

Berufsbegleitender Masterstudiengang

Bildungs- und Wissenschaftsmanagement (MBA)



Dr. Lothar Behlau

Dr. Roman Götter

Forschungsmanagement

Impressum

Autor: Dr. Lothar Behlau (Einführung, Kap. 1-5 und 8) und Dr. Roman Götter (Kap. 6 und 7)

Herausgeber: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg - Center für lebenslanges Lernen C3L

Auflage: 5. überarbeitete u. erweiterte Auflage, Erstausgabe 2009

Redaktion: Uda Lübben

Layout: Andreas Altvater, Franziska Buß-Vondriik

Copyright: Vervielfachung oder Nachdruck auch auszugsweise zum Zwecke einer Veröffentlichung durch Dritte nur mit Zustimmung der Herausgeber, 2015

ISSN: 1862 - 2712

Oldenburg, April 2016

Dr. Lothar Behlau



Dr. Lothar Behlau studierte an der Hochschule München Bioingenieurwesen und an der TU Hamburg-Harburg Verfahrenstechnik. Er promovierte am Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung in München.

Dr. Behlau ist seit 20 Jahren in unterschiedlichen Bereichen der Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft tätig und leitet heute die Abteilung „Unternehmensstrategie“. Er ist verantwortlich für die Positionierung der Fraunhofer-Gesellschaft in der europäischen Forschungslandschaft und leitet die Prozesse zur Identifizierung von zukunftsfähigen strategischen FuE-Themen.

Dr. Behlau ist Mitglied zahlreicher Evaluationspanel zur Bewertung von Forschungsprojekten, -programmen oder -einrichtungen im In- und Ausland. Dr. Behlau hat neben seinem Engagement an der Universität Oldenburg auch einen Lehrauftrag an der Hochschule München.

Dr. Roman Götter



Dr. Roman Götter ist Geschäftsführer der Fraunhofer Academy und leitet die Geschäftsstelle in der Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft in München.

Er studierte angewandte Experimentalphysik an der TU München. Im Rahmen der interdisziplinären Diplom- und Doktorarbeit führte er biophysikalische Studien an Zellmodellen durch. Ab 1996 arbeitete er als Berater und Produktmanager bei der Firma IXOS Software AG. Dort baute er das Training für Softwareprodukte und Dienstleistungen der IXOS auf und erwarb sich umfangreiche Erfahrung in der Vermittlung komplexer Weiterbildungsthemen.

Seit 2008 ist Dr. Götter auch als Vertreter der Fraunhofer-Gesellschaft im Campus of Excellence der Commerzbank tätig.

INHALTSVERZEICHNIS

EINFÜHRUNG	8
1 FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE	12
1.1 Funktionale Differenzierung.....	12
1.1.1 Grundlagenforschung	13
1.1.2 Angewandte Forschung	15
1.1.3 Experimentelle Entwicklung	16
1.2 Zur Gliederung von Forschungsthemen	18
1.2.1 Die Granularität	18
1.2.2 Die Technologiematrix	19
1.3 Forschungstrends	21
1.3.1 Intelligente Materialien	21
1.3.2 „Individualisierende“ Technologien	22
1.4 Technologieprognosen	24
1.4.1 Typen von Technologieprognosen	25
1.4.2 Methoden.....	27
1.5 Technologiezyklen.....	33
1.6 Zusammenfassung.....	35
2 DIE NATIONALE UND INTERNATIONALE FORSCHUNGSLANDSCHAFT	38
2.1 Akteure des deutschen Forschungssystems	38
2.1.1 Private und öffentliche Hochschulen	41
2.1.2 Die großen FuE-Einrichtungen	43
2.1.3 Unternehmen	47
2.1.4 Sonstige FuE-Einrichtungen.....	49
2.2 Die europäische Forschungslandschaft	50
2.2.1 Der europäische Forschungs- und Innovationsraum	51
2.2.2 Die EU-Forschungsförderung.....	53
2.2.3 Gemeinsame europäische Forschungseinrichtungen.....	56
2.3 Gemeinsame globale Forschungseinrichtungen	57
3 POLITIK UND FORSCHUNG.....	61
3.1 Forschungspolitik	61
3.1.1 Definition und Ziele	61
3.1.2 Technologievorausschau und Forschungsförderung in Deutschland.....	61
3.1.3 Einflussmöglichkeiten auf die Forschungsförderung	64
3.1.4 Die aktuellen Initiativen in Deutschland	66

3.2	Eigener Bedarf der Politik an FuE-Ergebnissen	68
3.2.1	Ressortforschung	68
3.2.2	Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag	69
3.3	Vorsorgeforschung für die Gesellschaft	71
3.3.1	Die Energieproblematik	72
3.4	Staatliche Maßnahmen zum Agenda-Setting bei der Energieforschung	74
3.4.1	Transparenz des Marktes erhöhen	75
3.4.2	Preisfestsetzung	75
3.4.3	Direkte Besteuerung von Emissionen	77
3.4.4	Direkte staatliche Förderung zur Einführung neuer Technologien	77
3.4.5	Mengenlösungen	78
3.5	Forschungsanreize durch Verbote	79
3.6	Verbote von Forschung	80
3.7	Der Staat als Nachfrager von technischen Systemlösungen	81
3.8	Zusammenfassung	82
4	FINANZIERUNG VON FORSCHUNG	85
4.1	Öffentliche Forschungsförderung	86
4.1.1	Institutionelle Förderung.....	87
4.1.2	Projektförderung	89
4.2	Private Forschungsförderung (Stiftungen)	92
4.3	Auftragsforschung	93
4.4	FuE-Programmmanagement	95
4.4.1	Ausschreibung und Antragsverfahren.....	95
4.4.2	Projektanträge	96
4.4.3	Projektelevaluation.....	97
4.4.4	Programmevaluation.....	98
5	MANAGEMENT VON FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN.....	101
5.1	Alleinstellungsmerkmal von Forschungseinrichtungen	101
5.2	Neue Anforderungen an Forschungseinrichtungen und Hochschulen	102
5.4	Forschen in Netzwerken	106
5.5	Qualitätssicherung in der Forschung.....	109
5.6	Evaluierung von Forschung	111
5.6.1	Die Bibliometrie.....	113
5.6.2	Indikatoren sind relativ	114

5.7	Transfer von Forschung in die Wirtschaft	116
5.8	Die Profession des Forschungsmanagers	120
5.9	Zusammenfassung.....	122
6	FORSCHUNG UND INNOVATIONSMANAGEMENT IN UNTERNEHMEN	125
6.1	Innovation als Basis des wirtschaftlichen Erfolgs	126
6.2	Innovationsstrategie	127
6.3	Strategische Wachstumschancen durch Innovation .	127
6.4	Aktive Gestaltung des Innovationsmanagements.....	130
6.5	Die zehn Gebote unternehmerischen Handels	132
6.6	Prozesse des Innovationsmanagements	133
6.7	Etablierung und Verkettung der Prozesse und Verfahren	135
6.8	Hauptphasen des Innovationsprozesses	136
6.8.1	Der frühe Innovationsprozess	136
6.8.3	Technologie-Monitoring	138
6.8.4	Technologie-Radar	138
6.8.5	Technologie-Portfolio	139
6.8.6	Wissensmanagement.....	140
6.9	Openness und Innovation.....	142
6.10	Zusammenfassung.....	145
7	FORSCHUNG UND KOMMUNIKATION	148
7.1	Unterschiedliche Kommunikationsebenen.....	148
7.2	Das öffentliche Bild der Wissenschaft.....	150
7.3	Problemfelder der Kommunikation	151
7.4	Gelungene Beispiele für allgemeine Öffentlichkeitsarbeit	153
7.5	Forschung als Element der Kommunikation von Unternehmen.....	155
7.5.1	Beispiele aus der Unternehmenskommunikation	156
7.6	Social Media in der Wissenschaftskommunikation	158
7.6.1	Phasen der Wissenschaftskommunikation	158
7.6.2	Social Media	159
7.6.3	Perspektive der Wissenschaftler.....	159
7.7	Patente als Schutz und Währung.....	161
7.8	Publish or Perish?	163
7.9	Freier Zugang zu Wissen – Open Access.....	165
7.10	Aufbau von Kommunikationsstrategien.....	168

8	VERANTWORTUNG DER FORSCHUNG FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG	172
8.1	Nachhaltige Entwicklung - Grundlagen	172
8.2	Wohin führt die Forschung?.....	175
8.3	Technikakzeptanz und Risikobewertung	177
8.4	Laien und Experten	178
8.5	Technik beschleunigt.....	180
8.6	Verantwortung des einzelnen Forschers.....	182
8.7	Relevanz der Nachhaltigkeit für einen Forschungsmanager.....	186
8.8	Zusammenfassung.....	187
9	INTERNETADRESSEN	190
10	SCHLÜSSELWORTVERZEICHNIS	193
11	GLOSSAR.....	195
12	LITERATURVERZEICHNIS	198

EINFÜHRUNG

Das Skript vermittelt Fakten- und Methodenwissen eines Forschungsmanagers. Es werden Überblicke gegeben, so dass man als Forschungsmanager über eine solide Orientierung zu den verschiedenen Bereichen wie Finanzierung, Forschungspolitik, Organisation etc. verfügt. Zum Berufsbild eines Forschungsmanagers sind in Kap. 5.8 Ausführungen gemacht.

Forschung und Bildung sind zwei Bereiche mit starken Wechselwirkungen. Es gibt einerseits Bildungsforschung und andererseits ist Bildung eine notwendige Voraussetzung für exzellente Forschung. Beide Bereiche hängen eng miteinander zusammen und beeinflussen unsere Gesellschaft signifikant.

Dieses Modul hat das Ziel

- einen Überblick über die Forschungslandschaft zu geben,
- einen Einblick zu erlauben, wie Forschung organisiert und finanziert ist und
- die Wechselwirkungen zwischen Forschung und Politik einerseits sowie Forschung und Gesellschaft andererseits darzustellen. Hier spielt insbesondere das Thema einer nachhaltigen Entwicklung eine große Rolle.

Zunächst werden der große Bereich der **Forschung** und das breite Spektrum der **Technologien** nach verschiedenen Kriterien differenziert, so dass ein strukturierter Überblick über die vielfältigen Themen möglich ist (Kap. 1). Anhand einer Technologiematrix können die unterschiedlichen Forschungsaktivitäten eingeordnet werden. Dabei werden einige aktuelle Technologietrends exemplarisch dargestellt und auch Szenarien für die Zukunft skizziert. Um derartige „Zukünfte“ zu erdenken und zu beschreiben stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung (z.B. Roadmaps, Szenariotechnik, Delphi-Studien). Diese Methoden erleben heute einen starken Boom, weil die Zukunft zunehmend unsicherer wird – bzw. sich schneller verändert – und viele Akteure (Regierungen, Unternehmen) versuchen, Zukunft zu planen und zu gestalten.

