



ZEITSCHRIFT FÜR ZUKUNFTSFORSCHUNG

EDITORIAL

AUS DEM NETZWERK ZUKUNFTSFORSCHUNG

KARLHEINZ STEINMÜLLER

Aufstieg und Niedergang der Prognostik. Zur Geschichte der Zukunftsforschung in der DDR

AXEL ZWECK

Beiträge der Innovationsforschung für die Zukunftsforschung

MARKUS THOENNES, ALEXANDER BUSSE

Experteneinschätzung quantitativer technischer Parameter – Erkenntnisse einer Delphi-Studie zum Einsatz von Brennstoffzellen im Kraftfahrzeug

www.zeitschrift-zukunftsforschung.de

Herausgeber: Eva Cebulla, Lars Gerhold, Dirk Steinbach, Axel Zweck

Redaktion: Eva Cebulla, Kerstin Cuhls, Lars Gerhold, Roman Peperhove, Dirk Steinbach, Birgit Weimert, Andreas Weßner und Axel Zweck

Editorial

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

dank des wachsenden Interesses an dieser Zeitschrift und der stetig steigenden Zahl an Einreichungen präsentieren wir Ihnen heute bereits die zweite Ausgabe der Zeitschrift für Zukunftsforschung im Jahr 2014. Mit drei spannenden Beiträgen von Karlheinz Steinmüller, Axel Zweck sowie Markus Thoennes und Alexander Busse laden wir Sie erneut herzlich ein, sich über aktuelle Forschungsergebnisse aus der deutschsprachigen Zukunftsforschung zu informieren.

Karlheinz Steinmüller hat bereits in den ersten drei Ausgaben einen umfassenden Abriss zur Zukunftsforschung in Deutschland vorgelegt. Der vierte und letzte Beitrag zur historischen Entwicklung arbeitet unter dem Titel „Aufstieg und Niedergang der Prognostik. Zukunftsforschung in der DDR“ einen bislang nur wenig beachteten Part der Wissenschaftshistorie auf: die Entwicklungen der Zukunftsforschung in der Deutschen Demokratischen Republik. Im Fokus des Beitrages steht das Spannungsverhältnis der Befassung mit Zukunftsfragen zur kommunistischen Ideologie des Staatsapparates.

Axel Zweck fragt in seinem Aufsatz nach den möglichen Beiträgen der Innovationsforschung für die Zukunftsforschung. Der Autor stellt die beiden Forschungszweige gegenüber, ordnet sie theoretisch ein und sucht nach den Potenzialen, die sich aus der Innovationsforschung für die Zukunftsforschung ergeben. Der Beitrag zeigt, dass bislang viele Erkenntnisse der Innovationsforschung in der Zukunftsforschung nicht genutzt werden.

Ein aktueller Fall aus der Praxis der Zukunftsforschung steht im Zentrum des Projektberichts von Markus Thoennes und Alexander Busse. Ihr Beitrag „Experteneinschätzung quantitativer technischer Parameter – Erkenntnisse einer Delphi-Studie zum Einsatz von Brennstoffzellen im Kraftfahrzeug“ stellt aktuelle Ergebnisse einer webbasierten Delphi-Studie vor. Zur Analyse des technologischen Potenzials von Brennstoffzellensystemen haben die Autoren die in diesem Beitrag vorgestellte Studie zur quantitativen Entwicklung technologischer Leistungsparameter von automobilen Brennstoffzellensystemen mit einem zeitlichen Horizont bis 2030 durchgeführt. Der Beitrag geht dabei insbesondere auf methodische Besonderheiten und Herausforderungen bei der Delphi-Studie ein.

Das Board des Netzwerks Zukunftsforschung berichtet über das spannende Jahrestreffen 2014, bei welchem unter anderem neue Mitglieder in das Steuerungs- und Entscheidungsboard gewählt sowie verschiedene Aktivitäten, darunter ein Preis für Abschlussarbeiten und eine neue Strategie zur Öffentlichkeitsarbeit, beschlossen wurden.

Darüber hinaus freuen wir uns, seit dieser Ausgabe Andreas Weßner als neues Redaktionsmitglied der Zeitschrift für Zukunftsforschung begrüßen zu können. Dipl.-Sozialwiss. Andreas Weßner, Mag. rer. publ. studierte Diplom-Sozialwissenschaften mit den Schwerpunkten Wirtschaftswissenschaft und Soziologie an der Universität Koblenz-Landau sowie Verwaltungswissenschaften an der Deutschen Universität für Verwaltungswissenschaften Speyer. Bereits während seines sozialwissenschaftlichen Studiums beschäftigte er sich im Rahmen von Projektarbeiten mit strategischer Zukunftsforschung im Unternehmen. Seit 2011 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technologie und Arbeit (ITA) an der Technischen Universität Kaiserslautern tätig.

Die nächste Ausgabe unserer Zeitschrift erscheint im ersten Halbjahr 2015, Beiträge können noch bis zum 28. Februar 2015 themenoffen eingereicht werden. In der zweiten Jahreshälfte 2015 wird es zudem erstmals eine Schwerpunktausgabe zum Thema „Soziale Innovationen“ geben.

Wir wünschen Ihnen eine angeregte und anregende Lektüre!

Eva Cebulla, Kerstin Cuhls, Lars Gerhold, Roman Peperhove, Dirk Steinbach, Birgit Weimert, Andreas Weßner und Axel Zweck

Lizenz

Jedermann darf dieses Werk unter den Bedingungen der Digital Peer Publishing Lizenz elektronisch übermitteln und zum Download bereitstellen. Der Lizenztext ist im Internet abrufbar unter der Adresse http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL_v2_de_06-2004.html

Empfohlene Zitierweise

Zeitschrift für Zukunftsforschung, R. (2014). Editorial. Zeitschrift für Zukunftsforschung, 2, 1. ([urn:nbn:de:0009-32-40789](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0009-32-40789))

Bitte geben Sie beim Zitieren dieses Artikels die exakte URL und das Datum Ihres letzten Besuchs bei dieser Online-Adresse an.

Aus dem Netzwerk Zukunftsforschung

Jahrestreffen des Netzwerks 2014

Am 7. und 8. Oktober 2014 fand in Köln auf Einladung von Klaus Burmeister das Jahrestreffen des Netzwerks Zukunftsforschung statt. Zahlreiche aktive Mitglieder waren gekommen, um aktuelle Fragen rund um das Netzwerk wie auch die Zukunftsforschung selbst zu diskutieren.

Am ersten Tag der Veranstaltung wurden gleich zwei spannende Innovationen des Netzwerks Zukunftsforschung vorgestellt: Ab dem kommenden Jahr wird erstmals ein Preis für herausragende Masterarbeiten durch das Netzwerk vergeben werden. Der Preis richtet sich an Absolventinnen und Absolventen, die in den letzten zwei Jahren eine theoretische oder empirische Arbeit mit klarem Bezug zur Zukunftsforschung erstellt haben. Eine Einschränkung hinsichtlich der Fachrichtung besteht nicht. Ein eigens gegründetes Gremium wird die Arbeiten begutachten und bewerten. Das Netzwerk Zukunftsforschung freut sich darauf, im Rahmen einer Veranstaltung Einblick in die Arbeit der Preisträgerin bzw. des Preisträgers zu bekommen und die Ergebnisse gemeinsam zu diskutieren.

Als zweite Neuigkeit im Rahmen des Jahrestreffens stellte die „Task Force Standards und Gütekriterien“ ihr soeben publiziertes Buch „Standards und Gütekriterien der Zukunftsforschung. Ein Handbuch für Wissenschaft und Praxis“ vor, welches in Kooperation mit dem Netzwerk Zukunftsforschung in der Reihe „Wissenschaft und Zukunft“ des Zentrums für Zukunftsstudien in Salzburg erschienen ist. Das Buch widmet sich in den drei Gruppen „Zukunftsangemessenheit“, „Wissenschaftlichkeit“ und „Effektivität im Hinblick auf Zielerreichung und Aufgabenerfüllung“ den Standards der Qualitätssicherung in der Zukunftsforschung und soll sich als Standardwerk in der deutschsprachigen Zukunftsforschung etablieren. Neben einer finanziellen Beteiligung durch das Netzwerk Zukunftsforschung unterstützten zahlreiche Netzwerk-Mitglieder den Herausgeberband mit Beiträgen unter anderem zum „Prinzip Zukunftsbild“, den „Zielen und Rahmenbedingungen von Zukunftsforschung“ und der „Transferierbarkeit und Kommunikation von Forschungsergebnissen“.

Eine intensive Diskussion zum Thema „Warum Zukunftsforschung?“, initiiert durch fünf Impuls-Statements, rundete den ersten Veranstaltungstag ab. Die Diskussion widmete sich zum einen dem Selbstverständnis der Akteure im Netzwerk und der Abgrenzung zur „nichtwissenschaftlichen“ Trendforschung. Zukunftsforschung, so zeigte die Diskussion, kann als Einladung an ein aktives Menschsein verstanden werden, weil eine wünschbare Welt erst durch gemeinsame Mitgestaltung entsteht. Zum anderen stand die Leistungsfähigkeit der Zukunftsforschung vor dem Hintergrund aktueller globaler Debatten im Mittelpunkt. Die Auseinandersetzung der Netzwerkmitglieder machte deutlich, dass Zukunftsforschung ein Instrument sein kann, um (im Vergleich zur Politik) genauer hinzusehen. Die aktuellen globalen Entwicklungen und Ihre Auswirkungen zeigen einmal mehr, wie bedeutend seriöse Zukunftsforschung ist und zukünftig sein wird.

Am zweiten Tag wurden die teils am Vortrag begonnenen Diskussionen in erster Linie im Rahmen der Mitgliederversammlung des Netzwerkes fortgeführt. Ein wichtiger Aspekt hierbei bestand in der Frage der verbesserten Öffentlichkeitsarbeit, welche durch die „Arbeitsgruppe Öffentlichkeitsarbeit“ vorgestellt und am zweiten Tag vertieft diskutiert wurde. Das Konzept sieht vor, dass das Netzwerk als Stimme der deutschen Zukunftsforschung deutlicher wahrgenommen wird, indem es die Community der

Zukunftsforschung und weitere Interessierte über die zahlreichen Aktivitäten ihrer Mitglieder regelmäßig informiert und zum Diskurs anregt. Es wurde beschlossen, dieses Konzept auszuarbeiten und zeitnah zu erproben.

Im Rahmen der Arbeitsgruppenberichte wurde zudem die Aktivität der „AG Methoden“ vorgestellt: In insgesamt drei Veranstaltungen wurden Themen wie „Innovationsmanagement“, „Die akademische (Nicht-)Etablierung der Zukunftsforschung“ sowie die „Technologisierung von Zukunftsforschung“ diskutiert. Die kommenden Veranstaltungen (u. a. zu den Themen „Social Forecasting“, „Prediction Markets“ und „Web-Seismografen“) werden in Kürze angekündigt und stehen allen interessierten Mitgliedern zur Teilnahme offen.

Nicht zuletzt standen beim diesjährigen Jahrestreffen Personalentscheidungen an. Neben der erfreulichen Tatsache, dass die Mitgliederzahl des Netzwerks weiterhin stetig ansteigt, wurde ein neues Steuerungs- und Entscheidungsboard gewählt. Aus den Reihen der Mitglieder wurden Robert Gaßner, Bernhard Albert, Axel Zweck, Volker Grienitz und Lars Gerhold wieder in das Board berufen und dürfen sich über die neu in das Board gewählten Mitstreiter Katharina Dermühl und Roman Peperhove freuen.

Lizenz

Jedermann darf dieses Werk unter den Bedingungen der Digital Peer Publishing Lizenz elektronisch übermitteln und zum Download bereitstellen. Der Lizenztext ist im Internet abrufbar unter der Adresse http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL_v2_de_06-2004.html

Empfohlene Zitierweise

Zukunftsforschung, N. (2014). Aus dem Netzwerk Zukunftsforschung. Zeitschrift für Zukunftsforschung, 2, 3. ([urn:nbn:de:0009-32-40739](http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0009-32-40739))

Bitte geben Sie beim Zitieren dieses Artikels die exakte URL und das Datum Ihres letzten Besuchs bei dieser Online-Adresse an.

Aufstieg und Niedergang der Prognostik

Zur Geschichte der Zukunftsforschung in der DDR

Karlheinz Steinmüller

Zusammenfassung

Von Beginn an stand die wissenschaftliche Befassung mit Zukunftsfragen in der DDR in einem Spannungsverhältnis zur staatstragenden Ideologie, gemäß der die kommunistische Zukunft bereits feststand. In den 1960er-Jahren kam es, getragen von Bemühungen der Parteiführung, die Wirtschaft der DDR durch wissenschaftlich-technischen Fortschritt zu dynamisieren, zu einer temporären Etablierung der Prognostik, die sich in scharfem Gegensatz zur „spätkapitalistischen“ Futurologie begriff. Diese Ansätze wurden jedoch nach dem Ende der Ulbricht-Ära zurückgenommen. Als in den 1980er-Jahren das offizielle Perspektivbewusstsein erodierte, war für Zukunftsforschung kein Raum mehr; das Zukunftsdenken verlagerte sich in die Dissidentenbewegung.

Abstract

From the beginning, a scientific approach to questions of the future was in conflict with the official ideology of the GDR, according to which the society was heading into a communist future. During the 1960ies, the political leaders tried to foster economic development by promoting scientific-technological progress. Prognostics fitted well into these ambitions and was to a certain extent institutionalised, but had to contrast itself against “late-capitalist” futurology. With the reorientation of politics after Walter Ulbricht lost power, prognostics was cut back. As the official belief in the communist future eroded during the 1980ies, there was no longer any room for futures studies. Futures thinking was taken up by the dissident movement.

1 Vorbemerkung

Eine wissenschaftsgeschichtliche Aufarbeitung der Zukunftsforschung in der DDR steht bislang noch aus. Die Archivquellen sind unerschlossen und es stehen, da es nur in einem begrenzten Zeitraum zu einer wiederum nur ansatzweisen Institutionalisierung der Prognostik kam, auch kaum spezialisierte Experten als Zeitzeugen zur Verfügung. Die eigentliche Kärnerarbeit ist also erst noch zu leisten. Insofern kann der folgende Artikel nur die Grundlinien umreißen.

Grundsätzlich bewegte sich die Zukunftsforschung in der DDR im Spannungsfeld von Wissenschaft und ideologischen Vorgaben. Das Thema „Zukunft“ – speziell die Perspektive einer „lichten“ kommunistischen Zukunft, auf die es hinarbeiten galt – war durch die offizielle Propaganda besetzt. Mehr noch: Das „Perspektivbewusstsein“ gehörte zu den zentralen Bestandteilen des politischen Selbstverständnisses. Im Begriff der „lichten Zukunft“ wurde die Hoffnungsperspektive einer allseits harmonischen kommunistischen Weltgesellschaft in ein Bild gefasst. Eine Zeitlang gelang es den Parteiideologen sogar, Teile der Bevölkerung davon zu überzeugen, dass sich die Welt in einem beständigen Fortschreiten hin zu dieser kommunistischen Zukunft befand.

Da also die Zukunft wenigstens in groben Zügen schon feststand, wozu brauchte es dann noch eine Zukunftsforschung? Hatten nicht bereits vor einhundert Jahren die „Klassiker“ des Marxismus-Leninismus die Entwicklungsgesetze der menschlichen Gesellschaft erkannt und den Ausgang der Weltgeschichte beschrieben? Wenn aber die Geschichte einer klar und eindeutig vorgezeichneten Entwicklungslinie folgte, dann gab es keinen Platz für ein Denken in Alternativen, keinen Raum für Spekulationen. Jedes zusätzliche Zukunftsszenario war

unwissenschaftlich, schlimmer noch: ein Rückfall in bürgerliches Denken. Jede alternative Vorstellung, jedes Abweichen von der vorgezeichneten Entwicklungslinie bedeutete auch eine Abweichung von der Parteidoktrin – also Dissidententum! – und musste daher bekämpft werden. Dennoch sah es eine Zeit lang so aus, als könne sich die Zukunftsforschung unter dem Etikett „Prognostik“ in der DDR etablieren.

Allerdings ist dabei die Zukunftsforschung im eigentlichen Sinne, also die wissenschaftliche Befassung mit Zukunftsfragen, vom Zukunftsdenken, den propagandistisch verlautbarten Zukunftsvisionen und auch den in der Bevölkerung verbreiteten Zukunftsbildern, zu unterscheiden. Doch Vorsicht: Nicht alles, was in der DDR als wissenschaftlich galt (etwa das sogenannte „wissenschaftliche Weltbild“ des Marxismus-Leninismus), war nach damaligen „bürgerlichen“ und ist nach heutigen Maßstäben als wissenschaftlich anzusehen, so wie umgekehrt manche aus dem Westen stammende Theorie, selbst manche Disziplin als unwissenschaftlich abgelehnt wurde. Gemäß der dialektisch-materialistischen Erkenntnistheorie hatte sich eine Gesellschaftslehre allerdings auch nicht im Gelehrtenstreit zu bewähren, sondern in der gesellschaftlichen Praxis. Und so darf es als eine Ironie der Geschichte angesehen werden, dass die Falsifizierung der marxistisch-leninistischen Entwicklungslehre der Gesellschaft nicht in der Theorie, sondern durch die Praxis erfolgte.

2 Perspektivbewusstsein kontra Utopie

In den „Aufbaujahren“ der DDR, den 1950ern, existierte aus Sicht der Partei- und Staatsführung keinerlei Bedarf an Zukunftsstudien. Die Aufgaben lagen klar auf der Hand: Es kam darauf an, die eigene Macht zu festigen, die Schäden des Krieges zu reparieren, die Fundamente des Sozialismus zu schaffen und sich von den „Störversuchen“ des Imperialismus unabhängig zu machen. Für alle Fragen, die darüber hinausgingen, gab es Antworten bei den Klassikern, zu denen bis 1953 neben Marx, Engels und Lenin noch Stalin zählte.

Nach der offiziellen Lehrmeinung hatten Karl Marx und Friedrich Engels das generelle Entwicklungsgesetz der menschlichen Gesellschaft in der Dialektik von Produktivkräften (PK) und Produktionsverhältnissen (PV) entdeckt. Gemäß dem sogenannten historischen Materialismus wurde die gesamte Geschichte der Menschheit durch den Widerspruch von PK und PV vorangetrieben, der sich in antagonistischen Klassengegensätzen und, daraus folgend, im Klassenkampf konkretisierte. Die PV setzten die Bedingungen für den Fortschritt der PK; wurde der Rahmen zu eng, wurden die PK durch die PV gefesselt, so zerbrachen die PK schließlich diesen Rahmen – eine neue, aufstrebende Klasse setzte sich durch und etablierte fortgeschrittenere PV. Die historische Mission der Arbeiterklasse bestand nun darin, den Kapitalismus revolutionär zu überwinden und eine neue Gesellschaftsordnung aufzubauen. Erst in dieser höchsten Stufe, dem Kommunismus, würden die Widersprüche ihren antagonistischen Charakter verlieren. Die Ausbeutung des Menschen durch den Menschen würde ein Ende haben, der Staat absterben, die Klassen sich auflösen, Besitzer von Produktionsmitteln, Arbeitende und Nutznießer der geschaffenen Werte identisch sein. Dann würde das Prinzip „Jeder nach seinen Fähigkeiten, jedem nach seinen Bedürfnissen“ gelten, die Menschheit aus dem „Reich der Notwendigkeit“ in das „Reich der Freiheit“ treten, wie es die Klassiker formuliert hatten. In der euphorischen Propaganda der 1950er-Jahre sollte dies bis spätestens zum Jahr 2000 geschehen.

Der Marxismus-Leninismus also, der zu jener Zeit gerade den Hochschulen oktroyiert wurde, schien auf alle großen Zukunftsfragen die einzig richtige Antwort parat zu haben und der historische Materialismus die einzig gültige Methode der Antizipation darzustellen. Für eine Futurologie war so wenig Platz wie für andere als „bürgerlich“ abgestempelte Disziplinen,

etwa die Psychoanalyse, die Semiotik oder die Kybernetik. Solange sich allerdings in Westdeutschland noch keine Futurologie entwickelt hatte (vgl. Steinmüller 2012), bestand auch keine Notwendigkeit, sich von dieser abzugrenzen.

Das öffentliche Interesse an der Zukunft wurde durch Übersetzungen sowjetischer populärfuturologischer Werke wie Sachartschenkos „Eine Reise in das Morgen“ (1954) befriedigt. Ostdeutsche Sachbuchautoren wie Karl Böhm und Rolf Dörge folgten bald dem Beispiel („Unsere Welt von Morgen“, 1959). Wie in den westdeutschen Büchern jener Zeit überwog das Interesse für Technisches: Elektronengehirne, automatische Fabriken, industrialisierte Landwirtschaft, Raumfahrt. Allerdings wurden die Autoren nie müde zu betonen, dass einzig die neue, sozialistische Gesellschaft das atomgetriebene Schlaraffenland zum Wohle aller verwirklichen könne, und dass nur die Stärke des sozialistischen Lagers, insbesondere die Stärke der Sowjetunion, die Imperialisten daran hindere, den Atomkrieg vom Zaun zu brechen. Damit lagen sie auf der Linie des von der Partei verordneten „Perspektivbewusstseins“: Der Sozialismus war bereits gesellschaftlich überlegen. Er würde auch im technischen und wirtschaftlichen „Wettlauf zum Jahr 2000“ siegen und sich in absehbarer Zeit global durchsetzen. Sichtbar wurde dies an den „Errungenschaften“ (Matthias & Schierbaum 1961) zuerst des demokratischen Aufbaus, später des Sozialismus.

Stets wurde dabei auch die Vorbild- und Vorreiterfunktion der Sowjetunion betont: „Die Zukunft heißt für uns nicht Utopia, sondern Sozialismus, und wir sind in der glücklichen Lage, aus unserer Zukunft selbst lernen zu können, nämlich von der Sowjetunion, ‚in der das Morgen schon Geschichte ist‘.“ (Hauswald 1957, S. 8)

Hauswalds Spitze gegen die Utopie in der viel gelesenen Wochenzeitschrift Sonntag ist nicht zufällig; sie richtet sich gegen Ernst Bloch. Der Philosoph hatte bereits 1918 in „Geist der Utopie“ die sozialen Utopien der Vergangenheit als Vorwegnahmen des Sozialismus interpretiert und unterschied später, etwa in „Freiheit und Ordnung. Abriß der Sozial-Utopien“ (1946), zwischen einer vormarxistischen abstrakten Utopie und dem Marxismus als konkreter Utopie: „Marxismus ist nicht reine Antizipation (utopische Funktion), sondern das Novum einer prozeßhaft-konkreten.“ (Bloch 1985, S. 189)

Trotz seinem Bekenntnis zum Sozialismus geriet Bloch durch sein Hauptwerk „Prinzip Hoffnung“ (1954/55) nach der Niederschlagung des ungarischen Volksaufstands in das Feuer der ideologischen Scharfmacher, die Reformbestrebungen innerhalb der SED unterdrückten und Intellektuelle maßregelten. Ernst Bloch warfen sie vor, „mystischen Idealismus“ als dialektischen Materialismus auszugeben, den spezifischen Klassencharakter des utopischen Sozialismus zu negieren und die Utopie im Sinne zeitloser allgemeinemenschlicher Bestrebungen und Wünsche zu enthistorisieren (so noch Klaus & Buhr 1974, S. 1253). Bloch wurde 1957 von seinem Leipziger Lehrstuhl vertrieben und schließlich aus dem Lande gedrängt. Für Kulturpolitiker und SED-Genossen war die Utopie überhaupt suspekt. Wozu in die ferne Zukunft schweifen, wenn die utopischen Verheißungen bereits weitgehend realisiert waren? In der Wirtschaft wie in der politischen Planung – aber auch in der „utopischen Literatur“ – herrschte eine extreme Nahorientierung, konkretisiert im jeweils nächsten Fünfjahrplan, vor. Alles was darüber hinausging, war bereits in der Zielbeschreibung Kommunismus enthalten.

3 Im Zeichen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts

Während der 1960er-Jahre wurde die Zukunft in der DDR – wie in der Bundesrepublik und wie in den anderen Ländern des sozialistischen Lagers – zum Forschungsgegenstand. Wissenschaft und Technik schritten schnell voran und brachten für den Osten wie für den Westen neue Herausforderungen mit sich, bei denen Klassikerzitate nur bedingt weiterhalfen. Nach der parteioffiziellen Propaganda war man zwar dem Westen um eine ganze Epoche voraus, und der Start des ersten Sputniks 1957 sowie der Flug des ersten Kosmonauten Juri Gagarin 1961 belegten augenscheinlich die wissenschaftlich-technische Kraft des sozialistischen Lagers. In der Wirtschaft jedoch zeigten sich die Schwierigkeiten einer rigiden und oft willkürlichen zentralistischen Planung von oben herab, die durch schlechte Ausgangsbedingungen und Abwanderung noch verschärft wurden. Das Ziel des Siebenjahrplanes, bis 1961 zum Lebensstandard Westdeutschlands aufzuschließen, wurde weit verfehlt. Ulbricht ließ die Mauer bauen.

In der „Systemauseinandersetzung“ genügten die alten Parolen nicht, um Erfolg versprechende Schwerpunkte für die Wirtschaft und für die Forschung abzuleiten. Wie sollte man die Gesellschaft im Zeitalter des „weltweiten Übergangs vom Kapitalismus zum Sozialismus“ organisieren? Wie die Produktivkräfte „entfesseln“? Wie sollte die Wirtschaft im Zeitalter des Übergangs geplant werden? Wie konnte der wissenschaftlich-technische Fortschritt zum Wohle der Werktätigen „gemeistert“ werden?

Wirtschaftliche Probleme zwangen die Parteiführung zu Reformen. 1963 wurde ein „Neues ökonomisches System der Planung und Leitung der Volkswirtschaft“ (NÖS bzw. NÖSPL) eingeführt, das den Betrieben mehr Flexibilität erlaubte. „Überholen ohne einzuholen“ hieß nun die Parole. Sie implizierte, wie Walter Ulbricht es 1970 ausdrückte, sich nicht „an den gegenwärtigen Höchststand heranzupirschen“. Sie sollte vielmehr darauf orientieren, völlig neue Prinzipien und Verfahren auszuarbeiten um „auf diese Weise einen neuen wissenschaftlich-technischen Höchststand zu bestimmen“ (Cornelsen 1989, S. 267).

Der neue Kurs wurde mit zahlreichen Maßnahmen umgesetzt. Forschung und Entwicklung wurden zum Teil reorganisiert und mit mehr Mitteln ausgestattet, mehr Investitionen flossen in Elektrotechnik/Elektronik, Chemie, Optik, Maschinen- und Fahrzeugbau. Die Hochschulen bildeten deutlich mehr Mathematiker, Naturwissenschaftler und Ingenieure aus. Entsprechend verknappten sich die Mittel für die Leicht- und Lebensmittelindustrie.

Annahmen über die Zukunft von Wissenschaft und Technik, die zum Teil berechtigt, zum Teil so überzogen waren wie in entsprechenden westlichen Publikationen, bildeten den Hintergrund für diese Anstrengungen. So erlebt in den späten 1960er- und frühen 1970er-Jahre die Zukunftsforschung in der DDR ihre kurze Hochzeit, ablesbar an der Fülle der prognostischen Publikationen (z. B. Lauterbach & Söder 1965; Edeling 1968; Bauer et al. 1968; Göttner & Fischer 1973). Philosophen und Ökonomen, Gesellschaftswissenschaftler und Naturwissenschaftler schrieben über die Zukunft der Wissenschaft, der Technik, der Gesellschaft. Zeitungen luden ihre Leser ein, über das Jahr 2000 zu spekulieren. Aufbauend auf der „Wissenschaftswissenschaft“ (Dobrow 1970), die sich an Derek de Solla Price anlehnte, wurden erste Schritte hin zu einer „Prognostik in Wissenschaft und Technik“ (Dobrow 1971) unternommen, die sich allerdings in Aussagen renommierter Experten zu ihren jeweiligen Fachgebieten erschöpfte (z. B. Tamm et al. 1969; Kusnezow et al. 1972; Sydow 1983). Die spezielle Methodik der Zukunftsforschung, die sich seit etwa 1950 herausbildete, wurde, abgesehen von Trendextrapolationen in den Wirtschaftswissenschaften, nicht genutzt.

Den überzeugten Sozialisten und gewiss auch viele Durchschnittsbürger interessierte verständlicherweise das Alltagsleben in der Zukunft. Doch sobald man den Themenkreis um

Wissenschaft und Technik verließ, wurden die Experten schmallippig. Die Klassiker des Marxismus-Leninismus hatten zwar einige allgemeine Aussagen zum Leben im Kommunismus hinterlassen, doch wie stand es auf dem Wege dahin? In den 1960ern, vor allem ab dem VII. Parteitag der SED (April 1967), war man bereit, den Sozialismus als eine eigenständige bzw. „relativ selbständige“ Gesellschaftsformation (mit eigenen gesellschaftlichen Entwicklungsgesetzen) zu betrachten; eine Vorstellung, die allerdings auf dem VIII. Parteitag (1971) bereits wieder von der Parteiführung kassiert wurde.

