanismen erklären: a) Kulturelle Betonung des Neuen gegenüber dem Alten (Umwertung) und b) institutionelle Neueinbettung (Re-embeddedness anstelle von Freisetzung). Demnach kann – wie die Technikgeschichte auch belegt – davon ausgegangen werden, dass es in der vormodernen Gesellschaft, z. B. im europäischen Mittelalter, in der Regel ebenso viele technische Neuerungen gegeben hat wie in der modernen Gesellschaft – natürlich mit den üblichen

periodischen Schwankungen. Reine Erfindungsschübe können also nicht allein die industriekapitalistische Revolution ausgelöst haben. Auch wenn die Elemente Routine- und Innovationshandeln gleich verteilt sind, kann es wie in der Musik zu einem markanten Rhythmuswechsel kommen, nämlich allein durch den Wechsel in der Betonung und durch die Veränderung der Taktung. Lag die Betonung in der Vormoderne auf den Routinen und wurden Innovationen dem untergeordnet oder ausgegrenzt, was einen langsamen Rhythmus erzeugte, brach die Moderne damit in zweierlei Hinsicht: Die wenigen Innovationen wurden jetzt betont, gegenüber den vielen Routinen hervorgehoben, und sie wurden durch die Neueinbettung in Wissenschaft und Wirtschaft in einen anderen Takt gebracht. Der gewinnt wie der Drei-Viertel-Takt des Walzers mit der Betonung auf der ersten Note eine beschwingte Dynamik. Die Wertakzentuierung des Neuen und die Neueinbettung der immer schon vorhandenen Innovationen bringen die alten Verhältnisse gleichsam zum Tanzen.

Hinter der Umwertung können so verschiedene Phänomene wie der Wechsel von traditioneller zu rationaler Lebensführung (Weber 1976 [1922]), von Kommunitarismus zu Besitzstandsindividualismus oder von moralischer zu politischer Ökonomie (Polanyi 1978) gesehen werden. Auch die institutionelle Re-Organisation lässt sich je nach Theoriehintergrund mal als Ausdruck der Kapitalverwertung (Marx 1969 [1867]), der Marktvergesellschaftung (Polanyi 1978), der funktionalen Differenzierung (Luhmann 1987) oder der reflexiven Modernisierung (Beck et al. 1996) verstehen. Einige dieser Erklärungen, von Klassikern des Fachs wie von neuen Richtungen der Wirtschaftssoziologie, werden im folgenden Abschnitt über die theoretischen Zugänge etwas ausführlicher behandelt. Hier gilt es abschließend nur noch festzuhalten,

- dass sich Techniken und ihr Wandel über längere Zeitperioden annäherungsweise gut als Indikatoren für grundlegende Veränderungen der gesellschaftlichen Organisation des Wirtschaftens heranziehen lassen,
- dass die physikalischen Techniken und auch die Produktionstechniken nur einen Teil der wirtschaftlich relevanten Produktivkräfte und Kompetenzen bilden,
- dass technische und gesellschaftliche Innovationen in einem konstitutiven, wechselseitig nicht ohne einander auftretenden Zusammenhang stehen,
- dass es zu allen historischen Zeiten und in allen gesellschaftlichen Formationen immer schon stabilisiertes technisches Verhalten und abweichendes innovatives Handeln nebeneinander gegeben hat und
- dass Unterschiede der Innovationsdynamik aus ihrer unterschiedlichen Betonung und institutionellen Umbettung erklärt werden können.

Damit wird auf der einen Seite das hartnäckig sich haltende Bild einer Eigendynamik der technischen Entwicklung, einer autonomen ‚Technik-außer-Kontrolle‘ (vgl. Winner 1977) und eines Technikdeterminismus gegenüber Wirtschaft und Gesellschaft als unhaltbar zurückgewiesen. Damit wird aber auch auf der anderen Seite die beliebte sozialwissenschaftliche Sicht einer wirksamen gesellschaftlichen Steuerung der Innovation, einer geregelten sozialen Kontrolle der Techniken und einer sicheren institutionellen Einbettung technischer Entwicklungen in Frage gestellt. In den folgenden Abschnitten wird es daher immer wieder darum gehen, wie Probleme der Technik und Paradoxien der Innovation so behandelt werden können, dass der Wechsel von technischer Erwartungssicherheit zu innovativer Verunsicherung erklärbar und das Zusammenspiel von technischen und nicht-technischen Momenten in Wirtschaft und Gesellschaft verständlich wird.

3. Theoretische Zugänge zu technischem Wandel und gesellschaftlicher Innovation

3.1 Sozialwissenschaftliche Klassiker: Marx, Ogburn, Gilfillan und Schumpeter

Der praktische Philosoph, Kenner der Technologie und Kritiker der Politischen Ökonomie *Karl Marx* hat entscheidende Beiträge zur Soziologie der Technik und der Innovation geleistet (vgl. Rosenberg 1976). Auf ihn gehen so unterschiedliche Theorien zurück wie die Praxistheorie und Anthropologie entfremdeter Arbeit, die historische Makrosoziologie technisch-gesellschaftlichen Wandels, die Industriesoziologie technisch-organisatorischer Veränderungen und die Sozioökonomie technischer Innovation. Die Erklärung des technischen Wandels (vgl. Elster 1983) und seiner Folgen bilden zentrale Bereiche seines umfangreichen Werks, besonders in den drei Bänden des *Kapitals*.

In seinen Frühschriften hat der junge Marx eine Anthropologie entwickelt, nach der das praktische Tun der Menschen im Vergleich zum Denken darüber die Grundlage für ihre Lebensweise bildet (Marx 1966 [1844]). Damit wurden die Arbeit, die wirtschaftliche Produktion und die geschlechtliche Reproduktion für das Gattungswesen Mensch in den Vordergrund gerückt. Arbeit als planvolle Tätigkeit unterscheidet den Menschen vom Tier – man erinnere sich an die Biene und den Bau der Wabe! In der Arbeit entäußert sich (Pläne in Handlungen), vergegenständlicht sich (Handlungen in Artefakte), entfremdet sich (Differenz von Plan und Produkt) und erschafft sich (Aneignung) nicht nur der einzelne Mensch, sondern die gesamte Gesellschaft. Marx leistet damit den wichtigen Schritt von der anthropologischen Gattungs- zur historischen Gesellschaftstheorie. Er macht die materiellen Bedürfnisse statt der Ideen zum Motor der gesellschaftlichen Geschichte;

er sieht in der Geschichte der Technologien und der Industrien statt der Philosophien und Ideologien wesentliche Gradmesser gesellschaftlichen Wandels; er kritisiert das Privateigentum an Produktionsmitteln als Ursache struktureller Entfremdung der Arbeiter vom Produkt (Warencharakter), vom Prozess (unter dem Kommando des Kapitalisten), von sich selbst (schöpferische Identität) und von den anderen Menschen (zwischenmenschliche Solidarität). Diese gesellschaftstheoretische Wende erklärt, warum sich ein Philosoph dem intensiven Studium der politischen Ökonomie und der Technologie seiner Zeit gewidmet hat.

Wenn nicht Ideengeschichte (Antike, Christentum, Renaissance, Rationalismus, usw.) die Epochen markiert, sondern der Wandel der Produktionsweisen, bedarf es einer Makrotheorie gesellschaftlichen Wandels. Marx begreift die Geschichte der Gesellschaft als einen widersprüchlichen und konflikthaften Prozess, in dem sich die technischen Kräfte und Kompetenzen (Produktivkräfte) auf der einen Seite und die sozioökonomischen Bande und Beziehungen (Produktionsverhältnisse) auf der anderen Seite wechselseitig bedingen und phasenweise zu Neuem anstoßen oder in ihrem Potential behindern. Die kapitalistische Produktionsweise entfesselte anfangs die in der Feudalgesellschaft schlummernden Potentiale der mechanischen Künste (Uhr- und Rechenwerke, Pumpen, Mühlen) in einem bis dahin unbekanntem Ausmaß und Tempo, während diese industrielle Revolution der Produktivkräfte wiederum die institutionellen Fesseln der Feudalherrschaft sprengte. Einer auf Landbesitz, Rittermacht und Adelsprivileg beruhenden Hierarchie folgte eine auf Kapital, Söldnerheer und bürgerlichem Eigentumsrecht begründete Herrschaft.

Technik wurde von Marx schon in einem weiteren Sinn als produktives Potential bestimmt, das neben technischen Mitteln und Verfahren technologisches Wissen, Kompetenzen der Arbeitskräfte und technische Formen der Teilung und Organisation der Arbeit umfasst. Die technische Entwicklung wird nicht als eine der Wirtschaft und Gesellschaft äußere Größe angesehen (exogener Faktor in ökonomischen Produktionsfunktions- und Wachstumstheorien, Umwelt in soziologischen Kommunikations- und Gesellschaftstheorien), sondern als eine genuin gesellschaftliche Größe behandelt. Neuere Analysen der „nachindustriellen Gesellschaft“ (Bell 1979), der „programmierten Gesellschaft“ (Touraine 1972), der „Risikogesellschaft“ (Beck 1986) und der „Netzwerkgesellschaft“ (Castells 1996) schließen immer noch an dieses in der Marxschen Makrotheorie technisch-gesellschaftlichen Wandels entwickelte Muster der zwei Achsen und ihrer Interdependenzen an. Die Kritik richtet sich im Kern gegen eine zu enge deterministische Kopplung und gegen eine Unterschätzung kollektiven Handelns, kultureller Legitimation und sozialer Konfliktdynamik (vgl. Dahrendorf 1957; Habermas 1976).

Wer etwas Genaueres über den Wandel der Produktionsverhältnisse - von Technik und Wirtschaft oder Arbeit und Herrschaft - wissen will, der muss sich auch auf die Ebene der Organisation

sozialer Beziehungen der Arbeit begeben. Marxens Analysen des technisch-organisatorischen Wandels sind ein frühes Beispiel dafür, wie das Studium der Arbeitsformen, der einzelnen Techniktypen und des Regimes der Fabrikorganisation Auskunft über diesen Wandel gibt. Im ersten Band des *Kapitals* analysiert er ihn als einen technisch vermittelten Formenwandel der kapitalistischen Sozialbeziehung: als Übergang von der „*Kooperation*“, die er präzise als „das Wirken einer größeren Arbeiteranzahl zur selben Zeit, in demselben Raum (...) zur Produktion derselben Warensorte, unter dem Kommando desselben Kapitalisten...“ definiert (Marx 1969 [1867]: 341), über die „*Teilung der Arbeit und Manufaktur*“, die er als Zerlegung der Tätigkeiten, Spezifizierung der Arbeitsinstrumente und Kombination in einem Gesamtmechanismus beschreibt, bis hin zur „*Maschinerie und große(n) Industrie*“. Deren Kennzeichen sah er in der Ersetzung des Arbeiters durch einen Mechanismus, der mit einer Mehrzahl von Werkzeugen gleichzeitig operiert, in dessen Kombination mit anderen Mechanismen zu einem gegliederten Maschinensystem und in dessen Antrieb durch Bewegungsmaschinen. Die Maschinerie wird nicht als ein rein sachtechnisches System, sondern als eine locker oder enger gekoppelte sozio-technische Konstellation von Menschen und Maschinen begriffen. Nicht das feste Datum der Technik, sondern das flexible Design dieser Konstellationen hat Folgen sowohl für die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des Produktionsprozesses als auch für die Menschlichkeit und Verträglichkeit der Arbeit. Industrie- und Organisationssoziologie haben immer wieder diese Prozesse technisch-organisatorischen Wandels unter Aspekten der Mensch-Technik-Beziehung, des Unfallrisikos und der betrieblichen Machtverhältnisse untersucht (vgl. Popitz et al. 1957; Kern, Schumann 1984; Perrow 1987).

Für eine Sozioökonomik der Innovation hat Marx wichtige Vorarbeit geleistet. Rate und Richtung des technischen Wandels erklärt er durch gesellschaftliche Kräfte, nicht durch eine technologische Eigendynamik. Die Wettbewerbssituation auf den Märkten beschleunigt den technischen Entwicklungsprozess auf zweierlei Weise: durch kostensenkende *Prozessinnovation* und durch qualitätssteigernde *Produktinnovation*. Je nach dem Verhältnis der Kosten für die Faktoren Arbeit oder Kapital wird die technische Innovation in Richtung arbeits- oder kapitalsparende Techniken gelenkt. Dadurch werden Mechanisierung, Automation und programmierte Steuerung vorangetrieben. Neben diese Prozessinnovationen treten zunehmend die *Produktinnovationen*, welche im Qualitätswettbewerb bei radikalen Innovationen ganz neue Märkte schaffen oder bei inkrementellen Innovationen dafür sorgen, dass Marktanteile vergrößert oder gehalten werden. Marx hatte schon einen vorzeitigen „moralischen Verschleiß“ von funktionstüchtigen Geräten und Systemen prognostiziert, falls die Produktzyklen durch geöffnete Märkte, raschere technische Fortschritte und stärkeren Konsumentendruck so verkürzt würden, dass sich das investierte Kapital für Produktion oder gar Forschung und Entwicklung nicht mehr amortisiert. Gegenüber den oligopolistischen

Märkten für neue Pharmaprodukte geben die schnellen Generationswechsel bei Mobilfunk- und Internetprodukten (Apps, Plattformen) dafür ein Beispiel.