Der Einstieg in die aktuelle Lage beginnt mit einem Überblick über die **nationale und internationale Forschungslandschaft** (Kap. 2). Der europäische Forschungs- und Innovationsraum nimmt Formen an und wirkt dabei zunehmend auf die nationalen FuE-Politiken zurück. Dazu stehen der Europäischen Kommission (als gestaltender Akteur) umfangreiche Finanzmittel zur Verfügung. Gleichwohl sind die nationalen Forschungsaktivitäten stark von den jeweiligen Mitgliedsländern geprägt. Die deutsche Forschungslandschaft ist dicht besetzt mit einer Vielzahl von FuE-Einrichtungen, die unterschiedliche Missionen haben, von der reinen Grundlagenforschung bis hin zur unmittelbaren Entwicklung für die Wirtschaft. Eine zunehmende Vernetzung untereinander und mit der Wirtschaft und Gesellschaft ist bei einer fortschreitenden Globalisierung unumgänglich.

Die Resultate aus der Forschung beeinflussen die Gesellschaft und die Gesellschaft finanziert wiederum öffentliche Forschungseinrichtungen – die **Wechselwirkungen zwischen Politik und Forschung** sind somit vielfältig (Kap. 3).

Die vom Volk gewählten Vertreter in Bund und Ländern („die Politik“) setzen die Forschungsagenda, wenn es um Themen der Vorsorgeforschung geht, also um Sicherheit, Gesundheit oder Umwelt. Insbesondere die Energiepolitik ist hier in aller Munde. Die Politik fördert Forschung, ist selbst Nutzer von Forschungsergebnissen zur Gestaltung der eigenen Politiken und schränkt notfalls auch Forschung ein, wenn es um ethische Grenzbereiche geht. Über unterschiedliche Maßnahmen lenkt die Politik auch die Forschung in der Wirtschaft, indem sie z.B. Ressourcenverbrauch oder Emissionen besteuert. Die Forschungspolitik ist beeinflussbar durch die Mitwirkung in Gremien oder durch direkte Kontakte mit Entscheidungsträgern (Lobbying).

Forschungsprojekte dauern teilweise lange, benötigen oftmals aufwändige Infrastrukturen und der Ausgang ist risikoreich – dies bedeutet, Forschung ist kostenintensiv. Die **Finanzierung der Forschung** ist deshalb eine essentielle Rahmenbedingung (Kap. 4), die für jedes Forschungsprojekt gelöst werden muss. Während Unternehmen ihre Forschungsaktivitäten durch einen entsprechenden Deckungsbeitrag beim Verkauf von Produkten refinanzieren, wird die Forschung in Hochschulen und Forschungseinrichtungen weitgehend durch öffentliche Mittel ermöglicht. Dort gehört die Akquisition von Mitteln mit zu den (unannehmen) Aufgaben der Forscher. Dabei steht ihnen eine Vielzahl von Ressourcen mit unterschiedlichen Fördermechanismen zur Verfügung. Ein Einblick in diese Mechanismen zeigt auch die Restriktionen auf, unter denen Forschung teilweise nur möglich ist. Um die finanziellen Ressourcen so effektiv und effizient wie möglich zu nutzen, bedarf es einer optimalen Planung. Diese beginnt bei der Ausrichtung der Mission einer Forschungseinrichtung, setzt sich fort in deren Strategieplanung und endet bei einer qualitätsgesicherten Projektdurchführung. Zum **Management einer Forschungseinrichtung** gehört auch die Messung der Qualität der Ergebnisse auf der Ebene eines Projektes oder einer ganzen Einrichtungen durch Leistungsindikatoren, Zielvereinbarungen oder Evaluationen (Kap. 5). Ebenso gilt es, Kooperationen sinnvoll zu gestalten. Dies ist für Hochschulen oder außeruniversitäre Forschungseinrichtungen gleichermaßen gültig.

Die **Forschung in Unternehmen** zielt ausschließlich auf Innovationen – oftmals kurzfristig und manchmal mit längerer Perspektive. Während sich das Management von FuE-Projekten in Unternehmen und Forschungseinrichtungen nicht wesentlich unterscheidet, ist die Findung und Auswahl von Forschungsthemen unterschiedlich. Bei Unternehmen gibt es dazu strukturierte Prozesse des Innovationsmanagements (Kap. 6). Dabei wird die Genese von Innovationen nicht als ein zufälliger genialer Einfall verstanden, sondern als ein systematisch planbarer Prozess. Ein wesentliches Element dabei ist auch das Wissensmanagement, d.h. der strukturierte Austausch von Wissen (in einem Unternehmen) untereinander. Dazu stehen neben organisatorischen Methoden auch IT-gestützte Werkzeuge zur Verfügung.

Forschung braucht Vernetzung untereinander – damit die Scientific Community gegenseitig auf die Ergebnisse aufbauen kann. Und sie braucht öffentliche Unterstützung – damit sie Vorsorgeforschung oder auch Forschung als Kulturaufgabe durchführen kann. Dazu bedarf es einer **Kommunikation von Forschung**

(Kap. 7). Dieses geschieht natürlich zielgruppenspezifisch, entweder durch wissenschaftliche Veröffentlichungen oder durch breite Pressemitteilungen. In einer Zeit, in der Technik immer stärker das Leben eines Einzelnen durchdringt, wird es zunehmend wichtiger, dass Forschung und Technik für jedermann verständlich wird. Dies ist insofern eine Herausforderung, als das Wissen immer schneller zunimmt und die „Halbwertszeit“ für bestehendes Wissen immer kürzer wird. Daneben gibt es den für Unternehmen sehr essentiellen Bereich, Wissen durch Schutzrechte zu schützen (Patente), um daraus für einen bestimmten Zeitraum einen Wettbewerbsvorteil zu sichern.

Mit der Kommunikation von Forschung muss auch die **Verantwortung in der Forschung** deutlich gemacht werden (Kap. 8). Dadurch, dass Forschungsergebnisse signifikant unser Leben beeinflussen, muss bei Projektideen schon sehr früh die Frage gestellt werden, welche Forschung zu welchen Implikationen führen kann. Teilweise sind diese vorab noch gar nicht vollständig absehbar. Ebenso sind mögliche Gefährdungspotenziale zu berücksichtigen, wie z.B. bei der zivilen Nutzung der Kernenergie oder dem Einsatz genveränderter Saaten. Hier rückt der Forscher unmittelbar in den Blickpunkt einer nachhaltigen Entwicklung. Einerseits ist u.a. der heute hohe Ressourcenverbrauch dem "Erfolg" der technischen Entwicklung, insbesondere der Automatisierung, geschuldet, andererseits sind weitere technische Innovationen notwendig, um u.a. die Energieproduktion nachhaltig zu gestalten. Hier kommt dem Forschungsmanager eine besondere Rolle der Anwendung von Nachhaltigkeitsprinzipien in einer Forschungsorganisation zu.

KAPITEL 1: FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

Nach der Bearbeitung des Kapitels sollten Sie in der Lage sein:

- Forschungsprojekte nach unterschiedlichen Kriterien zu charakterisieren,
- das breite Spektrum der Forschung zu strukturieren,
- Beziehungen zwischen gesellschaftlichen Makrotrends und neuen Technologien herzustellen,
- wichtige Prognose-Instrumente zu nennen und diese inhaltlich zu beschreiben sowie ihre Eignung für verschiedene Anwendungen zu kennen.

1 FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

In diesem Kapitel werden beispielhaft Forschungsthemen und die daraus resultierenden Technologien von unterschiedlichen Seiten beleuchtet. Dabei wird deutlich gemacht, dass die Themen auf verschiedene Weise anhand von Kriterien strukturiert bzw. gruppiert werden können, so dass ein "ordnender" Überblick über das breite Technologiespektrum möglich ist.

Zunächst wird der Begriff der Forschung definiert, insbesondere wie er im Folgenden verwendet wird: Mit Forschung ist die Summe aller Aktivitäten gemeint, die das Ziel haben, methodisch nach neuen Erkenntnissen zu suchen. Diese Erkenntnisse aus den wissenschaftlichen Arbeiten werden dann üblicherweise dokumentiert und meist veröffentlicht (s.a. Kap. 7: Kommunikation von Forschung). Forschung findet dabei sowohl im industriellen wie im öffentlichen Bereich (Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) statt. Im Folgenden wird der Forschungsbegriff vornehmlich auf den Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften angewandt. Dies soll mit dem Wortpaar „Forschung und Technologie“ angedeutet werden.

Der Begriff Technologie wird heute meist als Synonym für Technik verwendet (was auch durch den englischsprachigen Begriff „technology“ herrührt, denn dieser Begriff beinhaltet semantisch sowohl Technik als auch Technologie). Während die Technik eine bestimmte Methode oder ein Verfahren bezeichnet, beinhaltet die entsprechende Technologie das umfassende Wissen um diese Technik. Beispiel: Innerhalb eines *biotechnologischen* Prozesses werden *gentechnisch* veränderte Organismen eingesetzt.

Das Frascati-Handbuch als internationales Standardwerk zur Definition von Forschung schlägt als Unterteilung der Wissenschaft und Technologiegebiete folgende sechs Sektoren vor:

- Naturwissenschaften (z.B. Physik, Mathematik, Biologie)
- Ingenieurwissenschaften (z.B. Maschinenbau, Elektrotechnik)
- Medizinwissenschaften
- Agrarwissenschaften
- Gesellschaftswissenschaften (z.B. Psychologie, Volkswirtschaft, Bildungsforschung)
- Geisteswissenschaften (z.B. Geschichte, Sprachen, Theologie)

1.1 Funktionale Differenzierung

Eine Möglichkeit, die Forschungsaktivitäten zu gliedern ist, sie hinsichtlich ihrer Zielsetzung zu unterscheiden. Ohne Bezug zu der Disziplin wird dabei zunächst analysiert, welcher Beweggrund den Forscher veranlasst, dieses Forschungsprojekt

durchzuführen bzw. welche Art von Ziel verfolgt wird. Dabei wird zwischen **Grundlagenforschung, angewandter Forschung und experimenteller Entwicklung** unterschieden. Die Unterteilung in diese Kategorien ist auch deshalb sinnvoll, weil sich dadurch viele Elemente des Forschungsmanagements differenzieren, u.a.:

- Evaluierung der Forschungsergebnisse (s.a. Kap. 5.6)
- Finanzierung der Forschung (s.a. Kap. 4)
- Motivation der Forscher

Keine Unterschiede gibt es hingegen bei den Methoden und der generellen Vorgehensweise der Forschung. Die jeweiligen Projekte in der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung haben unterschiedliche Arten von Zielsetzungen, aber die Art und Weise des Forschens unterscheidet sich nicht prinzipiell. Für alle gelten die Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis (s. Kap. 8). Wenn man von außen in das Labor eines Max-Planck Instituts und dann in das eines Fraunhofer-Instituts hineinschaut, wird man keinen prinzipiellen Unterschied des Forschens feststellen. Das Gleiche gilt für das Projektmanagement: Ressourcen, Fristen und Qualitäten müssen bei allen unterschiedlichen Forschungszielsetzungen gleichermaßen eingehalten werden.