Mit den gesellschaftlichen Antagonismen sollten auch mentale und verhaltensmäßige Relikte der Ausbeutergesellschaft wie Neid, Missgunst und vielleicht auch Eifersucht verschwinden. Im Konkreten erschien jedoch zum Beispiel schon das Thema Ehe heikel. Handelte es sich um ein bürgerliches Relikt oder war die Familie ein Grundbestandteil der sozialistischen Gesellschaft? Die Gesellschaftsprognose, hieß es defätistisch, kann „stets nur einen Ausschnitt aus dem Gesamtbereich der bei der praktischen sozialistischen Zukunftsgestaltung auftretenden Fragen sicher und zuverlässig beantworten. Die Zukunftsgestaltung ist stets das Werk der schöpferischen Initiative der werktätigen Massen, die durch die Partei der Arbeiterklasse geführt werden.“ (Klaus & Buhr 1974, S. 486). Gesellschaftswissenschaftler überließen daher das Feld nur allzu gern den Autoren der utopischen Literatur, die sich aber nur ausnahmsweise wie etwa Eberhardt del' Antonio mit dem Roman „Die Heimkehr der Vorfahren“ (1966) an das Thema heranwagten.

4 Die Prognostik im Dienste der Volkswirtschaft

Um sich schon terminologisch von der bürgerlichen Futurologie abzugrenzen, kam in der zweiten Hälfte der 1960er-Jahre der Begriff „Prognostik“ in Gebrauch – und erhielt seinen parteiamtlichen Segen durch das 11. Plenum des ZK der SED im Jahr 1965. Auf dieser Sitzung hob Walter Ulbricht hervor, dass die Arbeiterklasse und ihre Partei die Aufgabe hätten, „die marxistisch-leninistische Gesellschaftsprognostik“ in einem bislang nicht bekannten Maße zu entwickeln und zu nutzen (Ulbricht 1967, S. 92). Im April 1967 kennzeichnete der VII. Parteitag der SED „die marxistisch-leninistische Gesellschaftsprognostik als ein entscheidendes Instrument wissenschaftlicher Führungstätigkeit für die Gestaltung des entwickelten gesellschaftlichen Systems des Sozialismus“ (Edeling 1968, S. 12). Die DDR folgte damit dem Vorbild der UdSSR, wo etwa ab 1966 neue Instrumente für Vorhersagen und Planungen eingeführt wurden (Bestuzhev-Lada 1992, S. 343).

Partiell stützte sich die neue Forschungsrichtung wie die Zukunftsforschung im Westen Deutschlands (vgl. Steinmüller 2013) auf systemtheoretische bzw. kybernetische Konzepte. Kybernetik war in diesen Jahren gerade als Wissenschaft rehabilitiert worden und hatte mit ihren Konzepten von Rückkopplung und Information rasch den Status einer Leitwissenschaft erlangt. Ihre Anhänger begriffen das „gesellschaftliche Gesamtsystem als komplexes kybernetisches System“ (Bauer et al. 1968, S. 160–161). Kybernetische Ansätze sollten im Rahmen des NÖS helfen, die sozialistische Planwirtschaft und die Leitung der Betriebe effizienter zu gestalten. Tatsächlich lieferte die Kybernetik eine neue Beschreibungssprache, die zumindest bei Kadern mit naturwissenschaftlichem oder technischem Hintergrund in Konkurrenz zur Parteiphraseologie trat – bis die Ideologen nach dem Prager Frühling einen Angriff auf die führende Rolle der Partei fürchteten und auf dem 10. Plenum des ZK der SED im April 1969 zuschlugen (Segal 2001). Kybernetik wurde wieder zur (technischen) Einzelwissenschaft zurückgestuft. Zwar konnten Wissenschaftler weiterhin kybernetische Methoden und Modelle in ihren Fachdisziplinen nutzen, aber die Chancen, die Begriffe wie Selbstregulierung und Selbstorganisation für die Gesellschaftswissenschaften boten, wurden verspielt.

Die Prognostik nahm nicht nur eine Zeit lang Kybernetik und Systemdenken für sich in Anspruch, sie durchlief auch eine nahezu parallele Karriere. Tatsächlich spiegelte sich im Aufstieg der Prognostik die Planungseuphorie der Epoche wider, die den Osten und den Westen in ähnlicher Weise befallen hatte. Die Prognostik sollte auf der Erkenntnis der „objektiven Gesetze der gesellschaftlichen Entwicklung“ beruhen, insbesondere auf der oben erwähnten Dialektik von Produktivkräften und Produktionsweise, und sie sollte ihrerseits in einer dialektischen Beziehung zur Planung und Gestaltung der sozialistischen Gesellschaft stehen (siehe z. B. Edeling 1968, S. 228).

Nach der Theorie sollten Prognose und Planung eine Einheit bilden, in der Praxis aber klaffte eine unüberbrückbare Kluft zwischen den optimistischen Langfristvisionen einer kommunistischen Gesellschaft („Perspektivbewusstsein“) und den Problemen der Fünfjahresplanung. Trotz allen offiziellen Verlautbarungen hatte die Prognostik keinen Einfluss auf die konkrete (Wirtschafts-) Planung; sie wurde der langfristigen „Perspektivplanung“ mit einem Zeithorizont von 15 bis 20 Jahren zugeordnet (Bauer et al. 1968, S. 38–39) und damit de facto neutralisiert. Einem „Institut für Prognostik beim Ministerrat der DDR“ war nur eine kurze Lebensdauer beschieden. Versuche, sämtliche Prognostik-Aktivitäten durch die Akademie der Wissenschaften zu koordinieren, blieben stecken (Heyden 1968).

Immerhin betrieben mehrere Institute in unterschiedlichem Maße Prognostik: das Institut für Gesellschaftswissenschaften beim ZK der SED, das einen Lehrstuhl für Gesellschaftsprognostik hatte, das Institut für Wissenschaftstheorie und -organisation der Akademie der Wissenschaften, das Zentralinstitut für Wirtschaftswissenschaften der Akademie der Wissenschaften sowie die wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten mehrerer Universitäten. Hinzu kamen diverse spezialisierte Abteilungen und Arbeitsgruppen mit Prognoseaufträgen wie die Prognosegruppe „Bildungswesen“ des Ministerrates der DDR oder später die Prognosegruppe „Entwicklung des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems“, die in der Regel kurzlebige Ad-hoc-Gründungen waren.

Dass die Prognostik mehr oder minder wirkungslos blieb, ist nicht auf die auch vorhandenen unterschwelligten Rivalitäten der einschlägigen Institutionen bzw. Personen zurückzuführen. Die Ursache ist vielmehr darin zu suchen, dass den Akteuren nur das Feld der Grundsatzfragen, der philosophischen und methodologischen Probleme der Prognostik (z. B. Bauer et al. 1968) sowie Fragen der künftigen Entwicklung von Wissenschaft und Technik offenstanden. In der gesamten Prognostik gab es fast keinerlei Äußerungen zum konkreten Zusammenleben der Menschen miteinander, nichts etwa zu künftigen Lebensstilen oder Familienstrukturen. Wie hätte sich die Gesellschaftsprognostik hier auch äußern können! Eine Extrapolation steigender Scheidungsraten und zunehmender Vereinzelung beispielsweise wäre sehr schnell – da nicht der ideologischen Vorgabe einer „lichten Zukunft“ entsprechend – in den Panzerschrank gewandert.

Auftraggeber und Adressat der Prognostik war stets und ausschließlich der Partei- und Staatsapparat der DDR. Aber überspitzt ausgedrückt war die DDR-Führung noch nicht einmal beratungsresistent, denn in dem von ihr kontrollierten Wissenschaftssystem konnten über einen großen Teil der DDR-Geschichte hinweg relevante politisch-strategische Beratungsleistungen gar nicht erst entstehen.

Rückblickend fällt es leicht zu konstatieren, dass die Prognostik an die mentalen, ideologischen, organisatorischen und vor allem politischen Grenzen des Systems stieß. Das Konzept einer offenen Zukunft, alternative Szenarien usw. passten nicht in eine Wissenschaftslandschaft, in der schon Stärken-Schwächen-Analysen des eigenen Staatswesens als konterrevolutionäre Umtriebe verfolgt werden konnten. Wohin eine

kritische und offene Auseinandersetzung führen konnte, hatte ja nur zu deutlich der Prager Frühling von 1968 gezeigt.

5 Wider die spätbürgerliche Futurologie

Die Zukunftsforschung in der DDR orientierte sich selbstredend primär an dem, was auf dem Gebiet der Prognostik in der Sowjetunion diskutiert wurde. Das war allerdings nur bedingt inspirierend. Auch dort konnten im Prinzip lediglich Fragen der künftigen Entwicklung von Wissenschaft und Technik erörtert und erkenntnistheoretisch-methodische Probleme gewälzt werden. Problemlagen der Gesellschaft, des politischen Systems oder später der Umwelt blieben bis zum Zusammenbruch des sozialistischen Weltsystems tabu (vgl. Bestuzhev-Lada o. J.).

Schon aus diesem Grund bezogen zukunftsorientierte Denker in der DDR maßgebliche Anregungen aus dem kapitalistischen Ausland. Es ist nicht übertrieben zu behaupten, dass die Zukunftsforschung in der DDR ohne die ständige Auseinandersetzung mit der bürgerlichen Futurologie nicht verstanden werden kann und dass sie von dort zahlreiche Anregungen empfing. Rezipiert wurden alle einschlägigen Autoren: Ossip K. Flechtheim, Robert Jungk und Georg Picht genauso wie Bertrand de Jouvenel, Herman Kahn und Daniel Bell. Selbstverständlich trugen die „Westmedien“ viele populäre Zukunftsvisionen in die DDR hinein und manche Intellektuelle hatten – beispielsweise über die Bibliothek der Akademie der Wissenschaften – auch Zugriff auf Zeitschriften wie die englische „Futures“. Oft genug aber war eine (vernichtende!) Kritik spätbürgerlicher Autoren die einzige Möglichkeit, die Wissenschaftlergemeinschaft in der DDR mit neuen Gedanken im Detail vertraut zu machen.

In einem einzigen Ausnahmefall konnte entgegen der üblichen Praxis der ideologischen Isolation ein westdeutsches Werk zur Zukunftsforschung auch in der DDR erscheinen. Es handelt sich um Fritz Baades „Der Wettlauf zum Jahr 2000“ (Erstauflage 1960), das versehen mit einem Nachwort des Wirtschaftswissenschaftlers Karl Heinz Domdey 1966 vom Union Verlag publiziert wurde. Baade stand als linker Sozialdemokrat und Teilnehmer am Ostermarsch in einem guten Ruf – und hatte nicht zuletzt in seinem Buch prognostiziert, dass der Osten den besagten Wettlauf gewinnen würde.

Prinzipiell verdammt die Gesellschaftswissenschaftler der DDR die westliche Futurologie als Apologie des Kapitals und stellten sie zugleich als ein untaugliches Instrument zur Stabilisierung des Kapitalismus dar, das bar jeder wissenschaftlichen Basis sei, technokratisch, theorielos und eklektisch vom Ansatz her (Bönisch 1971; Klein 1972; Arab-Ogly 1977). Ihre Polemik unterschied sich dabei kaum von jener, die der westdeutsche Publizist Claus Koch im „Kursbuch 14“ (1968) veröffentlicht hatte – Westlinke und DDR-„Gewiler“ befanden sich in dieser Frage auf einer Linie und rhetorisch durchaus auf Augenhöhe. Auch konnten sich Autoren wie der Wirtschaftswissenschaftler Alfred Bönisch (1971) auf Bart van Steenberg berufen, der der „Establishment-Futurologie“ eine „kritische“ Zukunftsforschung entgegensetzte. Sie unterschieden also sehr wohl zwischen offenen Vertretern des Monopolkapitals (Herman Kahn, Raymond Aron, Eugene V. Rostow) und „bürgerlich-humanistischen Denkern“ (Flechtheim, Jungk, von Weizsäcker), die „humanistisch orientierte Zukunftsbeschreibung“ lieferten (Müller-Claud 1971, S. 11). Allerdings stellten letztere, wie Bönisch (1971, S. 34–35) konzedierte, lediglich „eine kleine Oppositionsbewegung innerhalb der Futurologie“ dar und im Detail konnte man auch bei ihnen erkenntnistheoretische Mängel und bürgerliche Positionen feststellen: Sie unterschätzten die Rolle der Arbeiterbewegung oder sie vernachlässigten die Frage des Eigentums an Produktionsmitteln (z. B. Becher & Friedrich 1977, S. 543).

Ein spezielles Interesse fand in der Auseinandersetzung auch die sogenannte Konvergenztheorie, wie sie von Eugene V. Rostow, Jan Tinbergen oder auch John K. Galbraith vertreten wurde. Gemäß dieser Theorie sollten sich die Wirtschaftssysteme unter dem Einfluss der wissenschaftlich-technischen Revolution immer mehr angleichen. Einerseits sollten die Marktwirtschaften zunehmend zur staatlichen Planung genötigt sein; andererseits sollten die sozialistischen Staaten gezwungen sein, sich allmählich vom Prinzip der zentralen Wirtschaftsplanung zu verabschieden und marktwirtschaftliche Elemente einzuführen. Das jedoch entsprach den Wirtschaftsreformen, die Ota Šik während des Prager Frühlings initiiert hatte! Entsprechend harsch fiel die Ablehnung der Konvergenztheorie als einer Variante des „Dritten Wegs“ aus (Meißner 1971; Rose 1974).

6 Grenzen des Wachstums, auch für die Zukunftsforschung

Der kurze Frühling der Prognostik endete um das Jahr 1972. Dafür gab es eine innere und eine äußere Ursache. Während der frühen 1970er-Jahre wurde es offensichtlich, dass die Ulbrichtsche Strategie des „Überholens ohne einzuholen“, d. h. den Westen durch massive Investitionen in Wissenschaft und Innovationen hinter sich zu lassen, bloßes Wunschdenken war. So wenig wie die anderen Länder des Ostblocks verfügte die DDR über die industriellen Kapazitäten – und die wirtschaftlichen Freiheiten –, die für einen erfolgreichen technologischen Durchbruch zur Weltspitze notwendig gewesen wären. Investitionen in Hochtechnologie zahlten sich nicht oder zumindest nicht kurzfristig aus und mussten gekürzt werden; das Volk verlangte nach einem höheren Lebensstandard.

Mit der Ablösung Walter Ulbrichts durch Erich Honecker im Frühjahr 1971 und mehr noch mit dem VIII. Parteitag der SED (Juni 1971) begann eine ökonomische und sozialpolitische Umorientierung. Konsumgüterindustrie und Wohnungsbau hatten nun die Priorität. Diese Umorientierung wurde zusätzlich durch die die Sorge darüber getragen, dass selbst bei geschlossener Grenze die Bevölkerungsentwicklung rückläufig wurde. Familienpolitische Maßnahmen sollten die „Nettoreproduktionsrate“ der Bevölkerung wieder erhöhen.

Die Zielvorstellung einer kommunistischen Gesellschaftsordnung rückte in immer weitere Ferne; der Sozialismus galt nicht mehr als „relativ eigenständige Gesellschaftsformation“, sondern als Übergangsperiode von unbestimmter Dauer. Die wissenschaftlich-technische Revolution verlor ihre Bedeutung als Hoffnungsträger. An die Stelle technischer wie gesellschaftlicher Verheißungen traten kurzatmiger Pragmatismus und eine sich im Laufe der Zeit verstärkende Perspektivlosigkeit. Der Abschied vom NÖS signalisierte auch das Ende des kybernetischen Planungsoptimismus in der DDR.

Allerdings verbesserten sich im Zuge der Entspannungspolitik der 1970er-Jahre die Rahmenbedingungen für Zukunftsstudien in einem begrenzten Maße. Ostdeutsche Wissenschaftler kooperierten mit dem IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis in Laxenburg/Österreich). Die Restriktionen für den internationalen wissenschaftlichen Austausch wurden ein wenig gelockert.

Als 1972 der erste Bericht an den Club of Rome „Die Grenzen des Wachstums“ erschien, wurde dieser in der DDR – und nicht nur in akademischen Kreisen – heiß diskutiert. In Zeitschriften wie auch in akademischen Publikationen wurde die Studie als ein Produkt neo-malthusianischen Untergangsdenkens abgelehnt. Insbesondere wurde den Verfassern der Studie vorgeworfen, den prinzipiellen Unterschied von Kapitalismus (der nicht fähig sei, seine ökologischen, sozialen usw. Probleme zu lösen) und Sozialismus (der diese Probleme lösen würde) zu verkennen (Kuczinski 1973; Maier 1977). Wolfgang Harich, unorthodoxer Marxist

und auf einen Posten in einem Verlag abgeschoben, reagierte in dem nur in Westdeutschland veröffentlichten Buch „Kommunismus ohne Wachstum“ (1975) mit der Forderung nach einer (kommunistischen) Öko-Diktatur. Harichs Werk wurde in der sich allmählich formierenden Umweltbewegung der DDR heftig rezipiert und selbstverständlich von offizieller Seite ebenso heftig zurückgewiesen – so von Becher und Friedrich (1977, S. 550).

Die späteren Berichte an den Club of Rome fanden bisweilen eine differenziertere offizielle Aufnahme und wurden, obzwar nie in der DDR nachgedruckt, in akademischen und nicht-akademischen Kreisen weithin diskutiert.

Allerdings verschob sich – wie in der Bundesrepublik – in jenen Jahren die Aufmerksamkeit von der Zukunftsforschung im Allgemeinen und von technologischen Perspektiven hin zur Umweltproblematik. So wurde beispielsweise „Global 2000. Der Bericht an den Präsidenten“ (1980), der über die Buchhandelskette „2001“ sehr preiswert vertrieben und gewiss häufig in die DDR eingeschmuggelt wurde, in der DDR nicht als ein Beitrag zur Zukunftsforschung, sondern zur Umweltproblematik bzw. zu den globalen Problemen wahrgenommen. Nicht mehr die Zukunft als solche interessierte, sondern der Zustand des Planeten und wie wir ihn unseren Enkeln hinterlassen würden.

Der Bericht zum OECD-Projekt Interfutures „Facing the Future. Mastering the Probable and Managing the Unpredictable“ (1979) fand dagegen nur einen sehr begrenzten Widerhall in Fachkreisen (AdW 1982).

7 Zukunft im Niedergang

Während der 1980er-Jahre hätten Zukunftsforscher in der DDR, so es sie denn gegeben hätte, Herman Kahns Diktum folgend, das Unmögliche denken müssen, nämlich das Ende des staatssozialistischen Systems, das sich mit der Finanzkrise der DDR und der Solidarność in Polen abzeichnete. Doch mit dem sich ausbreitenden unterschwelligem Gefühl von Krise, Abstieg und Ausweglosigkeit wuchsen die politischen und auch die psychologischen Barrieren gegen Zukunftsstudien. Studien, deren Ergebnisse der Parteiführung nicht genehm waren – etwa Berichte über rechtsextreme Tendenzen in der ostdeutschen Jugend – wurden weggeschlossen. Umweltprobleme, selbst solche, die wie die Luftverschmutzung jeder deutlich vor Augen hatte, wurden jahrelang geleugnet oder heruntergespielt. Die offizielle Propaganda glich mehr und mehr dem Pfeifen im Dunkeln. Bisweilen trug das groteske Züge. So errechnete der emeritierte Professor für dialektischen und historischen Materialismus Erich Hanke in seinem Buch „Ins nächste Jahrhundert. Was steht uns bevor?“ (1984), dass die Industrieproduktion der Sowjetunion die der USA etwa um das Jahr 1990 übertreffen würde. Und er postulierte, dass der Kommunismus erreicht sein würde, wenn das Monatseinkommen einer Familie auf ungefähr 5.000 DDR-Mark angestiegen sein würde, denn dann könne nach dem Bedürfnisprinzip verteilt werden. Nach seinen Extrapolationen sollte es irgendwann zwischen 2020 und 2030 so weit sein (Hanke 1984, S. 227).

Zukunftsforschung als Forschungsfeld hatte zu dieser Zeit faktisch ausgedient. Als Alfred Bönisch über „Neuere Entwicklungstendenzen der bürgerlichen Zukunftsforschung“ (1985) schrieb, ging er auch auf die sozialistische Alternative ein – und berief sich nicht etwa auf Ergebnisse der Prognostik, sondern auf das politische und wirtschaftliche Programm der SED: Anstrengungen, den Frieden sicherer zu machen; der geplante Übergang zu einem intensiveren Typus der gesellschaftlichen Reproduktion, der weniger Ressourcen verbrauchen würde. Außerdem könnten die positiven Planungserfahrungen der sozialistischen Länder dazu beitragen, die globalen Umweltprobleme zu überwinden ... Was einst an Prognostik existierte, war vom Tagesgeschäft der Politik beiseite gedrängt worden.

Bei manchen Autoren jedoch änderte sich die Tonlage. Der frühere triumphalistische Tenor gab einer gewissen Nachdenklichkeit Platz. So kommen Siegfried Bönisch und Bernd Vogel in ihrem Nachwort zu Bestuzhev-Ladas „Die Welt von morgen“ (1988) ohne das früher übliche Wortgerassel des Perspektivbewusstseins aus und fragen danach, wie die Menschen zu leben wünschen.

Zu den Verfallserscheinungen des DDR-Systems gehörte, dass sich eine neue Art Zukunftsdenken von unten entwickelte, nicht nur bei Wissenschaftlern, die wie Robert Havemann und Rudolf Bahro zu Dissidenten geworden waren, sondern in der Breite der Oppositionsbewegung. Wer ernsthaft über Zukunft sprechen wollte, traf sich dafür in den wenigen, gut überwachten relativen Freiräumen der DDR-Gesellschaft, etwa in den Evangelischen Akademien, die seit Jahren Tagungen zu den Problemen des Fortschritts anboten, im Schriftstellerverband (in den Arbeitskreisen „Literatur und Umwelt“ und „Utopische Literatur“) oder im Kulturbund (insbesondere in der zum Kulturbund gehörenden Gesellschaft für Natur und Umwelt). Als im Jahr 1988 der Brundtlandbericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ im Staatsverlag der DDR erschien, wurde dieser nicht nur in Konferenzen von Evangelischen Akademien und im Schriftstellerverband der DDR, sondern auch in der dezidiert oppositionellen Umweltbibliothek (die unter dem Schutz der Kirche stand) diskutiert.

Fast niemand allerdings, im Osten wie im Westen, sah die „Wende“ des Jahres 1989, den Sturz des SED-Regimes, voraus.

In den Folgejahren wurde die Wissenschaftslandschaft in den neuen Bundesländern restrukturiert und in die der „alten“ Bundesrepublik integriert. Da die zaghaften Ansätze zu einer Zukunftsforschung in der DDR versandet waren, gab es hier auch nichts zu integrieren, keine Institute, keine Zeitschriften, keine Lehrstühle. Und wenn denn Bruchstücke eines intellektuellen Erbes existieren, so müssen diese erst noch erschlossen werden.

Literaturverzeichnis

- AdW (Hrsg.) (1982). *Zu einigen Aspekten des OECD Berichts „Facing the Future“*. Gesellschaftswissenschaftliche Informationen Heft 16. Berlin: Akademie der Wissenschaften der DDR. Wissenschaftliches Informationszentrum.
- Arab-Ogly, E. (1977). *Im Labyrinth der Prophezeiungen*. Berlin: Neues Leben.
- Bauer, A., Eichhorn, W., Kröber, G., Schulze, H., Segeth, W. & Wüsteneck, K.-D. (1968). *Philosophie und Prognostik. Weltanschauliche und methodologische Probleme der Gesellschaftsprognose*. Berlin: Dietz.
- Becher, J. & Friedrich, P. (1977). Soziale Prognostizierung contra bürgerliche Futurologie. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 25 (Heft 5), 536–551.
- Bestuzhev-Lada, I. (o. J.). *Futures Studies in the USSR (1966–1991) and in Russia (1991–1999)*. Verfügbar unter <http://www.rfsa.ru/rfsa.html> [8.1.2014]
- Bestuzhev-Lada, I. (1992). A Short History of Forecasting in the USSR, 1927–1990. *Technological Forecasting and Social Change*, 41, 341–348.
- Bloch, E. (1985). *Freiheit und Ordnung. Abriß der Sozialutopien*. Leipzig: Reclam.
- Böhm, K. & Dörge, R. (1960). *Unsere Welt von morgen*. Berlin: Neues Leben.
- Bönisch, A. (1971). *Futurologie. Eine kritische Analyse bürgerlicher Zukunftsforschung*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Bönisch, A. (1985). Neuere Entwicklungstendenzen der bürgerlichen Zukunftsforschung. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 33 (Heft 9), 779–787.

- Bönisch, S. & Vogel, B. (1988). Über die Zukunft nachdenken! (Nachwort). In I. Bestuzhev-Lada. *Die Welt von morgen. Aussagen über die Zukunft*. Leipzig: Urania.
- Cornelsen, D. (1989). Die Volkswirtschaft der DDR: Wirtschaftssystem – Entwicklung – Probleme. In W. Weidenfeld & H. Zimmermann (Hrsg.). *Deutschland-Handbuch. Eine doppelte Bilanz 1949–1989* (S. 258–275). Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.
- Dobrow, G. M. (1970). *Aktuelle Probleme der Wissenschaftswissenschaft*. Berlin: Dietz.
- Dobrow, G. M. (1971). *Prognostik in Wissenschaft und Technik*. Berlin: Dietz.
- Eckardt, M. (Hrsg.) (2011). Die Semiotik von Georg Klaus (1912–1974). *Zeitschrift für Semiotik*, 33 (Heft 3–4).
- Edeling, H. (1968). *Prognostik und Sozialismus. Zur marxistisch-leninistischen Prognostik moderner Produktivkräfte in der Deutschen Demokratischen Republik*. Berlin: Dietz.
- Edeling, H. (1971). Der unentbehrliche Kompaß. In W. Müller-Claud (Hrsg.). *Wir werden es erleben. An der Schwelle zum dritten Jahrtausend* (S. 19–30). Leipzig: Urania.
- Fuchs-Kittowski, K. & Piotrowski, S. (Hrsg.) (2004). *Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften. Georg Klaus zum 90. Geburtstag*. Abhandlungen der Leibniz-Sozietät (Band 11). Berlin: Trafo.
- Gerovitch, S. (2002). *From Newspeak to Cyberspeak. A History of Soviet Cybernetics*. Cambridge: MIT Press.
- Göttner, R. & Fischer, P. (1973). *Was soll – was kann Prognostik?* Leipzig: Urania.
- Gries, R. (1997). „... und der Zukunft zugewandt“ Oder: Wie der DDR das Jahr 2000 abhandeln kam. In E. Bünz, R. Gries & F. Möller (Hrsg.). *Der Tag X in der Geschichte. Erwartungen und Enttäuschungen seit tausend Jahren* (S. 309–333). Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Harich, W. (1975). *Kommunismus ohne Wachstum? Babeuf und der „Club of Rome“*. Sechs Interviews mit Freimut Duve und Briefe an ihn. Reinbek: Rowohlt.
- Hauswald, G. (1957). Propheten dringend gesucht. Eine Betrachtung über den Zukunftsroman. *Sonntag* 52, 8.
- Hanke, E. (1984). *Ins nächste Jahrhundert. Was steht und bevor?* (2. ergänzte Auflage). Leipzig: Urania.
- Heyden, G. (Hrsg.) (1968). *Gesellschaftsprognostik. Probleme einer neuen Wissenschaft*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Heym, St. (1959). *Das kosmische Zeitalter. Ein Bericht*. Berlin: Tribüne.
- Klaus, G. & Buhr, M. (Hrsg.) (1974). *Philosophisches Wörterbuch* (10., neu bearbeitete und erweiterte Auflage). Leipzig: Bibliographisches Institut.
- Klaus, G. (1961). *Kybernetik in philosophischer Sicht*. Berlin: Dietz.
- Klaus, G. (1964). *Kybernetik und Gesellschaft*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Klaus, G. (1973). *Kybernetik – eine neue Universalphilosophie der Gesellschaft?* Berlin: Akademie-Verlag.
- Klein, D. (1972). *Futurologie und Zukunftsforschung. Untaugliches Mittel einer überlebten Gesellschaft*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Koch, C. (1968). Kritik der Futurologie. *Kursbuch* 14, 1–17.
- Kuczinski, J. (1973). *Das Gleichgewicht der Null*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Kusnezow, B. G. et al. (1972). *Blickpunkt 2000. Wissenschaft und Zukunft. Perspektiven – Hypothesen und Probleme*. Leipzig: Urania.
- Lauterbach, H. & Söder, G. (1965). *Planung – Wissenschaft oder Spekulation?* Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.