Viele Grundideen von Marx, wie die von der Richtung des technischen Fortschritts, der Innovationskonkurrenz und des zyklischen Charakters, sind von Schumpeter und der nachfolgenden Innovationsökonomie übernommen worden. Aus heutiger Sicht kann kritisiert werden, dass die Machtbeziehungen zwischen den Akteuren, z. B. den Verbänden der Unternehmer und den Gewerkschaften der Arbeiter (vgl. Lazonnick 1992), in ihrer historischen Dynamik nicht genügend gesehen wurden, dass den unterschiedlichen Formen der Institutionalisierung, z. B. den nationalen Regulations- und Innovationsregimen (vgl. Hall, Soskice 2001), zu wenig Rechnung getragen wurde und dass die kulturellen Prägungen der Technikgenese durch Ingenieurstraditionen und Nutzungsstile (vgl. Rammert 2002) unterschätzt wurden.

William F. Ogburn und *S. Colum Gilfillan* sind je auf ihre Weise in den dreißiger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts in Chicago zu den soziologischen Pionieren einer Technik- und Innovationsforschung geworden. Ogburn hat im Rahmen seiner Forschungen zum gesellschaftlichen Wandel, die er schon mit demografischen und sozialstatistischen Methoden betrieb, Trends und Tempi der Entwicklung verschiedener gesellschaftlicher Bereiche festgestellt. Den Wandel erklärte er mit den beschleunigten Erfindungen und Neuerungen im Bereich der materiellen Kultur, die auf die langsameren Entwicklungen in den nicht-materiellen Lebensbereichen einen starken Anpassungsdruck ausübten. Diese Erklärung ist als These vom „Cultural Lag“, vom Hinterherhinken der kulturellen hinter der technischen Entwicklung (vgl. Ogburn 1957), bekannt und verbreitet worden. Weiterhin beschäftigte er sich mit der Ermittlung von Trends der technischen Entwicklungen und ihrer Folgen für die Gesellschaft. Seine regelmäßigen Trendreports für die US-amerikanische Regierung seit 1936, unter anderem über die Folgen des Radios oder der Luftfahrt (vgl. Ogburn 1937; 1946), legten die konzeptuelle und institutionelle Grundlage für die Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung, wie sie heute in fast allen Industrienationen verbreitet ist. Wegen seiner starken Betonung technischer Erfindungen und Neuerungen gegenüber den ‚sozialen Erfindungen‘ wird Ogburn häufig als Vertreter eines technischen Determinismus kritisiert – wie auch der zum historischen Materialismus dogmatisierte Karl Marx, der frühe Lewis Mumford (1963) und Lynn White (1962). Eine genauere Wiederlektüre seiner Schriften zeigt jedoch, dass er schon damals eine Theorie der ‚gesellschaftlichen Innovation‘ vertrat (vgl. Braun-Thürmann 2005), in der die technische und die nicht-technische Seite der Innovation in ihrer Interdependenz gedacht und nicht als ‚technische‘ oder ‚soziale Innovation‘ gegenübergestellt werden.

Auch *S. Colum Gilfillan* hat den impliziten Technikdeterminismus seines Kollegen kritisiert. Ihm ging es vor allem um die sozialen Ursachen für technische Erfindungen, weniger um die Folgen. Er legte neben einer Erfindungsgeschichte der Schifffahrtstechniken vom Einbaum bis zum Dampfturbinenboot eine bahnbrechende „Soziologie der Erfindung“ (Gilfillan 1936) vor. Im Unterschied zum großen Wurf und geradlinigen Trend entdeckte er den *graduellen* und den *evolutionären Charakter* technischer Neuerungen, z. B. viele ähnliche Varianten an verschiedenen Orten und viele verschiedene kaum sichtbare graduelle Verbesserungen, Brüche und abrupte Sprünge in Entwicklungslinien und die selektive Wirkung unterschiedlicher Umwelten auf die Verläufe. Damit nimmt er manche späteren Konzepte der evolutionären Innovationsökonomie, der evolutionären Technikgeschichte (vgl. Basalla 1988) und der Pfadabhängigkeit (siehe Abschnitt 3.2) vorweg. Eine zweite wichtige Einsicht war seine Auffassung von der technischen Entwicklung als einem *systemischen Prozess*; er betonte und konnte empirisch illustrieren, wie ganz verschiedene kleine Neuerungen erst in ihrer Interdependenz zu größeren Innovationen emergierten. Damit wurde er auch zum Vorläufer derjenigen Technik- und Innovationsforscher, welche die Technikentwicklung im Rahmen großer oder komplexer technischer Systeme betrachten (vgl. Hughes 1987). Insgesamt kann Gilfillan als ein wichtiger, aber noch wenig entdeckter Vorläufer der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung gelten, die sich ebenso wie er von Technikdeterminismus und Technikfolgenforschung abgewandt hat (vgl. Rammert 1993).

Joseph A. Schumpeter kann als der bekannteste Klassiker der ökonomischen Innovationstheorie angesehen werden. Sein Name ist in aller Munde, wenn der Ruf nach Innovation wieder politische Mode und kulturelle Norm für alle Lebensbereiche ist. Selten wird dabei der zentrale Gehalt seines Ansatzes verstanden oder bedacht, wie er ihn in der Kurzformel von der Innovation als „schöpferischer Zerstörung“ (Schumpeter 1946) auf den Begriff gebracht hat, nämlich die Paradoxie der Innovation. Sie besteht darin, dass die Innovation unaufhörlich und unkontrollierbar Wirtschaftsstrukturen zerstört und gleichzeitig neue erschafft, d. h. dass auch Märkte, Forschungsfelder, Technologiedomänen, Produkte, Dienste, Unternehmen, Berufe und Arbeitsplätze zerstört und gleichzeitig neue erschaffen werden.

Was ist nach Schumpeter eine Innovation? Er bestimmt sie nicht emphatisch als geniale Neuschöpfung aus dem Nichts (*creatio ex nihilo*), sondern einfach als Neukombination bekannter oder Andersverwendung von vorhandenen Produktionsmitteln der Wirtschaft (vgl. Schumpeter 1912). Aus seinen Beispielen ergeben sich folgende Typen von Neukombinationen:

- a) Produktinnovationen (neue Güter oder neue Qualität von Gütern),
- b) Prozessinnovationen (neue Produktions- oder Verfahrensmethoden),
- c) Marktinnovationen (neue Absatz- oder Bezugsmärkte),

d) Beherrschungsinnovationen (Unternehmensverfassung, Trustbildung).

Seine Definition geht ähnlich wie diejenige von Ogburn über die engere technische Innovation hinaus, bleibt allerdings im Grunde auf die ‚privatwirtschaftliche Zweckmäßigkeit‘ beschränkt. Der Grundgedanke der Neukombination ist eng mit dem evolutionären Mechanismus der Variation verwandt und wird im neo-schumpeterianischen Ansatz der evolutionären Ökonomie weitergeführt (siehe 3.2).

Wer ist der Akteur und Träger der Innovation? Dazu hat Schumpeter eine starke soziologische These vorgelegt, die weiterhin wirkt. Es ist die besondere soziale Kategorie des reinen Unternehmers (entrepreneur), der im Unterschied zum berechnenden Kapitalisten und zum leitenden Manager – aber auch zum tüftelnden Erfinder - diese außeralltägliche Führungsfunktion übernimmt. Es bedarf einer solchen nicht nur gewinnorientierten, sondern auch sendungsbewussten, ja charismatischen Unternehmerpersönlichkeit, um die radikale Neukombination gegen alle möglichen Fährnisse und Widerstände herbeizuführen. Situationen der Innovation sind nämlich im Vergleich zu regelmäßigen wirtschaftlichen Entscheidungen von äußerst hoher Unsicherheit gekennzeichnet. Rationale Verfahren, die bei den üblichen Unternehmensrisiken eine gewisse Planbarkeit, Berechenbarkeit und Vorhersagefähigkeit sicherstellen, reichen für das innovative Handeln im Unterschied zum organisatorisch effektiven Handeln der Manager und zum ökonomisch rationalen Handeln der Kapitalbesitzer nicht aus. Letztere Typen wirtschaftlichen Handelns können – wie wir wissen - Innovationen durch Bürokratie und Buchhaltung heftig hemmen (vgl. Rammert 1988). Das gilt im Grundsatz auch für die moderneren Formen des ‚Controlling‘, die Eigeninitiative und kreative Abweichung gängeln, und der Unternehmenssteuerung nach ‚share-holder value‘, die kurzfristige und sichere Gewinnabschöpfung gegenüber langfristiger und ungewisser Erneuerung begünstigt. Es bedarf eben einer soziologischen Erklärung für das innovative Handeln: Schumpeter hat es auf die soziale Herkunft aus besonderen Familien und Schichten zurückgeführt, die aus einer Mission heraus etwas Ungewöhnliches unternehmen, etwa im Sinne von Webers Protestantismus-These. Es sind soziale Schichten, die Leistung über Herkunft, Gewinn und Absicherung stellen (vgl. McClelland 1966). Es geht in erster Linie um gesellschaftlich sichtbare Projekte und nicht um ökonomische Profite, obgleich letztere dann auch nicht verschmäht werden (vgl. zur neueren Diskussion um ‚*entrepreneurship*‘ Swedberg 2000).

Neben der nicht-ökonomischen Motivation innovativen Handelns ging es Schumpeter auch um dessen Folgen für die Wirtschaft. Innovatives Handeln einzelner Unternehmer bedeutet die Veränderung von eingespielten Gleichgewichtszuständen bei Produkten, Prozessen und Kombinationen, aber auch bei Qualitätsstandards, Marktaufteilung und Gewinnmargen. Haben die Innovatoren wirtschaftlichen Erfolg, dann ahmen andere nach (Imitatoren) und wieder andere scheiden

als innovationsschwache Unternehmen aus. Es verschieben sich die Faktoren hin zu neu eingespielten Markt-, Preis-, Qualitäts- und Produktionskombinationen. Schumpeter erklärt durch dieses innovative Handeln und seine Rückwirkungen den zyklischen Charakter der kapitalistischen Wirtschaftsdynamik (vgl. Schumpeter 1961). Er unterscheidet die kürzeren Konjunktur- und Produktzyklen von 4 bis 7 Jahren, in denen neue Produkte entwickelt werden oder einfache Verbesserungsinnovationen stattfinden, von den ‚Langen Wellen‘, in denen sich alle 50 Jahre um *Basisinnovationen* herum die technologische Produktionsstruktur grundlegend erneuert. Die nach dem russischen Ökonomen Nikolai Kondratieff benannten und gemeinsam von Joseph Schumpeter und dem Nobelpreisträger Simon Kuznets ausgearbeiteten Kondratieff-Zyklen sehen folgende Abfolge empirisch bestätigt:

1. Erste Industrielle Revolution von 1780 bis 1849 (Textil-, Eisenindustrie, Dampfkraft),
2. zweite Industrielle Revolution von 1849 bis 1890 (Bessemer-Stahl, Eisenbahn, Dampfschiffe),
3. wissenschaftlich-technische Revolution von 1890 bis 1940 (Elektrotechnische und Chemische Industrie) ,
4. Automation, Kernenergie und Massenmotorisierung im Zyklus von 1940 bis 1980 (Kuznets 1953; Mensch 1977).

Wie wir später sehen werden, fehlen seinem Modell der Innovationsdynamik und seiner Theorie innovativen Handelns noch viele Feinheiten, z. B. zum Zusammenhang von Invention und Innovation, zur innovativen Organisation und zum Management of Innovation, zum Bedeutungswandel der führenden Akteursrolle von der Einzelpersönlichkeit des ‚Erfinder-Unternehmers‘ hin zu regionalen und interorganisationalen Netzwerken von Innovatoren in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Recht oder zu den institutionellen Unterschieden nationaler Innovationssysteme. Aber Joseph Schumpeter bleibt zu Recht der große Klassiker der sozialökonomischen Innovationstheorie: Bestand haben seine grundlegenden und treffenden Konzeptualisierungen, die Innovation als paradoxen, zyklischen und nicht-linearen evolutionären Prozess zu begreifen, vorangetrieben von kreativ kombinierenden, Regeln brechenden ‚Entrepreneur‘-Persönlichkeiten, und seine Unterscheidungen, vor allem die zwischen kurzfristiger Verbesserungs- und langfristiger Basisinnovation.

3.2 Theorieansätze der Gegenwart zwischen Ökonomie und Soziologie: Von der rationalen Technikwahl bis zu Technikgenese und Innovationspfad

Die Theorien technischen Wandels kennen viele disziplinäre Wurzeln: Ökonomie, Politikwissenschaft, Soziologie und Geschichte sind die wichtigsten. Ökonomische Theorien von Marx bis Nelson und Winter suchen im Kern die Rate und die Richtung der technischen Entwicklung zu erklären (vgl. Elster 1983). Sie fragen danach, unter welchen Markt- und Produktionsbedingungen und wie schnell sich neue Techniken (invention) zu neuartigen Produktionskombinationen (innovation) mit welchem Gewinn (return of investment) durchsetzen und verbreiten (diffusion) und in welchem Verhältnis arbeits-, kapital-, energiesparende oder anders zu charakterisierende Techniken von den Unternehmen gewählt werden. Sie lassen sich in neo-klassische Produktionsfunktions-Ansätze, neo-schumpeterianische Evolutions-Ansätze und historische, teils neo-marxistische Pfad-Ansätze aufteilen.