Louis Pasteur: "Es gibt keine angewandte Wissenschaft, sondern nur Anwendungen der Wissenschaft."

Im Folgenden werden die oben genannten drei Forschungstypen erläutert und ihre Unterschiede dargestellt.

1.1.1 Grundlagenforschung

Die Grundlagenforschung wird getrieben durch die natürliche Neugier des Menschen. Der Mensch möchte wissen, woher er kommt, wie weit das Universum geht und wie die Welt prinzipiell funktioniert. Die Forschung ist nicht geleitet durch einen Zweck oder eine spätere Anwendung, sondern dient ausschließlich der Erweiterung der Erkenntnis. Dabei ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass Ergebnisse dieser Forschung später einmal (oder manchmal auch sehr schnell, zum Beispiel im Life Science Bereich) als Grundlage für Innovationen dienen. Allerdings sind solche Anwendungen nicht als Zielsetzung beabsichtigt.

Bei der Grundlagenforschung ist teilweise gar kein konkretes Projektziel im Sinne eines erwarteten Ergebnisses formuliert, sondern es wird nur der Bereich beschrieben, in dem die Erkenntnis erweitert werden soll (hier fangen die Projekttitle oft an mit „Untersuchungen zur...“).

Aus diesem Grund ist es offensichtlich, dass dieser Typus von Forschung fast ausschließlich öffentlich finanziert werden muss. Eine Gesellschaft leistet sich als kulturelle Aufgabe diese Forschungsausgaben, um ihren Erkenntnishorizont allgemein zu erweitern. Dazu gehören u.a. grundsätzliche Fragen wie z.B.: Wie entstand das Weltall? Auch ungelöste Themen der Biologie stehen heute ganz

oben auf der Agenda der Grundlagenforschung, z.B.: Wie funktioniert das Gehirn? Bei einer solchen Fragestellung ist offensichtlich, dass es mittelfristig aus diesen Erkenntnissen heraus auch Anwendungen geben wird (z.B. Vorsorge gegen die Alzheimer-Krankheit), aber derzeit wird zunächst neugierorientiert an der Entschlüsselung der Funktionen des Gehirns gearbeitet ohne konkretes Anwendungsziel.

Ein weiteres Charakteristikum der Grundlagenforschung ist, dass die Ergebnisse von Projekten in wissenschaftlichen Publikationen veröffentlicht werden (dieses ist das wichtigste Evaluierungskriterium für diese Art der Forschung). Diese Publikationen ermöglichen, dass die Gemeinschaft aller Forscher (Scientific Community) weltweit vernetzt forscht. Auf den veröffentlichten Ergebnissen (Stand des Wissens) wird jeweils weiter (vielleicht von einer ganz anderen Forschergruppe) aufgebaut. Deshalb gibt es teilweise auch sehr schnelle Fortschritte innerhalb eines Themengebiets. Ein Beispiel dazu ist die Entschlüsselung des menschlichen Genoms, an dem weltweit viele Forschergruppen gleichzeitig gearbeitet haben, so dass hier schneller Erfolge erzielt wurden als in vielen Prognosen ursprünglich angenommen. Natürlich gibt es dabei auch einen Wettbewerb zwischen den verschiedenen Forschergruppen. Das Rennen hat derjenige gewonnen, der die Ergebnisse zuerst veröffentlicht hat (s.a. Kap. 7, Forschung und Kommunikation). Deshalb sind auch Veröffentlichungen ein relevanter Indikator zur Bewertung der Forschungsarbeit.



*Abb. 1.1: Beispiel eines Grundlagenforschungsprojekts: Entwicklung der interstellaren Materie im Welt-
raum. Prinzipiell ist fast die gesamte astronomische Forschung der Grundlagenforschung zuzurechnen.*

In Deutschland sind v.a. die Universitäten und die Max-Planck Gesellschaft Repräsentanten für die Grundlagenforschung.

Bei der Unterscheidung von Grundlagen- und Angewandter Forschung gibt es einen Übergangsbereich. So können Ergebnisse aus der Grundlagenforschung – obwohl nicht unmittelbar beabsichtigt – sehr schnell praktische Relevanz haben, z.B. im Bereich der Systembiologie, wo z.B. die Stoffwechselzusammenhänge des Menschen erforscht werden. Dort können Erkenntnisse schnell zu neuen Diagnose- oder Therapieverfahren führen. Ebenso kann ein Projekt zwar ein konkretes Ziel haben, wobei dieses allerdings noch sehr fern ist und sehr „grundlegende Arbeiten“ zunächst erbracht werden müssen. Hierzu ist der

Fusionsreaktor ein Beispiel: Das Ziel ist, Wasserstoffkerne zu Heliumkernen zu verschmelzen (also den Vorgang der Sonne nachzubilden). Dies würde das Energieproblem der Erde schlagartig lösen (insofern sehr anwendungsrelevant). Allerdings muss das Plasma auf bis zu 100 Mio Grad erhitzt werden. Dieses stellt an die Technik derzeit noch unüberwindbare Hindernisse dar. Prognostiziert werden mögliche erste Anwendungen in frühestens 50 Jahren. Der derzeit gebaute Versuchsreaktor im Frankreich wird mit über 10 Mrd. € Baukosten veranschlagt.

1.1.2 Angewandte Forschung

Die angewandte Forschung unterscheidet sich von der Grundlagenforschung dadurch, dass die Forschungsergebnisse direkt „angewandt“ werden und einen Nutzen stiften sollen. Eine solche Umsetzung als Ziel des Forschungsprojekts muss auch bereits bei Beginn des Projekts berücksichtigt und formuliert werden, u.a. in den Projektanträgen zur Finanzierung des Projekts. Daraus leitet sich ab, dass auch hinsichtlich des Projektmanagements bei angewandten Forschungsprojekten andere Methoden der Qualitätssicherung als bei Grundlagenforschungsprojekten angewendet werden müssen. So muss z.B. permanent während des Projekts geprüft werden, ob das erwartete Ergebnis des Projekts nach wie vor marktrelevant ist oder sich eventuell die Marktnachfrage zwischenzeitlich signifikant geändert hat (Moving target).

Ergebnisse solcher Projekte können direkt in marktfähige Produkte oder Verfahren eingesetzt werden; dann spricht man von Innovationen. Diese Forschung wird zum Großteil in den FuE-Abteilungen der Unternehmen oder in den außeruniversitären FuE-Einrichtungen durchgeführt. Als Evaluierungskriterium für diese Art von Forschung wird mithin geprüft, inwiefern die Ergebnisse tatsächlich angewandt wurden, also z.B. in einem Produkt eingesetzt wurden. Innerhalb des Forschungsprojekts bedarf es neben der oben erwähnten Marktfähigkeit auch der kontinuierlichen Kontrolle von Qualität, Zeit und Kosten. Gerade der Zeitfaktor spielt heutzutage eine zunehmend wichtige Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit eines Produkts (time to market), während früher v.a. die Kosten und die Qualität die Zielgrößen waren.

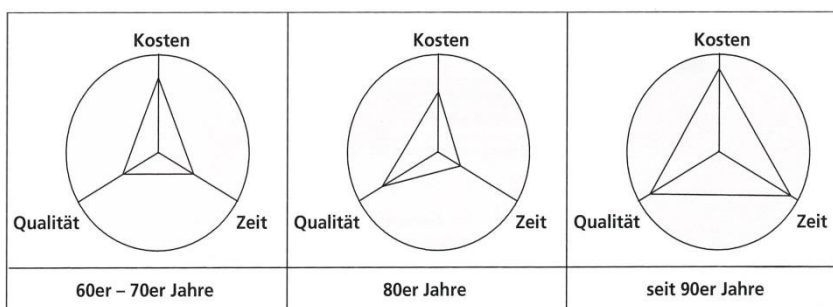


Abb. 1.2: Der Faktor Zeit gewinnt bei der Produktentwicklung an Bedeutung: Während in den 1970er-Jahren v.a. die Automatisierung zu großen Kostenvorteilen beitrug, entwickelte sich in den 1980er-Jahren ein vermehrtes Qualitätsbewusstsein („Made in Germany“). Heute bedarf es neben diesen beiden Ansprüchen aufgrund des globalen Wettbewerbs v.a. kurzer Entwicklungszeiten.

Die Ergebnisse der angewandten Forschung werden auch veröffentlicht, allerdings nicht so ausgeprägt wie die der Grundlagenforschung. Teilweise ist eine solch breite Kommunikation gar nicht erwünscht, weil die Ergebnisse u.U. wettbewerbsrelevant sind und entsprechend geschützt werden müssen. Eine frühzeitige Veröffentlichung würde eine nachfolgende Patentanmeldung zunichtemachen. Mit der Erteilung des Patents über ein Patentamt ist das Produkt bzw. das Verfahren im Markt für eine bestimmte Zeit geschützt.

Ein Beispiel angewandter Forschung ist die Entwicklung von elektronisch angetriebenen Fahrzeugen in der Automobilindustrie. Hier gibt es einerseits klare Vorgaben hinsichtlich der Ziele und andererseits noch einen hohen Forschungsbedarf, z.B. die Speicherung der elektrischen Energie. Auch die vielfältigen Arbeiten zur Klimaprognose angesichts der CO₂-Konzentrationserhöhung in der Atmosphäre sind der angewandten Forschung zuzurechnen. Anhand dieser Simulationen, in einem weltweiten Netzwerk von Wissenschaftlern vorangetrieben, werden entsprechende Vorhersagen getroffen, die dann als Grundlage für politische Entscheidungen gelten.

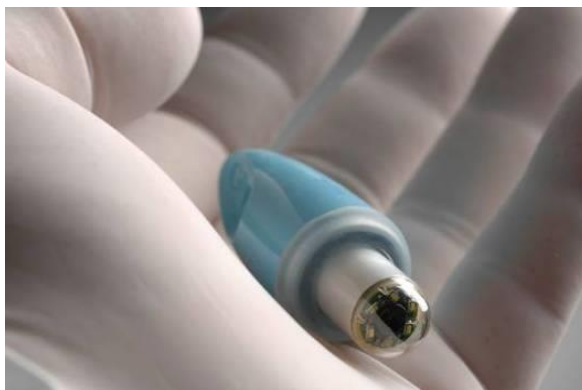


Abb. 1.3: Beispiel einer angewandten Forschung: Durch kleinste Kameras, die der Patient schluckt, können Aufnahmen des Magen- und Verdauungstrakts gemacht werden. Damit diese Geräte nicht unkontrolliert den Körper durchlaufen, lässt sich die Kamera durch eine Magnetvorrichtung in der Speiseröhre stoppen sowie rauf- und runter bewegen. Quelle: Fraunhofer.