- Maier, H. (1977). *Gibt es Grenzen des ökonomischen Wachstums?* Berlin: Akademie-Verlag.
- Matthias, E. & Schierbaum, H. (1961). *Errungenschaften. Zur Geschichte eines Schlagwortes unserer Zeit.* München: Ilmgauverlag.
- Meißner, H. (1971). *Konvergenztheorie und Realität.* Berlin: Akademie-Verlag.
- Müller-Claud, W. (1971). Die Beweggründe unserer Neugierde. In W. Müller-Claud (Hrsg.). *Wir werden es erleben. An der Schwelle zum dritten Jahrtausend* (S. 7–14). Leipzig: Urania.
- Richta, R. u. a. (1971). *Richta-Report. Politische Ökonomie des 20. Jahrhunderts. Die Auswirkungen der technisch-wissenschaftlichen Revolution auf die Produktionsverhältnisse.* Frankfurt/M.: Makol.
- Rose, G. (1974). „*Industriegesellschaft*“ und *Konvergenztheorie.* Berlin: Akademieverlag.
- Segal, J. (2001). Die Einführung der Kybernetik in der DDR. Begegnung mit der marxistischen Ideologie. In *Dresdner Beiträge zur Geschichte der Technik und der Technikwissenschaften*, 27, 47–75 (auch verfügbar unter <http://jerome-segal.de/Publis/Kyb-DDR.htm>) [7.1.2014]
- Steinmüller, A. & Steinmüller, K. (1995). *Vorgriff auf das Lichte Morgen. Studien zur DDR-Science Fiction.* Passau: EDFC.
- Steinmüller, A. & Steinmüller, K. (1999). *Visionen. 1900 – 2000 – 2100. Eine Chronik der Zukunft.* Hamburg: Rogner und Bernhard.
- Steinmüller, K. (2001). From Anticipations of a Bright Future to Dissolution. Futures Studies in the German Democratic Republic. In E. Nováky, V. R. Varga & M. K. Köszegi (Hrsg.). *Futures Studies in the European Ex-Socialist Countries* (pp. 64–72). Budapest: Futures Studies Centre. Budapest University of Economic Sciences and Public Administration.
- Steinmüller, K. (2012). Zukunftsforschung in Deutschland. Versuch eines historischen Abrisses (Teil 1). *Zeitschrift für Zukunftsforschung*, Vol. 1. (urn:nbn:de:0009-32-34116).
- Steinmüller, K. (2013). Zukunftsforschung in Deutschland. Versuch eines historischen Abrisses (Teil 2). *Zeitschrift für Zukunftsforschung*, Vol. 2. Nr. 1 (urn:nbn:de:0009-32-36998).
- Strohbach, E. (1974). Zu einigen Tendenzen der Bevölkerungsentwicklung in der DDR – Versuch einer Bestandsaufnahme und Prognose. In *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1974* (Teil I) (S. 53–61). Berlin: Akademie-Verlag.
- Sydow, W. (Hrsg.) (1983). *In die Zukunft gedacht. Wissenschaftler aus 6 Ländern entwickeln Ideen zu Wissenschaft und Technik.* Berlin: Verlag Die Wirtschaft.
- Tamm, I. J. et al. (1969). *Zukunft der Wissenschaft. Forschungsrichtungen und Prognosen.* Leipzig: Urania.
- Ulbricht, W. (1967). *Die gesellschaftliche Entwicklung in der Deutschen Demokratischen Republik bis zur Vollendung des Sozialismus.* Berlin: Dietz.

Karlheinz Steinmüller: Dipl.-Phys., Dr. phil., Wissenschaftlicher Direktor und Gesellschafter der Z_punkt GmbH The Foresight Company, Autor von Science-Fiction und Sachbüchern.

Moßkopfring 40, 12527 Berlin, Tel.: +49(0)30-67549563, E-Mail: steinmueller@z-punkt.de

Lizenz

Jedermann darf dieses Werk unter den Bedingungen der Digital Peer Publishing Lizenz elektronisch übermitteln und zum Download bereitstellen. Der Lizenztext ist im Internet abrufbar unter der Adresse http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL_v2_de_06-2004.html

Empfohlene Zitierweise

Steinmüller, K. (2014). Aufstieg und Niedergang der Prognostik. Zeitschrift für Zukunftsforschung, 2, 5. ([urn:nbn:de:0009-32-40698](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0009-32-40698))

Bitte geben Sie beim Zitieren dieses Artikels die exakte URL und das Datum Ihres letzten Besuchs bei dieser Online-Adresse an.

Beiträge der Innovationsforschung für die Zukunftsforschung

Axel Zweck

Zusammenfassung

Sowohl Zukunfts- als auch Innovationsforschung haben eine lange Tradition. Bisher führten die Disziplinen in unterschiedlichen wissenschaftlichen Gemeinschaften ein nahezu getrenntes Eigenleben. Wechselseitige Wahrnehmungen führten keineswegs zu einer nachhaltigen, andauernden Zusammenarbeit. Auf Basis einer kurzen Darstellung der Zukunftsforschung und einer ausführlicheren systemtheoretischen Einordnung der Innovationsforschung wird der Frage nachgegangen, ob eine intensivere wechselseitige Befruchtung beider Forschungsrichtungen aussichtsreiche Perspektiven eröffnet. Der Fokus liegt hierbei vor allem auf der Frage, welche Potenziale die Innovationsforschung für die Zukunftsforschung bietet.

Die Reflexion zeigt, dass ein eingehendes Innovationsverständnis, wie es die moderne Innovationsforschung bis heute erlangt hat, für viele Fragestellungen, mit denen sich die Zukunftsforschung auseinandersetzt, von profunden Vorteil ist. Abschließend wird der Frage nachgegangen, woran die bisherige wechselseitige Zurückhaltung liegen könnte und welche Forschungsfragen den künftigen interdisziplinären Diskurs beider Forschungsrichtungen befruchten könnten.

Abstract

Future and innovation research both have long traditions. Both disciplines have previously led almost entirely separate lives, in separate scientific communities. Any reciprocal perception can, by no means, be called sustainable. Based on a brief overview of Futures Research and a system-theoretical classification of innovation research, this paper investigates whether a more intense interdisciplinary dialogue could open up promising future perspectives. The focus throughout is on the potential that innovation research can offer futures studies.

The examination shows, that a thorough understanding of the advances modern innovation research has made, can offer important insights into questions posed by Futures Research. Finally, possible reasons for previous mutual reservations are examined, and areas of research that could provide fertile ground for future interdisciplinary discourse are identified.

1 Einführung

Zukunfts- und Innovationsforschung haben eine lange und voneinander nahezu vollständig unabhängige Tradition (z.B. Flechthelm 1970 und Schumpeter 1961, um nur einige bekanntere Vertreter zu nennen), auch wenn die Gegenstände der forschenden Betrachtung Überschneidungen besitzen. Der vorliegende Beitrag sucht die Grenzen zwischen diesen beiden Forschungsrichtungen aufzuweichen und mögliche interdisziplinäre Anknüpfungspunkte herauszukristallisieren. Die vom Umfang her höhere Gewichtung der Innovationsforschung in den vorliegenden Ausführungen kann als Plädoyer an die Gemeinde der Zukunftsforscher verstanden werden, sich stärker mit innovationsforschenden Fragestellungen und Einsichten auseinanderzusetzen. Dies ist auch der Grund, warum der Fokus des vorliegenden Beitrags vor allem auf der Frage liegt, welche Potenziale die Innovationsforschung für die Zukunftsforschung bietet. Die umgekehrte Frage, welche Beiträge die Zukunftsforschung für die Innovationsforschung liefert, scheint an der einen oder anderen Stelle des Beitrages zwar auf, muss aber weiteren Arbeiten vorbehalten bleiben.

In den beiden ersten Abschnitten erfolgt eine kurze Darstellung der Gegenstandsbereiche beider Forschungsrichtungen. Naturgemäß kann eine solche Übersichtsdarstellung keine ausführliche Würdigung einzelner Schulen, Ausrichtungen und Kontroversen, möglichst einschließlich ihrer Historie, bieten. Die beiden ersten Abschnitte geben vielmehr eine Orientierung, welche Vorstellungswelten diesen beiden Forschungsrichtungen aus Sicht des Autors zugrunde liegen. Dem Leser erleichtert es zugleich eine operative Handhabung und Vergegenwärtigung der beiden zentralen Begriffe. Das abschließende Kapitel geht der Frage nach, welche wechselseitigen Bezüge sich bei Betrachtung von Geschichte, Gegenstand und Entwicklung der Innovations- und Zukunftsforschung erkennen lassen. Es wird gefragt: Was hatten diese beiden Forschungsrichtungen bisher miteinander zu tun. Welche wechselseitigen Beiträge sind für beide Forschungsrichtungen zu erwarten? Worin könnte eine zukünftige wechselseitige Befruchtung beider Forschungsrichtungen liegen? Welche Folgen hätte eine solche interdisziplinäre Auseinandersetzung sowohl für inhaltliche Fragen als auch für die involvierten wissenschaftlichen Gemeinschaften selbst?

Das Hauptaugenmerk der folgenden Ausführungen liegt auf einer Bestätigung der These, dass Innovationsforschung hilfreiche Beiträge für die Zukunftsforschung bietet. Die interessante Frage, ob es sich bei diesen Forschungsrichtungen um wissenschaftliche (Teil-)Disziplinen handelt, kann lediglich thematisiert, nicht jedoch erschöpfend oder gar abschließend erörtert werden. Ebenso wird nicht intensiv reflektiert, inwieweit es sich bei den beiden Forschungsrichtungen um jeweils mehr oder weniger kohärente und konsistente Gegenstands- und Fragenkomplexe handelt oder ob sie im Wesentlichen durch Methoden und Verfahren anderer Disziplinen, wie der Soziologie, der Ökonomie oder durch eines ihrer Teilgebiete wie der Wissenschaftstheorie, der Wissenschafts- und Techniksoziologie, der empirischen Sozialforschung oder der Ökonometrie, gespeist werden. Für die Zukunftsforschung siehe zu dieser Frage Zweck (2012). Für die Innovationsforschung werden Beziehungen zu techniksoziologischen Vorstellungswelten aufgezeigt.

Eine Spiegelung sämtlicher innovationstheoretischer Ansätze an der Zukunftsforschung (wie in Blättel-Mink 2006) wäre eine interessante Herausforderung, ist aber im Rahmen eines Artikels kaum zu leisten. Aufgrund eigener Vorarbeiten des Autors im Kontext von Wissenschaft und Technik (Zweck 1993) wurde daher der systemtheoretische Zugang herausgegriffen und verfolgt. Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, einer Antwort auf die Frage näherzukommen, ob eine intensivere Auseinandersetzung der Zukunftsforschung mit den Einsichten der Innovationsforschung wechselseitige Befruchtungen versprechen.

2 Zukunftsforschung

„Der Begriff Zukunftsforschung suggeriert, dass es eine Forschungsrichtung gibt, die ‚die Zukunft‘ erforschen kann. Dies ist jedoch nicht möglich.“ (Popp 2012, S. V). Von der Vorstellung oder besser Hoffnung, die Zukunft voraussagen zu können, hat sich die wissenschaftliche Zukunftsforschung in bewusster Abgrenzung zu unwissenschaftlichen Befassungen mit Zukunft – wie zum Beispiel einer als Zukunftsforschung verbrämten Trend-Spekulation – seit jeher distanziert (Kreibich 2008 oder Rust 2012). Gegenwärtig scheint es der wissenschaftlichen Zukunftsforschung weitgehend gelungen, dieses, ihr eher von außen angetragene als für sich in Anspruch genommene, Image abzulegen. Zukunftsforschung trägt aus heutiger Sicht verfügbare Informationen und aktuelles Gegenwartswissen zusammen: Wissen, wie es für die Betrachtung künftiger Entwicklungen, möglichst bezogen auf klar definierte Gegenstandsbereiche, relevant ist. Zukunftsforschung trägt dazu bei, Themen, die zukünftig eine stärkere Bedeutung für Wirtschaft, Politik und vor allem Gesellschaft spielen könnten, aber bisher unzureichend wahrgenommen wurden, aufzuzeigen oder besser gesagt

hervorzuheben. Es geht um die Suche nach Hinweisen und Einflussfaktoren dafür, wie bestimmte Entwicklungen verlaufen könnten oder sollten, nachdem entsprechendes Wissen fokussiert durch die Perspektive einer bestimmten Fragestellung miteinander verbunden oder zumindest in Kontext gestellt und auf entsprechende Voraussetzungen geprüft worden ist. D. h. Zukunftsforschung analysiert u.a., was sich unter welchen – möglichst klar eingegrenzten und definierten – Bedingungen und mit welcher Plausibilität bei welchem Grad an Ungewissheit ereignen könnte. In einigen wenigen Fällen reicht diese Basis aus, um für den Eintritt bestimmter Entwicklungen Wahrscheinlichkeiten zu ermitteln. Darüber hinaus eröffnet z. B. die Gegenüberstellung von Erwartetem und Gewünschtem Gestaltungsspielräume für künftiges Handeln. Nicht weniger wichtig ist die davon klar zu differenzierende Frage, was (im normativen Sinne) passieren soll. Werden die Ergebnisse der Zukunftsforschung aufgegriffen, trägt Zukunftsforschung zur Gestaltung von Zukunft bei, indem sie politische Diskussionen oder gesellschaftliche Diskurse anstößt, die Verhaltens- oder Handlungsänderungen nach sich ziehen.

Das Internetportal Wikipedia definiert Zukunftsforschung – oder Futurologie – als „[...] die systematische und kritische wissenschaftliche Untersuchung von Fragen möglicher zukünftiger Entwicklungen [...] auf technischem, wirtschaftlichem und sozialem Gebiet“¹. Eine derart übersichtliche definitorische Abgrenzung wissenschaftlicher Zukunftsforschung gegenüber anderen Forschungsrichtungen wird allerdings dadurch erschwert, dass andere wissenschaftliche Disziplinen ebenso das grundsätzliche Potenzial zu prospektiven Aussagen für sich in Anspruch nehmen können. Der Natur abgerungene naturwissenschaftliche Gesetze und deren implizite Zukunftsaussagen sind nur eine Ausprägung dieses prospektiven Charakters. Die Definition zur Abgrenzung der Zukunftsforschung von Innovationsforschung erscheint daher unzureichend und sollte nachgebessert werden. Dies erfolgt üblicherweise mit dem Hinweis, dass das Formulieren einer Zukunftsaussage, die über spezielle, disziplinär fassbare technische oder sozioökonomische Details hinausgeht, eines interdisziplinären Zusammenführens disziplinärer Erkenntnisse bedarf. Wissenschaftliche Zukunftsforschung charakterisiert sich also durch das Aufgreifen wissenschaftlicher Erkenntnisse aus verschiedenen Fachdisziplinen, durch ein Fokussieren dieser Erkenntnisse auf zukunftsorientierte Fragestellungen und schließlich dadurch, dass sie bestehende Lücken durch eigene Methoden wie beispielsweise Szenarienbildung oder Delphi-Erhebungen zu schließen sucht.

Dennoch macht bereits die Wikipedia-Charakterisierung der Zukunftsforschung deutlich, dass ihre Einsichten wesentlich auf den Erkenntnissen natur-, sozial- und geisteswissenschaftlicher Forschung beruhen. Als zentrale Voraussetzung für eine ernst zu nehmende Zukunftsforschung ergibt sich daher, wie bereits an anderer Stelle dargestellt (Zweck 2012), „Wer über die Zukunft sprechen will, muss über die Gegenwart Bescheid wissen“ (ebenda, S. 69). D. h. für die Auseinandersetzung mit einem Forschungsgegenstand ist außer einer Übersicht auch die detaillierte Kenntnis bestehender Wissensbestände der für die jeweilige Fragestellung relevanten wissenschaftlichen Disziplinen unerlässlich. Aktuelle Erkenntnisse und Ergebnisse dieser Forschung sind zu integrieren. Diese Erkenntnis trifft sich mit der Sicht, dass Zukunftsforschung eine spezifische Form von Gegenwartsforschung darstellt (Grunwald 2009). Zwar leuchtet diese These auf den ersten Blick unmittelbar ein. Kritisch hinterfragt werden darf aber, warum gerade diese Voraussetzung so zentral für die wissenschaftliche Zukunftsforschung sein soll. Dies umso mehr vor dem Hintergrund, dass doch umfassende und detaillierte Zukunftsaussagen zu komplexen Fragestellungen schon wegen der Vielfalt möglicher Zukünfte gar nicht möglich sind. Die Antwort ist einfach wie bestechend: Je präziser vorhandenes Gegenwartswissen auf bestimmte Zukunftsfragen hin

¹ Diese Definition deckt sich mehrheitlich mit den Angaben des Internetportals „Wissen.de“ und des Bedeutungswörterbuchs des Duden (2002, S. 391).

fokussiert wird, desto klarer sind erwartete Entwicklungen und ihre Einflussfaktoren erfassbar. Aber: Das Spektrum möglicher Zukünfte, oder anders formuliert, der Möglichkeitsraum, wird auf Basis eines möglichst umfassend ermittelten Verständnisses der Gegenwartssituation und der zugehörigen aktuellen Wissensbasis stark eingeschränkt.² Diese Reduktion möglicher Zukünfte führt zwar nur zu einer Einschränkung und nicht zur Selektion oder Identifizierung der Zukunft. Jede Reduktion möglicher Zukünfte bietet aber für den weiteren prospektiven Prozess und die Verwendung der Ergebnisse erhebliche Erleichterungen, z. B. durch einen eingeschränkten Aufwand für die Praxis wegen der verringerten Zahl zu betrachtender Zukünfte.³

Eine (weitere) besondere Herausforderung in der Auseinandersetzung mit Zukunftsforschung ist, dass sie gegenwärtig noch als eine Forschungsrichtung im Werden zu betrachten ist (Zweck 2012). Insofern sind Fragen, inwieweit es sich bei Zukunftsforschung um eine wissenschaftliche Disziplin handelt, noch nicht abschließend zu klären. Die Voraussetzungen dafür wurden bereits an anderer Stelle reflektiert (Zweck 2012) und Anstrengungen bestehen, gegenwärtig vorhandene Defizite der Zukunftsforschung abzubauen, zum Beispiel bezüglich der Definition klarer Standards und Gütekriterien (Gerhold et al. 2012 und 2014). Zum anderen muss erwähnt werden, dass es bereits drei Instrumentenkästen gibt, die ihre Verwendbarkeit und Qualität in der Praxis bereits unter Beweis gestellt haben. Technologiefrüherkennung, Foresight und Technikfolgenabschätzung haben zwar unterschiedliche Schwerpunkte, was ihre Perspektiven auf die Zukunft betrifft, aber letztlich bietet jeder Instrumentenkasten für sich genommen einen spezifischen Zugang zur Ermittlung von technologischen Chancen, breiten gesellschaftlichen Trends und Visionen oder potenziellen Risiken und deren Vermeidung mit Blick auf künftige Entwicklungen. Die dahinterstehenden wissenschaftlichen Gemeinschaften, verwendeten Instrumente wie auch zugrunde liegenden Perspektiven unterscheiden sich zwar bezüglich ihrer Auseinandersetzung mit Zukunft, besitzen aber durchaus zahlreiche Überschneidungen (Zweck 2002). Insofern stellt sich die gegenwärtige Situation der Zukunftsforschung als potenzielle wissenschaftliche Fachdisziplin zumindest für die Praxis als nicht ganz so kritisch dar, wie es auf den ersten Blick anmutet. Technologiefrüherkennung, Foresight und Technikfolgenabschätzung folgen in ihren Verfahren wissenschaftlichen Ansprüchen, haben wissenschaftliche Gemeinschaften und Fachzeitschriften hervorgebracht. Sie bieten damit für die entstehende Disziplin der Zukunftsforschung mindestens eine solide Basis (Zweck 2012).

Hervorgehoben wurde bereits, dass es für eine wissenschaftliche Zukunftsforschung essenziell ist, auf bestehende Wissensbestände anderer Disziplinen zurückzugreifen. Ein Problem bei dieser Formulierung ist ein damit keineswegs intendierter, aber potenziell erkennbarer mechanistischer Anklang: Geht es wirklich nur darum, wissenschaftlich fundierte Fakten anderer Disziplinen im Rahmen der Zukunftsforschung geschickt und nachvollziehbar zu integrieren und so Antworten auf zukunftsbezogene Fragen zu erlangen? Geht es nicht auch um ein vertieftes Verständnis, um offensichtliche wie versteckte Hintergründe von historischen wie aktuellen gesellschaftlichen Entwicklungsprozessen, die eine Konkretion und Selektion möglicher Entwicklungspfade gegenüber anderen rechtfertigen? Von ihrem Anspruch her fokussieren zumindest einige Methoden, wie die historische Analogiebildung (Zweck et al. 2004, S. 73), das Backcasting (Steinmüller 1997) oder auch das Roadmapping (Möhrle & Isenmann 2008 oder kritisch Zweck & Holtmannspötter 2009) nicht nur auf die Frage, wie etwas in Zukunft sein könnte, sondern

² In einigen Fällen kann das umfassende Verständnis der Gegenwartssituation natürlich auch zusätzliche Perspektiven in der Prospektion hervorbringen und so für Teilaspekte eine Erweiterung bedeuten, in Summe aber führt das solide Gegenwartsverständnis immer zu einer Reduktion von Vielfalt.

³ Das in dieser These anklingende Plädoyer für eine intensivere Verschränkung von Zukunftsforschung und Wissensmanagement wurde bereits an anderer Stelle beleuchtet (Zweck & Cebulla 2012).

fragen auch, wie der Entwicklungsprozess bis zu einer möglichen Zukunft verlaufen könnte. Aus dieser Sicht erweitert sich die Frage, welche relevanten Fakten und Sachverhalte aus anderen Disziplinen für die zukunftsbezogene Forschung zusammengetragen werden müssen, um die entscheidende Perspektive: Welche Mechanismen sind für bestimmte Entwicklungen denkbar, möglich oder wahrscheinlich? Natürlich können auch für diese Mechanismen Anleihen aus anderen Disziplinen erfolgen, werden aber erst durch eine interdisziplinäre Herangehensweise zum genuinen Gegenstand der Zukunftsforschung und rücken die Dynamik von Entwicklungsprozessen ins Zentrum der Betrachtung.

Vom Standpunkt des Heute sind alle technischen, ökonomischen und übergreifenden gesellschaftlichen Entwicklungen entweder Fortführungen bestehender Strukturen, Entwicklungen und Tatsachen oder sie unterliegen wahrscheinlichen oder unwahrscheinlichen sowie geringfügigen oder massiven Änderungen (oder, im Falle grober Betrachtung, im Allgemeinen einer Mischung). Gerade aber diese Änderungen sind es, die den Zukunftsforscher interessieren. Es geht um die Frage, welche Impulse, Geschehnisse oder unerwarteten Ereignisse diese Umbrüche, Weiterentwicklungen oder Entwicklungssprünge mit sich bringen. Offensichtlich wird hier, dass sich diese Fragestellung einer Forschungsrichtung nähert, die sich der Analyse und dem Verständnis ebenfalls sehr unterschiedlicher, als Innovationen zu bezeichnender Prozesse verschrieben hat: der Innovationsforschung.

3 Innovationsforschung

Innovationsforschung sucht nach einem Verständnis von Mechanismen für das Aufkommen und Durchsetzen von Veränderungen oder Neuerungen inkrementeller oder grundsätzlicher Art auf allen Ebenen der durch den Menschen geprägten gesellschaftlichen Wirklichkeit. Der Innovationsbegriff wird in den vorliegenden Ausführungen bewusst breit aufgefasst. Breit erstens in dem Sinne, dass sich Innovationen keineswegs nur auf Technisches beschränken, sondern sich auf soziale, kulturelle oder gesellschaftliche Entwicklungen und Neuerungen beziehen können. Aus der Perspektive einer systemtheoretischen Betrachtung folgt die Entstehung von Innovationen auf allen Betrachtungsebenen, wie zu zeigen sein wird, den gleichen grundsätzlichen Mechanismen. Breit zweitens in dem Sinne, dass selbst technische Innovationen gemäß aktuellem techniksoziologischem Verständnis keineswegs als rein technische Entwicklungen verstanden werden dürfen. Sie stellen vielmehr das Ergebnis eines iterativen Wechselwirkungsprozesses zwischen technischen Optionen und Akteurskonstellationen in entsprechenden Netzwerken und Arenen dar. Was aus historischer Betrachtung als Innovation verstanden wird, wird im evolutiven Sinne plastisch formuliert: in einem Wechselspiel gesellschaftlicher Teilsysteme „ausgemendelt“. Das Wechselspiel selbst wie auch sein Ergebnis bilden immer ein verzahntes *soziotechnisches* System.

Eine Annäherung an die Diskussion in der Innovationsforschung erfolgt im Rahmen des vorliegenden Beitrages in drei Schritten. Als erstes wird ein systemtheoretischer Bezugsrahmen aufgespannt, der sich für die folgenden Betrachtungen über Innovation als grundlegender Verständnisrahmen versteht. Der zweite Schritt widmet sich der Beschreibung von Innovation als sozialem Prozess. Im dritten Schritt geht es um eine kurze Übersicht über die Entwicklung der Diskussion in der Innovationsforschung.

3.1 Innovation als Ergebnis des Wechselspieles gesellschaftlicher Teilsysteme

Moderne Gesellschaften bilden Teilsysteme aus, die eine Eigendynamik entfalten und während ihrer Ausdifferenzierung mehr und mehr ihrer eigenen Logik folgen. „[...] die Selektion der Handlung selbst wird im System verortet, wird durch systemeigene Regeln gesteuert [...]“ (Luhmann 1984, S. 247). Diese Eigenlogiken nehmen zumindest in der Frühphase ihrer Ausdifferenzierung auf Resonanzen, die ihr Agieren in ihrer Umwelt und damit in anderen Teilsystemen erzeugt, wenig Rücksicht. Diese Abkapselung ist nicht a priori schädlich, da sie das Ausbilden neuer, abgrenzbarer und eigenständiger Teilsysteme erst ermöglicht. Nach Luhmann beziehen gesellschaftliche Teilsysteme ihre Wirkungskraft daraus, Folgen ihres Handelns außerhalb ihres zentralen Fokus mindestens teilweise auszublenden (Luhmann 1984). Diese Ausdifferenzierung durch Isolation und Selbstreferentialität ist bei allen damit verbundenen Herausforderungen für moderne Gesellschaften auch ein charakteristisches Merkmal für die kraftvolle Differenzierungsdynamik westlicher Industriegesellschaften (Luhmann 1994).

Die Selbstreferentialität von Teilsystemen ist phasenweise für das Gesamtsystem kein Problem. Heutige Industriegesellschaften westlicher Prägung haben ein mannigfaltiges Instrumentarium an Vermittlungs- und Moderationsformen hervorgebracht, die ein Verständigen und Abstimmen zwischen Teilsystemen und den ihnen innewohnenden Logiken einschließlich ihrer organisierten Interessen sicherstellen (Münch 1984). Derartige Vermittlungsleistungen verknüpfen gesellschaftliche Teilsysteme so, dass sie – trotz differenzierter Selbstreferentialität – im Systemganzen eingebettet und damit handlungs- und gestaltungsfähig bleiben. Eine derartige Form der Betrachtung gesellschaftlicher Dynamik hat den Vorzug, Hebel und Instrumente für die Forcierung und Unterstützung von Innovationsprozessen einfacher sichtbar zu machen. Dies wurde am Beispiel der Technikfolgenabschätzung (Zweck 1993) im Detail und für innovationsbegleitende Maßnahmen im Allgemeinen bereits an anderer Stelle gezeigt (Zweck 2011).

Mit dem Ziel eines möglichst umfassenden statt eines auf innovationsbegleitende Maßnahmen fokussierten Innovationsbegriffes, muss die angestellte systemtheoretische Betrachtung noch einmal neu aufgerollt werden:

Ausgehend von Parsons besteht ein Modell zur Betrachtung von Gesellschaft und ihrer Beziehung zur Umwelt darin, gesellschafts- und kulturbezogene Strukturen aus der sogenannten *Conditio Humana* abzuleiten (Parsons 1978). Die *Conditio Humana* umfasst sämtliche grundsätzliche Gegebenheiten menschlichen Seins und Handelns, wie z. B. auch organische oder physikalisch-chemische Aspekte. Aus ihr werden über zahlreiche Zwischenebenen gesellschaftliche Teilsysteme abgeleitet. Aus soziologischer Perspektive ist vor allem die Ebene des sozialen Systems bedeutungsvoll (Zweck 1993). Der Erkenntnisgewinn dieses eher statischen Modell-Ansatzes liegt in einer erleichterten Strukturierung und einer fundierteren Sicht auf die Vielfalt bestehender gesellschaftlicher Teilsysteme.