Politikwissenschaftliche Theoretiker fragen gern nach der Macht der Technik und der Möglichkeit ihrer politischen Steuerbarkeit (vgl. Winner 1977; Böhret 1986; Naschold 1986). Sie wollen z. B. wissen, unter welchen Bedingungen die Technikentwicklung eine Eigendynamik gewinnt (Autonome Technik und Technikdeterminismus) und eine eigene Legitimation der politischen Herrschaft bringt (Technokratie, Sachzwang, Innovativität) oder wie sie von den politischen Akteuren bewertet (Technikfolgenabschätzung und Technikbewertung) und bewusst in eine bestimmte Richtung gesteuert werden kann (Technologie- und Innovationspolitik).

In der Geschichtswissenschaft dreht sich die zentrale theoretische Debatte um die Frage, ob Technik die Geschichte treibt und die historischen Epochen trennt oder umgekehrt die historischen Kontexte über Leben und Lauf neuer Techniken bestimmen (vgl. Staudenmaier 1985). Historiker fragen u.a. danach, ob einzelne technische Neuerungen (Metallpflug, Dreifelderwirtschaft, Hochseeschiffe, Dampfmaschine) Produktivität, Bevölkerungswachstum, Erwerbsstruktur und Wirtschaftssektoren merklich verschieben oder in Kombination miteinander in Form technischer Revolutionen (agrarische, verkehrstechnische, industrielle, energie- und kommunikationstechnische) zu epochalen Veränderungen der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse führen. In umgekehrter Richtung wird von Technik- und Wirtschaftshistorikern untersucht, wie stark die Pfade technischer Entwicklung durch geschichtliche Prozesse geprägt sind, etwa durch die jeweiligen Zeitumstände, die hemmend oder förderlich wirken, oder durch die Selbstbezüglichkeit und Selbstverstärkung in der Zeit, die Pfadentwicklungen und Pfadabhängigkeiten technischer Entwicklungen entstehen lassen (vgl. Rosenberg 1982; Hughes 1983; David 1993).

Soziologische Theorieansätze beobachten das Werden und Wirken der Techniken als soziale Tatsachen, wie sie als Resultate sozialen Handelns entstehen und gestaltet werden (Technikgenese,

Social Construction, Social Shaping) und wie sie als gemachte Sachen das Handeln vorstrukturieren und Organisationen, Branchen und Sektoren transformieren (Technikfolgen, soziotechnische Transformation). Sie betonen bei der Analyse der gesellschaftlichen Konstruktion der Techniken die Definitions-, Aushandlungs- und Schließungsprozesse, die zwischen den sozialen Akteuren mit unterschiedlichen Interessen und Ideen stattfinden; sie suchen auch nach den institutionellen Mechanismen und kulturellen Orientierungsmustern, welche die Technisierungsprojekte jeweils formen, Varianten herausfiltern und zu Pfaden der Innovation festigen (vgl. Bijker et al. 1987; Rammert 1993; Halfmann et al. 1995; Weyer et al. 1997; Sørensen/Williams 2002; Dolata/Werle 2007).

Die theoretischen Ansätze lassen sich unterschiedlich sortieren. In der ökonomischen Innovationsliteratur teilte man gern in Nachfrage-orientierte (demand pull) und in Angebots-orientierte (technology push) Ansätze ein (vgl. Kline, Rosenberg 1986; Blättel-Mink 2006). Sie unterscheiden sich vor allem darin, ob sie eher von Marktkräften und einer rationalen Wahl der Techniken ausgehen oder ob sie eher die wissenschaftlich-technischen Produktivkräfte, Organisationsroutinen und institutionellen Regimes der Entwicklung wirken sehen. Heute werden die Prozesse der Wechselwirkung und Rückkopplung stärker in rekursiven Innovationsmodellen konzipiert (vgl. Braunschürmann 2005).

Aus Sicht soziologischer Technik- und Innovationsforschung wurden immer schon beide Seiten in Frage gestellt und durch differenziertere Modelle ersetzt: Markt und Bedarf unterliegen vielfältigen sozialen und kulturellen Definitionsprozessen; die Angebote und Optionen der Technikentwicklung sind selbst Resultate gesellschaftlicher Konstruktion. Die soziologischen Ansätze unterscheiden sich untereinander darin, wie sie die Einflussfaktoren gewichten: zwischen der Macht einzelner Akteure und dem Gewicht institutioneller Strukturen, zwischen den Sphären wirtschaftlichen, politischen und wissenschaftlich-technischen Handelns oder zwischen materiellem Momentum und kultureller Plastizität der technischen Konstellationen. Auch hier zeichnet sich eine Tendenz zu integrierten Modellen der Technikgenese und der Innovationspfade ab (vgl. Rammert 2002 und Windeler 2003).

Eine dritte Möglichkeit zur Einteilung der theoretischen Ansätze setzt an den Modellierungen der Innovationsverläufe, also an der zeitlichen Dimension von Innovationsprozessen an: Lineare Innovationsmodelle gehen von Phasen und Stufen aus, machen zwischen Entdeckung (conception), Erfindung (invention), Entwicklung (development) und Verbreitung (diffusion) einen zeitlichen und organisatorischen Schnitt und konzipieren den Verlauf als Einbahnstraße von der Wissenschaft zur angewandten Technik. Nicht-lineare Modelle sehen eine hohe Unsicherheit und Unberechenbarkeit von Innovationsprozessen, bauen daher vielfältige Rückkopplungen zwischen den verschiedenen Aktivitätsfeldern ein. Bekannte Beispiele sind das Zyklen-Modell von Schumpeter, das

rückgekoppelte *Ketten-Modell* von Kline und Rosenberg (1986), das Modell *verteilter Innovationsprozesse* der SPRU-Gruppe (Coombs et al. 2003) und das *Reisepfad-Modell* der Minnesota Innovationsforschungsgruppe (Van de Ven et al. 1989; 1999). Gegenwärtig beobachten wir einen Trend zur Erforschung von Innovationspfaden, an dem sich die verschiedenen disziplinären Ansätze beteiligen. Daher werden im Folgenden die theoretischen Ansätze nicht nach Disziplin oder Verlaufsmodell vorgestellt, sondern quer dazu nach dem einfachen Prinzip, was jeweils als bestimmende Größe für Technikentwicklung und Innovationsverlauf zählt.

3.2.1 Neo-klassische Produktionsfunktionstheorie und rationale Technikwahl: Gewinnmaximierung und Märkte zählen

Anhänger der neo-klassischen Ökonomie lösen den technischen Wandel in viele kleine Wahlen auf, bei denen zwischen Techniken und über Konstellationen der Produktion entschieden wird. Diese Entscheidungen werden als rationale Wahlen zwischen austauschbaren Gütern konzipiert. Das gilt für die Wahlen zwischen zwei Produktionsmaschinen, für die sich rational nach relativem Preis oder höherer Effizienz entschieden wird. Das gilt für die Relationen zwischen den Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital, wonach bei Knappheit von Arbeitskräften in arbeitssparende Maschinen investiert wird - oder umgekehrt bei niedrigen Lohnkosten mögliche technische Fortschritte unterlassen werden.

Dieser ökonomische Erklärungsansatz, der hier natürlich nur vereinfacht dargestellt wurde (vgl. Elster 1983), fand viele Kritiker aus verschiedenen Disziplinen – auch der Ökonomie - und mit unterschiedlichen Fragen. Die nachfolgenden Ansätze zur Innovationstheorie können gleichsam als konstruktive Antworten auf diese Defizite gelesen werden. Der Nobelpreisträger Herbert Simon entwickelte z. B. das Konzept der *bounded rationality* (Simon 1954), um das Problem zu lösen, dass Informationen über neue Techniken und ihre kostensparenden Wirkungen eingeholt werden müssen und selbst wiederum, je länger die Recherche dauert und je solider die Suche sein soll, Kosten verursachen. Statt einer Strategie der Maximierung kann realistisch nur noch die Strategie des ‚satisficing‘, der Suche nach der erstbesten befriedigenden Lösung, für das Informationsproblem verfolgt werden.

Allerdings gilt für alle Entscheidungen in Fällen von Forschung, Erfindung und Entwicklung nach Kenneth Arrow (1962) grundsätzlich eine radikal erhöhte Unsicherheit, so dass ein ökonomisches Kalkül in diesen Fällen gar nicht angewandt werden kann. Dieses Unsicherheitsproblem beim Innovationshandeln geht weit über das übliche Risikoproblem unternehmerischer Entscheidungen hinaus (vgl. Schmid 1998). Bei Innovationen geht es auch nicht nur um eine einzelne Entscheidung

über ein abgegrenztes kalkulierbares Problem, sondern um eine Kette miteinander zusammenhängender Entscheidungen, die einen *Zirkel der Unsicherheiten* („circle of uncertainties“) bilden (Rammert 2002: 177). Wenn ein Akteur eine neue Technik entwickeln oder einen bestimmten Pfad der Innovation einschlagen will, ist er mit den folgenden Unsicherheiten konfrontiert,

- ob er Zugang zu den Informationen über diese Technologie erhalten wird,
- ob er die relevante Information aus der Flut der Informationen herausfiltern kann,
- ob er in der Lage ist, diese dann in nützliches Wissen umzuwandeln,
- ob der Entwicklungsprozess mit einem machbaren technischen Produkt endet,
- ob dieses Produkt auch wirtschaftlich hergestellt werden kann,
- ob dafür ein neuer Markt aufgebaut werden kann,
- ob die Nutzer das Produkt und seine eventuellen Nebenfolgen akzeptieren,
- ob der Entwickler einen angemessenen Gewinn für Kapitaleinsatz und Risiken erhält,
- ob seine Eigentumsrechte genügend geschützt werden und
- ob das Produkt mit den gesetzlichen Regelungen und technischen Standards kompatibel ist.

Angesichts dieser Vervielfältigung von Unsicherheiten muss nach anderen als nur ökonomischen Faktoren gesucht werden; denn die Gesellschaften haben in ihrer Geschichte mannigfaltige Handlungsweisen und Mechanismen erfunden, mit solcher Komplexität umzugehen.

3.2.2 *Neo-schumpeterianischer Ansatz: Routinen und evolutionäre Mechanismen zählen*

Wenn das Rationalmodell ökonomischer Maximierung für das Innovationshandeln wegen der aufgezählten Unsicherheiten und der Dynamik wissenschaftlich-technischer Entwicklung nicht in Frage kommt, bietet sich für komplexe Kausalverhältnisse das Evolutionsmodell der Variation und Selektion an: die Rationalwahl wird durch Routineselektion ersetzt. Wenn weder ein lokales noch ein globales Maximum für ein technisches Problemlösen möglich ist – was wären denn die langfristig gültigen Parameter: Energieeffizienz, Schnelligkeit, Sicherheit, Materialsparsamkeit, usw.? –, dann werden bei Problemen einfach vorhandene Routinen variiert, unter verschiedenen Aspekten neue Kombinationen ausprobiert, scheinbar erfolgreiche imitiert und manche dabei falsch kopiert, so dass ein Schwarm von Technikvarianten entsteht, wie es schon Gilfillan (1936) in seiner Soziologie der Erfindung für die Entwicklung der Schifffahrt beschrieben hat. Ähnliche Variationen von Routinen führen der Historiker George Basalla (1988) für die Entwicklung der Waffen und Werkzeuge und der Tierbiologe Benjamin Beck (1980) für das Werkzeugverhalten der Tiere an. Neuerungen entstehen nicht aus intendiertem Handeln, sondern aus probleminduziertem Tun, wie dem Tüfteln, Herumprobieren oder Basteln. Die Auswahl unter den Varianten folgt dabei nicht

den Maximen rationaler Wahl, sondern den Regeln quasi-natürlicher Selektion, nämlich welche der Varianten sich unter den jeweiligen örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten als relativ besser und befriedigend erweist. Der Gang der Technikentwicklung nimmt also keinen linearen und fortschrittlichen Verlauf; er bleibt – wie schon Schumpeter betonte – von wechselnden Ungleichgewichten und Zufälligkeiten des Innovationsgeschehens geprägt. Wenn er doch für längere Zeit eine feste Bahn zu bilden scheint, dann müssen dafür besondere Bedingungen der Selektion, wie das Ausschalten der Marktdynamik durch Oligopolmacht (vgl. Windeler, Schubert 2007), die Trägheit institutionalisierter Technostrukturen oder die Prägekraft kultureller Traditionen zur Erklärung herangezogen werden.

Die evolutionäre Ökonomie von Richard R. Nelson und Sidney Winter (1977; 1982) geht von einem solchen Such- und Selektionsmodell für Innovationen aus. Firmen suchen dann nach besseren Techniken, wenn sie konkrete Probleme haben, und sie finden umso eher eine relativ überlegene Lösung, je mehr sie in das Suchverhalten investieren. Die Märkte werden dann als ein Selektionsmechanismus zwischen den Firmen angesehen, der dann ‚ex post‘ auf die Auswahl und Expansion der vielen ‚ex ante‘ befriedigenden Varianten einwirkt. Ein zentrales Merkmal der Darwin folgenden Evolutionstheorien ist die Unabhängigkeit der beiden Mechanismen Variation und Selektion. Zur Zeit, wenn die vielen befriedigenden (satisficing) Technikvarianten entwickelt und entschieden werden, gibt es kein sicheres Wissen über die späteren Selektionskriterien; so kann erklärt werden, dass sich relativ schlechtere, aber befriedigende Lösungen wie das Microsoft Betriebssystem gegenüber anfangs technologisch überlegenen Varianten wie das von Macintosh später auf dem Markt durchsetzen. Was sich in der Evolution durchgesetzt hat, gilt dann als das Bessere, aber muss nicht das Beste sein.