1.1.3 Experimentelle Entwicklung

Bei der (experimentellen) Entwicklung handelt es sich um systematische Arbeiten im Forschungsumfeld, wobei aber bereits bestehende Erkenntnisse aus Forschung und Praxis genutzt werden. Bei diesen Projekten gibt es ein klares Entwicklungsziel. Zur Erreichung sind allerdings im Prinzip keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse notwendig, sondern diese liegen bereits vor. Man spricht dabei vom „Stand des Wissens“ (was man im Prinzip weiß), der dann in den „Stand der Technik“ (was üblicherweise angewandt wird) überführt werden soll. Es ist dabei klar, dass das Risiko des Erreichens eines solchen Projektziels geringer ist als bei der angewandten Forschung, allerdings kann die Umsetzung durchaus noch lange dauern und umfangreicher Ressourcen bedürfen. Veröffentlichungen in

wissenschaftlichen Journalen kommen für experimentelle Entwicklungen seltener in Frage und werden vorwiegend in den FuE-Abteilungen von Unternehmen durchgeführt.

Der Aufwand von Projekten zur experimentellen Entwicklung kann allerdings auch erheblich sein, denn manchmal steckt „der Teufel im Detail“. Um eine bekannte Entwicklung in ein Verfahren oder ein neues Produkt zu integrieren, bedarf es oftmals einer langwierigen Feinabstimmung. Zu den experimentellen Entwicklungen gehören auch die Applikationsentwicklungen von Unternehmen für ihre Produkte. Dabei werden Produkte und Verfahren an die spezifischen Wünsche von Kunden angepasst. Wenn z.B. ein Kunde eine Online-Inspektionsanlage für bestimmte Güter haben möchte (z.B. Messung der Farbe und Maßhaltung von Spritzgussteilen bei der Kunststofffertigung), testet ein Unternehmen den Fall in seinen Laboren, stellt die entsprechenden spezifischen Sensoren zusammen, entwickelt eine Auswertesoftware und installiert die dann nach erfolgreichem Test die Anlage vor Ort.



Abb. 1.4: Beispiel einer experimentellen Entwicklung: Die intelligente Gemüsewaage erkennt selbstständig, um welches Obst es sich handelt. Kameras mit einer entsprechenden Auswerteeinheit sind inzwischen Stand der Technik. Die Integration eines solchen Moduls in eine Gemüsewaage ist eine Entwicklungsarbeit. Quelle: Fraunhofer.

Daneben gibt es auch die Fälle, bei denen Unternehmen Bestandteile oder Verfahren, die am Markt verfügbar sind, in ihre Produkte integrieren. Dieses erfordert entsprechende Anpassungsarbeiten. So können z.B. heute vorhandene Module, die Fingerabdrücke scannen und damit Personen identifizieren, sowohl von einem Garagentorlieferanten in die Anlage zur Öffnung des Tors integriert werden oder von einem Hersteller von Computermäusen zur Identifizierung des Nutzers.

Das Frascati-Handbuch differenziert zwischen Forschung und Entwicklung einerseits und anderen industriellen Aktivitäten andererseits anhand eines Beispiels (Übersetzung vom Autor): Wenn das Hauptziel die Verbesserung eines Produktes oder Prozesses ist, so handelt es sich um Forschung und Entwicklung. Falls das Produkt oder Verfahren im Wesentlichen fertig gestellt ist und das Ziel eher die Entwicklung des Marktes, das Planen der Vorproduktion oder das Anfahren einer

Produktionslinie ist, dann zählen diese Aktivitäten nicht zu Forschung und Entwicklung.

Die Differenzierung dieser drei Forschungstypen eignet sich teilweise auch zur institutionellen Differenzierung des Forschungssystems in unterschiedliche Arten von Forschungseinrichtungen. Da sich die drei Forschungstypen und folglich auch die Einrichtungen in der Zielsetzung unterscheiden, gibt es konsequenterweise auch Unterschiede bei der Evaluierung der entsprechenden Einrichtungen, d.h. es gibt unterschiedliche Erfolgsfaktoren. Diese werden in Kap. 5 „Forschung in Forschungseinrichtungen“ erläutert.

Aufgabe zur Lernkontrolle

- 1.1 *Versuchen Sie für den Bereich der Mobilität oder des Automobils jeweils ein (reales oder fiktives) Projekt zu definieren, das der Grundlagenforschung, der angewandten Forschung und der experimentellen Entwicklung entspricht.*

Aufgabe mit Bezug zur Berufstätigkeit

- 1.2 *Nennen Sie ein Forschungsprojekt aus Ihrem Umfeld (z.B. in Ihrer Organisation/Ihrem Unternehmen). Welches sind die Zielsetzungen und welcher Kategorie würden Sie es zuordnen?*

1.2 Zur Gliederung von Forschungsthemen

1.2.1 Die Granularität

Forschungs- oder Technologiethemata können auf unterschiedlichen Ebenen aggregiert werden. Geht es z.B. um die Förderschwerpunkte einer Regierung, so ist eine hohe Aggregationsebene erwünscht, z.B. „Erneuerbare Energien“. Bei Strategieplanungen von Forschungseinrichtungen müssen hingegen detailliertere, darunter liegende Ebenen angesprochen werden, z.B. Themen wie „Zerstörungsfreie Prüfung von Windrotoren“. Es muss also beachtet werden, in welcher Granularität (Feinkörnigkeit bzw. Feingliedrigkeit) ein Thema adressiert werden soll. Das gilt für die Beschreibung von wissenschaftlichen Disziplinen (z.B. Materialwissenschaften) genauso wie für die Bezeichnung von Anwendungsfeldern (z.B. Energietechnik). So kann z.B. die Materialwissenschaft in viele Ebenen untergliedert werden:

- Materialwissenschaft
 - Polymere
 - Duroplaste

- Faserverstärkte Polymere
 - Faserverstärkte Polymere als Konstruktionswerkstoffe
 - Faserverstärkte Polymere als Frontspoiler im Automobil

Bei der letzten Ebene bewegt man sich auf der Granularität eines Einzelprojekts (wobei dieses noch ein sehr umfangreiches Projekt ist). Dabei geht es dann um das Design und ein geeignetes Produktionsverfahren für einen Frontspoiler beim Auto, der als Leichtbauteil mit allen notwendigen Anforderungen einer Serienfertigung beim Auto eingebaut werden soll.

Zwischen der höchsten Ebene der einzelnen Disziplinen und der tiefsten Ebene, also der des Projekts, gibt es mithin verschiedene Zwischenebenen. Oftmals ist es notwendig, innerhalb einer Diskussion jeweils gleiche Ebenen und damit vergleichbare Themenbreiten zu wählen, z.B. wenn ein Panel bei einer Evaluierung innerhalb von Forschungsprogrammen ohne thematischen Fokus zwischen Projekten mit sehr unterschiedlichen Technologien auswählen muss.

Beispiel: Eine Forschungsorganisation will für sich neue Forschungsschwerpunkte definieren. Dazu liegen Vorschläge vor, u.a. Biofunktionale Oberflächen für die Medizintechnik oder Nanotechnologie. Diese beiden Vorschläge sind kaum miteinander vergleichbar, weil sie auf verschiedenen Ebenen liegen und somit unterschiedlich große Potenziale (bzgl. der notwendigen Kompetenzen, der Finanzierung und der Größe der Märkte) adressieren.

1.2.2 Die Technologiematrix

Eine pragmatische Möglichkeit, die Vielfalt der Technologiethematen übersichtlich zu strukturieren, ist eine zweidimensionale Matrix. Dabei werden auf einer Achse die notwendigen Kompetenzen bzw. wissenschaftlichen Disziplinen aufgetragen und auf der anderen Achse die Anwendungen bzw. die Bedarfswelder des Menschen. Mit Hilfe einer solchen Darstellung kann u.a. aufgezeigt werden, welche Disziplinen zu welchen Lösungen beitragen. Eine derartige Matrix kann natürlich auch auf verschiedenen Ebenen bzw. Granularitäten dargestellt werden.




Bedarfsorientierte Technologien	Gesundheit und Ernährung	Komm. und Wissen	Mobilität und Transport	Bauen und Wohnen	Freizeit und Lebensstil	Sicherheit und Verteidigung	Umwelt und Natur	Energie und Ressourcen
Disziplinenorient. Querschnittstech.								
Materialien								
Elektronik/ Mikrotechnik								
Photonik								
Informations- und Kommunikationstechnologien								
Biologische Technologien								
Produktions-, Verfahrenstechnik								

Abb. 1.5: Die Technologiematrix unterscheidet zwischen disziplinenorientierten Querschnittsthemen und bedarfsorientierten Technologien. Mit dieser Matrix kann sichtbar gemacht werden, dass eine Disziplin auf vielfältige Weise zu den heutigen Bedürfnissen des Menschen beitragen kann und andererseits zur Lösung von Problemen oftmals viele Disziplinen gebraucht werden. Beispiele (Bilder von links oben nach rechts unten):

- *Materialien – Bauen, Wohnen: Durch die Entwicklung von Hochleistungsbeton können heute weit überspannende Brücken gebaut werden.*
- *Photonik – Sicherheit, Verteidigung: Aufgrund einer Lasermessung von Luft-Wirbelschleppen hinter startenden Flugzeugen kann eine notwendige sichere Nachfolge-Startzeit bestimmt werden.*
- *Biotechnologien – Energie, Ressourcen: Algen in Röhren-Reaktoren können durch Photosynthese Energie in Form von Biomasse erzeugen. Auch die Biotechnologie kann ihren Beitrag für zukünftige Energieerzeugungen leisten.*

Aufgaben mit Bezug zur Berufstätigkeit

- 1.3 Nehmen Sie ein aktuelles Forschungsthema aus Ihrem Umfeld (ggf. eines aus der Wissenschaftsseite einer Tageszeitung). Versuchen Sie, die Granularität dieses Themas festzustellen, indem Sie einerseits einen übergeordneten Begriff finden und andererseits ein untergeordnetes Gebiet definieren. Dazu ein Beispiel: Angenommen, Sie lesen einen Artikel über ein „Sonnenkraftwerk in der Sahara“. Ein übergeordnetes Thema wäre „Solarkraftwerke zur Stromerzeugung (mit den unterschiedliche Kraftwerksarten)“ und ein untergeordnetes Thema „Parabolspiegelkraftwerke (als eine bestimmte Art von Kraftwerk)“.
- 1.4 Nennen Sie aus Ihrem Umfeld zwei Forschungsbeispiele und ordnen Sie diese in der Technologiematrix entsprechend den Kompetenzen und Bedürfnissen zu.

1.3 Forschungstrends

Im Folgenden sollen zwei aktuelle Forschungstrends exemplarisch vorgestellt werden. Dabei wird aufgezeigt werden, welche generellen Entwicklungen derzeit verfolgt werden, und zwar einmal aus der Sicht der Disziplinen (neue Materialien) und einmal aus der Sicht des Anwenders (Individualisierung als heutiger Bedarf).