Eine für die Auseinandersetzung mit dem Innovationsbegriff geeignetere Perspektive aber ist eine dynamische Betrachtung mit Augenmerk auf Entstehung und Entwicklung der einzelnen Teilsysteme. Für den Prozess der Entstehung neuer wie auch der Ausdifferenzierung bestehender Systeme ist das Wechselspiel von Eigendynamik und Außensteuerung essenziell: Die vorübergehende Schließung eines Teilsystems gegenüber anderen dient der Ausbildung eigener Referenzen, Selbstverständnisse und Terminologien. In dieser besonders für frühe Entwicklungsstadien von Teilsystemen charakteristischen Tendenz erlangen sie einen Großteil ihrer Autonomie, gewinnen Kontur durch Abgrenzung und verschaffen sich ein auch von der Systemumwelt akzeptiertes Selbstverständnis. Die damit einhergehende Abschottung

durch selbstreferenzielle Orientierung führt zur sogenannten Autopoiese des betreffenden Teilsystems (Luhmann 1984; ursprünglich Maturana, Varela 1991, die Ergebnisse ihrer Untersuchung wurden bereits 1984 publiziert), wobei hier gesellschaftsweite verbindliche Wertvorstellungen weitgehend außer Betracht bleiben. Zahlreiche Entwicklungen und Schwierigkeiten moderner Gesellschaften lassen sich durch die mit der Autopoiese verbundene Abschottung einzelner Teilsysteme gegenüber ihrer Systemumwelt verstehen. Trotz aller Attraktivität des Erklärungsmusters Selbstreferenz wurden speziell bezüglich der Technikentwicklung Zweifel formuliert. Ein Beispiel liegt in der logischen Unvereinbarkeit mit der „Rationalität der Effizienzsteigerung“ innerhalb der Wissenschaft (Rammert 1993), die – so die Argumentation – nur im Falle externer Einflüsse auf das Wissenschaftssystem nachvollziehbar sei.

Im Gegensatz dazu entwickelt Münch auf Basis von Parsons (1978) ein Modell (Münch 1982, 1984), in dem die Gesellschaft bzw. ihre Teilsysteme Mechanismen hervorbringen, die der von Luhmann gesehenen Isolation der Teilsysteme entgegenwirken und ihre Wirkungen kompensieren. Es komme zu sogenannten Interpenetrationen, ein Begriff den Luhmann zwar auch verwendet, aber deutlich geringer gewichtet (Luhmann 1984, S. 268). Münch sieht in diesen Interpenetrationen Mechanismen, die einen wechselseitigen Austausch ebenso wie wechselseitige Einflussnahme zwischen den Teilsystemen ermöglichen (Münch 1982, S. 109). Augenscheinlich verlagert Münch damit den Fokus gesellschaftlicher Entwicklung von der vorrangigen Betrachtung der Teilsysteme*eigendynamik* auf deren wechselseitige Einflussnahme. Die Ursache von Differenzierungsprozessen von Teilsystemen liegt dann nicht mehr primär in der Isolationsdynamik ihrer Subsysteme. Gerade Systemgrenzen übergreifende Interpenetrationen induzieren neue wie bestehende Subsysteme, indem sie Ziele, Interessen und Notwendigkeiten anderer Teilsysteme verinnerlichen. Aus dieser dynamischen Perspektive erfolgt die Ausdifferenzierung von Teilsystemen in untergeordnete Subsysteme wie auch deren weitere Innendifferenzierung in einem permanenten Wechselspiel aus Öffnung und Schließung gegenüber benachbarten Teilsystemen. Die Wechselwirkungen sind nicht auf die jeweilige Systemebene beschränkt (Zweck 2011). Eine entsprechende Betrachtung speziell bezüglich des Technikgeneseprozesses bietet beispielsweise Weyer mit seiner Annahme einer kontinuierlichen Abfolge von Schließungs- und Öffnungsprozessen. Technikgenese wird aus dieser Sicht zu einem mehrstufigen Prozess sozialer Konstruktion von Technik (Weyer 1997). Dieser Betrachtung folgend können gesellschaftliche Differenzierungsprozesse bis in untergeordnete Subsysteme weiterentwickelt werden (Zweck 1993; Zweck et al. 2004).

Warum dieser Exkurs? Der Gedanke liegt nahe, die beschriebene Dynamik als Instrument für das Verständnis von Innovationsprozessen einzusetzen. Innovationen werden dann zum Ergebnis externer Einflussnahmen auf ein Teilsystem, in dem sich die betreffende Innovation (zumindest primär) entfaltet. Dies gilt auch für den Fall der Ausdifferenzierung eines Teilsystems in weitere Subsysteme. Dass es sich bei solchen Ausdifferenzierungen immer zugleich um technische, organisatorische, soziale oder anderweitige Innovationen handelt, ist offensichtlich. Nicht immer offensichtlich ist, dass eine Innovation – sofern sie nicht von vornherein teilsystemübergreifend verstanden werden kann – durch Einflussnahme teilsystemexterner Faktoren stimuliert wird. Oft scheint es, als ob eine Innovation aus einem Teilsystem heraus entstünde. Dies aber ist letztlich eine Diskussion um des Kaisers Bart. Entweder lässt sich nämlich der externe Einfluss bei vertiefter Analyse direkt auffinden. Oder, falls einmal nicht, gilt in jedem Fall, dass externe Einflüsse bei der Entstehung des betreffenden Teilsystems eine Rolle spielten, da die Systemumwelt die Ausdifferenzierung der Teilsysteme quasi erst provoziert.

Ein derartiges Verständnis von Innovationsprozessen kommt dem Wunsch nach Offenheit des Innovationsbegriffes entgegen. Denn Innovationen als Ergebnis einer wechselseitigen

Beeinflussung von Teilsystemen und ihren immanenten Logiken können organisatorischer, technischer, sozialer oder sonstiger Art sein. Das vorgestellte Konzept, Innovationen als Konsequenz wechselseitiger Einflussnahmen von sich ausdifferenzierenden Teilsystemen zu betrachten, wird auch durch die Erfahrung bestätigt, dass Innovationen auf allen Ebenen der Abstraktion auftreten.

In Bezugnahme auf Baecker (2007) kristallisiert Häußling (2010) den Begriff des Designs als wechselwirkendes Instrument im Sinne wechselseitiger Eingriffe und Kontrollversuche von gesellschaftlichen Teilsystemen heraus. Für Häußling ist Design das identitätsstiftende Arrangement im Sinne wechselseitig gestalteter und gestaltender Einflussnahmen (oder Verknüpfungen) zwischen unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen. Die Ähnlichkeit der Perspektive dieses Designprozesses zu Münchs Interpenetrationen ist offensichtlich. Die Verwendung des Begriffs Design bei Häußling wirkt allerdings intentionaler und unidirektionaler, was wiederum Bezüge zu den angesprochenen innovationsbegleitenden Maßnahmen (Zweck 2011) verdeutlicht, welche, aus der Perspektive des dargestellten Wechselspiels von Schließung und Öffnung bzw. von Autopoiese und Interpenetration, nun quasi induzierte Interpenetrationen sind, die Innovationen unterstützen und befördern sollen. Ein Gesichtspunkt, der an anderer Stelle noch weiter vertieft werden sollte. Im Folgenden liegt das Augenmerk auf der Betrachtung technischer Entwicklungen als Innovation im engeren Sinne.

3.2 Innovation als sozialer Prozess im systemtheoretischen Bezugsrahmen

Bisher wurde deutlich, dass Innovationen als Ergebnis wechselseitiger Einflussnahme von gesellschaftlichen Teilsystemen verstanden und allgemein als Interpenetrationen beschrieben werden können. Dies soll exemplarisch am Beispiel technischer Innovationen entfaltet werden. Hilfreicher Ausgangspunkt ist hier die sozialwissenschaftliche Technikforschung, in der Technik als offener und sozial gestalteter Prozess herausgestellt wird (Rammert 1993). Technische Entwicklungen sind offen, weil sie keiner technikimmanenten Determination folgen, sondern sich als Ergebnis sozialer Definitionen und Aushandlungsprozesse ergeben. Neben ihrer immanenten Eigenlogik (Schließung) sind technische Innovationsprozesse gegenüber anderen Interessen, Einflussnahmen und Logiken offen (Öffnung), ja sie sind geradezu darauf angewiesen, um ihre realisierte Ausprägung zu verwirklichen. Auf dem Weg zu ihrer Ausprägung können technische Innovationsprozesse zielgerichtet beeinflusst und (mit)gestaltet werden (Zweck 2003a). Verlauf und Struktur des Innovationsprozesses folgen einer im sozialen System vollzogenen Selektion von Schwerpunktsetzungen und Rahmenbedingungen. Auch hier geht es also um ein enges Wechselspiel von innerer (sich tendenziell abgrenzender) und äußerer (der Teilsystemumwelt entspringender) Logik, weshalb technische Innovationen nicht als Angelegenheit eines (auch noch so entscheidenden) einzelnen Momentes betrachtet werden können. Nur einen Abschnitt des Innovationsprozesses zu betrachten, wie eine Idee (Erfindung), den Markteintritt (Produkt) oder die massenhafte Verbreitung (Diffusion), wäre daher eine unzulässige Reduktion, deren verengte Perspektive Innovationsprozesse primär durch einzelne Personengruppen als maßgeblichem Akteur getragen sieht, wie dem Unternehmer bei Schumpeter (1928, 1946). Während des Selektionsprozesses werden Entwicklungskorridore und Pfadabhängigkeiten eingeschlagen, die im weiteren Verlauf des Innovationsprozesses nur noch beschränkt geändert werden können, was aber nicht zu einem unverrückbaren Konservatismus bei der Betrachtung des weiteren Innovationsprozesses führen darf (Beyer 2005).

Wichtige Faktoren technischer Innovationsprozesse wurden in den vergangenen zwei Jahrzehnten im Rahmen der Wissenschafts- und Technikforschung herausgearbeitet

(Dierkes & Hoffmann 1992, Jasanoff et al. 1995). Ob und wie es zu einer Innovation kommt, hängt von Problemdruck, technischen Lösungsoptionen und der Frage ab, was als technische Lösung akzeptabel erscheint. Der technische Innovationsprozess erfolgt in iterativen Schritten mit wechselnden Akteurskonstellationen in Form sozialer Definitions- und Aushandlungsprozesse. Schon zu Beginn eines technischen Innovationsprozesses verläuft der Prozess offen: In mehr oder weniger offen geführten Debatten und Kontroversen werden Funktionalität und Effizienz möglicher (technischer) Gestaltungsalternativen gegenübergestellt und ausgehandelt. Konkurrierende technische Lösungsansätze mit ihren jeweiligen Stärken und Schwächen spiegeln in frühen Innovationsphasen meist unterschiedliche Ansichten über das vorrangig zu lösende (gesellschaftliche) Problem. Welche Ausprägungsform letztlich die Deutungshoheit erringt, folgt nicht zwangsläufig rationalem Kalkül. Das wäre auch überraschend, denn viele Entscheidungen in die eine oder andere Richtung besitzen in frühen Phasen des Innovationsprozesses fundamentale Unsicherheiten und erhebliche Interpretationsspielräume (Pinch & Bijker 1984).

Die sozialwissenschaftliche Wissenschafts- und Technikforschung hat in diesem entscheidungsoffenen Prozess Akteure, Leitbilder, Netzwerke und Arenen als Schlüsselfaktoren für den Erfolg einer bestimmten Innovationsausprägung ausgemacht. Nach Hughes werden technische Entwicklungen durch soziale Akteure und Konstrukteure, sogenannte Technological Entrepreneurs, vorangetrieben (Hughes 1987). Ihre Kunst liegt nach Hughes darin, eine Gesellschaft zu *erfinden*, in der die betreffende technische Innovation eine gerechtfertigte Rolle spielt. Aus dieser Perspektive liegt die Genialität eines Thomas Alva Edison nicht in der Erfindung der Glühbirne als solcher, sondern in der Vision eines bis dato fiktiven sozialen Raums, in dem das Überwinden nächtlicher Dunkelheit durch künstliches Licht eine zentrale Rolle spielt (Schivelbusch 1983). Diesen sozialen Raum vorausgesetzt, macht die Erfindung der Glühbirne elektrische Stromnetze erforderlich, für die Edison potente Unterstützer fand (Hughes 1985).⁴ Das Bestreben der soziotechnischen Konstrukteure ist es, die sie umgebende Umwelt zu verändern, und ihr Erfolg hängt nur zum Teil von den technischen Aspekten der Innovation ab. Bedeutender ist, ob es ihnen gelingt, sich Innovation im erweiterten Sinne als soziotechnisches System mit seinen Interessenten, künftigen Nutzern und Mitgestaltern als Akteure vorzustellen und diese Vorstellung anderen Akteuren zu vermitteln. Die Durchsetzung einer Variante unter vielen Alternativen im Innovationsprozess wird durch eine Vielzahl unterstützender und stabilisierender Faktoren stimuliert.

Zu diesen Faktoren gehören neben einer ausreichend breiten Wissensbasis an Grundlagenforschung auch Konzepte, wie sich die technische Innovation in übergeordnete Systeme einbettet. In die Betrachtung einer technischen Innovation als soziotechnisches System greifen daher stützende politische Rahmenbedingungen ebenso wie soziale Normen, Werte und Glaubenssysteme, funktionierende Märkte, Konsummuster und Moden sowie juristische oder administrative Formen der Regulation ein. Eine technische Innovation ist dann erfolgreich, wenn sie durch die Mehrzahl dieser Faktoren nicht behindert wird, sondern möglichst positive Rückkopplung erzielt. Pinch und Bijker (1984) verstehen technische Entwicklungen als Seamless Web, in dem technische, kulturelle, wirtschaftliche und weitere Faktoren derart ineinanderfließen, dass das Innen (Schließung, innere Logik, Selbstreferentialität) der eigentlichen Technik zum Außen (Öffnung, Wechselwirkung mit anderen Teilsystemen, Interpenetration) ihrer tragenden Umwelt aufbricht und ein

⁴ Keinesfalls soll hier dem Eindruck Vorschub geleistet werden, Innovationen würden primär von Einzelpersonen vorangetrieben. Wie noch deutlich zu machen sein wird, neigen Technological Entrepreneurs dazu, sich zu vernetzen, um ihren Erfolg zu forcieren. Vor dem Hintergrund der im technischen Bereich immer komplexer werdenden Zusammenhänge werden auch Organisationen und Personennetzwerke zu zentralen Treibern, Teilhabern und Akteuren moderner Innovationsprozesse.

wechselwirkendes Ganzes entsteht. Die Innovation in ihrem umfassenden, nun nicht mehr vordringlich technischen Sinne, wird zur gesellschaftlichen Realität.

Die schon oben genannten Technological Entrepreneurs orientieren sich während des Innovationsprozesses an Leitbildern (Dierkes et al. 1992), Konstruktionstraditionen (Knie 1989) und Organisationskulturen. Zur Überwindung von Unsicherheiten werden Vorstellungen über erfolgreiche Suchroutinen aus der Vergangenheit ebenso herangezogen wie Visionen auf Basis künftiger Erwartungen oder mehr oder weniger offen liegende Leitbilder (Zweck 2006). Technological Entrepreneurs suchen innovationsbezogene Koalitionen, um auf dieser Basis innovationsunterstützende Netzwerke zu bilden. Sie sind entscheidend für den weiteren Verlauf des Innovationsprozesses. Macht und Reichweite dieser Koalitionen im Netzwerk bestimmen, welches das maßgebliche technische Problem ist und welche Vision am ehesten einer adäquaten Lösung entspricht. Die oben nicht weiter ausgeführten Definitions- und Aushandlungsprozesse entfalten sich nun als Suche nach geeigneten Anschlussfähigkeiten einer technischen Option für die Belange und Interessen aller Akteure. Aus systemtheoretischer Perspektive bringen die Akteure spezifische Perspektiven ihres Teilsystems in den Innovationsprozess ein, wodurch die Realisation der Technik zum sozialen Prozess, zur Interpenetration und zum sozial getragenen technischen Innovationsprozess wird. Innovationen werden auf diesem Weg zum kollektiven Ereignis und Ergebnis zugleich. Auch wenn ein Akteur in einer bestimmten Phase des Innovationsprozesses das Zünglein an der Waage werden kann, einzelne Akteure bestimmen den Innovationsprozess nie durchgehend und einseitig oder in unterschiedlichen Innovationsprozessen vorhersehbar wiederkehrend. Während des Innovationsprozesses werden Anspruch, Gestalt und Verwendung der Technik entscheidend umformuliert (Pinch & Bijker 1984).

Die Definitions- und Aushandlungsprozesse mit ihren Akteuren, Interessen und Netzwerken werden in der Soziologie gern auch als Arenen bezeichnet (Mayntz & Scharpf 1995). Je nach Innovationsprozess sind nicht nur Unternehmen, Wissenschaftsorganisationen und politische Fördergremien als soziale Gruppen beteiligt. Je nach Technikfeld kommt es zu Diskurskoalitionen unterschiedlicher Couleur, sie reichen von Künstlern und Militärs bis zu Verbraucher- und Bürgergruppen (Rammert 2001) oder Nichtregierungsorganisationen. Nicht immer stehen Innovation und Technik im offensichtlichen oder ursprünglichen Fokus einer Arena, sondern sind eingebettet in aktuelle gesellschaftliche Diskussionsbrennpunkte wie der Energie- oder Gesundheitspolitik und bringen die technikgenerierenden Arenen erst hervor (Kitschelt 1980). Einen Abschluss oder zumindest eine vorläufige manifeste Form erhält eine technische Innovation, wenn eine der konkurrierenden Ausprägungen genügend Akteure und unterstützende Netzwerke um sich versammelt hat (Hekkert et al. 2007). Dann setzt sich eine Konstellation der Überzeugung wechselseitiger Vorteilnahme durch. Die Vorteile können handfeste materielle oder monetäre Aspekte ebenso betreffen wie Unabhängigkeit, Mobilität, Stärke, Ruhm, Eleganz oder Sicherheit. Ergebnis ist die selektive Stabilisierung einer technischen Variante. Der Innovationsprozess ist zwar nicht abgeschlossen, der Spielraum der Möglichkeiten aber wurde eingeengt und für weitere Schritte vorbereitet, in denen wiederum verschiedene Akteure iterativ Einfluss nehmen.⁵

⁵ Ausgehend von evolutionstheoretischen Konzepten wurden diese Ausprägungen in umfassendem Sinne als Begriffe wie technologische Regimes oder technologische Paradigmata weiterentwickelt. (Nelson & Winter 1977; Dosi 1982; van den Belt & Rip 1987; Tushman & Rosenkopf 1992, siehe hierzu auch: Zweck et al. 2004, S. 15.)

3.3 Eine kurze Geschichte der Innovationsmodelle im vorgeschlagenen Bezugsrahmen

Die bisherigen Ausführungen haben deutlich gemacht, dass Innovationsprozesse vor dem Hintergrund systemtheoretischer Betrachtungen als Ergebnis eines Wechselspiels von Öffnung und Schließung betroffener Teilsysteme betrachtet werden können. Der unmittelbare Anstoß für einen Innovationsprozess ergibt sich oft in der Phase der Öffnung, auch wenn er in nuce bereits in der Phase der Schließung eines Teilsystems angelegt wurde. Wer es bildhaft mag, dem hilft vielleicht die Formulierung, dass Innovationen in der Phase der Öffnung wachgeküsst werden. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Frage, inwieweit solche Vorstellungen auf historische Erklärungsmodelle von Innovationsprozessen übertragbar sind. Die Historie von Erklärungsmodellen zeigt, dass sie durch ihren wachsenden Erkenntnisstand sowohl Prozess als auch Umfeld immer differenzierter reflektieren. In mehr als einer Hinsicht spiegeln die jeweiligen Innovationsmodelle zugleich den erreichten Grad an Differenzierung der gesellschaftlichen Teilsysteme ihrer Zeit wider. Basierend auf den von Rothwell beschriebenen Generationen von Innovationsmodellen soll dies nun einmal durchdekliniert werden (Rothwell 1993).

Frühe Innovationsvorstellungen der 1950er- bis in die 60er-Jahre sehen den Innovationsprozess nahezu ausschließlich technologisch getrieben. Bezeichnungen wie Technology-push oder Bottom-up beschreiben die Sicht auf den Innovationsprozess als aus aufstrebenden Technologien hervorgehend, die sich in Form neuer Produkte oder Produktionsprozesse Raum auf dem Markt verschaffen. Neue Produkte sind aus der Perspektive dieser ersten Innovationsmodellgeneration das Ergebnis wissenschaftlicher Durchbrüche und technischer Realisationen, die aus einem von Marktkräften weitgehend unabhängigen Forschungs- und Entwicklungsprozess hervorgehen. Markt und Kunde spielen bei dieser Betrachtung – wenn überhaupt – erst nach erfolgter Markteinführung eine Rolle und dann auch nur insoweit, als dass sie über Erfolg einer Innovation mitentscheiden. In dieser Betrachtung schafft das Angebot die Nachfrage (vgl. Keynes 2006) und Forschung und Entwicklung werden hier als geschlossenes System verstanden. Andere Teilsysteme wie der Markt setzen sich allenfalls mit dem Output auseinander, ohne mit Forschung und Entwicklung oder anderen Akteuren des Innovationsprozesses zu wechselwirken. Letztlich bleibt das Innovationssystem bei solcher Betrachtung auf das Forschungs- und Entwicklungssystem reduziert. Optimierungen des Innovationssystems sind vor allem durch Änderungen und Umgestaltungen in diesem Teilsystem vorstellbar.

Diese Betrachtungsweise schlägt Ende der 60er-Jahre in ihr Gegenteil um: Nicht mehr aus eigener Kraft auf den Markt drängende Technologien sind Auslöser für Innovationen, sondern Markt und Kunde werden nun als zentrale Treiber gesehen. Markt und Kunde definieren den Bedarf von oben. Markt- und Bedarfsseite dominieren das Innovationsgeschehen, was sich in Begriffen wie der Top-down, Market-pull oder Demand-pull des noch immer linearen Innovationsprozesses niederschlägt. Vom Forschungs- und Entwicklungssystem wird erwartet, sich vollständig an den Vorgaben des Marktes zu orientieren. Der Markt wird als geschlossen betrachtet, mit seinem Output haben sich die übrigen Teilsysteme auseinanderzusetzen. Im Innovationsmodell der zweiten Generation büßen Forschung und Entwicklung ihre Eigenständigkeit nahezu vollständig ein und werden extern gesteuert, eine Rückkopplung auf den Markt ist nicht Gegenstand der Aufmerksamkeit. Dementsprechend liegt der Fokus optimierender Optionen auf der Frage, wie die (einseitige) Öffnung von Forschungs- und Entwicklungssystem sichergestellt und die Ansprüche des Marktes eingebracht werden können. Viele Diskussionen der Folgezeit haben ihren Ursprung in diesem scharfen Umschwenken. Ein Beispiel dafür ist die Debatte um die Freiheit der Wissenschaft und die Bevormundung der Wissenschaft durch den Markt. Sie konnte durch die Mittel von Innovationsmodellen der zweiten Generation nicht gelöst werden, sondern erst

durch Einnehmen einer gänzlich veränderten Betrachtungsperspektive, wie dem Verständnis einer Freistellung der Wissenschaft durch die Gesellschaft, für die sich Wissenschaft als Ganzes permanent engagieren muss (Bühl 1974, S. 35 und Zweck 1993, S. 75).

Ende der 70er-Jahre sind deutliche Ansätze vorhanden, die einseitigen Vorstellungen der Technology-push- und Demand-pull-Perspektive aufzubrechen. In der Vorstellung des Innovationsmodells der dritten Generation werden beide Perspektiven einbezogen, wobei es noch weniger um eine kontinuierliche wechselseitige Befruchtung geht als um die Berücksichtigung beider Perspektiven in (einem oder wenigen) aufeinanderfolgenden Schritten. Auch hier bleibt das Forschungs- und Entwicklungssystem geschlossen, es öffnet sich phasenweise für Fragen des Marktes und des öffentlichen Bedarfes und integriert diese Aspekte in seine Entwicklungsanstrengungen. Auch der Markt bleibt in dieser Rolle. Die wechselseitigen Einflussnahmen erfolgen also eher vereinzelt und nacheinander, sozusagen als Innovationsmodell mit Zickzackkurs. Trotz der eher verhalten betrachteten wechselseitigen Einflussnahme zwischen Forschungs- und Entwicklungssystem und Markt bietet dieses Innovationsmodell eine Abkehr von den bisherigen linearen Modellen. Es impliziert neben der Eigenständigkeit beider Teilsysteme im Sinne einer Schließung auch die Öffnung beider Teilsysteme als entscheidendes Moment des Innovationsprozesses. Die Konturen der als Wechselwirkungs- und Austauschmechanismen beschriebenen Interpenetrationen werden bei den Diskussionen um die Innovationsmodelle der dritten Generation erstmals deutlich. Die Frage, wie innovationsstimulierende Öffnungen auch von forschungspolitischer Seite beflügelt werden können, gewinnt an Gewicht. Es ist die Phase der Realisierung des Fachinformations- und Technologietransfers vor allem in seiner institutionellen Form (z. B. Strohl-Goebel 1982).

Die Wechselwirkungen der Teilsysteme im Innovationsmodell der dritten Generation sind noch nicht weiter charakterisiert. Zwar wurde schon durch die frühe Innovationsforschung die *vorinnovationsforschende* Vorstellung einer durch den Erfinder im stillen Kämmerlein induzierten Innovation obsolet. Erst allmählich aber setzt sich die Einsicht durch, dass es Sinn macht, den Innovationsprozess als aus mehreren Phasen bestehend zu betrachten (vgl. z. B. Rothwell 1993), die zwar linear aufgezählt werden können, in der Praxis aber durch eine Vielzahl von Akteuren, Rückkopplungen und Verzahnungen kaum in einem bipolaren, linearen Modell untergebracht werden können (z. B. Grupp 1997). Vielmehr interagiert eine Vielzahl von Akteuren und Institutionen in jeder Phase des Innovationsprozesses.

In den Innovationsmodellen der vierten Generation, wie sie in den 80er-Jahren aufkommen, rückt genau diese Vernetzung innerhalb der Phasen des Innovationsprozesses in den Vordergrund des Augenmerks. Es geht vor allem um Fragen von strategischen Allianzen innerhalb von Teilsystemen oder wie in einem Unternehmen innovationshemmende interne Grenzen überwunden werden können und welche Vorteile sich der Wirtschaft durch Unternehmenskooperationen bieten, die durch Institutionen verschiedener Teilsysteme wie dem Staat unterstützt werden können. Modelle wie die Initiierung vorwettbewerblicher Initiativen zur Stimulierung von Kooperationen in frühen Phasen der Innovation, wie sie das MITI in Japan organisiert hat, werden gern als Referenzpunkte herangezogen (Browa & Wolf 1983 oder Sigurdson 1982 sowie 1995). Der Fokus dieses Innovationsmodells liegt in der Frage nach der systematischen Überbrückung von Schließungen durch verschiedene Akteure innerhalb eines Unternehmens wie auch auf der Ebene unternehmensübergreifender Kooperationen.

Zu Beginn der 90er-Jahre rückt neben der Perspektive der horizontalen Kooperationen, bei der es vorrangig um die Akteure innerhalb eines Teilsystems geht, die vertikale d. h. teilsystemübergreifende Kooperation in den Vordergrund. Bis heute sind Fragestellungen dieser fünften Generation von Innovationsmodellen Gegenstand der Innovationsdiskussion. Innovationsprozesse entfalten sich aus dieser Sicht als Verflechtung verschiedener Akteure in

vielfältigen, sich während des Innovationsprozesses ändernden Konstellationen (oder auch vorübergehenden Arenen). Der Netzwerkgedanke wird zum essenziellen Begriff. Er umfasst Kooperationen sowohl innerhalb als auch zwischen Unternehmen sowie dafür geeignete Rahmenbedingungen und innovationsstimulierende Initiativen durch Interaktionen von Kunden, Nutzern und Bürgern. Das Entstehen dieses Innovationsmodells wird stimuliert durch Faktoren wie Globalisierung, das Internet und die wachsende Zahl von Innovationen in nahezu allen technologischen Gebieten und für die Gesellschaft wie den Einzelnen relevanten Bedarfsfeldern. Infolge erfolgreicher Durchsetzung dieser Innovationen entstehen wiederum vernetzende und innovationsstimulierende Rahmenbedingungen, die soziale und technologische Innovationen immer stärker miteinander und bis hin zur Untrennbarkeit voneinander verzahnen (so wie im Rahmen der Akteur-Netzwerk-Theorie Gegenstände auch den Charakter sozialer Akteure annehmen können (Callon & Latour 1981 oder Callon 1986)). Vor diesem Hintergrund einer Betrachtung des gesellschaftlichen Wandels wird das Innovationsmodell der fünften Generationen (wie auch die vorherigen Modelle für den Entwicklungsstand ihrer Zeit) zugleich zum Spiegel des erreichten gesellschaftlichen Vernetzungs- und Verflechtungsgrades. Der Innovationsprozess stellt sich als Vernetzung von sich selbstbewusst behauptenden gesellschaftlichen Teilsystemen dar, deren Öffnung und Schließung in rascher Folge in unterschiedlichen und zeitlich versetzten Ausprägungen stattfindet und dadurch die Teilsystemdifferenzierung vorantreibt. Der Innovationsprozess wird so zu einem Wechselspiel einer Vielzahl von Akteuren, die jeweils in unterschiedlichen Phasen des Innovationsprozesses zum Zünglein an der Waage werden. Offensichtlich ist, dass es weder in einem solchen Innovationsmodell noch vor dem Hintergrund des erreichten gesellschaftlichen Differenzierungsprozesses für einzelne Akteure oder für ein einzelnes gesellschaftliches Teilsystem möglich ist, Innovationen auf sich allein gestellt voranzutreiben oder erfolgreich durchzusetzen. Im aktuellen Innovationsmodell finden Systemintegration und Netzwerkaktivitäten (Rothwell 1993, S. 33) ihren Niederschlag in einer intensiven Vernetzung der beteiligten Akteure sowohl innerhalb des Mikrosystems Unternehmen als auch auf der übergeordneten Meso- (Sektoren) bzw. Makroebene (Volkswirtschaft). Interpenetrationen finden durch horizontale wie vertikale Vernetzung mehrerer Unternehmen innerhalb des Teilsystems Wirtschaft ebenso statt wie eine Vernetzung von Unternehmensakteuren über das wirtschaftliche Teilsystem hinaus mit anderen Teilsystemen aus Wissenschaft, Politik und anderen Akteuren aus der Gesellschaft.