Wieso kommt es trotz des probabilistischen und nicht-sequentiellen Charakters der Innovation immer wieder zu längeren Perioden und zu festen Bahnen der Technikentwicklung? In der Sprache der Evolutionstheorie ist der Mechanismus der Stabilisierung (retentive reproduction) dafür verantwortlich: Die ausgewählten Varianten müssen sich auch erfolgreich vermehren und ausbreiten können. Bezogen auf den Innovationsprozess kann man dann von einem vorherrschenden Modell oder einem dominanten Design sprechen, wenn eine ausgewählte Lösung zur neuen Routine wird. Auf die Unternehmen bezogen sprechen Nelson und Winter von Organisationsroutinen; auf die Produktion industrieller Branchen bezogen hat Giovanni Dosi den Begriff des „technologischen Paradigmas“ (vgl. Dosi 1982) eingeführt, der gleichsam die *Routinen* wissenschaftlicher Problemwahrnehmung und technischer Konstruktionstraditionen mit den Organisationsroutinen zusammenfasst, z. B. wenn es um die mechanisierte Massenproduktion, die chemische Verfahrenstechnik oder die genetische Landwirtschaft geht. Hat sich einmal aufgrund historischer Zufälle und

gesellschaftlicher Kräftekonstellationen eine Lösungsvariante durchgesetzt, dann gewinnt sie durch Nachahmung, Anpassung und Routinebildung die determinierende Kraft eines auf seine Bahn geschleuderten Geschosses, bildet nach dem evolutionsfernen mechanistischen Vokabular eine technische Trajektorie (technological trajectory).

Dieses evolutionstheoretische Modell wurde von M. Tushman und Lori Rosenkopf (1992) mit Blick auf die Bedeutung des Wandels für die Unternehmen verfeinert. Sie unterscheiden zwischen Phasen der Fermentierung, in denen es um die Herausbildung eines neuen Paradigmas geht, und Phasen der Stabilisierung, in denen sich ein dominantes Design durchgesetzt hat. In der ersten Phase treten radikale Innovationen auf; es bestehen für die Organisationen hohe Unsicherheiten. In der zweiten Phase überwiegen inkrementelle Innovationen, kleine Verbesserungen; Routinen der Konstruktion und der Organisation bilden einen relativ stabilen Rahmen.

Die Vorzüge dieses Ansatzes bestehen darin, direkt an die bahnbrechenden Ideen von Schumpeter anzuschließen: Seine Vertreter gehen ebenfalls vom nicht-linearen und dynamischen Charakter der Innovation aus. Mit der Evolutionstheorie haben sie eine alternative Modellierung zur Produktionsfunktionstheorie gefunden, die dem stochastischen Prozess angemessener ist. Routinebildung statt Rationalwahl zum Ausgangspunkt zu nehmen, das öffnet diese Theorie stärker für die Ansätze der anderen Sozialwissenschaften. Allerdings bleiben die eigenen Erklärungsversuche für unterschiedliche Innovationsverläufe rudimentär. Es fehlen auch Überlegungen zur Einwirkung von sozialen Akteuren und zur Wechselwirkung zwischen verschiedenen Akteuren in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft.

3.2.3 Pfadabhängigkeits-Ansatz: Geschichte und kritische Ereignisse zählen

Wann entsteht etwas Neues? Aus welchen Quellen speisen sich Neuerungen? Warum setzen sich die einen Ideen durch, bleiben die anderen liegen oder wird deren Umsetzung abgebrochen? Da für die Beantwortung dieser Fragen nach Ursprung, Erfolg und Scheitern von Neuerungen die Produktionsfunktionstheorie wie auch die Evolutionstheorie zu allgemein bleiben, sind für die Untersuchung der Technikwahlen und der Innovationsverläufe historische Fallstudien von unschätzbarem Wert. Sie machen Einzigartigkeiten sichtbar, durch Vergleiche für besondere Situationen sensibel und falsifizieren voreilige Verallgemeinerungen. Die Erfindung eines Fahrzeugs, das seine eigene Straße mit sich führt, geschah z. B. zur falschen Zeit am falschen Ort: Der für verrückt gehaltene Schweizer Mechaniker hatte beim Patentamt die Idee eines Traktors mit um die Räder laufenden Ketten angemeldet; dieses Gefährt sei für steile und unzugängliche Alpenlagen geeignet. Erst Jahre

später verhalfen die Briten mit ihren Panzern im Ersten Weltkrieg dieser Idee zum überraschenden Durchbruch.

Je mehr solche singulären Geschichten gesammelt werden, desto stärker wächst der Anreiz, sie auf systematische Fragen hin zu sichten. Der Wirtschaftshistoriker Abbot P. Usher fand in seiner *History of Mechanical Invention* (Usher 1954) heraus, dass zusätzlich zu den kumulierten und variierten Lösungen, welche die Problemlage definieren, die gestaltgebende Einsicht kreativer Personen als Syntheseleistung hinzukommen muss. Die umfangreichere Fallsammlung von Jewkes, Sawers und Stillerman (1959) fragt nach den Quellen der Erfindung und bestätigt, dass neben den Großunternehmen kleine Firmen und Einzelerfinder kritische Größen bleiben. Eine andere Art von kritischen Situationen für die Technikentwicklung hat der Technikhistoriker Thomas P. Hughes (1987) entdeckt: Je nach Entwicklungsphase wechseln die Engpässe und kritischen Problemzonen: Anfangs bedarf es visionärer Wissenschaftler, um einer neuen Sichtweise die nötige Aufmerksamkeit und Legitimität zu verleihen, dann kluger Unternehmer-Erfinder, die technisches Talent und Unternehmungsgeist verbinden, und schließlich mächtiger Systembildner, die eine Technik samt ihrer Infrastruktur wirtschaftlich und politisch durchsetzen.

Wie stark Geschichte für Innovationsverläufe zählt, das zeigen paradigmatisch die Arbeiten von Paul David und Brian D. Arthur zur Pfadabhängigkeit (Arthur 1989; David 1975). Besonders bekannt und umstritten ist die Geschichte der QWERTY-Tastatur (David 1985): Die Anordnung der Buchstaben entstand in dieser Form, weil sie nicht nur der Häufigkeit der verwendeten Buchstaben folgte, sondern das besondere Problem der klemmenden Typenhebel bei den ersten mechanischen Schreibmaschinen löste. Später dann, als Typenräder, Kugelkopf und überhaupt das Schreiben mit dem PC dieses Design überflüssig machten, wurde es trotz mehrfacher Versuche nicht mehr rückgängig gemacht. Die Erklärung dafür wird darin gesehen, dass eine historisch einmal getroffene Designentscheidung ab einer bestimmten Zeit nicht mehr verändert wird, weil in sie Geld, Wissen und Interessen investiert sind, weil sie gegenüber Alternativen die Vorzüge des Bekannten, immer wieder Verbesserten und des Gewohnten hat, was sowohl für die Entwicklungsingenieure, die produzierenden und konkurrierenden Unternehmen als auch für die Kunden und Nutzer gilt. Alle folgen dem einmal eingeschlagenen Pfad: Für die weitere technische Entwicklung erwächst daraus eine Pfadabhängigkeit. Sie macht es alternativen technischen Lösungen, auch wenn sie theoretisch besser sein sollten, praktisch unmöglich, den Pfad zu brechen. Mit etwas Glück oder politischer Nachhilfe (vgl. Rip, Schot 2002) überleben sie solche Zeiten in Nischen oder Reservaten am Rande der ausgetretenen Pfade.

Der Pfadabhängigkeits-Ansatz überzeugt zunächst durch die vielen Beispiele, in denen aus historisch einmaligen Konstellationen neue Techniken hervorgehen, diese sich dann zu dominanten

Designs entwickeln und der einmal eingeschlagene Weg zu einem fest ausgetretenen Pfad wird. Er trifft auf Kritik, wenn es um den Nachweis geht, ob eine alternative technische Lösung technisch besser oder ökonomisch effizienter gewesen sei. Ihm wird auch vorgeworfen, dass er die Macht und die Interessen der sozialen Akteure unterschätzen würde. Auf das erste Problem der sozialen Deutung technischer Überlegenheit geht der sozialkonstruktivistische Ansatz ein, den wir im übernächsten Abschnitt behandeln. Auf das zweite Problem interessierter Technikprägung gehen wir zunächst ein.

3.2.4 Neo-marxistischer Ansatz: Herrschaft und Interessen zählen

Was als natürlicher Pfad technischen Fortschritts erscheint, ist das Produkt gesellschaftlicher Prägung. Studien zum ‚Social Shaping of Technology‘ folgen diesem kritischen Erkenntnisinteresse (vgl. MacKenzie, Wajcman 1999), das seine Wurzeln im Werk von Karl Marx hat. Die Mechanisierung der Arbeit schreitet nur soweit voran, wie sich der Einsatz der technischen Mittel im Vergleich zu den substituierten Arbeitskräften rechnet. Daher liegt es unter bestimmten Bedingungen im Interesse der Kapitaleseite, Mechanisierungslücken mit belastenden Arbeitsbedingungen zu belassen oder Produktinnovationen so lange in der Schublade zu lagern, bis die vorherigen Investitionen amortisiert sind.

Die Gruppe der ‚Radical Economists‘ in den USA (vgl. Braverman 1977; Noble 1977) hat zusätzlich aufgezeigt, dass es viele Fälle von interessierter Einflussnahme auf die Technikentwicklung gegeben hat: Wie die Feudalherren schon früh im Mittelalter die flexiblen und dezentralen Handmühlen zerstören ließen, um zentrale und zentral kontrollierbare Wind- und Wassermühlen an ihre Stelle zu setzen (vgl. Marglin 1977), so haben auch kapitalistische Unternehmer aufwändige und noch nicht als effizient erwiesene Techniken wie die ersten NC-Werkzeugmaschinen oder die Tomatenpflückmaschine durchgesetzt, weniger aus Kostengründen, sondern eher aus Kontrollinteressen (vgl. Noble 1984; 1986). Die Feudalklasse war nicht an einer effektiveren Technologie interessiert, sondern an einer monopolistischen Technostruktur, mit denen sich die Getreideernten und steuerlichen Abgaben kontrollieren ließen. Die Klasse der Kapitalisten war in diesen Fällen an einer mächtigen mechanischen Apparatur interessiert, mit der das Management den Arbeitsprozess und die widerständige Arbeiterschaft in den Griff bekommen konnte (vgl. Lazonnick 1992). Auf eine kurze Formel gebracht: Herrschaftsinteressen gehen vor technische Verbesserung, Kontrollinteressen vor ökonomisches Kalkül.

Ähnliche Widerstände gegen technische Neuerungen, Einflüsse auf Richtungen der technischen Entwicklung oder auf die konkrete Gestalt einer Technik lassen sich auch heute überall finden. Computersysteme haben nach Robert Solow's Produktivitäts-Paradox noch nicht nachweislich zur Steigerung der Produktivität geführt (vgl. Triplett 1999), aber sie haben sicherlich zur Kontrolle aller Tätigkeiten von der Kassiererin bis zum Analysten beigetragen. Gegen technologische Alternativen zu den gegenwärtig dominanten Energie- und Verkehrstechniken gibt es immer noch massive Einwände und Hindernisse, würden doch alternative Energieträger oder Verkehrsmittel die Interessen der etablierten Großkonzerne stark tangieren.

Dieser Ansatz gerät an seine Grenzen, wenn es um die Entstehung neuer Technikprojekte in den frühen Phasen der Technikgenese geht: Die Auswahl und weitere Prägung einer Technik durch ökonomische, politische oder militärische Interessen in letzter Instanz scheinen in der Regel leicht Zustimmung zu finden; aber wie überhaupt eine neue Technik als Variante konstruiert und als nützliche Innovation für die Gesellschaft definiert wird, das bedarf einer feineren Analyse.

3.2.5 Sozialkonstruktivistischer Ansatz: Projekte und kulturelle Deutungen zählen

Ökonomen und Soziologen, die sich nicht genauer mit der jeweiligen Technik und mit der Genese der jeweiligen Technikvarianten befassen, gehen gerne davon aus, dass sich die nach technologischen Maßstäben bessere Technik durchsetzt. Die Geschichte der Technik wird dann auch wie die Geschichte politischer Revolutionen aus der Sicht der Sieger geschrieben. Vergessen wird dabei, dass es zur Zeit des Gärens und Suchens verschiedene Varianten und Projekte der Technisierung nebeneinander gegeben hat; verdrängt wird häufig, dass es zu jener Zeit keine Sicherheit und keinen Konsens über die entscheidenden Kriterien technischer Überlegenheit gegeben hat; unterdrückt wird manchmal die Tatsache, dass mit der – aus welchen Gründen auch immer – durchgesetzten Technik auch gleichzeitig die Maßstäbe für technische Effizienz neu definiert werden, die ihre Überlegenheit nachträglich legitimieren.