Es gibt viele derartige Technologietrends wie z.B. Leichtbau, Nanotechnologie, Miniaturisierung, Licht als Werkzeug, Allgegenwärtige Intelligenz etc. Einen umfassenden und verständlichen Überblick bietet der von H.-J. Bullinger herausgegebene Technologieführer (s. Literaturverzeichnis).

1.3.1 Intelligente Materialien

Die Entwicklung der menschlichen Zivilisation ist geprägt von Materialien und deren Nutzung. Ob Holz, Stein oder Keramik – jahrtausendlang haben die Menschen Stoffe verwendet, die in der Natur verfügbar waren. So wurden ganze Epochen der Menschheit nach der vorherrschenden Werkstoffklasse benannt wie z.B. die Bronze- oder Eisenzeit. In diesen Perioden waren bereits Kenntnisse über das Material und über die Möglichkeiten der Bearbeitung notwendig. Mit der Entdeckung der Metallerzverhüttung verließ der Mensch die Begrenzung der ausschließlichen Nutzung von Naturstoffen.



Abb. 1.6: Materialepochen (von links nach rechts): Während der Mensch früher in der Natur vorkommende Materialien lediglich bearbeitete, war die nächste Periode geprägt von der Neuverbindung von Materialien, z.B. Stahl als Verbindung von Eisen und Kohlenstoff oder Bronze als Verbindung von Zinn und Kupfer. Heutzutage werden Bauteile oder Materialien je nach Anwendung und Funktionalität speziell konstruiert, dazu gehören Metallschäume genauso wie mehrlagige Folien z.B. für Lebensmittelverpackungen. Und in Zukunft werden sich die Materialien je nach Umgebungsanforderungen verändern, z.B. verdunkeln sich Fenster je nach Lichteinstrahlung automatisch.

Intelligente (adaptive) Materialien besitzen die Fähigkeit, auf Stimulationen oder Veränderungen in der Umgebung zu reagieren und ihre Funktion daran anzupassen. Man unterscheidet je nach physikalischem Effekt zwischen Sensoren (Wandlung mechanischer Energie in elektrisch messbare Größen) und Aktoren (Wandlung anderer Energieformen in mechanische Energie).

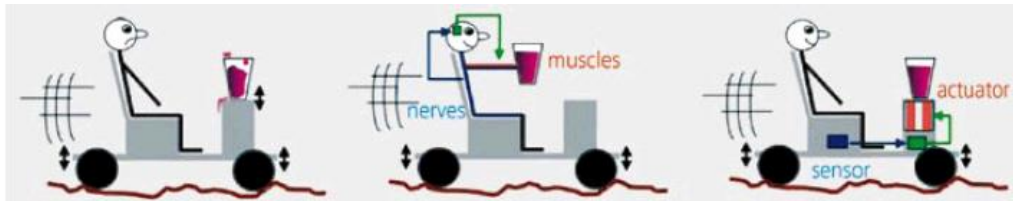


Abb. 1.7: Aktive Schwingungsreduktion. Links: Bei der Fahrt über unebenen Boden wackelt ein ungefedertes Auto, so dass die Flüssigkeit aus dem Glas schwappt. Mitte: Nimmt der Mensch das Glas in die Hand, so wirkt er intuitiv – aufgrund seines schnellen Regelmechanismus – durch Kombination seiner Wahrnehmung, des Gehirns und den Armmuskeln der Störkraft entgegen. Rechts: Das Vorbild „Lebewesen“ wird als technisches System umgesetzt. Sensoren messen die Störkraft, leiten sie in Form von Signalen an den Regler. Aktoren werden angesteuert, die eine entsprechende Gegenkraft in das Glas einleiten und die Flüssigkeit ruhig halten. Quelle: Fraunhofer-LBF.

Piezoelektrische Materialien sind derzeit die am weitesten verbreiteten intelligenten Materialien. Beim Piezoeffekt entsteht durch eine äußere Kraft auf das Bauteil eine messbare elektrische Ladung auf dessen Oberfläche. Piezokeramiken werden daher als Sensoren für mechanische Größen (Kräfte, Dehnungen, Beschleunigungen) eingesetzt. Auch der umgekehrte Effekt kann genutzt werden; durch Anlegen einer elektrischen Spannung können Materialien schrumpfen oder sich dehnen. Diese Systeme werden z.B. bei der aktiven Schwingungsreduktion eingesetzt, um Vibrationen und Lärm zu vermeiden (z.B. beim Schiffsdiesel oder beim Computertomografen).

Eine andere Klasse von intelligenten Materialien sind magnetorheologische Flüssigkeiten. Sie verändern unter der Einwirkung eines magnetischen Feldes ihre Viskosität, bei ausreichender Feldstärke auch bis hin zur völligen Erstarrung. In der Flüssigkeit befinden sich entsprechende Partikel, die sich entlang der Feldlinien zu langen Ketten anordnen. Eine Anwendung dafür sind z.B. Stoßdämpfer; die Viskosität einer Flüssigkeit kann je nach Straßenbelag sehr schnell verändert werden und damit auch das gesamte Dämpfungsverhalten.

1.3.2 „Individualisierende“ Technologien

Ein heutiger Megatrend der Gesellschaft ist die Individualisierung. Als soziologischer Begriff wird damit die Loslösung des Menschen aus alten sozialen Bindungen wie zum Beispiel der Geschlechtszugehörigkeit, der Schicht oder der Religionsgemeinschaft bezeichnet. Durch diese Lösung von Bindungen entstehen Freiräume, die der Einzelne nach eigenen Fähigkeiten, Bedürfnissen und Interessen allein ausgestalten kann. Wir Menschen sind alle verschieden: Seit der Entschlüsselung der

menschlichen DNA ist bekannt, dass die Menschen verschiedene Anlagen haben; und nicht zuletzt erkennen wir unsere Individualität deutlich am Aussehen – bis auf eineiige Zwillinge sehen wir alle verschieden aus. Daraus folgen unterschiedliche Bedürfnisse (die nicht nur genetisch bedingt sind, sondern aufgrund unserer Erziehung, Lebenserfahrung, Umweltwahrnehmung etc.). Darauf geht die Technik verstärkt ein. Aufgrund von Entwicklungen in der Produktionstechnik, der Biotechnologie und den Informations- und Kommunikationswissenschaften wird es künftig zunehmend möglich sein, individuelle Produkte anzubieten, ohne dass diese „Sonderanfertigungen“ zusätzliche Kosten bedeuten.

Themen	Individuelle Ausprägung	technische Entwicklung (Beispiel)
Umgang mit Technik	Bildung, Erfahrung, Charakter (z.B. Geduld)	Mensch-Maschine Schnittstelle: Erkennung von Gestik
Ausbildung	unterschiedliche Vorbildung und Lerngeschwindigkeit	E-Learning
(Consumer-) Produkte	Anforderungen und Geschmack	Kundenindividuelle Massenfertigung: Autos, Bekleidung, PCs
Dienstleistungen	Aktueller Standort und Bedarf	Standortbezogene Information: PDA, Touristenführer
Lebensmittel	Genetische Disposition; akute Beschwerden (Allergien); Lebensalter, Geschlecht	Functional Food, Design Lebensmittel: Cholesterinarme Lebensmittel
Gesundheit	Genetische Disposition	Diagnostik/Theranostik: Biochips

Tab. 1.1: Moderne Technologien unterstützen die Individualisierung: Je nach genetischer Disposition werden die Dosierungen von Medikamenten eingestellt und auch die Inhaltsstoffe von Lebensmitteln so zusammengestellt, dass diese in Zukunft stark differenziert im Markt angeboten oder individuell geordert werden können. Massenprodukte werden über das Internet individuell entworfen und als Einzelstücke gefertigt – zu Kosten von Massenfertigungen.

Unter dem Begriff der kundenindividuellen Massenfertigung wird verstanden, dass Güter für einen großen Absatzmarkt produziert werden, welche die unterschiedlichen Bedürfnisse jedes einzelnen Nachfragers dieser Produkte treffen und zugleich zu Preisen einer Massenfertigung hergestellt werden. Hierzu ist es notwendig, die Produkte modular zu konzipieren, sie dann kundenindividuell zu konfigurieren und entsprechend zu produzieren. Die Konfiguration wird oftmals von den Kunden selbst über das Internet vorgenommen. Z.B. für ein Auto gibt es heutzutage umfangreiche Möglichkeiten, sich dieses individuell zusammen zu stellen. Kaum ein Auto auf der Straße ist identisch mit einem anderen. Rechnerisch sind für einen Mittelklassewagen mehrere Billionen Varianten möglich. Da diese Varianten erst individuell für den Kunden nach Auftragseingang gefertigt werden (üblicherweise

innerhalb von 10 Tagen), werden hohe Anforderungen an die Logistik und Produktionsflexibilität gestellt. Dieses ist heutzutage ein breites Forschungsfeld.

Ebenso wird durch die neue Technologie der "Additiven Fertigungsverfahren" dem Anspruch von Einzelfertigungen Genüge getan. Dabei wird ein Produkt Schicht für Schicht aufgebaut, z.B. durch 3D-Drucker.

Es gibt eine Vielzahl derartiger Forschungstrends, die von den Hochschulen, öffentlichen Forschungseinrichtungen und Unternehmen einerseits reaktiv aufgenommen und andererseits aber auch gleichzeitig aktiv gestaltet werden (denn wer löst denn einen solchen Trend aus, wenn nicht diese Forschung selbst?). Diese Trends geben eine grobe Orientierung der zukünftigen Entwicklungen an, aber um konkrete Maßnahmen abzuleiten, bedarf es noch tieferen Analysen von Bedarfen und Märkten.

Aufgaben zur Lernkontrolle

- 1.5 Nennen Sie neben den beiden genannten einen weiteren allgemeinen Technologietrend.
- 1.6 Nehmen Sie Stellung zu der Frage, ob die Individualisierung der Produkte eine sinnvolle Entsprechung der menschlichen Individualität ist oder ob sie eher eine Überforderung der Käufer darstellt aufgrund der noch breiteren Produktauswahl und des ständigen Entscheidens. Ist dieser Trend aus Ihrer Sicht technologie- oder marktgetrieben?

1.4 Technologieprognosen

„Forecasting is very difficult, especially about the future.“

Mark Twain

Zukunft galt früher als ausschließlich schicksalsbestimmt. Mittlerweile rückt die Zukunft aber immer näher und erscheint deshalb beeinflussbar.