Offen bleibt die Frage, ob es sich bei dieser Generation langfristig um das letzte Innovationsmodell handelt, denn auch das Modell der fünften Generation lässt sich noch weiter differenzieren, und einzelne Aspekte lassen sich vertieft herausarbeiten. An dieser Stelle ist kein Raum für eine umfassende Reflexion der aktuellen Diskussionen über Open Initiatives wie *Open University*, *Open Software*, *Open Hardware* oder *Open Access* (z. B. Herb 2012), die an der Innovationsforschung nicht vorbeigegangen sind. Ein in jüngerer Zeit in der Praxis stark beachtetes Beispiel ist das sogenannte Open-Innovation-Konzept (Reichwald & Piller 2006). Bisher wurde verdeutlicht, welche entscheidende Bedeutung die Öffnung eines Teilsystems gegenüber den Stimuli externer Teilsysteme hat. Open Innovation stellt eine konkrete Ausformung und die gezielte Nutzung dieser Stimuli dar, die Innovationspotenziale initiieren und Innovationsprozesse vorantreiben. Im Falle der Open Innovation geht es darum, ein ungelöstes Innovationsproblem und seine Offenlegung gegenüber einer breiten (Fach-)Öffentlichkeit oder auch einem Kundenkreis in der Hoffnung zu präsentieren, das Problem auf diesem Weg lösen zu lassen. Über entsprechende kommerzielle Webportal- und Beratungsdienstleister (Beispiele sind Firmen wie Innocentive, NineSigma oder TekScout) veröffentlichen Unternehmen ungelöste Fragestellungen in anonymisierter Form, reduziert auf die für die Lösung des Problems unbedingt erforderliche Information und mit nicht unerheblichen Preisgeldern in Aussicht. Dass das Konzept der Open Innovation funktioniert und viele Problemlösungen bereits gefunden und belohnt wurden, erscheint aus Sicht des

bisher über Teilsysteme Gesagten keineswegs überraschend: Ein Unternehmen kann lange nach einer Lösung für ein bestimmtes Problem gesucht haben, dies aber im Rahmen der Konzepte und Ideen der jeweiligen betrieblichen oder disziplinären Netzwerke oder Arenen versucht haben (Schließung). Wird die Fragestellung ausgeschrieben, wagen sich Experten aus gänzlich anderen Fachrichtungen und mit anderen Praxiserfahrungen an die Lösung des Problems (Öffnung). Aus ihrer Sicht kann es sich um ein bereits gelöstes Problem handeln, dass nur einer Übertragung auf die neue Fragestellung bedarf.

Handelt es sich hier um ein neues Innovationsmodell? Aus der Perspektive des aktuellen Standes von Techniksoziologie sowie Innovationsforschung muss die Frage klar mit „nein“ beantwortet werden. Eher kann man das Open-Innovation-Konzept als ein *Innovationsrezept* innerhalb der bestehenden Innovationsmodelle betrachten, denn es geht in der Regel nur um einen Teilschritt. Bis es zur Formulierung der zu lösenden Frage kommt, sind bereits Dutzende anderer Herausforderungen gelöst und im Rahmen sozialer Interaktionsprozesse vorangetrieben worden. Es bleibt also vor und nach der Lösung des ausgeschriebenen Problems beim beschriebenen Wechselspiel der Akteure im Innovationsprozess mit seinen besonderen Transfer- und Kommunikationsleistungen, die die jeweilige immanente und beschränkte Logik der Teilsysteme überbrücken. Erst durch Ergänzungen und Adaption teilsystemexternen Wissens erfolgt eine Freisetzung teilsysteminterner Innovationspotenziale. Richtig ist daher, dass es sich bei Open Innovation um einen Weg zur Lösung eines ins Stocken geratenen Innovationsprozesses durch Öffnung unter Einbeziehen zusätzlicher Akteure und Institutionen handelt. Diese können eine tragende Funktion oder Schlüsselrolle im Innovationsnetzwerk einnehmen. Folglich handelt es sich beim Konzept der Open Innovation nicht um ein neues Innovationsmodell (im theoretisch-konzeptionellen Sinne), sondern um eine neue und kreative Facette zur Lösung eines Problems in einer bestimmten Phase des Innovationsprozesses. Das Konzept fügt sich daher zwanglos in die fünfte Generation von Innovationsmodellen ein.

3.4 Beiträge der Innovationsforschung für die Zukunftsforschung

Was ergibt sich nun aus dem bisher Vorgestellten? Erstens: Vor dem Hintergrund einer systemtheoretischen Betrachtungsweise legt der vorliegende Beitrag ein besonderes Augenmerk auf die gesellschaftliche Ausdifferenzierung, wie sie durch die Entwicklung neuer Teilsysteme vorangetrieben wird. Innovationsprozesse entstehen demnach als Ergebnis des ständigen Wechsels von Schließungs- und Öffnungsprozessen einzelner sich entwickelnder Teilsysteme. Zweitens wurde gezeigt, dass die Innovationsforschung in ihren Innovationsmodellen spätestens ab der fünften Generation das Innovationsgeschehen als vernetztes Wechselwirkungsspiel unterschiedlicher Beteiligter in verschiedenen Phasen des Innovationsprozesses begreift. Drittens: Dies trifft zugleich recht passgenau den Stand der sozialwissenschaftlichen Wissenschafts- und Technikforschung, die die Entstehung von Innovationen als Durchsetzung von Ideen in einem sozialen Prozess aus mehreren Phasen sieht, in denen jeweils unterschiedliche Akteurskonstellationen auftreten (Weyer 2008). Im Wechselspiel solcher Konstellationen erlangen einzelne Akteure in den unterschiedlichen Phasen des Entwicklungsprozesses eine herausragende Poleposition. „Das Phasenmodell fragt danach, wie es den strategisch handelnden Akteuren (typischerweise Organisationen) gelingt, in Aushandlungs- und Abstimmungsprozessen eine soziale Schließung zu erreichen, welche sich als Konsens über ein dominantes Design bzw. technologisches Regime niederschlägt, das den Kurs der Technikentwicklung über einen längeren Zeitraum hinweg prägt.“ (Weyer 2010, S. 850). Durch ein Qualifizieren und Durchsetzen ihrer Deutungshoheit werden die herausragenden Akteure zum treibenden Faktor und zugleich zum selektierenden, pfadbestimmenden Moment.

Begriffe wie Netzwerke, Leitbilder, Akteure und entstehende Pfadabhängigkeiten aus der sozialwissenschaftlichen Wissenschafts- und Technikforschung fügen sich damit nicht nur zwanglos in das aktuelle Bild der Vorstellungen über den Verlauf von Innovationsprozessen ein, sie exemplifizieren und konkretisieren deren Ergebnis darüber hinaus auf ein konkretes Niveau.

3.5 Einsichten der Innovations- und Technikforschung als dynamisches Element der Zukunftsforschung?

Die Situation der Zukunftsforschung stellt sich gegenwärtig noch gänzlich anders dar: Zwar bestehen zumindest bei der wissenschaftlichen Zukunftsforschung nachvollziehbare Methoden und Verfahrensweisen. Wie ausgeführt scheint auch eine in der Praxis erfolgreiche Basis für die weitere Entwicklung der Zukunftsforschung als wissenschaftlicher Disziplin durch die drei Instrumentenkästen Technologiefrüherkennung, Foresight und Technikfolgenabschätzung gegeben zu sein. Über Szenarien, historische Analogiebildung und andere Methoden wird in deren Rahmen systematisch nicht nur der aktuelle Wissensstand bezüglich der untersuchten Forschungsfrage zusammengetragen, sondern auch Daten, Informationen, Wissensfragmente sowie Extrapolationen und Prospektionen über mögliche zukünftige Entwicklungen.

Bisher kaum Gegenstand der Betrachtung sind aber die hier skizzierten Einsichten der Innovationsforschung mit ihrem Verständnis von Innovation als iterativem sozialem Austauschprozess verschiedener Akteure, deren Wirkungen aufeinander sich durch Wechsel ihrer Rollen in den Phasen des Innovationsprozesses ändern. Dadurch schleicht sich die Gefahr ein, dass Ergebnisse und Erkenntnisse, die im Rahmen von Technologiefrüherkennung, Foresight und Technikfolgenabschätzung gewonnen wurden, in dem Willen eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse zu produzieren, zu einer vermeintlich schlüssigen Zukunftsentwicklung in Form eines sogenannten „Roadmapping“ mutieren (Zweck 2003b). Zweifelsfrei ist das Erstellen von Roadmaps zur übersichtlichen Darstellung zusammengetragener Ergebnisse legitim. Dies gilt aber nur so lange, wie es nicht eine Einsicht in den Verlauf oder gar die den Verlauf begleitenden sozialen Prozesse bis zum vermeintlichen Ziel der Roadmap vorgaukelt, der in keiner Weise nachgegangen wurde. Die Gefahr ist groß, einzelne, vermeintlich zeitlich datierbare Meilensteine auf diesem Weg als relevante soziale Prozesse des Innovationsprozesses fehlzuinterpretieren ohne sich mit ihrer Entwicklungsdynamik auseinandergesetzt zu haben.

Überhaupt ist eine der großen Herausforderungen der Zukunftsforschung weniger die Frage, ob zum Beispiel eine technische Entwicklung realisierbar ist oder nicht, denn wenn die in Frage stehende Zukunftstechnik bestehenden naturwissenschaftlichen Grundsätzen nicht widerspricht, kann mit einer Realisierung zumindest in prototypischer Form gerechnet werden. Schwer zu bestimmen sind neben den durch die Technik angestoßenen sozialen und kulturellen (Gegen-)Reaktionen und möglichen ökonomischen Unwägbarkeiten vor allem die genaue Ausprägung der schließlich realisierten Technik wie auch der Zeitpunkt ihrer Realisation in einer Marktnische oder als Marktdurchbruch. Meist erfolgt eine Orientierung durch das Bilden von Quartilen – oder im einfacheren Fall von Mittelwerten – der Einschätzungen von Experten auf dem jeweiligen Gebiet, beispielsweise durch Delphi-Befragungen. Auch bei der Szenariomethode geht es nach Ermitteln relevanter Schlüsselfaktoren und der Generierung einer gewissen Anzahl von Szenarien im Allgemeinen um den Vergleich möglicher Zukünfte unter Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten und Konsistenzen zu einem Zeitpunkt in der Zukunft. Es geht weniger um die Frage, wie schlüssig der Weg dorthin ist. Dies kann durch Integration normativer Gesichtspunkte in den Szenarioprozess (Gaßner & Steinmüller 2006) oder durch ergänzende narrative Elemente

überbrückend gemildert werden, steht aber selbst dann nicht im Fokus der Betrachtung und wird oft erst nach Formulierung der eigentlichen Zukunftsentwürfe von diesen aus rückwirkend kausal abgeleitet.

Eine aktuelle Frage der Zukunftsforschung lautet daher, ob Zukunftsforschung mit den bisherigen Strategien der Generierung von *Zukunftswissen* weiter entwicklungsfähig ist. Der Autor vertritt die Ansicht, dass dies nur bedingt möglich ist. Zwar ist in der Zukunftsforschung in den letzten Jahren eine erhebliche Dynamik im Sinne gesellschaftlicher Wahrnehmung entstanden, diese fußt aber weniger auf methodischen oder verfahrensbezogenen Fortschritten, als auf dem mit einem Sog vergleichbaren wachsenden Bedarf an Prognosen, Perspektiven und Prospektionen über zukünftige Entwicklungen in einer sich immer rascher ändernden und globalisierten Gesellschaft.

Ein Ausweg aus diesem Dilemma von wachsendem Bedarf und zwar lebhafter Diskussion, aber nicht gerade intensiver wissenschaftlicher Dynamik in der Zukunftsforschung könnte in einer verstärkten Berücksichtigung dynamischer Betrachtungen und Vorstellungen liegen, wie sie Innovations- und Technikforschung für Innovationsprozesse verfolgen. Die modellhafte Konstruktion künftiger Innovationen als sozialer Innovationsprozess, der auf der Wechselwirkung verschiedener gesellschaftlicher Teilsysteme und der Interaktion ihrer Akteure basiert, ergänzt die bisherige Top-down-Perspektive: Liegt deren primäres Augenmerk auf der Beschreibung und dem Vergleich erwarteter oder gewünschter Zukünfte, deren Weg dorthin allenfalls durch Backcasting aus dem ermittelten Zukunftsbild rekonstruiert wird (Steinmüller 1997), hebt der hier vorgeschlagene Bottom-up-Ansatz auf einer stufenweisen Konstruktion von Zukünften ab. In den Vordergrund rückt aus dieser Perspektive als erstes die möglichst genaue Charakterisierung des Ausgangspunktes von Entwicklungs-, Ausdifferenzierungs- und Akteurswechselwirkungen, von dem sich dann weitere Entwicklungen in einem dynamischen Verständnis und auf Basis von Wirkungsketten ableiten lassen.

Leider macht es der hier angedachte Weg weder den Zukunftsforschern leichter, noch vereinfacht er den Ablauf des einzelnen Zukunftsforschungsprojektes in der Praxis. Den gesamten Verlauf des Entwicklungsprozesses zu analysieren und vertieft zu beschreiben ist offensichtlich aufwendiger und herausfordernder als die Beschreibung einzelner erwarteter Zukunftsbilder zum Zeitpunkt X.

Ein verstärktes Einbeziehen von Vorstellungen über den Verlauf von Innovationsprozessen, wie sie von der hier dargestellten Innovations- und Technikforschung angeboten werden, lenkt das Augenmerk der Auseinandersetzung bisheriger Zukunftsforschung weg von einer möglichst umfassenden und ausdifferenzierten Darstellung möglicher Zukünfte einschließlich deren Vergleich, Ausschluss und Selektion über mangelnde Konsistenzen oder unwahrscheinliche Teilentwicklungen. In den Vordergrund rücken nun Fragen wie – ausgehend vom heutigen Differenzierungsgrad gesellschaftlicher Teilsysteme und unter Berücksichtigung bestehender Akteurskonstellationen – der Verlauf künftiger Entwicklungswege aussehen könnte. Oder wie sich institutionelle Zusammenhänge und Akteure entwickeln werden und wie ihre Interaktionen Innovationsprozesse in ihren verschiedenen Phasen bestimmen werden. Ohne den Eindruck von vorschnellen Lösungen zu vermitteln, setzt sich mit dieser Frage auch ein Sammelband von Tiberius auseinander, in dem mit Blick auf die Zukunftsforschung verschiedene soziologische Zugänge zur Lösung dieser Herausforderung reflektiert werden (Tiberius 2012). In diesem Zusammenhang wird auch eine bereits an anderer Stelle ausführlich dargestellte Voraussetzung für die wissenschaftliche Zukunftsforschung in einem umfassenderen Sinn deutlich (Zweck 2012). Die schon erwähnte, salopp formulierte These „Wer über die Zukunft sprechen will, muss über die Gegenwart Bescheid wissen“ (ebenda S. 69) wird durch die beschriebene Notwendigkeit, bestehende Entwicklungs-, Ausdifferenzierungs- und Akteurswechselwirkungen eingehend

zu verstehen, zu einem in der Zukunftsforschung noch zentraleren Anliegen theoretischer wie methodischer Reflexion.

3.6 Ansatzpunkte und offene Fragen für eine gemeinsame Zukunft von Innovations- und Zukunftsforschung

Noch in einer anderen Hinsicht öffnet die vorgeschlagene Betrachtungsweise von zukünftigen Entwicklungen eine Tür. Wie bereits erwähnt, lässt sich in den letzten Jahren unabhängig von steigenden Aktivitäten durch Initiativen und Publikationen zur Zukunftsforschung in Deutschland (Zweck 2012) feststellen, dass die in der Zukunftsforschung verwendeten Methoden inzwischen eine Tradition haben, die bis in die 60er-Jahre des letzten Jahrhunderts zurück reicht (Steinmüller 1997). Zu diesem Methodenpool sind in den letzten beiden Jahrzehnten, abgesehen von einer Schärfung (Steinmüller 1997; Cuhls 1998, 2008) neuer Kombinationen oder Ansätzen zur verbesserten Handhabbarkeit vorhandener Methoden und Konzepte (Zweck & Braun 2002), nur wenige neue Kandidaten als komplett neue Instrumente oder Methoden hinzugekommen. Eine Übersicht zu Ansätzen, die entweder einen bestimmten Aspekt der bisherigen Zukunftsforschungsdiskussion herausarbeiten (Disruptionen, Schwache Signale, Wild Cards) und als separate Instrumente nutzbar machen wollen oder auf neue Zugänge durch die Möglichkeiten des Internets hinweisen (Prognosemärkte, Real-Time-Delphi), bietet Steinmüller (Steinmüller 2012). Die wenigen grundsätzlich neuen Ansätze haben wegen fehlender Originalität oder zu großem Aufwand keine wirkliche Verbreitung erlangt, z. B. die Causal Layered Analysis (Inayatullah 2004). Auch liegen gegenwärtig in anderen Disziplinen – wie der empirischen Sozialforschung oder der Ökonomie – keine Instrumente vor, die von der Zukunftsforschung ad hoc übernommen und zumindest ohne weiteres genutzt werden können.

Für die Zukunftsforschung interessant aber sind Simulationen als Ergänzung oder Erweiterung zu den bisher eingesetzten Szenarien. Entsprechende Ansätze wie sie in den Sozialwissenschaften zurzeit verfolgt werden (Epstein 2007) bieten interessante Perspektiven, stecken aber, sobald es um die Simulation eng begrenzter Fragestellungen hinausgeht, zugegebenermaßen noch in den Kinderschuhen. Im Falle komplexerer Systeme bieten sie gegenwärtig selbst für die Beschreibung historischer oder gegenwärtiger Prozesse noch keine befriedigenden Einsichten oder Antworten auf offene Fragen. In den nächsten 20 bis 25 Jahren aber werden durch erhöhte Rechenkapazitäten sowie softwaretechnische und theoriekonzeptionelle Erfolge bei der Simulation (z. B. durch stärkere Verzahnung der entsprechenden Scientific Community mit entsprechenden Erfolgen im Sektor strategischer Computerspiele, siehe hierzu Zweck 2006) Instrumente erwachsen, die auch für die besonderen Anforderungen der Zukunftsforschung interessant werden könnten. Unter besonderen Anforderungen sei hier verstanden, dass es bei der Zukunftsforschung im Gegensatz zur erforderlichen Beschreibung historischer oder gegenwärtiger Prozesse noch einen Surplus an wissenschaftlicher Auseinandersetzung bedarf, welches sich mit den über die Gegenwart und Vergangenheit hinausgehenden prospektiven Herausforderungen und Unsicherheiten befasst (Zweck 2012).

Unabhängig von der hier gegebenen optimistischen Einschätzung der weiteren Entwicklung von Simulationstechniken wird ihre Entwicklung bis zum nutzbringenden Einsatz in der Zukunftsforschung eher Thema der nächsten Generation von Zukunftsforschern sein, auch wenn gelegentlich schon jetzt versprochen oder zumindest in Aussicht gestellt wird, dass dies anders sei.⁶ Für die Weiterentwicklung zukunftsbezogener Simulationstechniken könnten Modelle und Vorstellungswelten der Innovations- und Technikforschung hilfreich sein.

⁶ vgl. z. B. das Flagship-Projekt FuturICT FET unter www.futurict.eu

Insofern bietet das hier vertretene generelle Plädoyer für eine verstärkte Berücksichtigung der Innovations- und Technikforschung in der Zukunftsforschung speziell für das Thema Simulation auch in seiner Ausprägung „Gaming“ einen aussichtsreichen Ansatzpunkt.

Wie bereits zugestanden, wird das Erstellen von Zukunftsperspektiven keineswegs leichter, sondern eher aufwändiger. Andererseits eröffnet die stärkere Berücksichtigung des Entwicklungsverständnisses, wie sie Innovations- und Technikforschung hervorgebracht haben, für die Zukunftsforschung einen Weg, die vorhandene Basis aus Technologiefrüherkennung, Foresight und Technikfolgenabschätzung um eine dynamische Komponente zu ergänzen, eine Komponente, die in diesen Instrumentenkästen vorsichtig ausgedrückt zumindest nicht im Vordergrund steht.

Die Frage könnte aufgeworfen werden, ob eine verstärkte Orientierung der Zukunftsforschung hin auf das Verständnis der Dynamik von Innovationsprozessen die breite Perspektive der Zukunftsforschung nicht einengen könnte. So könnte argumentiert werden, dass es zahlreiche relevante gesellschaftliche Herausforderungen gibt, die zwar – wie z. B. Regionalentwicklung oder auch globale Umweltfragen – häufig Gegenstand zukunftsforischer Betrachtung sind, jedoch nicht primär durch Innovationen vorangetrieben werden. Dem sind zwei Argumente entgegenzuhalten: Erstens ist die Frage, ob derartige Entwicklungen im Falle der in diesem Beitrag herangezogenen breiten und offenen Begriffsdefinition von Innovation nicht doch als gesellschaftliche Entwicklungen zu betrachten sind, deren Verlauf durch innovative soziale und kulturelle Traditionen und Umbrüche geprägt sind. Damit ergibt sich zugleich die zweite Entgegnung, dass zumindest das vorgestellte Modell der Innovationsforschung der fünften Generation durchaus Potenziale besitzt, Licht in die Dynamik von Fragen der Regionalentwicklung oder globaler Umweltfragen zu bringen. Insofern gefährdet eine stärkere Orientierung der Zukunftsforschung an Einsichten der Innovationsforschung die breite Perspektive der Zukunftsforschung keineswegs, der aktuelle Stand der Innovationsforschung bietet für die Zukunftsforschung auch bei derartigen Fragen Unterstützung.

Dem Praktiker stellt sich nun die Frage: Wenn dem so ist, warum wird nicht kurzerhand in einem Zukunftsforschungsprojekt versucht diesem Ansatz zu folgen? Die Antwort darauf klärt die Voraussetzung für einen erfolgreichen Ansatz einer solchen Herangehensweise. Die Zukunftsforschung muss sich in einem ersten Schritt intensiver mit den Vorstellungswelten der Innovationsforschung auseinandersetzen. Auch sind darüber hinaus gegenwärtig zahlreiche Fragen ungeklärt und es fehlen entsprechende Erfahrungen, z. B. wie weit der untersuchte Zukunftsraum bei einer solchen Vorgehensweise ausdehnbar ist. Denn der Versuch, den Verlauf künftiger Innovationen aus prospektiven Aussagen bestehender Akteurskonstellationen, sich wandelnder Institutionen, gesellschaftlicher Teilsysteme und den damit verbundenen Einstellungswandel abzuleiten, ist aufwändig und zeitlich sicherlich nicht beliebig ausdehnbar. Die Frage ist weiter die der Fragmentierung des Untersuchungsgegenstandes. Auf welchem Abstraktionsgrad macht es noch Sinn von einem Innovationsprozess zu sprechen und nicht von einer Vielzahl von Innovationsprozessen?

4 Ausblick

Die vorliegenden Ausführungen haben deutlich gemacht, dass Zukunfts- und Innovationsforschung und ihre wissenschaftlichen Gemeinschaften trotz langer Traditionen bisher keinesfalls alle Potenziale wechselseitiger Befruchtung ausgeschöpft haben. Eine Darstellung der Zukunftsforschung und eine systemtheoretische Einordnung historischer Konzepte der Innovationsforschung bis zur Gegenwart zeigen nicht nur, dass die betrachteten Forschungsgegenstände beider Forschungskonzepte einen erheblichen Überschneidungsbereich haben.

Die Reflexion zeigt vielmehr, dass ein Innovationsverständnis, wie es die moderne Innovationsforschung bietet, mittelfristig gute Ansatzpunkte eröffnet, um Zukunftsforschung in einem konzeptionellen und methodischen Sinne verändert zu denken. Keinesfalls soll der Eindruck vermittelt werden, dass damit bereits ein Meilenstein zugunsten einer Theorie der Zukunftsgenese gelegt ist. Vielmehr verschiebt die aufgeworfene Perspektive das Augenmerk von einer auf die Formulierung möglicher Zukünfte orientierten auf eine durch systematische Konstruktion möglicher Zukünfte aus der Gegenwart schrittweise abgeleiteten Zukunftsforschung. Dass diese Fragestellung genuin das Interesse an der Grenze zwischen sozialwissenschaftlicher und zukunftsforschender Perspektive darstellt, zeigen auch die Beiträge in Tiberius (Tiberius 2012). Vorliegende Ausführungen sollen deutlich machen, dass das verstärkte Einbeziehen von Einsichten der Innovationsforschung anschlussfähig sowie für die zukunftsforschende Praxis fruchtbar ist und dass sich darüber hinaus Impulse für die dringend erforderliche weiterführende theoretische und methodische Diskussion in der Zukunftsforschung abzeichnen.