Sozialkonstruktivistische Studien gehen davon aus, dass auch Techniken, Testverfahren und technologische Überlegenheiten wie andere soziale Tatsachen gesellschaftlich geschaffen werden (vgl. Bijker 1995; 1987). Gesellschaftliche Gruppen, die sich um ein besonderes Projekt der Technisierung herum bilden, gewinnen an Bedeutung. Leitbilder und kulturelle Deutungen geben unterschiedlichen Entwürfen, Nutzungskonzepten und Leistungserwartungen neuer Technikkombinationen erst ihren Sinn (vgl. Dierkes et al. 1992; Rammert 1993).

Aus dieser sozialkonstruktivistischen Sicht folgen die zentralen methodologischen Regeln, erstens die ‚black box‘ der jeweiligen Technik zu öffnen, d. h. die darin enthaltenen Varianten an

technischen Problemdefinitionen und Lösungen in ihrer Vielfalt und Kontingenz aufzuzeigen (interpretative flexibility und constructive variability), und zweitens alle Varianten aus „symmetrischer“ Sicht zu behandeln, d. h. ihren Erfolg nicht aus einer technologischen Überlegenheit zu erklären, sondern als Folge einer gelungenen sozialen Schließung der Kontroversen darüber, durch ein Ende der Ingenieurdiskussionen und der gesellschaftlichen Debatten (rhetorical and social closure). Wie das im empirischen Einzelfall funktioniert, haben Trevor Pinch und Wiebe Bijker (1987) am Beispiel der Fahrradentwicklung vorgeführt. Sie fanden verschiedene Varianten vor, wie ein Fahrrad entworfen werden konnte, z. B. Hochräder oder Laufräder mit zwei ähnlich großen Rädern, mit Eisenringen, Hartgummi- oder Ballonreifen. Um die jeweiligen Technikvarianten bildeten sich verschiedene gesellschaftliche Gruppen aus Konstrukteuren und Nutzern, die ein technisch gutes Fahrrad jeweils anders definierten, z. B. schnell für den Sport (Hochrad) oder sicher für Jedermann (Niedrigrad) oder auch geeignet für Frauen mit Rücken. Die Kontroverse zwischen den Gruppen kam erst zum Stillstand, als sich ein ballonbereiftes Niedrigrad als Kompromiss zwischen den verschiedenen Gruppen – und als überraschender Sieger im Rennsport – durchsetzte.

Die Stärke des Sozialkonstruktivismus ist zugleich auch seine Schwäche: Sich auf Situationen der Projektion und Definition wie auch auf Episoden der Konstruktion und Aushandlung zu konzentrieren, schärft zwar den soziologischen Blick für die Offenheit und Variabilität technischer Neuerung, schließt jedoch die fördernden oder fesselnden Rahmen sozialer Institutionen und die Mechanismen längerfristiger Pfadentwicklung zu stark aus den theoretischen Überlegungen aus. Das gilt weniger für die deutsche Forschungslinie der Technikgeneseforschung, die von Anfang an (Telefon, Diesel- und Wankelmotor, Schreibmaschine, Bildschirmtext, PC, Airbus, Transrapid, Satellitenfernsehen, Hochgeschwindigkeitszug, Expertensysteme, E-Mail, Mensch-Computer-Interfaces) in vielen Fallstudien sowohl die institutionellen Konstellationen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik als auch die Einbettung in nationale kulturelle Stile berücksichtigt hat.

3.2.6 Neo-institutionalistischer Ansatz: Institutionen und Akteur-Konstellationen zählen

Situationen der Technikentwicklung sind in unterschiedliche institutionelle Bedingungen eingebettet: Sie finden unter dem Regime mittelalterlicher Zünfte, aufklärerischer Fürstenhöfe, früher Fabrikkapitalisten oder hochmoderner Innovationsnetzwerke statt. Die daran beteiligten sozialen Akteure bewegen sich ebenfalls in verschiedenen institutionellen Sphären: Forscher, Erfinder, Ingenieure, Patentierer, Förderer und Finanziere finden wir im Bereich akademischer Wissenschaft und industrieller Laboratorien, öffentlicher Forschung und privater Stiftungen oder in gemischten Institutionen von ‚private-public partnership‘ und interaktiven Innovationsnetzwerken.

Der Schlüsseltext für die Innovationssoziologie fragt nach den zentralen Koordinationsmechanismen zwischen so heterogenen Akteuren, wie sie an der biotechnologischen Entwicklung im Silicon Valley beteiligt waren: Es wird argumentiert, dass weder Märkte noch Hierarchien entscheidend waren, sondern Netzwerkformen der Organisation; Netzwerke werden als eine eigenständige Form der Koordination angesehen (vgl. Powell 1990). Sie weisen nicht die Unverbindlichkeit und Kurzfristigkeit tauschorientierter Märkte, aber auch nicht die Reglementierung und Festigkeit herrschaftsbasierter Bürokratien auf. Sie eignen sich in ihrer offenen Interdependenz und der Mittelfristigkeit ihrer vertrauensvollen Kooperation besonders für die Zusammenarbeit zwischen heterogenen Akteuren, die wechselseitig aufeinander angewiesen sind, und bei Zuständen hoher Unsicherheit, die weder wirtschaftliche Berechenbarkeit noch bürokratische Regulierbarkeit erlauben. Firmen, die Forschung und Entwicklung organisieren, kennen dieses Problem als ‚Innovations-Dilemma‘ (vgl. Rammert 1988): Unterwerfen sie die Wissenschaftler und ihr innovatives Handeln zu sehr den üblichen Routinen betrieblicher Kontrolle und wirtschaftlichen Kalküls, dann laufen sie Gefahr, die erwünschte Kreativität im Keim zu ersticken und das anvisierte innovative Potential kleinlich einzuzäunen; ließe man umgekehrt der Forschung freien Lauf und verzichtete auf Zwischenziele und jegliche Anwendungsorientierung, finanzierte man zwar eine tolle Truppe origineller Denker und Forscher, aber ohne absehbaren Gewinn für das Unternehmen.

Innovationsnetzwerke können als eine angemessene institutionelle Antwort auf eine neue Situation interpretiert werden, die angesichts der hohen Unsicherheit gegenwärtiger Hochtechnologien und der damit verbundenen immensen Kapitalrisiken eine Verteilung von Wissensarbeit und Risiken auf verschiedene Akteure und zugleich eine lockere, aber verbindliche Kooperation zwischen ihnen erfordert. Neben die beiden Schumpeterschen Typen der ‚Innovation durch Markt‘ (Erfinder-Unternehmer wie die Siemens-Brüder und Bell zur Gründerzeit) und der ‚Innovation durch Organisation‘ (Konzerne wissenschaftsbasierter chemischer und elektrotechnischer Industrie mit eigenen Forschungs- und Entwicklungslabors) tritt zunehmend der post-schumpeterianische Typ der ‚Innovation im Netz‘ (Rammert 1997). Weitere Untersuchungen stützen sich explizit auf die Idee der Technikentwicklung als Institutionalisierungsprozess (Werle 2005; Bender 2005) und suchen nach spezifischen Mustern für bestimmte Technologietypen (low tech – high tech), Industriebranchen und Entwicklungspfade (Hirsch-Kreinsen et al. 2005; Dolata 2011); andere Studien vergleichen die institutionellen Arrangements zwischen den Feldern der Wissenschaft, der Wirtschaft und der Politik, wie sie sich als unterschiedliche nationale Innovationssysteme (Nelson 1993; Edquist 1993) ausprägen; weitere Studien gehen über die nationale Ebene hinaus, interessieren sich für neue Regime der Wissensproduktion (Rammert 2003; Barben 2007) oder für homologe Muster

wissenschaftlicher Institutionen weltweit, gleich ob es sich um die Einrichtung von Wissenschaftsministerien, Transfereinrichtungen, Unternehmeruniversitäten oder Innovationsregionen handelt (Drori et al. 2003; Etzkowitz, Leydesdorff 1997; Krücken et al. 2007; Heidenreich 2000).

Der neo-institutionalistische Ansatz eignet sich hervorragend zur Bildung von Typologien und zur Analyse der verschiedenen Muster, die sich historisch als dominant durchgesetzt haben oder sich nebeneinander in Kooperation und Konkurrenz entwickeln. Er schließt am stärksten an die Theorietraditionen klassischer soziologischer Theorie an. Allerdings ist er für Prozesse der Institutionenbildung und -auflösung durch praktisches Handeln bisher wenig aufschlussreich, hat kaum Sinn für die konstitutive Rolle von Akteuren und ihren dynamischen Beziehungen und kann auch nicht recht die produktive oder resistente Rolle von Technologien in seinen Ansatz einbauen. Daher gibt es viele Versuche, ihn mit den Ansätzen der Theorie rationaler Wahl, der Praxistheorie, der pragmatistischen Technik- und Sozialtheorie und mit den Netzwerkperspektiven der formalen Netzwerktheorie oder der Akteur-Netzwerk-Methodologie zu verbinden (vgl. Werle 1995; Mayntz, Schneider 1995; Weyer 2004; Rammert 2007; Callon 1995; Akrich et al. 2002; siehe auch den Beitrag von Mützel in diesem Band).

4. Eine erweiterte Forschungsperspektive für die Vielfalt und den Vergleich gesellschaftlicher Innovationsprozesse

Technik und Innovation sind zweifellos soziale Institutionen und zusätzlich zentrale Institutionen der Wirtschaft und der Gesellschaft. Allerdings wurde dieser Tatsache in der ökonomischen und soziologischen Theoriebildung über lange Zeit nicht genügend Rechnung getragen. Neben der Selbstverständlichkeit von Technik als Ressource und der Besonderheit von Innovation als überraschendes Ereignis behinderten die strikte Teilung der Sozialwissenschaften zwischen Ökonomie und Soziologie und die Zersplitterung in viele theoretische Ansätze ein umfassenderes Verständnis. In den letzten Jahren haben sich allerdings mit der Konzentration auf gemeinsame Themen, dem Bezug auf Schlüsseltexte und -studien und der systematischen Suche nach Erklärungsmechanismen auf allen Ebenen auch Möglichkeiten gezeigt, die häufig nur auf technische Neuerung fixierte oder an rein ökonomischer Innovation orientierte Forschungsperspektive zu erweitern und für die Vielfalt gesellschaftlicher Innovation und den Vergleich kreativer und innovativer Praktiken auf verschiedenen Feldern zu öffnen (Rammert 2010; Hutter et al. 2015).

Zunächst gibt es offensichtlich eine zwischen den Disziplinen und theoretischen Ansätzen gemeinsam geteilte Auswahl zentraler Themen und dazu jeweils anerkannter Studien (vgl. dazu Fagerberg et al. 2005; Hage/Meeus 2006; Braun-Thürmann 2005; Blättel-Mink 2006): Das sind

erstens die Fragen nach den gesellschaftlichen Quellen der Entdeckung, Erfindung, Technikgenese und Innovation – zwischen forscherscher Neugier und soziotechnischer Imagination, zwischen technologischer Variation und politisch-ökonomischer Selektion (vgl. Gilfillan 1936; Jewkes et al. 1959). Das ist *zweitens* die Suche nach den Verlaufs-, Verbreitungs- und Aneignungsformen von Neuerungen – zwischen linearer Kumulation, nicht-linearer Evolution und netzwerkförmiger Diffusion (vgl. Nelson/Winter 1977; Utterback 1994; Van de Ven et al. 1999; Rogers 2003). Das ist *drittens* die Frage nach den Akteuren und institutionellen Agenten technischer Entwicklung und ökonomischer Innovation – vom Forscher über den Ingenieur, den Unternehmer und politischen Systemgestalter bis hin zum kulturell Bewegten, vom Erfinder-Unternehmer über den Endnutzer bis zum Open Source-Aktivisten – (vgl. Rammert 1992; Hippel 1988; 2005; Chesborough 2006). Das ist *viertens* die nahe liegende Frage nach den institutionellen Arrangements und den Konstellationen zwischen ihnen – seien es Arenen der Koordination, Netzwerke der Innovation oder soziotechnische Konstellationen (vgl. Hage, Hollingsworth 2000; Kowol, Krohn 1995; Weyer et al. 1997; Latour 2006; Dolata 2011). Das umfasst *fünftens* die eher gesellschaftstheoretischen Fragen nach der institutionellen Ordnung, den Systemen oder Regimen der Innovation (Nelson 1993; Edquist 1993; Rammert 1997, 2003), und nach dem Wandel zwischen Pfadabhängigkeit und Steuerbarkeit (Garud, Karnoe 2001; Meyer/Schubert 2007; Schubert et al. 2013).

Sodann wurde trotz des breiten Spektrums theoretischer Ansätze eine begrenzte Auswahl relevanter Größen gefunden, die zur Erklärung der Innovationsdynamik beitragen. Sie schließen sich nicht immer aus, lassen sich manchmal auch ergänzen: Routinen wie rationale Wahlen sind jeweils zu berücksichtigen, abhängig von Regimen standardisierter oder individualisierter Innovationsverläufe. Pfadabhängigkeiten wie auch kritische Ereignisse des Pfadbruchs oder disruptiver Innovation sind in einem Theorierahmen zusammen zu bringen, abhängig von Phasen und Situationen der paradigmatischen Fermentierung oder Stabilisierung. Genau anzugeben wäre, wann ökonomisches Kalkül oder wann politische Kontrollinteressen und wann kreative Akteure oder wann kulturelle Deutungen von Gewicht sind. Die Technikgeneseforschung hat zum Beispiel schon ein Modell dafür vorgegeben, wie Projekte, Deutungen und Strategien von Akteuren, Akteurkonstellationen und institutionalisierte Variations- und Selektionsmechanismen zusammengedacht werden können (Rammert 1993; Weyer et al. 1997).