“Nie war die Zukunft so nahe wie heute.“

Verleger Hubert Burda

Mit dem Zitat von Hubert Burda wird treffend ausgedrückt, dass wir in einer kurzlebigen Zeit leben, oder in einer „Gegenwartsschrumpfung“, wie es der Philosoph Hartmut Rosa nennt. Damit ist gemeint, dass wir uns in immer kürzeren Zeitabständen umorientieren müssen (s.a. Kap. 8.4). Deshalb gibt es einen steigenden Bedarf, in die Zukunft zu schauen. Inwiefern es eine determinierte Zukunft gibt, die wir versuchen, vorherzusehen (in einer Art Glaskugel) oder ob es eine offene, von uns gestaltbare Zukunft gibt, ist eine philosophische Frage, die hier nicht vertieft werden kann.

Der französische Schriftsteller Antoine de Saint Exupery hatte dazu eine dezidierte Meinung:

„Was die Zukunft betrifft, so ist es nicht unsere Aufgabe, sie vor auszusehen, sondern sie zu ermöglichen“.

Insgesamt lässt sich sagen, dass das Interesse an möglichen oder wahrscheinlichen künftigen technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen und Veränderungen aufgrund der Dynamik der High-Tech Welt und des globalen Wettbewerbs wächst.

1.4.1 Typen von Technologieprognosen

Technologieprognosen sollen Aussagen zur Entwicklung von Technologien und ihrer Passfähigkeit in der Zukunft machen. Dabei gibt es unterschiedliche Zielsetzungen und damit auch verschiedene Charaktere von Studien, die dann wiederum von unterschiedlichen Auftraggebern initiiert werden. So gibt es u.a. folgende Unterscheidungsmerkmale:

- Wird nur eine spezifische Technologie beleuchtet oder sollen breite Zukunftstrends betrachtet werden?
- Für welchen Zeithorizont werden die Aussagen angestrebt?
- Sollen eher die Chancen beleuchtet oder die Risiken dargestellt werden?

Im Folgenden werden drei verschiedene Typen von Technologieprognosen kurz erläutert, die **Technologievorausschau**, die **Technologiefrüherkennung** und die **Technikfolgenabschätzung**.

Die Technologievorausschau (Technology Foresight) basiert auf einem breiten fachübergreifenden Ansatz zur Identifizierung von relevantem Zukunftswissen. Sie umfasst eine breite Auswahl von Themen und Stakeholdern, um die sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte neuer Technologien zu untersuchen. Oftmals werden sozio-ökonomische Trends (gesellschaftliche Zukunftstrends) vor dem Hintergrund erwarteter technisch-wissenschaftlicher Entwicklungen dargestellt. Der Prozess ist betont interaktiv, offen und vom bottom-up-Prinzip geprägt. Technologievorausschau wird häufig zur Unterstützung politikbezogener Entscheidungsfindung auf regionaler, nationaler oder supranationaler Ebene eingesetzt.

Ein im Jahr 2010 abgeschlossener Foresight-Prozess im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie hat folgende neue Zukunftsfelder identifiziert (derzeit kein aktuellerer Prozess verfügbar):

- Mensch-Technik Kooperationen
- Das Altern entschlüsseln
- Zukunftsfähige Lebensräume
- ProduzierenKonsumieren 2.0

- Transdisziplinäre Modelle und Multiskalensimulation
- Zeitforschung
- Zukunftsfähige Energielösungen

Die Technologiefrüherkennung unterstützt die Entscheidungsfindung über Technologiefragen durch die Analyse sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Potenziale neuer wissenschaftlicher und technologischer Entwicklungen und umfasst auch ihre Auswirkungen und Rahmenbedingungen. Sie stützt sich oft auf vorher durchgeführte Technologiebeobachtungen, denn zunächst muss eine wissenschaftlich-technische Innovation identifiziert und abgegrenzt werden, damit sie dann Gegenstand der Analyse werden kann. Anhand von Kriterien werden relevante Technologien vorselektiert und dann tiefer bewertet. Mit Hilfe der Technologiebewertung sollen Chancen sichtbar gemacht werden, die sich aus neuen Technologien ergeben. Oftmals werden diese Untersuchungen von Unternehmen durchgeführt, um schwache technische Signale in unternehmensrelevanten Umfeldern frühzeitig zu erkennen und aufzugreifen. Dabei wird z.B. die Frage gestellt, wie lange eine neue Technologie bis zur Anwendungs- bzw. Marktreife braucht. Ein Beispiel, bei dem die Technologiefrüherkennung in Deutschland etwas „verschlafen“ wurde, ist die „Elektromobilität“, die bei den japanischen Autobauern frühzeitiger als ein Potenzial gesehen wurde, so dass das erste hybride Auto aus Japan kam und dort auch ein großer Entwicklungsvorsprung existiert.

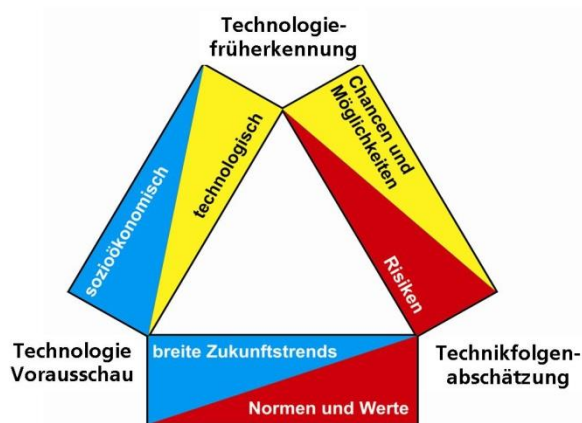


Abb. 1.8: Prognosetypen mit unterschiedlichen Zielsetzungen: Die Technologie Vorausschau beschäftigt sich mit der Entwicklung von breiten (Technologie-)Trends unter Berücksichtigung von bzw. mit der Auswirkung auf Veränderungen der Wirtschaft und Gesellschaft. Während die Technologiefrüherkennung relativ spezifische Technologien hinsichtlich ihres Potenzials untersucht, fokussiert die Technikfolgenabschätzung eher auf die Risiken. Jeder Begriff steht für eine Perspektive mit jeweils zwei Foki, wobei jeder Foki mit abnehmender Gewichtung auch von einer anderen Perspektive geteilt wird. Quelle: nach Zweck, Braun 2002.

Während die Technologiefrüherkennung neue Technologien vorrangig hinsichtlich ihrer Chancen bewertet, zielt die Technikfolgenabschätzung hauptsächlich auf die Risiken. Dabei sollen denkbare gesellschaftliche, wirtschaftliche, kulturelle, ethische und juristische Folgewirkungen erfasst werden. Die Methode trifft

Wahrscheinlichkeitsaussagen und schildert vergleichend Vor- und Nachteile denkbarer Entwicklungen der Technik und ihre Wechselwirkung mit der Gesellschaft. Die Nachfrage besteht insbesondere im politischen Bereich, um die Auswirkungen neuer Technologien, insbesondere ihr Gefährdungspotenzial, abzuschätzen. Deshalb hat der Bundestag ein eigenes Büro für Technikfolgen-Abschätzung eingerichtet, das die Parlamentarier in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels berät. Aktuelle Projekte sind z.B. „Pharmakologische und technische Intervention zur Leistungssteigerung – Perspektiven einer weiter verbreiteten Nutzung in Medizin und Alltag“ oder „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung“.

1.4.2 Methoden

Es gibt eine sehr große Methodenvielfalt, um eine Vorstellung von der Zukunft zu bekommen. Oftmals verbergen sich allerdings hinter vielen blumigen Namen wie z.B. Trend Impact Analysis oder Zukunftswerkstatt die Kreationen von Unternehmensberatungen für ihre eigenen Prozesse, die allerdings letztendlich alle auf einigen grundlegenden Kernprozessen aufbauen und oftmals nur geringfügig modifiziert sind. So ist in vielen Prozessen ein wesentliches Modul die Befragung von Experten. Diese Befragung wird üblicherweise stark moderiert und enthält oft auch kreative „Brainstorming-Elemente“.

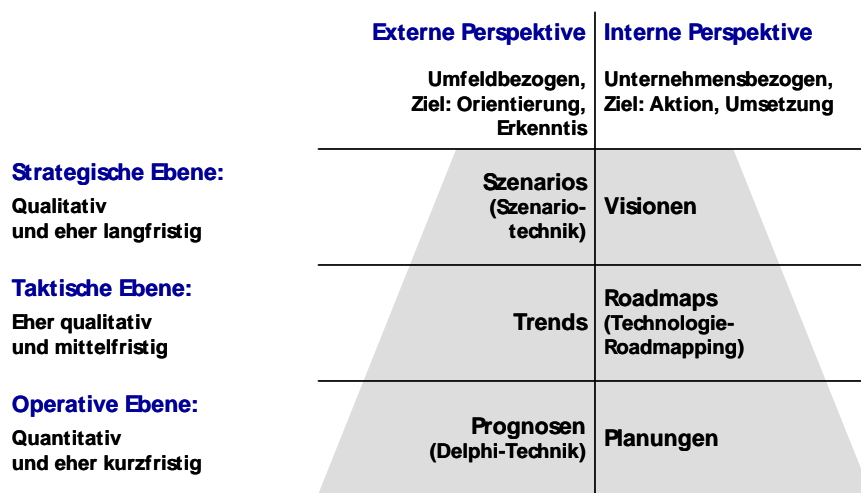


Abb. 1.9: Für das Zukunftsmanagement ergeben sich sechs wesentliche Gruppen von Instrumenten. Liegt der Fokus entsprechend der externen Perspektive auf der Beschreibung der Zukunft des Unternehmensfeldes, so kommen Szenarios, Trends und Prognosen zum Einsatz. Geht es in den Instrumenten primär darum, entsprechend der internen Perspektive die eigenen Handlungen vorzubereiten, so lassen sich Visionen, Roadmaps und Planungen unterscheiden. Quelle: nach Fink, Siebe Handbuch Zukunftsmanagement, 2006.

Mit **Technology-Roadmapping** wird eine Gruppe von Verfahren bezeichnet, die als Strukturierungs- und Entscheidungshilfen für den Strategieentwurf in solchen Unternehmen dienen, die vom Fortschritt der Forschung abhängen oder diese

selbst intensiv durchführen. Dabei kann man sich vereinfacht, dem Namen entsprechend, eine Roadmap in Analogie zu einer Straßenkarte als einen Plan vorstellen, der Wege aufzeigt, um von einem Ausgangspunkt startend einen Zielpunkt zu erreichen. Während die Straßenkarte geografische Punkte durch Straßenzüge verbindet, verbindet die Strategie-Roadmap zeitliche Punkte. In der Karte sind dann in Form von terminlichen Zwischenstationen Ereignisse eingezeichnet, die auf dem Weg zum Ziel berücksichtigt bzw. erreicht werden müssen.