Literaturverzeichnis

- Baecker, D. (2007). *Studien zur nächsten Gesellschaft*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Beyer, J. (2005). Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit! Wider den impliziten Konservatismus eines gängigen Konzepts. *Zeitschrift für Soziologie*, 34 (Heft 1), 5–21.
- Blättel-Mink, B. (2006). *Kompendium der Innovationsforschung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Browa, H. & Wolff, H. (1983). *Das Forschungs- und Technologiesystem in Japan*. Basel: Springer.
- Bühl, W. L. (1974). *Einführung in die Wissenschaftssoziologie*. München: Beck.
- Callon, M. & Latour, B. (1981). Unscrewing the Big Leviathan: How actors macro-structure reality and how sociologists help them to do so. In K. Knorr-Cetina & A. Cicourel (Hrsg.). *Advances in social theory and methodology. Toward an integration of micro- and macro sociologies* (pp. 277–303). Boston: Routledge & Kegan Paul Books.
- Callon, M. (1986). Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of St. Brieuc Bay. In J. Law (Hrsg.). *Power, Action and Belief, A new sociology of knowledge?* (pp. 196–230). London: Routledge & Kegan Paul Books.
- Cuhls, K. (1998). *Technikvorausschau in Japan. Ein Rückblick auf 30 Jahre Delphi-Expertenbefragungen*. Heidelberg: Physica.
- Cuhls, K. (2008). *Methoden der Technikvorausschau – eine internationale Übersicht*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Dierkes, M. & Hoffmann, U. (Hrsg.) (1992). *New Technology at the Outset. Social Forces in the Shaping of Technological Innovations*. New York: Westview Press Inc.
- Dierkes, M., Hoffmann, U. & Marz, L. (1992). *Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen*. Berlin: Edition Sigma.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, Vol. 11, 147–162.
- Epstein, J. M. (2007). *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton: University Press Group Ltd.
- Flechthelm, O. K. (1970). *Der Kampf um die Zukunft. Grundlagen der Futurologie*. Köln: Dietz Verlag J.H.W. Nachf.
- Futurologie (2002). In *Duden. Das Bedeutungswörterbuch* (S. 391). Mannheim: Dudenverlag

- Gaßner, R. & Steinmüller, K. (2006). Szenarios, die Geschichten erzählen. Narrative normative Szenarios in der Praxis. In F. Wilms (Hrsg.). *Szenariotechnik. Vom Umgang mit der Zukunft*. (S. 133–144). Bern: Haupt Verlag.
- Gerhold, L., Holtmannspötter, D., Neuhaus, C., Schüll, E., Schulz-Montag, B., Steinmüller, K. & Zweck, A. (2012). Qualitätsstandards für die Zukunftsforschung. In R. Popp (Hrsg.). *Zukunft und Wissenschaft. Wege und Irrwege der Zukunftsforschung* (Band 2 – Zukunft und Forschung) (S. 203–210). Berlin: Springer.
- Gerhold, L., Holtmannspötter, D., Neuhaus, C., Schüll, E., Schulz-Montag, B., Steinmüller, K. & Zweck, A. (Hrsg.) (2014). *Standards und Gütekriterien der Zukunftsforschung. Ein Handbuch für Wissenschaft und Praxis*. Wiesbaden: Springer.
- Grunwald, A. (2009). Wovon ist Zukunftsforschung die Wissenschaft? In R. Popp & E. Schüll (Hrsg.). *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis* (S. 25–35). Berlin: Springer.
- Grupp, H. (1997). *Messung und Erklärung technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik*. Berlin: Springer.
- Häußling, R. (2010). Zum Design(begriff) der Netzwerkgesellschaft. Design als zentrales Element der Identitätsformation in Netzwerken. In J. Fuhse, & S. Mützel (Hrsg.). *Relationale Soziologie. Zur kulturellen Wende der Netzwerkforschung* (S. 137–162). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Herb, U. (2012). *Open Initiatives. Offenheit in der digitalen Welt der Wissenschaft*. Saarbrücken: universaar.
- Hekkert, M., Suurs, R., Negro, S., Kuhlmann, S. & Smits, R. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 74 (4), 413–432.
- Hughes, T. P. (1985). Edison and electric light. In D. MacKenzie & J. Wajzman (Eds.). *The Social Shaping of Technology*, (pp. 39–52). Milton Keynes: Open University Press.
- Hughes, T. P. (1987). The Evolution of Large Technological Systems. In T. Bijker, T P. Hughes & T. Pinch (Eds.). *The Social Construction of Facts and Artifacts* (pp. 51–82). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Inayatullah, S. (Hrsg.) (2004). *The Causal Layered Analysis Reader: theory and case studies of an integrative and transformative methodology*. Tapei: Tamkang University Press.
- Jasanoff, S., Pinch, T., Markle, G. E. & Peterson J. C. (1995). *Handbook of Science and Technology Studies*. Thousand Oaks: Sage.
- Keynes J. M. (2006). *Die allgemeine Theorie der Beschäftigung, des Zinses und des Geldes*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Kitschelt, H. (1980). *Kernenergiepolitik. Arena eines gesellschaftlichen Konflikts*. Frankfurt/M.: Campus.
- Knie, A. (1989). Das Konservative des technischen Fortschritts. Zur Bedeutung von Konstruktionstraditionen, Forschungs- und Konstruktionsstilen in der Technikgenese. *WZB Papers, FS II* (Wissenschaftszentrum für Sozialforschung Berlin), 89–101.
- Kreibich, R. (2008). *Zukunftsforschung für die gesellschaftliche Praxis*. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Arbeitsbericht Nr. 29. Berlin.
- Luhmann, N. (1984). *Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Luhmann, N. (1994). Zum Begriff funktionaler Differenzierung. In N. Luhmann (Hrsg.). *Soziologische Aufklärung 4* (S. 34–37). Opladen: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Maturana, H. R. & Varela, F. J. (1991). *Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln menschlichen Erkennens*. München: Goldmann Verlag.

- Mayntz, R. & Scharpf, F. (1995). Steuerung und Selbstorganisation in staatsnahen Sektoren. In R. Mayntz & F. Scharpf (Hrsg.). *Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung* (S. 9–38). Frankfurt/M.: Campus Verlag.
- Möhrle, M. G. & Isenmann, R. (Hrsg.) (2008). *Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen*. Berlin: Springer.
- Münch, R. (1982). *Theorie des Handelns. Zur Rekonstruktion der Beiträge von Talcott Parsons, Emile Durkheim und Max Weber*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Münch, R. (1984). *Die Struktur der Moderne. Grundmuster und differentielle Gestaltung des institutionellen Aufbaus moderner Gesellschaften*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Nelson, R. R. & Winter, S. G. (1977). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*, Vol. 6, 36–76.
- Parsons, T. (1978). A Paradigm of the Human Condition. In Parsons, T. (Ed.) *Action Theory and the Human Condition* (pp. 300–321). New York: Free Press.
- Pinch, T. J. & Bijker, W. E. (1984). The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. *Social Studies of Science* 14, 399–441.
- Popp, R. (Hrsg.) (2012). *Zukunft und Wissenschaft. Wege und Irrwege der Zukunftsforschung* (Band 2 – Zukunft und Forschung). Berlin: Springer.
- Rammert, W. (1993). *Technik aus soziologischer Perspektive. Forschungsstand – Theorieansätze – Fallbeispiele. Ein Überblick*. Opladen: Springer.
- Rammert, W. (2001). The Cultural Shaping of Technologies and the Politics of Technodiversity. In *Technical University Technology Studies Working Papers* (TUTS-WP-1-2001). Berlin: Technische Universität Berlin, Institut für Sozialwissenschaften.
- Reichwald, R. & Piller, F. (2006). *Interaktive Wertschöpfung, Open Innovation, Individualisierung und neue Formen*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Rothwell, R. (1993). The Fifth Generation Innovation Process. In K. H. Oppenländer & W. Popp (Hrsg.). *Privates und staatliches Innovationsmanagement* (S. 25–44). München: ifo Institut.
- Rust, H. (2012). Die Spatzen der Minerva: Das Tschilpen der Trendforscher. In *Focus-Jahrbuch 2012 Prognosen, Trend- und Zukunftsforschung* (S. 241–276). München: Focus Magazin.
- Schivelbusch, W. (1983). *Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jahrhundert*. München: Hanser.
- Schumpeter, J. A. (1928). Der Unternehmer. In *Handwörterbuch der Staatswissenschaften* 8 (S.476–486). Jena: Gustav Fischer.
- Schumpeter, J. A. (1946/1991). Comments on a plan for the study of entrepreneurs. In R. Swedberg (Ed.). *The Economics and Sociology of Capitalism* (pp. 406–428). Princeton: Princeton University Press.
- Schumpeter, J. A. (1961). *Konjunkturzyklen. Eine theoretische, historische und statistische Analyse des kapitalistischen Prozesses* (Band I). Göttingen: UTB.
- Sigurdson, J. (1982). Technological change, economic security, and technology policies in Japan: Travel impressions from a trip to Japan, May 11–23. Research Policy Institute, Committee for Future Oriental Research. Lund, Schweden.
- Steinmüller, K. (1997). Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung – Szenarien, Delphi, Technikvorausschau. In K. Steinmüller (Hrsg.). *Werkstattbericht 2*. Gelsenkirchen: Sekretariat für Zukunftsforschung.

- Steinmüller, K. (2012). Wild Cards, Schwache Signale und Webseismografen. Vom Umgang der Zukunftsforschung mit dem Unvorhersehbaren. In R. Popp (Hrsg.). *Zukunft und Wissenschaft. Wege und Irrwege der Zukunftsforschung* (Band 2 – Zukunft und Forschung) (S. 215–240). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Strohl-Goebel, H. (1982). *Deutscher Dokumentartag 1982 – Fachinformation im Zeitalter der Informationsindustrie* (S. 232–248). München: De Gruyter.
- Tiberius, V. (Hrsg.) (2012). *Zukunftsgenese. Theorien des zukünftigen Wandels*. Wiesbaden: Springer.
- Tushman, M. L. & Rosenkopf, L. (1992). Organizational Determinants of Technological Change: Towards a Sociology of Technological Evolution. *Research in Organizational Behavior*, Vol. 14, 311–347.
- van den Belt, H. & Rip, A. (1987). The Nelson-Winter-Dosi Model and Synthetic Dye Chemistry. In W. E. Bijker, T. P. Hughes & T. J. Pinch (Eds.). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (pp. 135–158). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Weyer, J. (1997). Konturen einer netzwerktheoretischen Techniksoziologie. In U. Kirchner, L. Riedl & J. Schmidt (Hrsg.). *Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese* (S. 23–52). Berlin: edition sigma.
- Weyer, J. (2008). *Techniksoziologie. Genese, Gestaltung und Steuerung sozio-technischer Systeme*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Weyer, J. (2010). Netzwerke in der Techniksoziologie. Karriere und aktueller Stellenwert eines Begriffs. In C. Stegbauer & R. Häußling (Hrsg.). *Handbuch der Netzwerkforschung* (S. 848–855). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Zukunftsforschung (2014). *Wikipedia.de*. Verfügbar unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Zukunftsforschung> [06.10.2014]
- Zukunftsforschung (2014). *Wissen.de*. Verfügbar unter <http://www.wissen.de/lexikon/zukunftsforschung> [06.10.2014]
- Zweck, A. (1993). *Die Entwicklung der Technikfolgenabschätzung zum gesellschaftlichen Vermittlungsinstrument*. Opladen: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Zweck, A. & Braun, M. (2002). Foresight – Ein Blick in die Zukunft zwischen Anspruch und Partizipation. *Development and Perspectives*, 1, 47–65.
- Zweck, A. (2002). Three perspectives for one future in economy and society. *Futures Research Quarterly*, Vol. 18, No. 1, 55–66.
- Zweck, A. (2003a). Zur Gestaltung technischen Wandels – Integriertes Technologie- und Innovationsmanagement (ITIM) begleitet Innovationen ganzheitlich. In *Wissenschaftsmanagement – Zeitschrift für Innovation*, 2, 25–32.
- Zweck, A. (2003b). Roadmapping – Erfolgreiches Instrument in der strategischen Unternehmensplanung nützt auch der Politik. *Wissenschaftsmanagement – Zeitschrift für Innovation*, 4, 33–40.
- Zweck, A., Albertshäuser, U., Baron, W., Braun, M., Krück, C., Reuser, G. & Seiler, P. (2004). *Technikentwicklung. Herausforderungen und Gestaltung*. Vjlen: Verlag Wechselwirkung.
- Zweck, A. (2006). Virtuelle Realität – Spiel oder Kultur prägender Faktor? VDI-Technologiezentrum (Hrsg.). *Schriftenreihe Zukünftige Technologien Consulting* (Band 66). Düsseldorf.
- Zweck, A. & Holtmannspötter, D. (2009). Technology roadmapping: turning hype into a systematic process. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, Vol. 5, No.1, 55–72.
- Zweck, A. (2011). Innovationsbegleitung mit System. Erste Schritte zu einer Theorie innovationsbegleitender Maßnahmen. *Zeitschrift für Politikberatung*, 3–4, 363–376.

Zweck, A. (2012). Gedanken zur Zukunft der Zukunftsforschung. In R. Popp (Hrsg.). *Zukunft und Wissenschaft. Wege und Irrwege der Zukunftsforschung* (Band 2 – Zukunft und Forschung) (S. 59–80). Berlin: Springer.

Zweck, A. & Cebulla, E. (2012). Wissensmanagement als Beitrag für eine solidere Zukunftsforschung. In *Focus-Jahrbuch 2012. Prognosen, Trend- und Zukunftsforschung* (S. 435–432). München: Focus Magazin.

Axel Zweck: Dr. rer. nat., Dr. phil., M.A., Honorarprofessor für Innovations- und Zukunftsforschung an der RWTH Aachen und Abteilungsleiter für Innovationsbegleitung und Innovationsberatung in der VDI-Technologiezentrum GmbH Düsseldorf.

Eilfschornsteinstraße 7, 52062 Aachen, Tel.: +49 (0)211-6214572, E-Mail: azweck@soziologie.rwth-aachen.de

Lizenz

Jedermann darf dieses Werk unter den Bedingungen der Digital Peer Publishing Lizenz elektronisch übermitteln und zum Download bereitstellen. Der Lizenztext ist im Internet abrufbar unter der Adresse http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL_v2_de_06-2004.html

Empfohlene Zitierweise

Zweck, A. (2014). Beiträge der Innovationsforschung für die Zukunftsforschung. *Zeitschrift für Zukunftsforschung*, 2, 18. ([urn:nbn:de:0009-32-40711](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0009-32-40711))

Bitte geben Sie beim Zitieren dieses Artikels die exakte URL und das Datum Ihres letzten Besuchs bei dieser Online-Adresse an.

Projektbericht

Experteneinschätzung quantitativer technischer Parameter – Erkenntnisse einer Delphi-Studie zum Einsatz von Brennstoffzellen im Kraftfahrzeug

Markus Thoennes und Alexander Busse

Zusammenfassung (deutsch)

Die Endlichkeit fossiler Energieressourcen, der zunehmende legislative Druck zur Reduzierung von Fahrzeugemissionen und das massive Wachstum weltweiter Fahrzeugflotten führen zu einem hohen Handlungsdruck, alternative Antriebstechnologien einzuführen. Aufgrund ihrer Emissionsfreiheit und der hohen Alltagseignung, zum Beispiel bezüglich der Reichweite und Betankungsdauer, stellen Fahrzeuge mit einer Brennstoffzelle als Antriebssystem eine vielversprechende Technologieoption dar. Eine Markteinführung von ersten, technologisch derzeit noch in einem frühen Entwicklungsstadium befindlichen Brennstoffzellenfahrzeugen wird von mehreren Fahrzeugherstellern für die Jahre 2015–2017 vorbereitet. Die langfristige, weitreichende Marktetablierung von Brennstoffzellenfahrzeugen hängt letztlich von der weiteren Entwicklung der technischen Leistungsfähigkeit von Brennstoffzellensystemen ab, die augenblicklich den Marktanforderungen noch nicht ausreichend gerecht werden.

Obwohl insbesondere die Entwicklung quantitativer Leistungsparameter für die Marktetablierung entscheidend ist, lagen bislang methodisch fundierte, quantitative Prognosen für diese Systeme nicht vor. Zur Analyse des technologischen Potenzials von Brennstoffzellensystemen in automobilener Anwendung hat das Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University daher eine webbasierte Delphi-Studie zur quantitativen Entwicklung technologischer Leistungsparameter von automobilen Brennstoffzellensystemen mit einem zeitlichen Horizont bis 2030 durchgeführt.

Das vorliegende Paper diskutiert die Ergebnisse sowie die methodischen Erkenntnisse der durchgeführten Delphi-Studie und arbeitet die Besonderheiten einer quantitativen Befragung im technischen Umfeld in den Bereichen Studienlayout, Befragungsdurchführung und Ergebnisinterpretation heraus. Unter anderem geht der Artikel auf die Relevanz einer fundierten Datenbasis als Basis für die inhaltliche Ausgestaltung der Delphi-Studie sowie auf die Beeinflussung der Teilnehmer durch die Definition und Formulierung quantitativer Fragestellungen ein. Weiterhin wird die Relevanz extremer Expertenpositionen in heterogenen Teilnehmergruppen behandelt sowie die Möglichkeit der Validierung quantitativer Ergebnisse durch zusätzliche Delphi-Befragungsrunden, insbesondere bei kleinen Grundgesamtheiten, untersucht.

Abstract (english)

The scarcity of fossil energy resources, the increasing legislative pressure to reduce vehicle-related CO₂ emissions, and the expected growth in the number of passenger cars result in a high demand for introducing propulsion technologies with zero or very low tailpipe emissions. In this context, fuel cell electric vehicles (FCEV) offer significant potential to mitigate vehicle-related CO₂ emissions, featuring a high practicality in terms of range and refueling time at the same time. Currently vehicle manufacturers are preparing the market introduction of first FCEV models for 2015–2017. Anyhow, in terms of their technological level of maturity, these models still are in an early stage of development. The long-term, extensive market establishment of FCEV therefore is highly dependent on the technological progress of fuel cell system technology, as current systems do not yet meet customer demands regarding system performance.

To analyze the technological potential of automotive fuel cell systems, the Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen University conducted a web-based Delphi Study. In comparison to existing Delphi Studies in this topical areas, which qualitatively assess the potential of these systems, the conducted study aims at quantitatively forecasting the technological performance parameters with a timely horizon until 2030.

This paper discusses the methodological findings of the conducted Delphi Study and analyses the characteristics of quantitative Delphi Studies in technological contexts in terms of study design, survey implementation, and interpretation of results. Among others, the article focuses on the relevance of a sound data basis for the design of a quantitative Delphi Study with regard to contents and on the risk to influence the study participants when defining quantitative problems. Furthermore, the relevance of heterogeneous groups of participants is analyzed and the potential to validate quantitative results in consecutive survey rounds is examined.

1 Einleitung und Motivation

Die zunehmende Verknappung fossiler Energieträger in Kombination mit einem weltweit steigenden Energieverbrauch, daraus resultierende steigende Energiepreise und immer strengere staatliche Emissionsregulierungen stellen Fahrzeughersteller vor die Herausforderung, alternative Antriebskonzepte zu entwickeln, die umweltschonender und effizienter als konventionelle Antriebsvarianten und gleichzeitig vergleichbar leistungsstark sind (International Energy Agency 2013, Europäische Union 2014). Wasserstofffahrzeuge sind eine vielversprechende, aber noch nicht serienreife Option, diesen Herausforderungen zu begegnen. Zur Planung industrieller und politischer Agenden ist daher die Einschätzbarkeit der zukünftigen technologischen Entwicklung und daraus folgend die Vorhersage des Zeitpunktes einer für Großserienapplikationen ausreichenden technologischen Reife von Wasserstofffahrzeugen essenziell. Aus diesem Grund hat das Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University zur Einschätzung der aktuellen und zukünftigen Leistungsfähigkeit von automobilen Brennstoffzellensystemen eine Delphi-Studie durchgeführt. In dieser Studie wurden internationale Experten zu ihren Erwartungen hinsichtlich der Entwicklung der technologischen Leistungsfähigkeit in Form von quantitativen Leistungsparametern befragt.

Die durchgeführte Delphi-Studie zur Analyse quantitativer Leistungsparameter liefert inhaltliche und methodische Erkenntnisse, die im vorliegenden Paper eingeordnet und diskutiert werden. Hierzu werden zunächst die technischen Grundlagen wasserstoffbasierter automobiler Antriebssysteme erläutert und der Stand des Wissens zur zukünftigen Entwicklung der technologischen Leistungsfähigkeit zusammengefasst (Kapitel 2). Die unzureichend vorhandenen Prognosen zum technologischen Potenzial begründen den Bedarf einer Delphi-Studie in diesem Themenfeld. Anschließend wird das Delphi-Verfahren methodisch eingeordnet und die Anwendungsmöglichkeiten zur Einschätzung der Entwicklung quantitativer Daten reflektiert (Kapitel 3). Das methodische und inhaltliche Layout der durchgeführten Delphi-Studie wird präzisiert (Kapitel 4) und die Ergebnisse der Studie zusammengefasst (Kapitel 5). Die methodischen Erkenntnisse aus der Durchführung der Delphi-Studie zur Ermittlung quantitativer, technologisch orientierter Informationen werden abschließend diskutiert (Kapitel 6).

2 Die Brennstoffzelle als nachhaltige Technologieoption für Kraftfahrzeuge

2.1 Grundlagen wasserstoffbasierter automobiler Antriebssysteme

Wasserstoff bietet als kohlenstofffreier Energieträger die Möglichkeit, in Fahrzeugen schadstofffrei energetisch genutzt zu werden. Ferner bietet Wasserstoff das Potenzial, zukünftig mittels regenerativ erzeugter Elektrizität durch Elektrolyse umweltfreundlich hergestellt zu werden. In den Innovationsagenden der führenden Automobilunternehmen spielen mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge daher seit Jahren eine wichtige Rolle, da diese im Gegensatz zu batterieelektrischen Fahrzeugen hohe Reichweiten und eine geringe Betankungsdauer und damit ein zu konventionellen Fahrzeugen vergleichbares Nutzungsprofil ermöglichen.

Technisch realisiert wird der Einsatz von Wasserstoff als Kraftstoff in automobiler Anwendung als Fahrzeug mit Wasserstoffverbrennungsmotor (HICEV, Hydrogen Internal Combustion Engine Vehicle) oder Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle). Der Antrieb eines HICEV arbeitet nach dem Prinzip eines konventionellen Verbrennungsmotors. Änderungen an Motorsteuerung, Gemischbildungssystem und Brennverfahren ermöglichen den Einsatz von Wasserstoff als Kraftstoff und damit die verbrennungsbasierte Umwandlung der chemischen Energie des Wasserstoffes in mechanische Bewegungsenergie (Eichlseder & Kell 2012). In der Brennstoffzelle eines FCEV wird die im Wasserstoff enthaltene Energie dagegen elektrochemisch, d. h. von chemischer in elektrische Energie gewandelt. Hierzu werden der Brennstoffzelle Wasserstoff und aus der Umgebungsluft entnommener Sauerstoff getrennt durch eine semipermeable Membran (Elektrolyt) zugeführt und eine kontrollierte Oxidation durchgeführt. Die dabei freigesetzte elektrische Energie kann mit einem Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeuges genutzt werden (Heinzel et al. 2006). Es existieren verschiedene technische Ausführungen von Brennstoffzellen, in FCEV kommen aufgrund von Vorteilen bei Leistungsdichte und Dynamik Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen (PEMFC) zum Einsatz.

FCEV bieten gegenüber HICEV den Vorteil, besonders in dem in der Praxis oft genutzten Teillastbereich einen höheren Wirkungsgrad zu realisieren, vgl. Abbildung 1 (Garce et al. 2013). Weiterhin emittieren FCEV beim Betrieb mit reinem Wasserstoff lokal keine Emissionen und bieten gegenüber HICEV auch Vorteile bei den Lärmemissionen. Zusammenfassend weisen Brennstoffzellenfahrzeuge gegenüber Fahrzeugen mit Wasserstoffverbrennungsmotor in den wichtigsten technologischen Vergleichskriterien das höhere technologische Zukunftspotenzial für den Einsatz als Energiewandler in wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen auf.

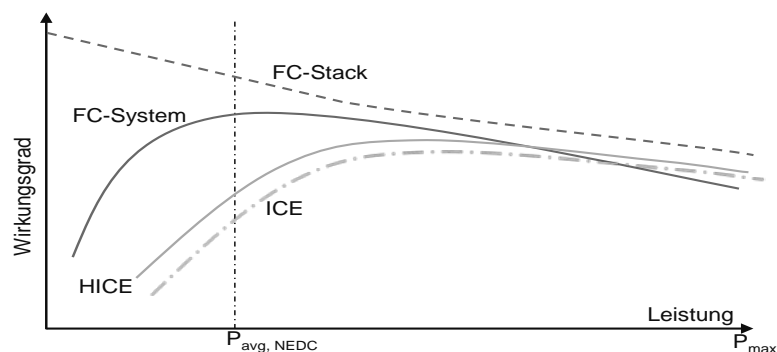


Abb 1: Wirkungsgrade von Brennstoffzelle (FC-System), Wasserstoffverbrennungsmotor (HICE) und konventionellem Verbrennungsmotor (ICE)

Obwohl frühe Konzeptstudien wasserstoffbasierter Kraftfahrzeuge bereits Anfang der 1990er-Jahre vorgestellt wurden, ist die serienorientierte Markteinführung bis heute nicht erfolgt. Neben der fehlenden Betankungsinfrastruktur und einer unzureichenden ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen (Otto, Diesel) und unkonventionellen (Erdgas, Batterieelektrisch) Antriebssystemen stellt die nicht ausreichende technologische Leistungsfähigkeit des Brennstoffzellensystems weiterhin einen Hauptgrund der bisher nicht erfolgten Marktetablierung dar. Eine (Klein-)Serienproduktion der präferierten Brennstoffzellentechnologie wurde zwar inzwischen durch mehrere Fahrzeughersteller für die Jahre 2015–2017 angekündigt, das Brennstoffzellensystem erfüllt allerdings aktuell noch nicht die für eine automobilen, großskaligen Serienanwendung erforderlichen Leistungsanforderungen.

2.2 Technologische Anforderungen in der Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen

Die Marktetablierung von Brennstoffzellenfahrzeugen ist maßgeblich von der technologischen Leistungsfähigkeit von Brennstoffzellensystemen und der ausreichenden Erfüllung der technologischen Systemanforderungen abhängig. Diese Anforderungen werden zum einen durch Konkurrenztechnologien (ICE, Hybridfahrzeuge) und andererseits durch institutionell vorgegebene Entwicklungsziele, z. B. durch das Energieministerium der USA (DOE) in Kooperation mit Brennstoffzellenherstellern, definiert.

Für eine erfolgreiche Marktetablierung muss die Leistungsfähigkeit des Brennstoffzellenantriebes mindestens das Leistungsniveau konkurrierender Antriebssysteme wie Verbrennungsmotor, Hybrid- oder Elektroantrieb erreichen. Eine Vergleichbarkeit verschiedener Antriebssysteme bzw. eine Definition von Entwicklungszielen kann durch die Analyse quantitativer Leistungsparameter ermöglicht werden. Diese Parameter beschreiben das betrachtete System möglichst generisch und determinieren somit die Leistungsfähigkeit des Systems.

Für Antriebssysteme im Fahrzeug werden beispielsweise die Effizienz, das Leistungsgewicht und -volumen oder die Lebensdauer als primäre Leistungsparameter betrachtet. Weitere, nicht betrachtete Leistungsparameter beeinflussen die Leistungsfähigkeit des Antriebssystems nur indirekt und werden bereits in den primären Parametern berücksichtigt. So verbessert beispielsweise eine erhöhte Leitfähigkeit der Brennstoffzellenmembran als indirekter Leistungsparameter den Primärparameter Lebensdauer.

Ein Vergleich der tatsächlichen bzw. erwarteten technologischen Leistungsfähigkeit der Systemparameter mit den für eine automobilen Serienanwendung mindestens zu erzielenden Leistungsanforderungen ermöglicht Rückschlüsse auf die Zukunftsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Brennstoffzellentechnologie.

2.3 Verfügbare Prognosen zum technologischen Potenzial von Brennstoffzellen in Automotive-Anwendungen

Aufgrund der Komplexität der Einflussfaktoren auf die zukünftige Entwicklung der Leistungsfähigkeit, des Zeithorizonts bis zum Erreichen einer signifikanten Marktrelevanz von FCEV sowie der geringen verfügbaren Datenbasis zur historischen Entwicklung der Leistungsparameter weisen traditionelle quantitative Prognosemethoden wie die datenbasierte Trendextrapolation nur eine begrenzte Eignung für eine valide Einschätzung der Parameterentwicklung auf. Entsprechend sind trotz des hohen Informationsbedarfes zur zukünftigen Entwicklung der Leistungsfähigkeit von automobilen Brennstoffzellensystemen

öffentlich keine quantitativen Prognosen relevanter Leistungsparameter von automobilen Brennstoffzellensystemen verfügbar.

Alternative Prognoseansätze nutzen eine Analyse und Bewertung von Anzahl und Applikationen von Patenten, um den zukünftigen Technologie- und Reifegrad der Brennstoffzellentechnologie zu quantifizieren. Tabelle 1 zeigt die hierzu verfügbaren Veröffentlichungen. Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit der für eine Marktetablierung relevanten technologischen Parameter auf Systemebene sind mit dieser Vorgehensweise jedoch nicht möglich. Folglich ist dieser Analyseansatz für die Vorhersage einer Marktetablierung aus Sicht der technologischen Leistungsfähigkeit nicht ausreichend.

Tab. 1: Patentbasierte Analysen des zukünftigen technologischen Reifegrades von automobilen Brennstoffzellensystemen

Autor(en)	Jahr	Methodik	Fokus
Kwon	2011	Patentanalyse	Analyse technologischer Trends von Brennstoffzellenfahrzeugen
Chen et al.	2010	Patentanalyse, S-Kurvenmodell	Entwicklung von Patentzahlen im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen (Zeithorizont 2050)

Eine weitere Alternative zur Einschätzung der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit von automobilen Brennstoffzellensystemen bieten Expertenbefragungen. Die wenigen verfügbaren Delphi-basierten Publikationen in diesem Themenbereich fokussieren jedoch entweder nicht auf die Entwicklung der technologischen Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellentechnologie oder vernachlässigen die automobilen Anwendungen. Studien mit einem Fokus auf technologische Aspekte verwenden Leistungsparameter hauptsächlich, um abstraktere Rückschlüsse auf das allgemeine Markt- oder Technologiepotenzial der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zu tätigen. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der veröffentlichten Studien, die sich mit einer Delphi-basierten Zukunftseinschätzung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie befassen.

Tab. 2: Veröffentlichungen zu Delphi-Studien über die zukünftige technologische Entwicklung von automobilen Brennstoffzellensystemen

Autor(en)	Jahr	Methodik	Fokus
Celiktas & Kocer	2010	Bibliometrische Analyse + SWOT Analyse + 2-stufige Delphi-Studie	Wasserstoffwirtschaft in der Türkei (Zeithorizont: 2035)
Chang et al.	2011	Fuzzy-Delphi-Methode	Bewertung der Wasserstoffproduktionstechnologien
Hart et al.	2009	Quasi-Delphi-Methode (interviewbasiert)	Technologische Hindernisse für Wasserstoff als Kraftstoff für Transportanwendungen
Stevenson	2012	Mehrstufige Delphi-Studie	Bewertung potenzieller Wasserstoffproduktionstechnologien (Zeithorizont: 2050)
Suominen et al.	2011	3-stufige Delphi-Studie	Prognose (Technologie- und Marktparameter) von portablen Brennstoffzellen (Zeithorizont: 2030)

Zusammenfassend zeigt die Analyse verfügbarer Studien in diesem Themenbereich, dass ein Bedarf für eine quantitative Abschätzung der Entwicklung der zukünftigen technologischen Leistungsfähigkeit von FCEV besteht. Wie bereits erwähnt, schließt die fehlende Datenbasis zu der historischen Entwicklung der Leistungsparameter allerdings mathematische Prognosemethoden aus. Alternativ bietet auf Basis der bestehenden Forschung eine Delphi-Studie mit Technologieexperten die Möglichkeit, die zukünftige Leistungsfähigkeit von Automotive-Brennstoffzellen und den damit verbundenen Forschungsbedarf zu ermitteln.