Auch für eine soziologisch erweiterte Theorie gesellschaftlicher Innovationsprozesse, die im Kern technische wie auch nicht-technische „soziale Innovationen“ einbezieht (Zapf 1989) sind solche Modellbildungen angesagt: Analog zu einem reflexiven und relationalen Technikbegriff, der sich auf Konstellationen technisierter Beziehungen in den Medien von Körpern, Sachen und

Zeichen bezieht, ist dafür ein relationaler und reflexiver Innovationsbegriff (Rammert 2010; Windeler 2016) erforderlich, mit dem sich in sachlicher Hinsicht neue Praktiken, Objekte und Ideen als Komponenten und Konfigurationen von Neuerungen identifizieren und in sozialer Hinsicht über die ökonomische Referenz von Gewinn und Marktverbreitung hinaus auch andere Referenzen und Rechtfertigungen für Nachahmung und Diffusion in den Bereichen und Feldern von Politik, Wissenschaft, Religion und Kunst einbeziehen lassen. Damit könnte der Vielfalt der Innovationen - der jeweiligen Eigenart als eher sachtechnisch, institutionell oder konzeptuell konstruiert, der jeweiligen Einbettung als eher ökonomisch, ökologisch, politisch oder künstlerisch orientiert und vor allem auch der jeweiligen Situation des praktischen Vollzugs (Passoth/Rammert 2016) – Rechnung getragen werden. Damit erweitert sich der Forschungsraum auf Fallstudien zu einzelnen Innovationen verschiedenster Art auf allen möglichen Innovationsfeldern. Neben dem Vergleich von institutionalisierten und stark standardisierten Innovationsverläufen und den Bedingungen von Erfolg und Scheitern kommen Innovationsbiographien in den Blick, bei denen kulturelle Deutungen und situative Praktiken eine kritische Rolle für zunehmend abweichende und individualisierte Entwicklungen spielen. Das impliziert eine kritische Reflexion der klassischen Innovationsindikatoren (Smith 2005; Bormann et al. 2012) und ebenso eine Erweiterung des klassischen Methodenbaukastens der Innovationsforschung (Jungmann et al. 2015).

Literatur

- Akrich, Madeleine, Michel Callon und Bruno Latour*, 2002: The Key to Success in Innovation. Part I: The Art of Interessement, S. 187-206 und Part II: The Art of Choosing Good Spokespersons, S. 207-225, in: *International Journal of Innovation Management* 6, 2.
- Arrow, Kenneth J.*, 1962: Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. S. 625-626 in: *National Bureau of Economic Research* (Hg.), *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton: University Press.
- Arthur, W. Brian*, 1989: Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events. *Economic Journal* 99: S. 116-131.
- Barben, Daniel*, 2007: Politische Ökonomie der Biotechnologie. Innovation und gesellschaftlicher Wandel im internationalen Vergleich. Frankfurt/M.: Campus.
- Basalla, George*, 1988: *The Evolution of Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Beck, Benjamin B.*, 1980: *Animal Tool Behavior*. New York: Garland.
- Beck, Ulrich, Anthony Giddens und Scott Lash*, 1996: *Reflexive Modernisierung. Eine Kontroverse*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Bell, Daniel*, 1979: *Die nachindustrielle Gesellschaft*. Orig. v. 1973, Frankfurt/M.: Campus.
- Bender, Gerd*, 2005: Technologieentwicklung als Institutionalisierungsprozess. *Zeitschrift für Soziologie* 34: S. 170-187.
- Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch* (Hg.), 1987: *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge: MIT Press.
- Bijker, Wiebe E.*, 1995: *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Towards a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge: MIT Press.
- Blättel-Mink, Birgit* (Hg.), 2006: *Kompendium der Innovationsforschung*. Wiesbaden: VS.
- Böhret, Carl*, 1986: Politik und Technik – Eine Aufgabe fachwissenschaftlicher und multidisziplinärer Forschung. S. 12-22, in: *Hartwich, Hans-Hermann* (Hg.), *Politik und die Macht der Technik*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Bormann, Ing, René John und Jens Aderhold* (Hg.), 2012: *Indikatoren des Neuen. Innovation als Sozialmethodologie oder Sozialtechnologie?* Wiesbaden: Springer VS.
- Braun-Thürmann, Holger*, 2005: *Innovation*. Bielefeld: transcript.
- Braverman, Harry*, 1977: *Die Arbeit im modernen Produktionsprozeß*. Frankfurt/M.: Campus.
- Callon, Michel*, 1995: Technological Conception and Adoption Network: Lessons for the CTA Practitioner. S. 307-330, in: *Rip, Arie, Thomas J. Misa und Johan Schot* (Hg.), *Managing Technology in Society*. London: Pinter.

- Castells, Manuel*, 1996: *The Rise of the Network Society*. Oxford: Blackwell.
- Coombs, Rod, Mark Harvey und Bruce S. Tether*, 2003: Analyzing Distributed Processes of Provision and Innovation. *Industrial and Corporate Change* 12: S. 1125-1155.
- Chesbrough, Henry*, 2006: *Open Innovation. The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston: Harvard Business School Press.
- Dahrendorf, Ralf*, 1957: *Soziale Klassen und Klassenkonflikte in der industriellen Gesellschaft*. Stuttgart: Enke.
- David, Paul A.*, 1975: *Technical Choice, Innovation and Economic Growth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- David, Paul A.*, 1985: Clio and the Economics of QUERTY. *American Economic Review* 75: S. 332-337.
- David, Paul A.*, 1993: Path-Dependence and Predictability in Dynamic Systems with Local Network Externalities: A Paradigm of Historical Economics. S. 208-231, in: *Foray, Dominique und Christopher Freeman* (Hg.), *Technology and the Wealth of Nations*. London: OECD.
- Dierkes, Meinolf, Ute Hoffmann und Lutz Marz*, 1992: *Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen*. Berlin: Edition Sigma.
- Dolata, Ulrich, Raymund Werle* (Hg.), 2007: *Gesellschaft und die Macht der Technik. Sozioökonomischer Wandel durch Technisierung*. Frankfurt/M.: Campus
- Dolata, Ulrich*, 2011: *Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformation*. Frankfurt/M.: Campus.
- Dosi, Giovanni*, 1982: Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy* 11: S. 147-166.
- Drori, Gili S., John W. Meyer, Francisco O. Ramirez und Evan Schofer*, 2003: *Science in the Modern World Polity*. Stanford: Stanford University Press.
- Edquist, Charles* (Hg.), 1993: *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter.
- Elster, Jon*, 1983: *Explaining Technical Change. A Case Study in the Philosophy of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Etzkowitz, Henry und Loet Leydesdorff* (Hg.), 1997: *Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. London: Pinter.
- Fagerberg, Jan, David Mowery und Richard R. Nelson* (Hg.), 2005: *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: University Press.
- Garud, Raghu und Peter Karnoe* (Hg.), 2001: *Path Dependence and Creation*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum.

- Gilfillan, S. Colum*, 1936: *The Sociology of Invention*. Chicago: Follet.
- Godelier, Maurice*, 1999: *Das Rätsel der Gabe: Geld, Geschenke, heilige Objekte*. München: Beck.
- Habermas, Jürgen*, 1976: *Zur Rekonstruktion des Historischen Materialismus*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Hage, Jerald und J. Rogers Hollingsworth*, 2000: A Strategy for Analysis of Idea Innovation Networks and Institutions, S. 971-1004, in: *Organization Studies* 21.
- Hage, Jerald und Marius Meeus* (Hg.), 2006: *Innovation, Science, and Institutional Change*. Oxford: Oxford University Press.
- Halfmann, Jost, Gotthard Bechmann und Werner Rammert* (Hg.), 1995: *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8: Theoriebausteine der Techniksoziologie*. Frankfurt/M.: Campus.
- Hall, Peter A. und David Soskice* (Hg.), 2001: *Varieties of Capitalism. The Institutional Foundations of Comparative Advantage*. Oxford: Oxford University Press.
- Heidenreich, Martin*, 2000: Regionale Netzwerke in der globalen Wissensgesellschaft. S. 87-110, in: *Weyer, Johannes* (Hg.), *Soziale Netzwerke*. München: Oldenbourg.
- Hippel, Eric von*, 2005: *Democratizing Innovation*. Cambridge: MIT Press.
- Hippel, Eric von* 1988: *The Sources of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut, David Jacobson und Staffan Laestadius* (Hg.), 2005: *Low-tech Innovation in the Knowledge Economy*. Frankfurt/M.: Peter Lang.
- Hughes, Thomas P.*, 1983: *Networks of Power – Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Hughes, Thomas P.*, 1987: The Evolution of Large Technological Systems. S. 51-82, in: *Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch* (Hg.), *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge: MIT Press.
- Hutter, Michael, Hubert Knoblauch, Werner Rammert und Arnold Windeler, 2015: Innovation Society: The Reflexive Creation of Novelty, S. 30-47, in: *Ametowobla, Dzifa, Nina Baur und Robert Jungmann* (Hg), *Historical Social Research* 40, 3. Special Issue: Methods of Innovation Research. *Jewkes, John, David Sawers und Richard Stillerman*, 1959: *The Sources of Invention*. New York: St. Martin's Press.
- Joas, Hans*, 1992: *Die Kreativität des Handelns*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Jungmann, Robert, Nina Baur und Dzifa Ametowobla*, 2015: Grasping Processes of Innovation Empirically. A Call for Expanding the Methodological Toolkit. S. 7-29, in: *Historical Social Research* 40, 3.
- Kern, Horst und Michael Schumann*, 1984: *Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion*. München: Beck.

- Kline, Stephen J. und Nathan Rosenberg*, 1986: An Overview of Innovation. S. 275-305, in: *Laudan, Ralph und Nathan Rosenberg* (Hg.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington: National Academy Press.
- Knorr Cetina, Karin und Urs Brugger*, 2002: Global Microstructures. The Virtual Societies of Financial Markets. *American Journal of Sociology* 107: S. 905-950.
- Kowol, Uli und Wolfgang Krohn*, 1995: Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese. S. 77-105, in: *Halfmann, Jost, Gotthard Bechmann und Werner Rammert* (Hg.), *Technik und Gesellschaft*. Jahrbuch 8. Frankfurt/M.: Campus.
- Krücken, Georg, Anna Kosmützky und Marc Torka* (Hg.), 2007: *Towards a Multiversity? Universities between Global Trends and National Traditions*. Bielefeld: transcript.
- Kuznets, Simon*, 1953: *Economic Change*. New York.
- Landes, David S.*, 1969: *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Latour, Bruno*, 2006: Ethnografie einer Hochtechnologie: Das Pariser Projekt »Aramis« eines automatischen U-Bahn-Systems. S. 25-60, in: *Rammert, Werner und Cornelius Schubert* (Hg.), *Technografie. Zur Mikrosoziologie der Technik*. Frankfurt/M.: Campus.
- Lazonnick, William*, 1992: *Organization and Technology in Capitalist Development*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Luhmann, Niklas*, 1987: *Soziologische Aufklärung*, Bd. 4. Beiträge zur funktionalen Differenzierung der Gesellschaft. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- MacKenzie, Donald A. und Judy Wajcman* (Hg.), 1999: *The Social Shaping of Technology*. 2. Aufl., Buckingham: Open University Press.
- Marglin, Stephen A.*, 1977: Was tun die Vorgesetzten? Ursprünge und Funktionen der Hierarchie in der kapitalistischen Produktion. *Technologie und Politik* 8: S. 148-203.
- Marx, Karl*, 1966: *Pariser Manuskripte*. Orig. v. 1844, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Marx, Karl*, 1969: *Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie*, Bd. 1 (MEW 23). 3. Aufl., Orig. v. 1867, Berlin: Dietz.
- Mauss, Marcel*, 1990: *Die Gabe. Form und Funktion des Austauschs in archaischen Gesellschaften*. Frz. Orig. v. 1923, Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Mayntz, Renate und Volker Schneider*, 1995: Akteurzentrierter Institutionalismus in der Technikforschung. S. 107-130, in: *Halfmann, Jost, Gotthard Bechmann und Werner Rammert* (Hg.), *Technik und Gesellschaft*. Jahrbuch 8. Frankfurt/M.: Campus.
- McClelland, David*, 1966: *Die Leistungsgesellschaft. Psychologische Analyse der Voraussetzungen wirtschaftlicher Entwicklung*. Stuttgart: Kohlhammer.