Eine Produkt-Roadmap untersucht mithin die Bedingungen und Voraussetzungen, um ein neues Produkt bis zur Marktreife zu entwickeln. Dabei werden die Zeitabläufe von der aktuellen technischen Position bis zum definierten Innovationsziel dargestellt und Abhängigkeiten zwischen dem anvisierten Produkt und seinen Bestandteilen, der technologischen Entwicklung sowie den Markt- bzw. Umfeldbedingungen visualisiert. Die Roadmap schafft damit Transparenz bei der Planung notwendiger Kompetenzen für künftige Produkte und dient somit der Kommunikation verschiedener Entwicklungsbereiche. Eine der heute bekanntesten technologischen Roadmaps ist die International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS). Mit ihrer Hilfe koordiniert die globale Halbleiterindustrie die Weiterentwicklung der Computerchip-Fertigungstechnologie.

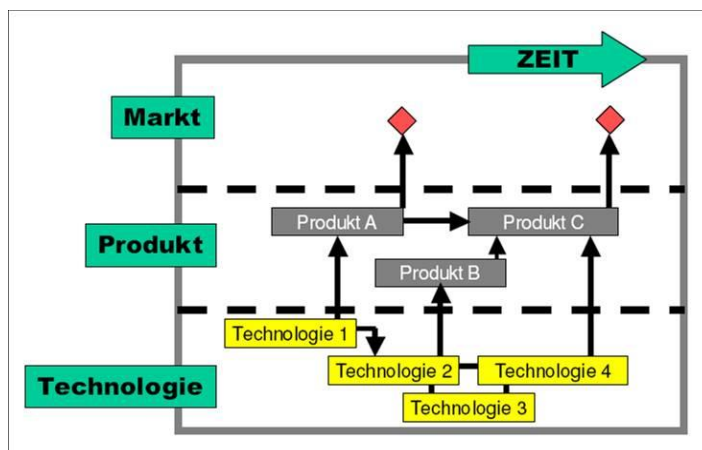


Abb. 1.10: 3 Schichten Modell einer Produkt-Roadmap über eine Zeitachse.

- *Marktschicht: aktuelle und erwartete Trends (auch Veränderungen der Umwelt, z.B. erwartete Gesetze).*
- *Produktschicht: Erwartete oder erwünschte Produkte oder Prozesse mit funktionalen und qualitativen Anforderungen und Zielen. Dabei werden auch Zwischenschritte explizit ausgeführt.*
- *Technologieschicht: notwendige oder erwartete Technologien, Ressourcen und Kompetenzen mit ihren Abhängigkeiten und Folgebeziehungen*

Die **Szenariotechnik** ist eine Methode, mit deren Hilfe alternative Vorstellungen über positive oder negative Entwicklungen in der Zukunft zu umfassenden Bildern und Modellen, d.h. möglichen und wahrscheinlichen „Zukünften“, zusammengefasst werden. Szenarien sind also weder Prognosen, bei denen Extrapolationen gegenwärtiger Trends in die Zukunft erfolgen noch realitätsferne Utopien oder

Fantasien. Mit der Szenariotechnik werden vielmehr quantitative Daten und Informationen mit qualitativen Einschätzungen und Wertvorstellungen verknüpft, so dass als Ergebnis detaillierte Beschreibungen mehrerer möglicher Zukunftssituationen entstehen.

Hinter der Szenariotechnik verbirgt sich eine durchaus alltägliche Denkweise. Sie wird offensichtlich in Fragen wie z.B. „Was wäre, wenn ... (die EU auseinanderbrechen würde/ ich morgen 1 Million € im Lotto gewänne)?“

Aus der Darstellung der Szenarien können dann die Betroffenen (z.B. Unternehmen) Konsequenzen für ihr künftiges Handeln ableiten. Als Ergebnis des Prozesses werden verschiedene Szenarien dargestellt, und zwar ein positives Extremszenario (best case scenario), das die günstigste mögliche Zukunftsentwicklung beinhaltet, und ein negatives Extremszenario (worst case scenario). Ebenso gibt es häufig auch ein Szenario, das die Fortschreibung der heutigen Situation beinhaltet.

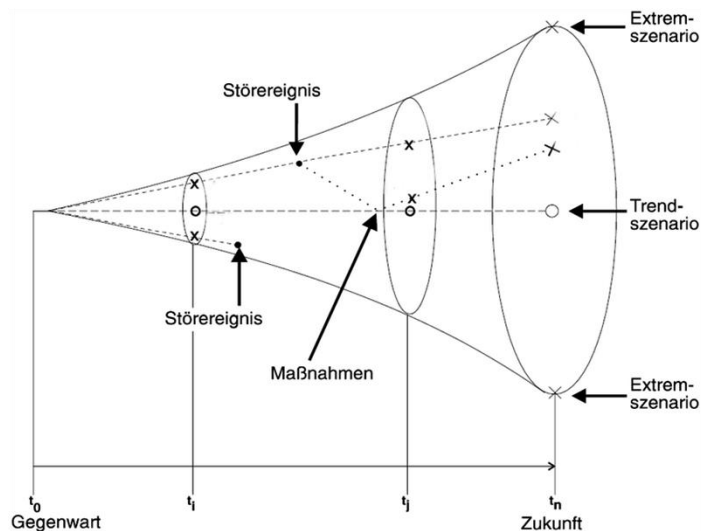


Abb. 1.11: Der Szenariotrichter symbolisiert Komplexität und Unsicherheit. Je weiter man von der heutigen Situation in die Zukunft geht, desto größer wird die Unsicherheit und der Trichter der möglichen Szenarien weitet sich auf. Der Trichter hat keine räumlichen Dimensionen, sondern symbolisiert vielmehr eine hohe Anzahl von Parametern. Der Vorteil der Szenariotechnik ist, dass Störereignisse berücksichtigt werden können (diese müssen natürlich erdacht werden), so dass daraufhin auch wieder entsprechende Entwicklungen (ggf. auch Gegenmaßnahmen) angenommen werden können.

Szenariotechniken beinhalten viele "Bilder" von der Zukunft. Diese werden im Prozess auch oft durch mitwirkende Grafiken visualisiert.

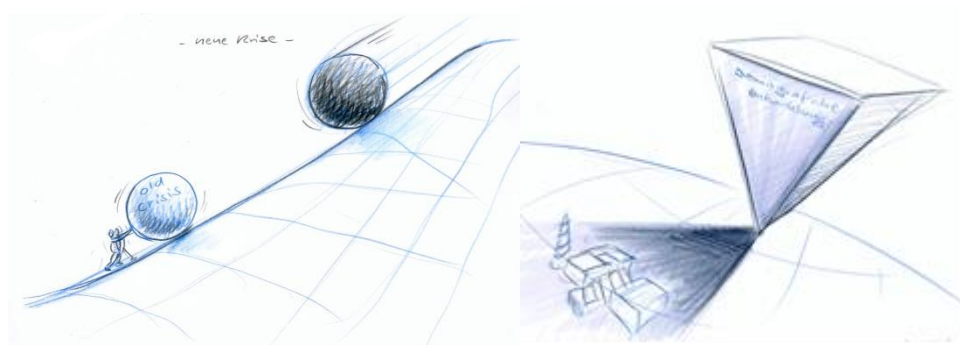


Abb. 1.12: Bilder aus einer Szenariodiskussion, um Thesen zu visualisieren. Links: Wenn über die Umfeldentwicklung diskutiert wird, wird oft vermutet, dass nach dem Meistern einer (Finanz-) Krise meist schon die nächste anrollt, auch, wenn man diese noch nicht direkt vor Augen hat. Rechts: Ebenso wirft die demografische Entwicklung bereits einen langen Schatten auf die Gesellschaft. Quelle: Fraunhofer, Grafiker: Stöber.

Wesentlicher Vorteil der Szenariotechnik ist, dass unvorhergesehene Ereignisse berücksichtigt werden können. Früher gab es nur Prognoseverfahren, bei denen eine Zeitreihe mit nur einer Variablen in die Zukunft extrapoliert wurde. Doch es wurde erkannt, dass bei sich stetig ändernden Umfeldsituationen die Verwendung von reinen quantitativen Prognoseverfahren nicht mehr ausreichend sei, weil dort Strukturbrüche nicht berücksichtigt werden können. Das Unternehmen Shell hat Anfang der 70er Jahre Anregungen zu dieser Art von Prognosetechnik gegeben, weil man enttäuscht war, dass die Ölkrise von keiner Prognosemethode vorhergesehen wurde. Versucht man aus dem Heute heraus die fernere Zukunft zu prognostizieren, dann nimmt der Einfluss der Gegenwartsstrukturen ab und das Möglichkeitsspektrum öffnet sich wie ein Trichter. Dieser Trichter weitet sich exponentiell, je weiter man in die Zukunft blickt, d.h. jeder Punkt des Kreises symbolisiert ein unterschiedliches Szenario.

Szenarien sind nicht objektiv, sondern repräsentieren die Sichtweise des Szenarioteams. Insofern sind sie auch keine Strategien (wie etwa die Roadmaps), sondern (nur) Denkwerkzeuge, die dann zur Entwicklung der Unternehmensstrategie dienen. Demnach sind sie nicht dann gut entwickelt, wenn sie exakt eintreten, sondern wenn sie die Orientierungsprozesse im Unternehmen gezielt unterstützen. Deshalb ist ein dringend notwendiger letzter Schritt beim Szenarioprozess, aus den verschiedenen Szenarien für das Unternehmen Strategien abzuleiten.

Beispiel: Liegen die verschiedenen Szenarien vor, verbleibt die Frage beim Management eines Unternehmens (oder einer Regierung), auf welches Szenario hin man sich ausrichten bzw. einstellen möchte. Nimmt man das „best case“ oder das „worst case“ Szenario als Leitszenario, oder versucht man ggf. bezüglich aller Szenarien flexibel zu bleiben? Bei der letzten Variante ist man zwar für alle Eventualitäten ggf. überlebensfähig, aber in keinem Fall sehr gut aufgestellt.