Die vom Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University durchgeführte Delphi-Studie zum Einsatz von Brennstoffzellen im Kraftfahrzeug betrachtet aus diesem Grund einerseits die quantitative Entwicklung von vier identifizierten Parametern, welche die Leistungsfähigkeit des Brennstoffzellensystems determinieren, aktuell einen unzureichenden Entwicklungsstatus aufweisen und somit als kritisch hinsichtlich der Markteinführung zu betrachten sind. Andererseits werden die Gründe genannt, die für eine mögliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit dieser Parameter sprechen. Außerdem wird der Zeitpunkt des Erreichens der von der technologischen Leistungsfähigkeit abhängigen Marktreife abgeschätzt. Zusammenfassend fokussiert sich die Studie auf die drei Untersuchungsfelder:

- Aktuelle und zukünftig erwartete Leistungsfähigkeit von technologischen Schlüsselparametern automobiler Brennstoffzellensysteme.
- Technologische Gründe, die für eine mögliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Schlüsselparameter sprechen.
- Bewertung der technologischen Leistungsparameter hinsichtlich des Zeitpunktes der Marktreife.

3 Delphi-Studie im Kontext quantitativer Prognosen

3.1 Grundlagen des Delphi-Verfahrens

Die Delphi-Methode ist ein mehrstufiges Befragungsverfahren zur Meinungserhebung von Experten. Charakterisierendes Merkmal ist die Rückkopplung der Ergebnisse in einer zweiten oder weiteren folgenden Befragungsrunde (UNIDO 2005). Die Delphi-Methode wurde in den 1950er-Jahren durch die RAND-Corporation in den USA entwickelt und zunächst im militärischen Kontext eingesetzt. Die erste Delphi-Studie im zivilen Bereich wurde 1964 veröffentlicht (Gordon & Helmer 1964). Eine wesentliche Motivation bei der Entwicklung der Delphi-Methode war die Erhebung einer zusammengesetzten Expertenmeinung ohne in Gruppenprozessen auftretende verzerrende Nebeneffekte, z. B. Meinungsführerschaften durch dominante Personen. Die Anonymität gewährleistet einen Schutz vor Prestigeverlust bei unsicheren Entscheidungen oder möglichen Meinungsänderungen (Linstone & Turoff 1975).

In einer Delphi-Studie beantworten im Allgemeinen mehrere Experten anonym einen Fragebogen zu einem Prognosethema. Üblich ist eine Teilnehmerzahl von mindestens 15–30 Teilnehmern, es gibt aber durchaus auch Delphi-Studien mit dreistelligen Teilnehmerzahlen. Die Ergebnisse der ersten Befragungsrunde werden ausgewertet und den Teilnehmern anschließend mitgeteilt, um diese zu den Ergebnissen Stellung nehmen zu lassen und eventuelle Modifikationen ihrer Aussagen zu ermöglichen. Eine Delphi-Studie besteht aus mindestens zwei Befragungsrunden, die finale Anzahl der Befragungsrunden ist abhängig von dem Abbruchkriterium, z. B. dem Konsenskriterium oder der Bildung einer stabilen Gruppenmeinung, sowie zeitlichen und finanziellen Grenzen (Scheibe et al. 2002; Geschka 1995; Schulz & Renn 2009). Generell ist eine Delphi-Befragung für nahezu jede, insbesondere langfristig orientierte prognostische Aussage einsetzbar, wobei sich teilweise dezidierte Formen der Delphi-Methodik herausgebildet haben. Durch die steigende Komplexität in der Entscheidungsfindung aufgrund einer zunehmenden Anzahl und Vernetzung von relevanten Einflussfaktoren nimmt die Nutzung der Delphi-Methode seit der letzten Dekade zu (Häder 2009).

Die Delphi-Methode zeichnet sich durch eine sehr gute Kombinierbarkeit mit anderen Prognosemethoden aus, die u. a. zur Vorbereitung der Delphi-Befragung, zur Validierung oder zur Weiterverarbeitung der erhobenen Daten genutzt werden können. Beispiele für kombinationsgeeignete Methoden sind Cross-Impact-Analyse, Data Mining, Entscheidungsanalyseverfahren oder Relevanzbäume (Gordon 1994).

Die Delphi-Methode unterliegt bis heute einer umfangreichen und thematisch vielfältigen methodenevolutionären wissenschaftlichen Behandlung. Dabei wird die Methode sowohl durch die Anwendung in neuen inhaltlichen Anwendungsfeldern und daraus resultierende Erkenntnisse als auch durch externe Einflüsse auf die Operationalisierung und Methodenanwendung, z. B. durch neue technologische Möglichkeiten, weiterentwickelt. Aufgrund der thematischen Fokussierung des Papers erfolgt an dieser Stelle keine vollständige Erhebung der Entwicklungsfelder. Beispiele für aktuelle Forschungsthemen sind:

- Zunehmende Möglichkeiten der Digitalisierung der Methode durch intra- und internetbasierte Anwendung (z. B. Geist 2010).
- Teilnehmerorientierte Mechanismen und Maßnahmen sowie Applikation von Datenanalyseverfahren zur Erhöhung der Ergebnisqualität (z. B. Bolger & Wright 2011; Bolger et al. 2011).
- Strukturierte Kombinationsmöglichkeiten der Delphi-Technik mit anderen Methoden (z. B. Landeta et al. 2011).
- Real Time Delphi-Studien (z. B. Gnatzy et al. 2011; Gordon 2009a; Gordon & Pease 2006).
- Weitergehende Systematisierung und Standardisierung von Delphi-Studien (z. B. Okoli & Pawlowski 2004).

Gleichzeitig werden sowohl methodentheoretisch als auch anwendungsorientiert Schwächen der Delphi-Methode diskutiert, die unter anderem die Auswahl und Qualitätsbewertung der teilnehmenden Experten, die generelle Infragestellung des Konsenskriteriums, die Schwierigkeit einer Prüfung der Methodengenauigkeit oder statistischer Effekte umfassen. Für eine zusammenfassende Diskussion der methodischen Schwächen und Grenzen siehe Landeta (2006) sowie Scapolo und Miles (2006).

3.2 Anwendung des Delphi-Verfahrens zur Prognose quantitativer Daten

Die Delphi-Methodik zur Externalisierung von informellem, fundiertem Expertenwissen wird sowohl für die Erhebung von qualitativen als auch quantitativen Informationen genutzt. Qualitative, in Delphi-Studien erfasste Informationen können zum Beispiel technologische Innovationsfelder oder Zukunftsrichtungen mit einer hohen volkswirtschaftlichen Relevanz sein, die in politischen Konsultations- und Planungsprozessen im Sinne des Foresight identifiziert werden. Beispiele für quantitative Informationen sind Zeitpunkte oder Wahrscheinlichkeiten für den Eintritt eines Ereignisses wie die bemannte Exploration von Planeten oder das Auftreten von Katastrophen.

Bei der Prognose quantitativer Daten werden in einer Delphi-Studie mit oder ohne Vorgabe von Antwortoptionen die Einschätzungen von Experten zum jeweiligen Erwartungswert erhoben und anschließend statistisch ausgewertet. Es resultieren quantitative Häufigkeitsverteilungen zu den Antworten, die eine Eingrenzung des wahrscheinlichen Wertebereiches in Form von Erwartungswerten zulassen. Beispielsweise lässt die Frage nach dem Zeitpunkt des ersten Ausbruches einer Epidemie in einer definierten geografischen Region eine zeitliche Eingrenzung des möglichen Auftretens zu. Neben dieser Ergebnisform quantitativer Delphi-Studien, die in der Mehrzahl der Veröffentlichungen als quantitative

Delphi-Studie verstanden wird, ist prinzipiell auch die direkte Erhebung quantitativer Datenpunkte möglich. Beispiele hierfür sind erreichbare Stände von Leistungsindikatoren oder erwartete Verbreitungskennzahlen (Geschka 1977).

Während die Anwendung der Delphi-Methode zur Erhebung qualitativer Informationen anerkannt ist, wird die Anwendung zur Erhebung quantitativer Daten kontrovers diskutiert. Der Diskurs ist vornehmlich im Anwendungsfeld der Erhebung statistischer Antworthäufigkeiten angesiedelt und adressiert als zentralen Punkt die Reliabilität der erhobenen Daten, z. B. im Kontext der Auswahl und Eignung der befragten Experten, sowie die Ergebnisqualität im Vergleich zu alternativen quantitativen Prognoseverfahren oder statistischen Datenerhebungen (Sackman 1975; Woudenberg 1991; Hasson & Keeney 2011; Nowack et al. 2011). Dabei ist auch die Konsensorientierung in der zweiten oder weiteren Befragungsrunden zentraler Kritikpunkt. Durch die Mitteilung der zusammengeführten Ergebnisse früherer Befragungsrunden entsteht ein Konformitätsdruck, der das Aufrechterhalten extremer Meinungen erschwert (Loo 2002).

Die Delphi-basierte direkte Abfrage quantitativer Datenpunkte wird von einer geringeren Anzahl von Veröffentlichungen wissenschaftlich behandelt. Das liegt u. a. daran, dass eine direkte Nennung von Erwartungen, z. B. zu dem zukünftigen Marktvolumen eines Produktes, die Nachvollziehbarkeit der entscheidungsrelevanten Einflussfaktoren und der Entscheidungswege der Teilnehmer verhindert. Alternativ werden die Abfrage der Entscheidungsfaktoren und die anschließende Nutzung der Informationen in einer quantitativen Methode wie der Trend-Impact-Analysis empfohlen (Gordon 2009b). Bei der Erhebung quantitativer Datenpunkte resultiert daraus somit eine Unsicherheit bezüglich der Nachvollziehbarkeit und folglich Belastbarkeit der Aussagen, die sich letztlich auf die Ermittlung der Reliabilität im Sinne einer informationellen Reproduzierbarkeit auswirken (Amara & Lipinski 1972; Vorgrimler & Wübben 2003).

Die veröffentlichten methodischen Diskussionen zielen vorwiegend auf die Limitationen der Delphi-Methodik bei Anwendung zur quantitativen Prognose ab. Auf Basis dieser Limitationen werden für die Durchführung einer Delphi-Studie Empfehlungen für die Expertenauswahl, Befragungsdurchführung und Ergebnisauswertung gegeben, die zur Gewährleistung eines validen und reliablen Prognoseergebnisses beitragen. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte im Studienlayout ist die Delphi-Methode als ein geeignetes Medium zur Prognose quantitativer Daten anzusehen, insbesondere wenn aufgrund einer unzureichenden historischen Datenbasis die Anwendung alternativer quantitativer Prognosemethoden, z. B. Trendextrapolation, nicht möglich ist.

Für die Durchführung einer quantitativen Delphi-Studie zur Bewertung der zukünftigen Entwicklung von Leistungsparametern technischer Systeme wie automobilen Brennstoffzellensystemen ergeben sich weitere Besonderheiten, die in der Studiendurchführung zur Gewährleistung einer hohen Ergebnisqualität genutzt werden können. So sind technische Systeme und die zugehörigen technischen Leistungsparameter grundsätzlich durch eine gute Einschätzbarkeit von technischen Mindest- oder Maximalwerten gekennzeichnet. Beispielsweise kann für ein technisches System in einer definierten Applikation und Konfiguration der maximale theoretische Wirkungsgrad oder die maximale theoretische Leistung aufgrund physikalischer, thermodynamischer oder sonstiger Limitationen ermittelt werden. Damit können eventuelle extreme Antworten eingeschätzt werden und es besteht die Möglichkeit zur Qualitätskontrolle, sofern, wie oben empfohlen, neben dem quantitativen Erwartungswert auch Gründe für die Einschätzung abgefragt werden. Die Begründung der extremen Antwort ermöglicht Rückschlüsse auf eine eventuell vorliegende Fehlinterpretation der technologischen Rahmenbedingungen durch den Teilnehmer.

Die Besonderheiten des methodischen und inhaltlichen Layouts werden nachfolgend am konkreten Beispiel der durchgeführten Delphi-Studie diskutiert.

4 Methodisches und inhaltliches Layout der durchgeführten Delphi-Studie

4.1 Methodisches Layout und Datenreferenzierung

Für die Qualität der Delphi-Studie ist eine fundierte Recherche der Systemzusammenhänge und bestehenden Leistungsfähigkeit des Systems unerlässlich. Diese dient u. a. der Identifikation der in der Expertenbefragung zu behandelnden kritischen quantitativen Leistungsparameter (Key Performance Indicators, KPI) und unterstützt die Ausgestaltung der inhaltlichen Fragen und Antwortoptionen. In der späteren Auswertung der Befragung hilft sie in Kombination mit dem tiefen technologischen Systemverständnis und der Kenntnis technischer Mindest- und Maximalwerte im Sinne einer Qualitätskontrolle, mögliche extreme Antworten einzuschätzen. Somit können bei der Nennung unrealistisch erscheinender Werte die Gründe für die Erwartung abgefragt werden und expertenseitige Annahmen und Beweggründe hinterfragt werden.

Die durchgeführte Delphi-Studie besteht aus zwei internetbasierten Befragungsrunden. Dies ermöglicht neben einer hohen Zeiteffizienz (Befragungsdauer im konkreten Anwendungsfall 10–20 Minuten) die Option, die Bearbeitung des Fragebogens zu unterbrechen, was gegebenenfalls die Motivation zur Teilnahme steigert. Die Ergebnisse der ersten Befragungsrunde werden ausgewertet und den Teilnehmern mitgeteilt, um ihnen die Möglichkeit zu geben, zu den Ergebnissen Stellung zu nehmen und eventuelle Modifikationen ihrer Aussagen vorzunehmen. Insbesondere extreme Ergebnisse, die wegen physikalischer, thermodynamischer oder sonstiger Limitationen in einer automobilen Applikation von Brennstoffzellensystemen unrealistisch erscheinen, können in der zweiten Befragungsrunde von den Experten beurteilt werden. Ein zentraler Grund für die Limitierung der Studie auf zwei Befragungsrunden liegt in der geringen Teilnehmerzahl der zweiten Runde. Diese Teilnehmerzahl der zweiten Runde lässt darauf schließen, dass eine ausreichende Teilnehmerzahl in weiteren Runden möglicherweise nicht erreichbar gewesen wäre. Damit wird das Konsenskriterium als Abbruchkriterium nicht direkt angewendet, sondern eine stabile Gruppenmeinung angestrebt, die auch einzelne, extreme Meinungen weiterhin zulässt. Es wird somit berücksichtigt, dass aufgrund der eingeschränkten Teilnehmerzahl eine komplexe statistische Auswertung schwierig ist, einzelne Teilnehmer eine Extremmeinung trotz einer ausführlichen Beschreibung technischer Grenzen des definierten Referenzsystems beibehalten können und damit Lernprozesse nicht vollständig ausgeprägt sind.

Als Zeithorizont der Delphi-Studie werden die Jahre 2020 und 2030 gewählt. Die Studie ist als mittel- bis langfristig einzuordnen, unterliegt damit naturgemäß einer höheren Unsicherheit und dient als generelles Orientierungswissen (Kreibich 2006). Ursächlich für die Wahl des Zeithorizontes sind die Informationsbedarfe der am Planungsprozess für eine großskalige Markteinführung beteiligten Akteure. Entscheidungsträgern aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft wird mit den generierten Ergebnissen Unterstützung gegeben, sich auf die Gegebenheiten des Marktes einzustellen und frühzeitig Handlungsstrategien zu entwickeln, z. B. im Hinblick auf politische Infrastruktur- und Forschungsziele.

Das technische Referenzsystem legt die Rahmenbedingungen für die Beurteilung der zukünftigen Entwicklung der Prognoseparameter durch die befragten Experten fest und stellt

in der Auslegung der Delphi-Studie einen zentralen Punkt zur Generierung valider Ergebnisse dar. Es wird mittels eines Vergleichs verschiedener Antriebsoptionen und bestehender Wasserstofffahrzeuge und Fahrzeugstudien ermittelt und stellt die realistischste Technologieoption dar. Als technisches Referenzsystem wird die genaue Antriebskonfiguration des Wasserstofffahrzeuges, z. B. der Brennstoffzellentyp und die verwendete Bereitstellungsform des Kraftstoffes, definiert.

4.2 Inhaltliches Layout und Datenreferenzierung

Für die definierte Referenzantriebsstruktur werden die prinzipiellen Systemanforderungen für eine erfolgreiche Serieneinführung erarbeitet und darauf aufbauend technologische Schlüsselparameter (KPI) abgeleitet und ausgewählt. In der Delphi-Studie werden diejenigen Leistungsparameter als kritisch und demnach als relevant für die Befragung identifiziert, deren aktuelle Leistungsfähigkeit den prinzipiellen Systemanforderungen noch nicht genügt (vgl. Kapitel 2). Für die Auswahl der Systemparameter bietet sich aufgrund der Vielzahl von Antriebskonfigurationen und der Vielfalt technologischer Bewertungsmöglichkeiten eines Antriebssystems eine große Menge potenzieller Bewertungsparameter. In der Auswahl der tatsächlich genutzten Parameter schränkt zunächst die Anforderung der Unabhängigkeit der Parameter die Auswahl deutlich ein (vgl. Kapitel 2.2). Dies führt zu einem Ausschluss von indirekten Parametern, die in ihrer Leistungsfähigkeit die primären Parameter beeinflussen. Weiterhin beschreiben nur wenige der unabhängigen Bewertungsparameter die Brennstoffzelle auf Systemebene und unabhängig von der konkreten technischen Umsetzung. Letztlich ist für einige Bewertungsparameter der heutige technische Leistungsstand bereits ausreichend für eine Marktetablierung und damit unkritisch. Der Untersuchungsbereich der Studie ist somit auf vier unabhängige Bewertungsparameter auf Systemebene fokussiert, die hinsichtlich ihrer aktuellen Leistungsfähigkeit als kritisch einzuschätzen sind. Unter Berücksichtigung der ermittelten aktuellen Leistungsfähigkeit werden der Wirkungsgrad, die spezifische Leistung, die Leistungsdichte und die Lebensdauer als kritische Schlüsselfaktoren für Brennstoffzellensysteme in Fahrzeugen in der Delphi-Befragung berücksichtigt. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der relevanten Leistungsparameter eines Brennstoffzellensystems im Fahrzeug.

Tab. 3: Leistungsparameter von Brennstoffzellen und Entwicklungsziele

Parameter	Beschreibung	Zielwert	Definiert durch
Wirkungsgrad	Verhältnis aus nutzbarer Energie zu Energie des Brennstoffs	60 %	Konkurrenztechnologie / institutionell
Leistungsdichte	Verhältnis aus Leistung des Systems und Bauvolumen	0,85 kW/l	institutionell
Spezifische Leistung	Verhältnis aus Leistung des Systems und Systemgewicht	0,65 kW/kg	Konkurrenztechnologie / institutionell
Lebensdauer	Betriebsstunden bis zu definiertem Leistungsverlust des Systems	5.000 h	institutionell

Die Ausgestaltung der inhaltlichen Fragen setzt ein fundiertes Verständnis der technologischen Funktionsweise und der Abhängigkeiten der Parameter des Brennstoffzellensystems sowie eine extensive Recherche des möglichen Wertebereichs der Parameter voraus. Die Fragebögen werden dann derart gestaltet, dass geeignete Kombinationen von vorgegebenen und offenen Antwortmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden, um einen konditionierenden Einfluss auf die Teilnehmer minimal zu halten.

Abbildung 2 zeigt das Fragenlayout zur aktuellen und zukünftig erwarteten Leistungsfähigkeit der vier behandelten technischen Parameter. Die Experten haben die Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit des Parameters nach dem heutigen Stand der Technik und für die Jahre

2020 und 2030 anhand von Wertebereichen einzuschätzen. Zur Vermeidung einer Einschränkung der Teilnehmer in den Antwortmöglichkeiten dienen die offenen Eingabefelder am Anfang und Ende der Antwortskala. Teilnehmer, deren Meinung nicht mit dem vorgegebenen Wertebereich übereinstimmt, können freie Werte angeben.

5. How do you assess the current maximum efficiency of an automotive PEM fuel cell system (~ 100kW) and its future development?

Please indicate the range of values that reflects your opinion. If your estimation is lower or higher than the listed range of values, please enter a value in the provided field (<50% / >60%). Only choose **one option per line**.

	<50%	50% - 52%	>52% - 54%	>54% - 56%	>56% - 58%	>58% - 60%	>60%
today	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2020	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2030	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

7. How do you assess the current maximum achievable specific power [kW/kg] of an automotive PEM fuel cell system (~100kW) and its future development?

Please indicate the range of values that reflects your opinion. If your estimation is lower or higher than the listed range of values, please enter a value in the provided field (<0.4kW/kg / >1.4kW/kg). Only choose **one option per line**.

[kW/kg]	<0.4	0.4-0.5	>0.5-0.6	>0.6-0.7	>0.7-0.8	>0.8-0.9	>0.9-1.0	>1.0-1.1	>1.1-1.2	>1.2-1.3	>1.3-1.4	>1.4
today	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2020	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2030	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

9. How do you assess the current maximum achievable specific power [kW/l] of a PEM fuel cell system (~100kW) and its future development?

Please indicate the range of values that reflects your opinion. If no suitable range is listed, please enter a value in the provided field (<0.4kW/l / >4.0kW/l). Only choose **one option per line**.

[kW/l]	<0.4	0.4-0.8	>0.8-1.2	>1.2-1.6	>1.6-2.0	>2.0-2.4	>2.4-2.8	>2.8-3.2	>3.2-3.6	>3.6-4.0	>4.0
today	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2020	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2030	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

11. How do you assess the current maximum achievable durability [h] of a PEM fuel cell system (~100kW) in an automotive application and its future development?

Please indicate the range of values that reflects your opinion. If your estimation is lower or higher than the listed range of values, please enter a value in the provided field (<1000h / >5000h). Only choose **one option per line**.

[h]	<1000	1000-1500	>1500-2000	>2000-2500	>2500-3000	>3000-3500	>3500-4000	>4000-4500	>4500-5000	>5000
today	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2020	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
2030	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 2: Erhebung der quantitativen Leistungsfähigkeit der betrachteten Systemparameter

Die Abfrage der Begründungen für eine mögliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Systemparameter dient zum einen als Möglichkeit zur Qualitätskontrolle und zum anderen als zweites Untersuchungsfeld der Studie zur Analyse der relevanten technologischen Forschungsfelder für eine Verbesserung von Brennstoffzellensystemen in Automobilen.

In einem dritten Untersuchungsfeld wird der Einfluss der technischen Leistungsparameter auf die Marktreife der Brennstoffzelle abgefragt (vgl. Abbildung 3). Die Bewertung der technischen Einflussfaktoren des Brennstoffzellensystems erfolgt durch die Zuordnung des jeweiligen Faktors zu einem Quadranten der Bewertungsmatrix, die durch die Dimensionen des Entwicklungsstandes des Parameters und der Relevanz für eine erfolgreiche Markteinführung von FCEV aufgespannt wird (Portfoliobewertung). Das Portfolio zeigt im

Quadranten III Parameter, die nach Expertenmeinung die höchste F&E-Kritikalität, d. h. den höchsten Forschungs- und Entwicklungsdruck, für eine Markteinführung aufweisen.

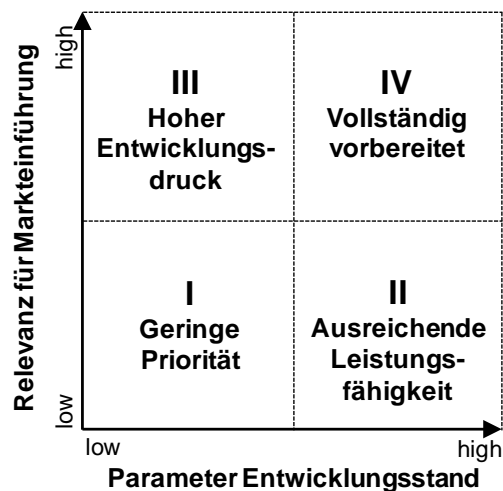


Abb. 3: Portfoliobewertung technischer Einflussfaktoren

4.3 Teilnehmerstruktur

In der Auslegung der Stichprobe der Befragten wird die Auswahl der Adressaten nach verschiedenen Kriterien festgelegt. Als Experten sollten die Teilnehmer über Fachwissen, Überblickswissen in Nachbardisziplinen und Kommunikationsbereitschaft verfügen, wobei die Stichprobe keine Repräsentativität im statistischen Sinne bezweckt (Steinmüller 1997). Die ausreichende Heterogenität der Stichprobe wird durch die Berücksichtigung von Experten aus fünf verschiedenen Interessengruppen sichergestellt: Universitäten und Forschungsinstitute repräsentieren den Bereich der akademischen Forschung. Hersteller (OEM) von mit Wasserstoff betriebenen Kraftfahrzeugen können aufgrund ihres hohen Praxisbezugs den Antriebsstrang in der automobilen Applikation bewerten. Zulieferer von automobilen Brennstoffzellensystemen besitzen ein hohes komponentenbezogenes Wissen. Wasserstoffverbände und -vereinigungen bilden Dachorganisationen, die sich für den Einsatz von Wasserstoff als Energieträger einsetzen, ihren Mitgliedern aber auch den Wissens- und Informationsaustausch über alle Aspekte der Nutzung von Wasserstoff ermöglichen. Regularien, Gesetze und Förderprogramme werden von politischen Organisationen festgelegt, die damit auch Marktvorbereitungsprogramme für Produkte und Anwendungen aus dem Technologiefeld Wasserstoff koordinieren und steuern.

Insgesamt wurden innerhalb der definierten Expertengruppen 200 Experten aus 20 Ländern identifiziert und zur Teilnahme an der Delphi-Studie eingeladen. Unter anderem waren dies hochkarätige Referenten bei Wasserstoffkonferenzen, Projekt- und Abteilungsleiter bei OEM und Zulieferer mit Bezug zu FCEV sowie Autoren von Fachpublikationen.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung des institutionellen Hintergrunds der Experten der Delphi-Befragung und die Stichprobenumfänge der einzelnen Befragungsrunden. Die Verteilung des institutionellen Hintergrunds der Experten in der ersten und zweiten Befragungsrunde der Delphi-Studie basiert aufgrund der Anonymität der Befragung auf eigenen Angaben der Teilnehmer. Die Rücklaufquote der ersten Befragungsrunde liegt im Erwartungsbereich kalt akquirierter Befragungen von ca. 10 %, die aufgrund fehlender direkter Zugriffsmöglichkeiten auf mögliche Teilnehmer eher gering ausfällt. Vor allem für die zweite und mögliche folgende Befragungsrunde(n) stellt der fehlende direkte Teilnehmerzugriff eine Herausforderung dar und ist im Anwendungsfall ein wesentlicher Grund für den Verzicht auf weitere

Befragungsrunden. Der reduzierten Teilnehmerzahl der zweiten Befragungsrunde der durchgeführten Delphi-Studie wird hinsichtlich der angestrebten Ergebnisqualität Rechnung getragen, indem die zweite Befragungsrunde ausschließlich zur Validierung von in der ersten Runde erhobenen Daten und der Erreichung einer stabilen Gruppenmeinung (unter möglicher Beibehaltung einzelner Extrempositionen), nicht aber zur Erhebung neuer Daten genutzt wird.