- Mensch, Gerhard*, 1977: Das technologische Patt. Innovationen überwinden die Depression. Frankfurt/M.: Fischer.
- Merton, Robert K.*, 1968: Social Theory and Social Structure. Vergr. Aufl., New York: Free Press.
- Meyer, Uli und Cornelius Schubert*, 2007: Integrating path dependency and path creation in a general understanding of path constitution: The role of agency and institutions in the shaping of technological innovations, S. 23-44, in: Science, Technology & Innovation Studies 3, 1.
- Mumford, Lewis*, 1963: Technics and Civilization. Orig. v. 1934, New York: Harcourt, Brace & World.
- Mumford, Lewis*, 1977: Der Mythos der Maschine. Kultur, Technik und Macht. Frankfurt/M.: Fischer.
- Naschold, Frieder*, 1986: Politik und Produktion: Thesen zu Politik und Technologieentwicklung. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Nelson, Richard R. und Sidney G. Winter*, 1977: In Search of a Useful Theory of Innovation. Research Policy 6: S. 36-76.
- Nelson, Richard R. und Sidney G. Winter*, 1982: An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge/MA: Belknap Press.
- Nelson, Richard R.* (Hg.), 1993: National Innovation Systems: A Comparative Analysis. Oxford: Oxford University Press.
- Noble, David F.*, 1977: America by Design. Science, Technology and the Rise of Corporate Capitalism. New York: Knopf.
- Noble, David F.*, 1984: Social Forces of Production. A Social History of Industrial Automation. Oxford: Oxford University Press.
- Noble, David F.*, 1986: Maschinenstürmer oder die komplizierten Beziehungen der Menschen zu ihren Maschinen. Berlin: Wechselwirkung.
- Nowotny, Helga*, 2005: Unersättliche Neugier. Innovation in einer fragilen Zukunft. Berlin: Kadmos.
- OECD, (Organisation for Economic Co-operation and Development)*, 2001: Innovative Networks: Co-operation in National Innovation Systems. Paris: OECD
- Ogburn, William F.*, 1937: Technological Trends and National Policy. Washington: United States National Resources Committee/Science Committee.
- Ogburn, William F.*, 1946: The Social Effects of Aviation. Boston: Houghton Mifflin.
- Ogburn, William F.*, 1957: Culture Lag as Theory. Sociology and Social Research XLI: S. 167-173.

- Perrow, Charles*, 1987: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. Frankfurt/M.: Campus.
- Passoth, Jan-Hendrik und Werner Rammert*, 2016 (im Druck): Fragmentale Differenzierung und die Praxis der Innovation: Wie immer mehr Innovationsfelder entstehen. In: *Rammert, Werner, Arnold Windeler, Hubert Knoblauch und Michael Hutter* (Hg.): Innovationsgesellschaft heute - Perspektiven, Felder und Fälle. Wiesbaden: Springer VS.
- Pinch, Trevor J. und Wiebe E. Bijker*, 1987: The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociologie of Technology Might Benefit Each Other. S. 17-50, in: *Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch* (Hg.), The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology. Cambridge: MIT Press.
- Polanyi, Karl*, 1978: The Great Transformation. Politische und ökonomische Ursprünge von Gesellschaften und Wirtschaftssystemen. Engl. Orig. v. 1944, Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Popitz, Heinrich, Hans Paul Bahrdt, Ernst August Jüres und Hanno Kesting*, 1957: Technik und Industriearbeit. Soziologische Untersuchungen in der Hüttenindustrie. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Popitz, Heinrich*, 1989: Epochen der Technikgeschichte. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Powell, Walter W.*, 1990: Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. *Research in Organizational Behavior* 12: S. 295-336.
- Rabinow, Paul und Talia Dan-Cohen*, 2005: A Machine to Make a Future. *Biotech Chronicles*. Princeton: Princeton University Press.
- Rammert, Werner*, 1988: Das Innovationsdilemma. Technikentwicklung im Unternehmen. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Rammert, Werner*, 1992: Wer oder was steuert den technischen Fortschritt? Technischer Wandel zwischen Steuerung und Evolution. *Soziale Welt* 43: S. 7-25.
- Rammert, Werner*, 1993: Technik aus soziologischer Perspektive. Forschungsstand – Theorieansätze – Fallbeispiele. Ein Überblick. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Rammert, Werner*, 1997: Auf dem Weg zu einer post-schumpeterianischen Innovationsweise. Institutionelle Differenzierung, reflexive Modernisierung und interaktive Vernetzung im Bereich der Technikentwicklung. S. 45-71, in: *Bieber, Daniel* (Hg.), Technikentwicklung und industrielle Arbeit. Frankfurt/M.: Campus.
- Rammert, Werner*, 2002: The Cultural Shaping of Technologies and the Politics of Technodiversity. S. 173-194, in: *Sørensen, Knut H. und Robin Williams* (Hg.), *Shaping Technology, Guiding Policy: Concepts, Spaces & Tools*. Cheltenham: Edward Elgar.

- Rammert, Werner*, 2003: Zwei Paradoxien einer innovationsorientierten Wissenspolitik: Die Verknüpfung heterogenen und die Verwertung impliziten Wissens. *Soziale Welt* 54: S. 483-508.
- Rammert, Werner*, 2007: Technik – Handeln – Wissen. Zu einer pragmatischen Technik- und Sozialtheorie. Wiesbaden: Springer VS.
- Rammert, Werner*, 2008: Technographie trifft Theorie. Forschungsperspektiven einer Soziologie der Technik, S. 341-367, in: *Herbert Kalthoff, Stefan Hirschauer und Gesa Lindemann* (Hg.): Theoretische Empirie. Zur Relevanz qualitativer Forschung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 341-367.
- Rammert, Werner*, 2010: Die Innovationen der Gesellschaft, S. 21-51, in: *Jürgen Howaldt und Heike Jacobsen* (Hg.): Soziale Innovation. Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma. Wiesbaden: Springer VS.
- Rammert, Werner*, 2012: Distributed agency and advanced technology. Or: how to analyze constellations of collective inter-agency, S. 89-112, in: *Jan-Hendrik Passoth, Birgit Peuker und Michael Schillmeier* (Hg.): Agency without Actors? New approaches to collective action. London: Routledge.
- Rammert, Werner, Arnold Windeler, Hubert Knoblauch und Michael Hutter* (Hg.) 2016 (im Druck): Innovationsgesellschaft heute: Perspektiven, Felder und Fälle. Wiesbaden: Springer VS.
- Reckwitz, Andreas*, 2012: Die Erfindung der Kreativität. Zum Prozess gesellschaftlicher Ästhetisierung. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Rip, Arie und Johan W. Schot*, 2002: Identifying Loci for Influencing the Dynamics of Technological Development. S. 155-172, in: *Knut H. Sørensen und Robin Williams* (Hg.): Shaping Technology, Guiding Policy: Concepts, Spaces and Tools. Cheltenham: Edward Elgar.
- Rogers, Everett M.*, 2003: Diffusion of Innovations. 5. Aufl., New York: Free Press.
- Rosenberg, Nathan*, 1976: Marx als Kenner der Technologie. *Monthly Review* 2: S. 58-77.
- Rosenberg, Nathan*, 1982: Inside the Black Box: Technology and Economics. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schmid, Michael*, 1998: Rationales Verhalten und technische Innovation. Bemerkungen zum Erklärungspotential ökonomischer Theorien. S. 189-224, in: *Rammert, Werner* (Hg.), Technik und Sozialtheorie. Frankfurt/M.: Campus.
- Schubert, Cornelius, Sydow, Jörg und Arnold Windeler*, 2013: The means of managing momentum. Bridging technological paths and organisational fields, S. 1389-1405, in: *Research Policy* 42, 8.
- Schulz-Schaeffer, Ingo*, 2007: Zugeschriebene Handlungen. Ein Beitrag zur Theorie sozialen Handelns. Weilersvst: Velbrück.

- Schumpeter, Joseph A.*, 1912: *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Schumpeter, Joseph A.*, 1946: *Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*. Orig v. 1942, Bern: Francke.
- Schumpeter, Joseph A.*, 1961: *Konjunkturzyklen*. Orig. v. 1939, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Simon, Herbert A.*, 1954: A Behavioural Theory of Rational Choice. *Quarterly Journal of Economics* 69: S. 99-118.
- Smith, Keith*, 2005: Measuring Innovation, S. 148-177, in: *Fagerberg, Jan, David C. Mowery und Richard R. Nelson* (Hg.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: University Press.
- Sørensen, Knut H. und Robin Williams* (Hg.) 2002: *Shaping Technology, Guiding Policy: Concepts, Spaces and Tools*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Swedborg, Richard*, (Hg.) 2000: *Entrepreneurship. The Social Science View*. Oxford: Oxford University Press.
- Staudenmaier, John M.*, 1985: *Technology's Storytellers: Reweaving the Human Fabric*. Cambridge: MIT Press.
- Triplett, Jack E.*, 1999: The Solow Productivity Paradox: What do Computers do to Productivity? S. 309-334, in: *The Canadian Journal of Economics* 32, 2.
- Touraine, Alain*, 1972: *Die postindustrielle Gesellschaft*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Tushman, Michael L. und Lori Rosenkopf*, 1992: Organizational Determinants of Technological Change: Towards a Sociology of Technological Evolution. *Research in Organization Behavior* 14: S. 311-347.
- Usher, Abbott P.*, 1954: *A History of Mechanical Invention*. Cambridge: Harvard University Press.
- Utterback, James M.*, 1994: *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
- Van de Ven, Andrew H., Harold L. Angle und Marshall Scott Poole*, 1989: *Research on the Management of Innovation. The Minnesota Studies*. New York: Ballinger, Harper & Row.
- Van de Ven, Andrew H., Douglas E. Polley, Raghu Garud und Sankaran Venkataraman*, 1999: *The Innovation Journey*. New York: Oxford University Press.
- Weber, Max*, 1976: *Wirtschaft und Gesellschaft. Grundriß der verstehenden Soziologie*. 5., rev. Aufl., Orig. v. 1922, Tübingen: Mohr Siebeck.
- Werle, Raymund*, 1995: Rational Choice und rationale Technikentwicklung. Einige Dilemmata der Technikkoordination. S. 49-76, in: *Halfmann, Jost, Gotthard Bechmann und Werner Rammert* (Hg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8*. Frankfurt/M.: Campus.

- Werle, Raymund, 2002: Technik als Akteurfiktion. S. 119-139, in: *Rammert, Werner und Ingo Schulz-Schaeffer* (Hg.), *Können Maschinen handeln?* Frankfurt/M.: Campus.
- Werle, Raymund, 2005: Institutionelle Analyse technischer Innovation. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 57: S. 308-332.
- Weyer, Johannes, Ulrich Kirchner, Lars Riedl und Johannes F. K. Schmidt, 1997: Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Orte der Technikgenese. Berlin: Edition Sigma.
- Weyer, Johannes, 2004: Von Innovationsnetzwerken zu hybriden soziotechnischen Systemen. Neue Perspektiven der Techniksoziologie. S. 9-31, in: *Bluma, Lars* (Hg.), *Technikvermittlung und Technikpopularisierung. Historische und didaktische Perspektiven.* Münster: Waxmann.
- White, Lynn Townsend, 1962: *Medieval Technology and Social Change.* Oxford: Oxford University Press.
- Windeler, Arnold, 2003: Kreation technologischer Pfade: ein strukturationstheoretischer Analyseansatz. S. 295-328, in: *Schreyögg, Georg und Jörg Sydow* (Hg.), *Strategische Prozesse und Pfade.* Wiesbaden: Gabler.
- Windeler, Arnold, 2016 (im Druck): Reflexive Innovation. Zur Innovation in der radikalisierten Moderne. In: *Werner Rammert, Arnold Windeler, Hubert Knoblauch und Michael Hutter* (Hg.): *Innovationsgesellschaft heute: Perspektiven, Felder und Fälle.* Wiesbaden: Springer VS.
- Windeler, Arnold und Cornelius Schubert, 2007: Technologieentwicklung und Marktconstitution. S. 217-233, in: *Beckert, Jens, Rainer Diaz-Bone und Heiner Ganßmann* (Hg.), *Märkte als soziale Strukturen.* Frankfurt/M.: Campus.
- Winner, Langdon, 1977: *Autonomous Technology. Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought.* Cambridge: MIT Press.
- Zapf, Wolfgang 1989: Über soziale Innovationen. S. 170-183, in: *Soziale Welt* 40: 1/2.