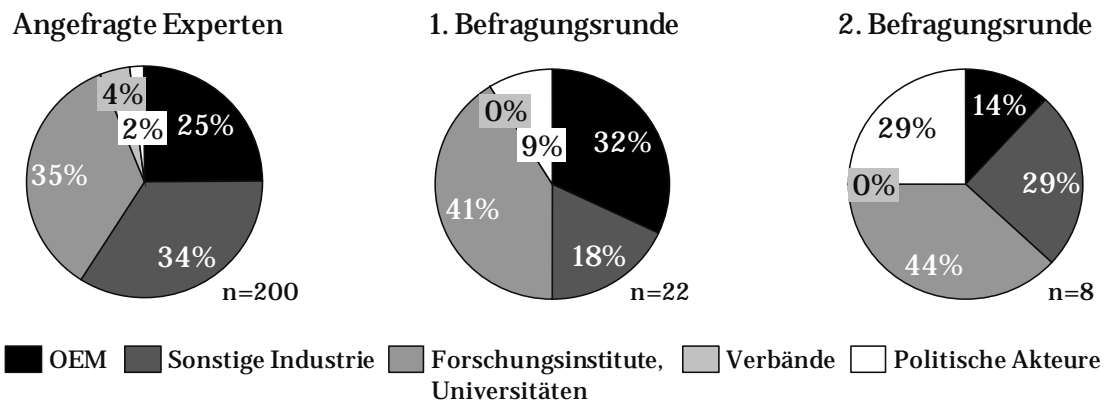


Abb. 4: Institutioneller Hintergrund angefragter und teilnehmender Experten

Durch die geringe Teilnehmeranzahl in der zweiten Befragungsrunde der durchgeführten Erhebung reduziert sich der definitorische Unterschied zwischen einer Delphi-Befragung und einer konventionellen Expertenbefragung. Die Nutzung der aggregierten, aufbereiteten Ergebnisse zur Rückübertragung an die Teilnehmer und anschließende Erzielung einer stabilen Gruppenmeinung nach Rückspiegelung der Expertenmeinungen an alle Teilnehmer differenziert die durchgeführte Informationsgenerierung jedoch von konventionellen Expertenbefragungen. Die durchgeführte zweite Befragungsrunde ermöglicht im Vergleich zu konventionellen Expertenbefragungen trotz der geringen Teilnehmerzahl und der geringen statistischen Belastbarkeit hochwertigere und weitreichendere Ergebnisse. Somit ist die Benennung der durchgeführten Befragung als Delphi-Studie valide, zumal wesentliche Charakteristika der Delphi-Methode wie die Beurteilung des Sachverhaltes durch die Teilnehmer unter Einfluss der Meinungen der übrigen Experten erfüllt sind (Cuhls 2009).

5 Ergebnisse der Delphi-Studie zum Einsatz von Brennstoffzellen im Kraftfahrzeug

Für den Schlüsselparameter Systemwirkungsgrad wird von den Experten im Mittel ein Wirkungsgrad von 56 % im Jahr 2020 und 59 % im Jahr 2030 vorhergesagt und somit eine Steigerung der Leistungsfähigkeit im Vergleich zum heutigen Stand der Technik erwartet (vgl. Abbildung 5). Der mit 60 % definierte Zielwert des Systemwirkungsgrades wird der Experteneinschätzung folgend bis 2030 nicht erreicht. Die Streuung der erwarteten Werte weist jedoch auf eine Prognoseunsicherheit und auf unterschiedliche Sichtweisen der Experten hin. Einen Erklärungsansatz für die variierenden Einschätzungen des Wirkungsgrades durch die Experten und somit die Ergebnisstreuung können die Betriebsbedingungen bzw. der angenommene Hybridisierungsgrad des FCEV bieten: Die Lastprofile sind abhängig vom Hybridisierungsgrad, je größer dieser ausfällt, desto stationärer kann die Brennstoffzelle im Bereich des höchsten Wirkungsgrades betrieben werden, der Systemwirkungsgrad steigt. Dieser Ansatz kann die divergierenden Experteneinschätzungen des maximalen Wirkungsgrades aktueller Brennstoffzellensysteme

erklären, die zwischen 45 % und 62 % streuen. Einzelne Experten erwarteten einen Wirkungsgrad von Brennstoffzellensystemen von bis zu 70 % bis zum Jahr 2030. Konkret wird die Abweichung vom 75 % Quartil jedoch nur von zwei Experten verursacht. Während ein Experte 65 % als maximalen Wirkungsgrad ansieht, erwartet ein anderer Teilnehmer 70 %. Dieser vom Median deutlich abweichende Extremwert wird in der zweiten Befragungsrunde reflektiert und von 88 % der Teilnehmer als unrealistisch eingeschätzt.

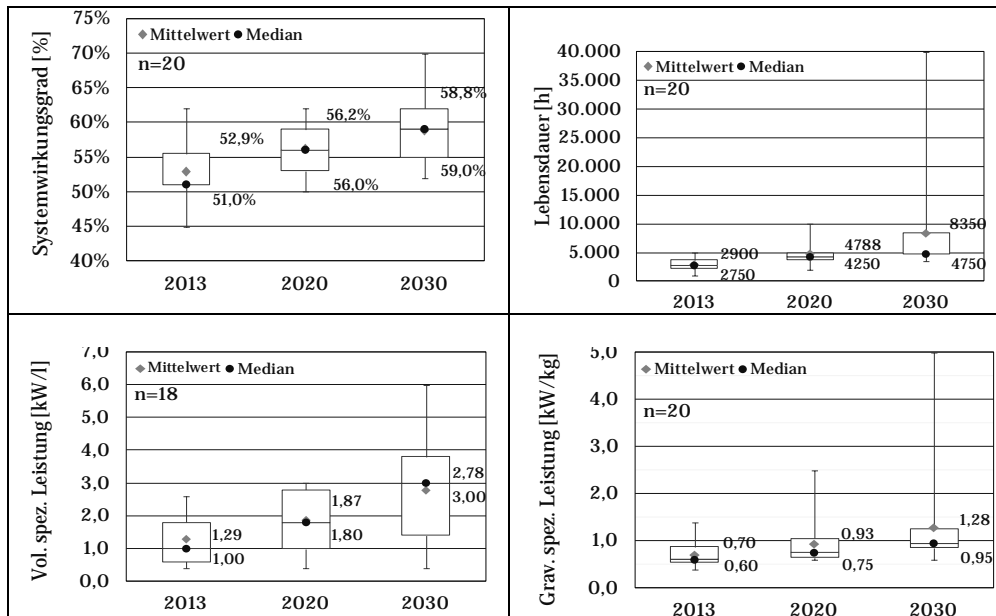


Abbildung 5: Experteneinschätzung der zukünftigen Entwicklung der Schlüsselparameter

Die Lebensdauer aktueller Brennstoffzellensysteme beträgt gemäß Experteneinschätzung zwischen 1.000 und 5.000 Stunden. Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit der im Vorfeld der Studie durchgeführten Datenrecherche zeigt, dass somit die Einschätzungen einiger Experten hinsichtlich der Lebensdauer unter dem heute erreichbaren Leistungsniveau von Brennstoffzellensystemen liegen. Der institutionell definierte Zielwert von 5.000 Stunden wird gemäß der Delphi-Studie ungefähr ab dem Jahr 2020 erreicht. Für das Jahr 2030 streuen die Antworten der Experten in einem großen Wertebereich von 3.500 bis 40.000 Stunden. Der WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) wird voraussichtlich 2017 den heutigen Zyklus zur normierten Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs von Neufahrzeugen in der EU ersetzen. Im Fahrprofil des WLTP entsprechen 5.000 Betriebsstunden einer Fahrleistung von 232.500 Kilometer, die von einzelnen Experten erwarteten 40.000 Stunden hingegen etwa 1,86 Millionen Kilometer, was die Auslegungsgröße von automobilen Antriebssystemen um ein Vielfaches übersteigt. In der zweiten Befragungsrunde wird aus diesem Grund dieser Höchstwert von der Mehrheit der Teilnehmer als nicht realistisch für ein Brennstoffzellenfahrzeug bewertet. Ein Erklärungsansatz für die Streuung der Ergebnisse oberhalb und unterhalb des Median (und damit für die Nennung einer Lebensdauer unterhalb des heutigen Leistungsstandes) bietet das Ermittlungsverfahren der Lebensdauer. Die maximale Lebensdauer eines Brennstoffzellensystems kann im Labor oder im Feldversuch ermittelt werden. Im Labor sind Lastprofile, Gasflussraten, Befeuchtungslevel sowie Temperatur und Qualität der Reaktionsgase Wasserstoff und Umgebungsluft genau kontrollierbar. Im Feldversuch variieren z. B. die benutzerspezifischen Lastprofile, die Temperatur und die Luftqualität. Die im Labor ermittelte Lebensdauer von Brennstoffzellensystemen ist aus diesem Grund auch beim Test mit zyklischen Lastprofilen höher als die in der Praxis realisierbare Haltbarkeit.

Die teilnehmenden Experten der Delphi-Studie bewerten die maximale Leistungsdichte eines aktuellen PEM-Brennstoffzellensystems in einer automobilen Anwendung zwischen 0,4 kW/l und 2,6 kW/l. Die große und für die zukünftigen Referenzzeitpunkte 2020 und 2030 weiter zunehmende Streuung der Ergebnisse und die großen Wertebereiche von unterem und oberem Quartil weisen auf eine hohe Prognoseunsicherheit der Experten hin. Mittelwert und Median zeigen eine positive Entwicklung bis 2030. Die Mehrheit der Experten erwartet eine geringere Leistungsdichte als 4 kW/l bis 2030, ein einzelner Experte erwartet eine Leistungsdichte von 6 kW/l. Dies wird von den Teilnehmern der zweiten Runde mehrheitlich als nicht realistisch eingeschätzt, sodass in der finalen Einschätzung der zukünftigen Leistungsfähigkeit eine Vernachlässigung der extremen, aber offensichtlich nicht realistischen Parameterquantifizierung eine realistischere Systembewertung zulässt. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse eine sehr optimistische Bewertung der Entwicklung des Parameters Leistungsdichte, die Leistungsfähigkeit wird bis 2020 als ausreichend für eine erfolgreiche Markteinführung von FCEV von den Experten angenommen.

Aktuelle Brennstoffzellensysteme erreichen laut teilnehmenden Experten eine spezifische Leistung von 0,4 bis 1,4 kW/kg. Oberes und unteres Quartil decken nur kleine Wertebereiche ab, die weite Streuung der Ergebnisse ist somit auf die Antworten weniger Experten zurückzuführen. Die Zunahme der Streuung weist hingegen erneut auf eine Prognoseunsicherheit einzelner Teilnehmer hin. Für das Jahr 2030 zeigen die Antworten eine sehr große Spannweite und der von einem Experten maximale erwartete Wert liegt mit 5 kW/kg um den Faktor 8 über dem angegebenen Minimum. Alle Teilnehmer der zweiten Befragungsrunde halten diesen maximalen Wert der spezifischen Leistung für unerreichbar in einem FCEV. Die singular bedingte breite Streuung und die Reflexion der Ergebnisse in der zweiten Befragungsrunde lassen in der finalen Einschätzung der zukünftigen spezifischen Leistung unter Vernachlässigung der einzelnen extremen Parametereinschätzung eine realistischere Systembewertung zu.

Neben der Einschätzung der zukünftigen Entwicklung der definierten Leistungsparameter beurteilt die Delphi-Studie technische Einflussfaktoren auf die Marktreife der Brennstoffzelle mittels eines portfoliobasierten Bewertungsansatzes. Die Experten bewerten die Parameter Lebensdauer, Leistungsdichte sowie spezifische Leistung mehrheitlich als kritische Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Marktablierung von FCEV und ordnen diesen den höchsten Forschungs- und Entwicklungsdruck zu (vgl. Abbildung 6). Eine ausreichende Leistungsfähigkeit der Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Markteinführung von FCEV wird von der Mehrheit der Experten bis zum Jahr 2020 erwartet.

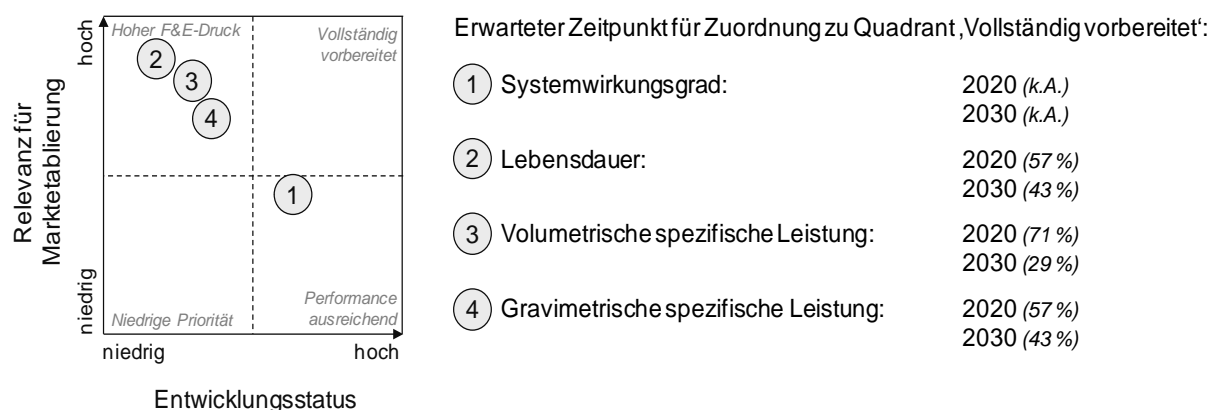


Abb. 6: Portfoliobewertung der Leistungsparameter von FCEV [n=19]

6 Erkenntnisse

6.1 Erkenntnisse zur Stichprobe und Ergebnisvalidität

Die Zusammensetzung und der Umfang der Stichprobe stellen wichtige Einflussfaktoren auf der Qualität der Studienergebnisse dar. Der Umfang der Stichprobe wird durch das Verhältnis der tatsächlichen Teilnehmer zu den eingeladenen Experten determiniert. Die Anzahl der eingeladenen Experten sollte deshalb insbesondere bei kalt akquirierten Delphi-Studien hoch sein, ohne bei der Auswahl potenzieller Teilnehmer die Qualität der Experten zu vernachlässigen. Dabei kann die Zahl der Teilnehmer durch Anreize erhöht werden. In der im vorliegenden Artikel beschriebenen onlinebasierten Delphi-Studie lag die Teilnehmerquote bei ca. 11 %, als Teilnahmeanreiz wurde die Bereitstellung der ausgewerteten Studienergebnisse genutzt.

Der im Vergleich zu anderen quantitativen Befragungsmethoden wie der quantitativen Marktforschung geringere Stichprobenumfang führt zu einem signifikanten Einfluss einzelner extremer Antworten auf das Gesamtergebnis. Eine Möglichkeit zur Analyse dieses Einflusses ist die Auswertung sowohl des Mittelwertes als auch des Median und des unteren und oberen Quartils der quantitativ erhobenen Datenpunkte. Während der Mittelwert aufgrund einzelner Ausreißer stark verzerrt werden kann, bietet der Median durch die Abbildung des 50 % Quartils eine hohe Robustheit gegenüber extremen quantitativen Einschätzungen einzelner Teilnehmer.

Bei der durchgeführten Delphi-Studie mit einer deutlich reduzierten Grundgesamtheit der Teilnehmer an der zweiten Befragungsrunde ist die Validierung der Ergebnisse der ersten Runde stark von den spezifischen Teilnehmern abhängig. Nehmen beispielsweise gerade diejenigen Experten mit extremen, teilweise sogar technisch widerlegbaren Meinungen auch in der zweiten Befragungsrunde mit einer geringeren Teilnehmerzahl teil, so besteht das Risiko einer zusätzlichen Akzentuierung dieser Ergebnisse. Im entgegengesetzten Fall nehmen Vertreter von Extrempositionen nicht an der zweiten Befragungsrunden teil, sodass keine Möglichkeit besteht, von diesen Experten weitere Gründe für ihre Einschätzung abzufragen. In diesem Fall werden extreme Meinungen in der zweiten Befragungsrunde konsensorientiert ausgeschlossen. Konkret wurde die zukünftige technologische Leistungsfähigkeit mit Ausnahme eines Teilnehmers von allen Teilnehmern der zweiten Befragungsrunde vergleichbar eingeschätzt und damit die mehrheitliche Meinung der ersten Befragungsrunde bestätigt. Die durch einen Teilnehmer auch in der zweiten Befragungsrunde vertretene (und von den anderen Teilnehmern als unrealistisch eingeschätzte) Extremmeinung konnte aufgrund der technischen Limitation des Brennstoffzellensystems ausgeschlossen werden. Generell wurde damit bewusst keine Häufigkeitsverteilung zwischen vorgegebenen Antwortalternativen angestrebt, sondern die Benennung eines spezifischen Erwartungswertes, welcher durch statistische Analysen (z. B. Median) ermittelt werden kann und Extremmeinungen adäquat, aber nicht überhöht berücksichtigt.

In der durchgeführten Delphi-Befragung war den Teilnehmern die Teilnahme an der zweiten Befragungsrunde freigestellt, die Bereitschaft zur Teilnahme wurde entsprechend abgefragt. Mittels der in der ersten Befragungsrunde erhobenen Daten ist somit nachvollziehbar, welche der Experten den Fragebogen der zweiten Befragungsrunde erhalten haben. Rückschlüsse auf eine tatsächlich erfolgte Teilnahme oder auf abgegebene Antworten sind jedoch nicht möglich, da einerseits die Teilnehmerquote der zweiten Befragungsrunde kleiner als 100 % ist und andererseits persönliche Daten und fachliche Antworten anonymitätsbedingt getrennt gespeichert werden. Es ist somit aufgrund der Anonymität der Befragung nicht prüfbar, welche der eingeladenen Erstrundenteilnehmer auch in der zweiten Runde teilgenommen haben. In der durchgeführten Studie wurde die zweite Befragungsrunde entsprechend

vornehmlich für die Diskussion extremer Antworten und die Bewertung von Ergebnissen aus Freitextfeldern durch die Experten genutzt.

Zusätzlich zur Anzahl der teilnehmenden Experten spielen deren Kompetenzniveau und eine heterogene Tätigkeitsstruktur eine wichtige Rolle in der Gewährleistung hochwertiger Studienergebnisse. Zwar ermöglicht die Abfrage von Tätigkeitsfeldern, institutionellem Hintergrund oder Berufserfahrung die Einschätzung des tatsächlichen Kompetenzniveaus, trotzdem liegen die Erwartungswerte einiger teilnehmenden Experten trotz einer sorgfältigen Fragenformulierung außerhalb des durch technologische Grenzen als realistisch determinierten Wertebereichs. Dies bestätigt insbesondere bei sehr spezifischen Fragestellungen den Bedarf einer Ergebnisreflexion nicht nur durch die teilnehmenden Experten, sondern auch durch den Studiendurchführenden.

6.2 Erkenntnisse zur Definition der Rahmenbedingungen

Für die Generierung valider Ergebnisse ist es in der Konzeptionierungsphase quantitativer Studien essenziell, die genaue und eindeutige Definition und die Rahmenbedingungen der zu bewertenden Parameter festzulegen. Besonders im Bereich von technologischen Parametern hat die Definition einen großen Einfluss auf die Experteneinschätzung.

Im Kontext der durchgeführten Studie kann beispielsweise eine nicht eindeutige Abgrenzung der Systemgrenzen des Brennstoffzellensystems zu deutlichen Abweichungen der Einschätzungen einzelner Leistungsparameter führen. Beispielsweise unterscheidet sich die Leistungsdichte eines Brennstoffzellenstacks aktuell etwa um das vier- bis fünffache von der Leistungsdichte eines Brennstoffzellensystems, welches die notwendigen Nebenaggregate zum Betrieb der Brennstoffzelle in die Bewertung einbezieht. Eine fehlende bzw. nicht ausreichende Abgrenzung des Anwendungsfalles und der weiteren Rahmenbedingungen kann folglich zu fehlerhaften Ergebnissen führen.

6.3 Erkenntnisse zum Fragenlayout

Bei der Konzeptionierung des genauen Fragenlayouts ist die Vermeidung einer Beeinflussung der Experten für die Sicherstellung valider Ergebnisse wichtig. Die vorliegende Studie gibt den Experten für die einzelnen Parameter Antwortmöglichkeiten vor. Offene Eingabefelder ermöglichen jedoch abweichende Meinungen. Die durchgeführte Studie zeigt, dass diese durchaus umfangreich genutzt werden. Im Durchschnitt weichen bei jeder parameterquantifizierenden Frage ca. 15 % der Teilnehmer von den vorgegebenen Skalen ab und nutzen für die Einschätzung der Leistungsfähigkeit der Parameter ein offenes Eingabefeld.

Neben der Gefahr einer direkten Beeinflussung der Experten durch das Fragenlayout besteht die Möglichkeit einer indirekten Konditionierung der Befragten durch äußere Einflüsse. Das Energieministerium (DOE) der USA hat in Zusammenarbeit mit der Industrie Zielwerte für die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzellensystemparameter festgelegt und veröffentlicht. Die Ergebnisse der Delphi-Studie zeigen, dass einige der befragten Experten die eigene Erwartung der Entwicklung der Leistungsparameter eng an diese Zielwerte anpassen und somit unter Umständen eine indirekte Konditionierung der Experten vorliegt. Eine solche indirekte Konditionierung kann jedoch weder bestimmt nachgewiesen noch verhindert werden. Eine Expertenbefragung zur Erhebung quantitativer Daten sollte folglich nicht ohne eine Analyse möglicher indirekter Konditionierungseinflüsse und deren Beachtung bei der Ergebnisvalidierung und -interpretation durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

- Amara, R. & Lipinski, A. (1972). Some views on the Use of Expert Judgement. *Technological Forecasting and Social Change*, 3, 279–289.
- Bolger, F. & Wright, G. (2011). Improving the Delphi process: Lessons from social psychological research. *Technological Forecasting and Social Change*, 78, 1500–1513.
- Bolger, F., Stranien, A., Wright, G. & Yearwood, J. (2011). Does the Delphi process lead to increased accuracy in group-based judgmental forecasts or does it simply induce consensus amongst judgmental forecasters? *Technological Forecasting and Social Change*, 78, 1671–1680.
- Celiktas, M. S. & Kocar, G. (2009). Hydrogen is not an utopia for Turkey. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35, 9–18.
- Chang, P.-L., Hsu, C.-W. & Chang, P.-C. (2011). Fuzzy Delphi method for evaluating hydrogen production technologies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 14172–14179.
- Chen, Y., Chen, C.-Y. & Lee, S.-C. (2010). *Technology forecasting of new clean energy: The example of hydrogen energy and fuel cell*. Tainan City: Department of Resources Engineering, National Cheng Kung University.
- Cuhls, K. (2009). Delphi-Befragungen in der Zukunftsforschung. In R. Popp & E. Schüll (Hrsg.). *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung* (S. 207–222). Berlin: Springer.
- Eichlseder, H. & Kell, M. (2012). *Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Europäische Union (2014). *VERORDNUNG (EU) Nr. 333/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. März 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO₂-Emissionen neuer Personenkraftwagen*. Brüssel: Europäische Union.
- Garche, J., Dyer, C., Moseley, P. & Ogumi, Z. (2013). *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, Batteries and Fuel Cells*. Amsterdam: Elsevier.
- Geist, M. R. (2010). Using the Delphi method to engage stakeholders: A comparison of two studies. *Evaluation and Program Planning*, 33, 147–154.
- Geschka, H. (1977). Delphi. In G. Bruckmann (Hrsg.). *Langfristige Prognosen* (S. 27–44). Würzburg: Physica-Verlag.
- Geschka H. (1995). Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage. In E. Zahn (Hrsg.). *Handbuch Technologiemanagement* (S. 623–644). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Gnatzy, T., Warth, J., von der Gracht, H. & Darkow, I.-L. (2011). Validating an innovative real-time Delphi approach – A methodological comparison between real-time and conventional Delphi studies. *Technological Forecasting & Social Change*, 78, 1681–1694.
- Gordon, T. J. & Helmer, O. (1964). *Report on a Long-Range Forecasting Study*. Santa Monica: Rand Corporation.
- Gordon, T. J. (1994). *Integration of Forecasting Methods and the Frontiers of Futures Research*. Washington, D.C.: AC/UNU Millennium Project.
- Gordon, T. & Pease, A. (2006). RT Delphi: An efficient, “round-less” almost real time Delphi method. *Technological Forecasting & Social Change*, 73, 321–333.
- Gordon, T. J. (2009a). The Real-Time Delphi Method. In: J. C. Glenn & T. J. Gordon (Hrsg.). *Futures Research Methodology Version 3.0* (Chapter 5). Washington, D.C.: AC/UNU Millennium Project.

- Gordon, T. J. (2009b). The Delphi Method. In: J. C. Glenn & T. J. Gordon (Hrsg.). *Futures Research Methodology Version 3.0* (Chapter 3). Washington, D.C.: AC/UNU Millennium Project.
- Häder, M. (2009). *Delphi-Befragungen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hart, D., Anghel, A. T., Huijsmans, J. & Vuille, F. (2009). A quasi-Delphi study on technological barriers to the uptake of hydrogen as a fuel for transport applications – Production, storage and fuel cell drivetrain considerations. *Journal of Power Sources*, 193, 298–307.
- Hasson, F. & Keeney, S. (2011). Enhancing rigour in the Delphi technique research. *Technological Forecasting & Social Change*, 78, 1695–1704.
- Heinzel, A., Mahlendorf, F. & Roes, J. (2006). *Brennstoffzellen, Entwicklung, Technologie, Anwendung*. Heidelberg: C.F. Müller Verlag.
- International Energy Agency (2013). *World Energy Outlook 2013*. Paris: OECD/IEA.
- Kreibich, R. (2006). *Zukunftsforschung*. Berlin: IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- Kwon, Y.-I. (2011). *Technological Trends Analysis of Fuel Cell Electric Vehicle using Patent Information*. Seoul: Korea Institute of Science and Technology Information.
- Landeta, J. (2006). Current validity of the Delphi method in social science. *Technological Forecasting & Social Change*, 73, 467–482.
- Landeta, J., Barrutia, J. & Lertxundi, A. (2011). Hybrid Delphi: A methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts. *Technological Forecasting & Social Change*, 78, 1629–1641.
- Linstone, H. & Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and applications*. Reading: Addison-Wesley.
- Loo, R. (2002). The Delphi method: a powerful tool for strategic management. *Policing: An International Journal of Police Strategies and Management*, 25, 4, 762–769.
- Nowack, M., Endrikat, J. & Guenther, E. (2011). Review of Delphi-based scenario studies: Quality and design considerations. *Technological Forecasting & Social Change*, 78, 1603–1615.
- Okoli, C. & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42, 15–29.
- Sackman, H. (1975). *Delphi Critique*. Lexington: Lexington Books.
- Scapolo, F. & Miles, I. (2006). Eliciting experts' knowledge: A comparison of two methods. *Technological Forecasting & Social Change*, 73, 697–704.
- Scheibe, M., Skutsch, M. & Schofer, J. (2002). Experiments in Delphi Methodology. In H. A. Linstone & M. Turoff (Hrsg.). *Experiments in Delphi Methodology* (S. 257–281). Reading: Addison-Wesley.
- Schulz, M. & Renn, O. (2009). *Das Gruppendelphi*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Steinmüller, K.-H. (1997). *Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung*. Gelsenkirchen: Sekretariat für Zukunftsforschung.
- Stevenson, V. (2012). *Sustainable Hydrogen Delphi Survey Round 2 – Participant Report*. Cardiff: Low Carbon Research Institute, Cardiff University.
- Suominen, A., Tuominen, A. & Kantola, J. (2011). Analyzing prospects of portable fuel cells with an expert opinion study. *Futures*, 43, 513–524.
- UNIDO (2005). *UNIDO Technology Foresight Manual – Volume 1: Organization and Methods*. Wien: United Nations Industrial Development Organization.

Vorgrimler, D. & Wübben, D. (2003). Die Delphi-Methode und ihre Eignung als Prognoseinstrument. *Wirtschaft und Statistik*, 8, 763–774.

Woudenberg, F. (1991). An Evaluation of Delphi. *Technological Forecasting and Social Change*, 40, 131–150.

Markus Thoennes: Dipl.-Ing. Markus Thoennes ist Senior Engineer im Bereich Strategie und Beratung der fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen. Er entwickelt Prozesse und Methoden für Markt- und Technologieprognosen, erstellt diese Prognosen und führt Trend- und Portfolioanalysen im Bereich Automotive durch.

Steinbachstraße 7, 52074 Aachen, Tel.: +49 (0)241-8861-144, E-Mail: thoennes@fka.de

Alexander Busse: Alexander Busse, M.Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Strategie und Beratung am Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University. Er entwickelt und erstellt Technologieprognosen sowie Trend- und Portfolioanalysen im Bereich alternativer Fahrzeugantriebe.

Steinbachstraße 7, 52074 Aachen, Tel.: +49 (0)241-80-25586, E-Mail: busse@ika.rwth-aachen.de

Lizenz

Jedermann darf dieses Werk unter den Bedingungen der Digital Peer Publishing Lizenz elektronisch übermitteln und zum Download bereitstellen. Der Lizenztext ist im Internet abrufbar unter der Adresse http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL_v2_de_06-2004.html

Empfohlene Zitierweise

Thoennes, M., Busse, A. (2014). Projektbericht Experteneinschätzung quantitativer technischer Parameter – Erkenntnisse einer Delphi-Studie zum Einsatz von Brennstoffzellen im Kraftfahrzeug. *Zeitschrift für Zukunftsforschung*, 2, 41. ([urn:nbn:de:0009-32-40766](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0009-32-40766))

Bitte geben Sie beim Zitieren dieses Artikels die exakte URL und das Datum Ihres letzten Besuchs bei dieser Online-Adresse an.