In der Reihe „Working Papers“ sind bisher erschienen:

03/2015	Valentin Janda	The means of design work. Models, sketches, and related objects in the creation of new technologies TUTS-WP-3-2015
02/2015	Jan-Hendrik Passoth Werner Rammert	Fragmentale Differenzierung und die Praxis der Innovation: Wie immer mehr Innovationsfelder entstehen TUTS-WP-2-2015
01/2015	Werner Rammert Cornelius Schubert	Körper und Technik. Zur doppelten Verkörperung des Sozialen TUTS-WP-1-2015
03/2014	Hubert Knoblauch	Communicative Action, Reflexivity, and Innovation Society TUTS-WP-3-2014
02/2014	Cornelius Schubert	Social Innovations. Highly reflexive and multi-referential phenomena of today's innovation society? A report on analytical concepts and a social science initiative TUTS-WP-2-2014
01/2014	Werner Rammert	Unsicherheit trotz Sicherheitstechnik? Das Kreuz mit den komplexen Konstellationen TUTS-WP-1-2014
05/2013	Michael Hutter Hubert Knoblauch Werner Rammert Arnold Windeler	Innovation Society Today: The Reflexive Creation of Novelty TUTS-WP-5-2013
04/2013	Valentin Janda	Werner Rammert – wider soziale und technische Reduktionen TUTS-WP-4-2013
03/2013	Jörg Potthast	Technik als Experiment, Technikforschung als Kritik? Eine Zwischenbilanz TUTS-WP-3-2013
02/2013	Katharina Oehme	Rahmen und Routinen der Techniknutzung. Was kann man aus Experimenten über alltägliche Techniknutzung lernen? TUTS-WP-2-2013
01/2013	Werner Rammert	Vielfalt der Innovation und gesellschaftlicher Zusammenhalt Von der ökonomischen zur gesellschaftstheoretischen Perspektive TUTS-WP-1-2013

05/2012	Valentin Janda	Usability-Experimente: Das konstruktive Experiment einer soziologischen Analyse TUTS-WP-5-2012
04/2012	Jörg Potthast	Politische Soziologie technischer Prüfungen. Das Beispiel Straßenverkehrssicherheit TUTS-WP-4-2012
03/2012	Christina Besio Robert J. Schmidt	Innovationen als spezifische Form sozialer Evolution: Ein systemtheoretischer Entwurf TUTS-WP-3-2012
02/2012	Julian Stubbe Mandy Töppel (Hrsg.)	Muster und Verläufe der Mensch-Technik-Interaktivität Band zum gleichnamigen Workshop am 17./18. Juni 2011 in Berlin TUTS-WP-2-2012
01/2012	Jochen Gläser	How does Governance change research content? On the possibility of a sociological middle-range theory linking science policy studies to the sociology of scientific knowledge* TUTS-WP-1-2012
06/2011	Anna Henkel	Die Dinge der Gesellschaft Erste Überlegungen zu einer Gesellschaftstheorie der Dinglichkeit TUTS-WP-6-2011
05/2011	Jörg Potthast	Soziologie der Kritik und Technik im Alltag TUTS-WP-5-2011
04/2011	Michael Hutter Hubert Knoblauch Werner Rammert Arnold Windeler	Innovationsgesellschaft heute: Die reflexive Herstellung des Neuen TUTS-WP-4-2011
03/2011	Werner Rammert	Distributed Agency and Advanced Technology Or: How to Analyse Constellations of Collective Inter-Agency TUTS-WP-3-2011
02/2011	Jessica Stock	Eine Maschine wird Mensch? Von der Notwendigkeit, Technik als integralen Bestandteil sozialer Praktiken zu akzeptieren – Ein Theorie-Report. TUTS-WP-2-2011
01/2011	Jörg Potthast	Wetterkarten, Netzwerkdiagramme und Stammbäume: Innovationskulturanalyse in Kalifornien. TUTS-WP-1-2011

03/2010	Michael Hahne	Aktivitätstheorie. Vorstellung zentraler Konzepte und Einordnung in die perspektivistische Theorievorstellung. TUTS-WP-3-2010
02/2010	Werner Rammert	Die Innovationen der Gesellschaft TUTS-WP-2-2010
01/2010	Jörg Potthast	Following passengers/locating access On recent attempts to disrupt terrorist travel (by air) TUTS-WP-1-2010
02/2009	Cornelius Schubert	Medizinisches Körperwissen als zirkulierende Referenzen zwischen Körper und Technik TUTS-WP-2-2009
01/2009	Werner Rammert	Die Pragmatik des technischen Wissens oder: „How to do Words with things“ TUTS-WP-1-2009
05/2008	Michael Hahne Corinna Jung	Über die Entstehungsbedingungen von technisch unterstützten Gemeinschaften TUTS-WP-5-2008
04/2008	Werner Rammert	Where the action is: Distributed agency between humans, machines, and programs TUTS-WP-4-2008
03/2008	Ingo Schulz-Schaeffer	Technik als Gegenstand der Soziologie TUTS-WP-3-2008
02/2008	Holger Braun-Thürmann	Die Ökonomie der Wissenschaften und ihre Spin-offs TUTS-WP-2-2008
01/2008	Werner Rammert	Technik und Innovation TUTS-WP-1-2008
08/2007	Jörg Potthast	Die Bodenhaftung der Flugsicherung TUTS-WP-8-2007
07/2007	Kirstin Lenzen	Die innovationsbiographische Rekonstruktion technischer Identitäten am Beispiel der Augmented Reality-Technologie. TUTS-WP-7-2007
06/2007	Michael Hahne Martin Meister Renate Lieb	Sequenzen-Routinen-Positionen – Von der Interaktion zur Struktur. Anlage und Ergebnisse des zweiten Interaktivitätsexperimentes des INKA-Projektes.

	Peter Biniok	TUTS-WP-6-2007
05/2007	Nico Lüdtke	Lässt sich das Problem der Intersubjektivität mit Mead lösen? – Zu aktuellen Fragen der Sozialtheorie TUTS-WP-5-2007
04/2007	Werner Rammert	Die Techniken der Gesellschaft: in Aktion, in Interaktivität und hybriden Konstellationen. TUTS-WP-4-2007
03/2007	Ingo Schulz-Schaeffer	Technik als sozialer Akteur und als soziale Institution. Sozialität von Technik statt Postsozialität TUTS-WP-3-2007
02/2007	Cornelius Schubert	Technology Roadmapping in der Halbleiterindustrie TUTS-WP-2-2007 1/2007 Werner Rammert
01/2007	Werner Rammert	Technografie trifft Theorie: Forschungsperspektiven einer Soziologie der Technik TUTS-WP-1-2007
04/2006	Esther Ruiz Ben	Timing Expertise in Software Development Environments TUTS-WP-4-2006
03/2006	Werner Rammert	Technik, Handeln und Sozialstruktur: Eine Einführung in die Soziologie der Technik TUTS-WP-3-2006
02/2006	Alexander Peine	Technological Paradigms Revisited – How They Contribute to the Understanding of Open Systems of Technology TUTS-WP-2-2006
01/2006	Michael Hahne	Identität durch Technik: Wie soziale Identität und Gruppenidentität im sozio-technischen Ensemble von Ego- Shooterclans entstehen TUTS-WP-1-2006
07/2005	Peter Biniok	Kooperationsnetz Nanotechnologie – Verkörperung eines Neuen Innovationsregimes? TUTS-WP-7-2005
06/2005	Uli Meyer Cornelius Schubert	Die Konstitution technologischer Pfade. Überlegungen jenseits der Dichotomie von Pfadabhängigkeit und Pfadkreation TUTS-WP-6-2005
05/2005	Gesa Lindemann	Beobachtung der Hirnforschung

TUTS-WP-5-2005

04/2005	Gesa Lindemann	Verstehen und Erklären bei Helmuth Plessner TUTS-WP-4-2005
03/2005	Daniela Manger	Entstehung und Funktionsweise eines regionalen Innovationsnetzwerks – Eine Fallstudienanalyse TUTS-WP-3-2005
02/2005	Estrid Sørensen	Fluid design as technology in practice – Spatial description of online 3D virtual environment in primary school Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2005
01/2005	Uli Meyer Ingo Schulz-Schaeffer	Drei Formen interpretativer Flexibilität TUTS-WP-1-2005
03/2004	Werner Rammert	Two Styles of Knowing and Knowledge Regimes: Between ‘Explicitation’ and ‘Exploration’ under Conditions of ‘Functional Specialization’ or ‘Fragmental Distribution’ TUTS-WP-3-2004
02/2004	Jörg Sydow Arnold Windeler Guido Möllering	Path-Creating Networks in the Field of Text Generation Lithography: Outline of a Research Project TUTS-WP-2-2004
01/2004	Corinna Jung	Die Erweiterung der Mensch-Prothesen-Konstellation. Eine technografische Analyse zur ‚intelligenten‘ Beinprothese TUTS-WP-1-2004
10/2003	Cornelius Schubert	Patient safety and the practice of anaesthesia: how hybrid networks of cooperation live and breathe TUTS-WP-10-2003
09/2003	Holger Braun-Thürmann Christin Leube Katharina Fichtenau Steffen Motzkus Saskia Wessälly	Wissen in (Inter-)Aktion - eine technografische Studie TUTS-WP-9-2003
08/2003	Eric Lettkemann Martin Meister	Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter. Zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik TUTS-WP-8-2003
07/2003	Klaus Scheuermann Renate Gerstl	Das Zusammenspiel von Multiagentensystem und Mensch bei der Terminkoordination im Krankenhaus: Ergebnisse der Simulationsstudie ChariTime

TUTS-WP-7-2003

06/2003	Martin Meister Diemo Urbig Kay Schröter Renate Gerstl	Agents Enacting Social Roles. Balancing Formal Structure and Practical Rationality in MAS Design TUTS-WP-6-2003
05/2003	Roger Häußling	Perspektiven und Grenzen der empirischen Netzwerkanalyse für die Innovationsforschung am Fallbeispiel der Konsumgüterindustrie TUTS-WP-5-2003
04/2003	Werner Rammert	Die Zukunft der künstlichen Intelligenz: verkörpert – verteilt – hybrid TUTS-WP-4-2003
03/2003	Regula Burri	Digitalisieren, disziplinieren. Soziotechnische Anatomie und die Konstitution des Körpers in medizinischen Bildgebungsverfahren TUTS-WP-3-2003
02/2003	Werner Rammert	Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen TUTS-WP-2-2003
01/2003	Renate Gerstl Alexander Hanft Sebastian Müller Michael Hahne Martin Meister Dagmar Monett Diaz	Modellierung der praktischen Rolle in Verhandlungen mit einem erweiterten Verfahren des fallbasierten Schließens TUTS-WP-1-2003
09/2002	Werner Rammert	Gestörter Blickwechsel durch Videoüberwachung? Ambivalenzen und Asymmetrien soziotechnischer Beobachtungsordnungen TUTS-WP-9-2002
08/2002	Werner Rammert	Zwei Paradoxien einer Wissenspolitik: Die Verknüpfung heterogenen und die Verwertung impliziten Wissens TUTS-WP-8-2002
06/2002	Martin Meister Diemo Urbig Renate Gerstl Eric Lettkemann Alexander Ostherenko Kay Schröter	Die Modellierung praktischer Rollen für Verhandlungssysteme in Organisationen. Wie die Komplexität von Multiagentensystemen durch Rollenkonzeptionen erhöht werden kann TUTS-WP-6-2002

05/2002	Cornelius Schubert	Making interaction and interactivity visible. On the practical and analytical uses of audiovisual recordings in high-tech and high-risk work situations TUTS-WP-5-2002
04/2002	Werner Rammert Ingo Schulz-Schaeffer	Technik und Handeln - Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Artefakte verteilt. TUTS-WP-4-2002
03/2002	Werner Rammert	Technik als verteilte Aktion. Wie technisches Wirken als Agentur in hybriden Aktionszusammenhängen gedeutet werden kann. TUTS-WP-3-2002
02/2002	Werner Rammert	Die technische Konstruktion als Teil der gesellschaftlichen Konstruktion der Wirklichkeit TUTS-WP-2-2002
01/2002	Werner Rammert	The Governance of Knowledge Limited: The rising relevance of non-explicit knowledge under a new regime of distributed knowledge production TUTS-WP-1-2002
02/2001	Ingo Schulz-Schaeffer	Technikbezogene Konzeptübertragungen und das Problem der Problemähnlichkeit. Der Rekurs der Multiagentensystem-Forschung auf Mechanismen sozialer Koordination TUTS-WP-2-2001
01/2001	Werner Rammert	The Cultural Shaping of Technologies and the Politics of Technodiversity TUTS-WP-1-2001
10/2000	Frank Janning Klaus Scheuermann Cornelius Schubert	Multiagentensysteme im Krankenhaus. Sozionische Gestaltung hybrider Zusammenhänge TUTS-WP-10-2000
09/2000	Holger Braun	Formen und Verfahren der Interaktivität – Soziologische Analysen einer Technik im Entwicklungsstadium. TUTS-WP-9-2000
08/2000	Werner Rammert	Nichtexplizites Wissen in Soziologie und Sozionik. Ein cursorischer Überblick TUTS-WP-8-2000

07/2000	Werner Rammert	Ritardando and Accelerando in Reflexive Innovation, or How Networks Synchronise the Tempi of Technological Innovation TUTS-WP-7-2000
05/2000	Jerold Hage Roger Hollingsworth Werner Rammert	A Strategy for Analysis of Idea Innovation, Networks and Institutions National Systems of Innovation, Idea Innovation Networks, and Comparative Innovation Biographies TUTS-WP-5-2000
04/2000	Holger Braun	Soziologie der Hybriden. Über die Handlungsfähigkeit von technischen Agenten TUTS-WP-4-2000
03/2000	Ingo Schulz-Schaeffer	Enrolling Software Agents in Human Organizations. The Exploration of Hybrid Organizations within the Sociotics Research Program TUTS-WP-3-2000
02/2000	Klaus Scheuermann	Menschliche und technische ‚Agency‘: Soziologische Einschätzungen der Möglichkeiten und Grenzen künstlicher Intelligenz im Bereich der Multiagentensysteme TUTS-WP-2-2000
01/2000	Hans-Dieter Burkhard Werner Rammert	Integration kooperationsfähiger Agenten in komplexen Organisationen. Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung hybrider offener Systeme TUTS-WP-1-2000
01/1999	Werner Rammert	Technik Stichwort für eine Enzyklopädie TUTS-WP-1-1999