Anwendbar sind

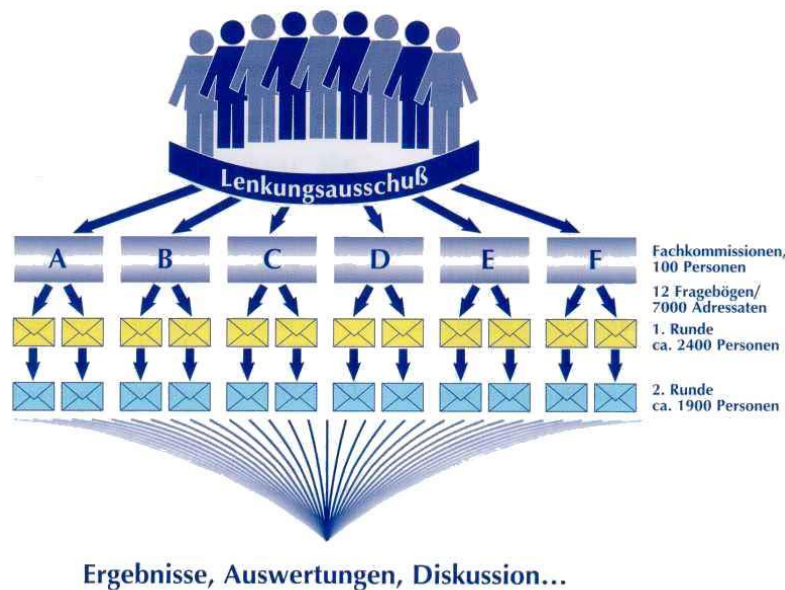
- globale Szenarien: z.B. Bevölkerungswachstum oder Klimawandel in den nächsten 20 Jahren

- firmenspezifische Szenarien: z.B. für einen Automobilbauer: Wie sieht die individuelle Mobilität aus, wenn der Benzinpreis in den nächsten 10 Jahren auf 5 €/l steigt?
- private Szenarien: z.B. Entwicklung des Vermögens in den nächsten 20 Jahren (ein Störereignis dabei könnte z.B. eine Phase der Arbeitslosigkeit oder ein Börsencrash sein)

Aus der Antike ist das berühmte Orakel von Delphi mit der Priesterin Pythia bekannt, die im Zustand der Trance direkten Kontakt zu Apollo gehabt haben soll, und dessen Informationen sie in Form von Orakelsprüchen an die Ratsuchenden übermittelte. Namentlich aus dieser Weissagung abgeleitet, aber mit einem fundierten und strukturierten Prozess unterlegt, gibt es heute die **Delphi-Methode**. Sie ist ein zukunftsgerichtetes Erhebungs- und Auswertungsverfahren, das Entwicklungstrends in komplexen Themenbereichen anhand von Expertenurteilen in einem iterativen Prozess in mehreren Schritten ermittelt und verdichtet.

Einer Gruppe von Experten wird ein Fragenkatalog des betreffenden Fachgebiets vorgelegt. Ein entscheidender Schritt ist die Konzeption dieses Katalogs mit Fragen/Thesen/Szenarien. Die schriftlich erhaltenen Antworten, Schätzungen, Ergebnisse etc. werden aufgelistet und mit Hilfe einer speziellen Mittelwertbildung zusammengefasst und den Fachleuten anonymisiert erneut für eine Verfeinerung der Schätzungen vorgelegt, d.h. die Fragebogen der einzelnen Runden bauen auf den Ergebnissen der vorhergehenden Runden auf. Daher wird es möglich, neue (bisher unbeachtete) Aspekte in die Untersuchung aufzunehmen und beurteilen zu lassen bzw. eine Beurteilung im Befragungsprozess zu revidieren. Das verteilte Ausfüllen der Fragebögen und das Fehlen jeglicher Diskussionen untereinander hat zwei Aspekte: Einerseits wird damit verhindert, dass sich aufgrund einer ungewollten Gruppendynamik Strömungen und Tendenzen in den Meinungen herausbilden, die unter Umständen gute Schätzungen verhindern. Auf der anderen Seite könnten Gruppendiskussionen dazu beitragen, Defizite im Know-how einzelner Experten und die damit verbundenen Fehleinschätzungen zu vermeiden.

Die Delphi-Methode geht davon aus, dass eine Gruppe von Experten eine komplexe Fragestellung besser durchdringen kann als ein einzelnes Individuum. Die Methode eignet sich vor allem für die Ermittlung von Entwicklungstrends in komplexen Themenbereichen.



BMBF (1998): Delphi '98

Abb. 1.13: Delphi Methode: Der Lenkungsausschuss wählt eine große Anzahl von Experten aus und konzipiert den 1. Fragebogen. Die Ergebnisse der 1. Runde werden aufbereitet und verdichtet und dann den gleichen Experten noch mal zugesandt. Erfahrungsgemäß nimmt der Rücklauf dabei etwas ab. Nach der 2. Runde (manchmal auch eine 3.) werden die Ergebnisse dann ausgewertet.

Entscheidend für die Qualität einer Delphi-Umfrage ist der vorgelegte Fragenkatalog, d.h. diejenigen Thesen, zu denen der Experte seine Einschätzung abgeben muss. Dieser wird von einem Team mit Erfahrungen in der Technologievorausschau erstellt. Dabei gibt es verschiedene Fragemodi:

- **Wahrscheinlichkeitsangaben:** Welche Wahrscheinlichkeit ordnet der Experte der Aussage bzgl. Durchdringung, Qualität oder Zeit zu? Meist wird zu der Zeit und der Durchdringung eine Aussage in der These gemacht.

Beispiel aus „Wie nutzen wir die Informations- und Kommunikationstechnologien 2020“ (aus 2006): „Mehr als die Hälfte der Menschen gehen virtuellen Freizeitbeschäftigungen intensiver nach als solchen in der physischen Welt“

Antwort der Experten: wenig wahrscheinlich

- **Zeitangaben:** Zu welchem Zeitpunkt treten die Ereignisse ein?

Beispiel aus Delphi 98: „Es werden Verfahren (z.B. künstliche Netzhaut, implantierte Mikrochips) entwickelt, die Blinden wieder ein begrenztes Sehen ermöglichen“

Antwort der Experten in 1998: 2010-2012

- **Qualitätsangaben:** Was ist möglich? Hierzu gibt es Aussagen durch die Zuordnung eines Zeitraum.

Beispiel aus Delphi 98: „Fusionsreaktoren tragen in nennenswertem Umfang zur Energieversorgung bei“ – Antwort: nach 2025 (diese Antwort war bei Delphi 98 der längstmögliche Zeithorizont)

Aufgaben zur Lernkontrolle

- 1.7 *Für welche Technologie würden Sie eine Studie zur Technikfolgenabschätzung in Auftrag geben, d.h. welche Technologien sehen Sie hinsichtlich ihrer gesellschaftlichen, ökologischen oder ökonomischen Folgen als kritisch an?*
- 1.8 *Formulieren Sie für eine Delphi-Umfrage zwei Zukunftsthemen aus dem Bereich der Mobilität, so dass die Experten eine Jahreszahl zum wahrscheinlichen Eintritt Ihrer These angeben müssen.
Beispiel: Alle Autos fahren autonom.*

1.5 Technologiezyklen

In den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts entdeckte der russische Ökonom N. D. Kondratjeff bei der Analyse umfangreicher statistischer Daten, dass sich die Wirtschaft in langfristigen, etwa 50 bis 60 Jahre dauernden Zyklen entwickelt. Der österreichische Ökonom J. A. Schumpeter integrierte diese Hypothese in sein Entwicklungsmodell der kapitalistischen Wirtschaft und nannte die langen Wellen der Konjunktur zu Ehren ihres Entdeckers "Kondratjeffwellen".

Kondratjeff konnte zum Zeitpunkt der Veröffentlichung seiner Analyse zweieinhalb solcher langen Wellen feststellen, wobei er davon ausging, dass sich die dritte Welle Ende der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts ihrem Ende zuneigen würde, was auch eintraf (Börsenzusammenbruch und Weltwirtschaftskrise).

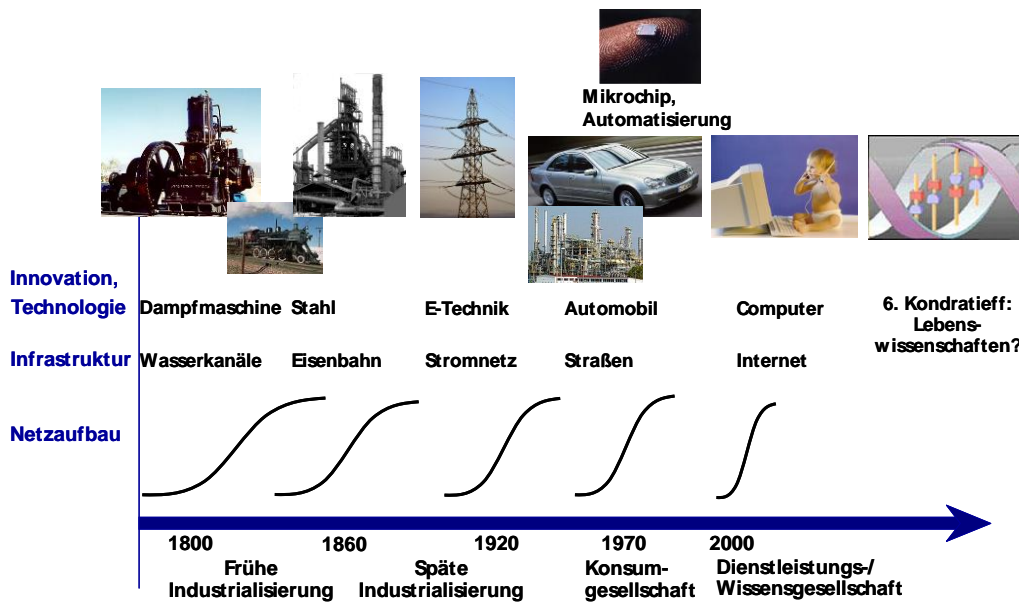


Abb. 1.14: Kondratjef-Zyklen: Kondratjef postulierte bereits 1926, dass Schlüsselinnovationen neue industrielle und gesellschaftliche Entwicklungsphasen auslösen. Voraussetzung dafür ist, dass diese Technologie über eine geeignete Infrastruktur unterstützt wird.

1. Periode: Beginn der Industrialisierung (Dampfmaschine, über Kanäle vertrieben)
2. Periode: Stahl und Eisenbahn (über die Eisenbahnlinien konnte sich die Eisenbahn ausdehnen und gleichzeitig den Stahl befördern)
3. Periode: Strom und Elektrotechnik (über ein Stromnetz konnte die Energie verteilt werden und löste eine entsprechende Nachfrage aus)
4. Periode: Chemie, Automatisierung und Mikrochip (alle drei Technologien bedingen sich gegeneinander und lösten v.a. den Boom im Automobilsektor aus; Bedingung: ausgebautes Straßennetz)
5. Periode: Informations- und Kommunikationstechnik (Infrastruktur: Internet)
6. Periode: hier gibt es noch unterschiedliche Prognosen, u.a. Solartechnologie oder Lebenswissenschaften

Eine kürzere Dimension eines Technologiezyklus, nämlich den Verlauf des Aufstiegs einer einzigen Technologie, hat die Consultingfirma Gartner mit dem Begriff „Hype Cycle“ vorgestellt. Dieser Verlauf reflektiert die häufige Beobachtung, dass Technologien – trotz ihrer unterschiedlichen Inhalte und Anwendungen – im Allgemeinen einem bestimmten Muster bezüglich des Zeitverlaufs folgen: Einer Phase des Enthusiasmus folgt eine Phase der Desillusion und dann anschließend eine Phase der schrittweisen Verbesserung bis schließlich eine Marktreife erreicht ist und die Technologie relativ schnell in viele Anwendungsbereiche hinein diffundiert. Wie schnell diese Phasen durchlaufen werden und wie ausgeprägt der Hype und die Ernüchterungsphase sind, hängt von den jeweiligen Technologien ab.

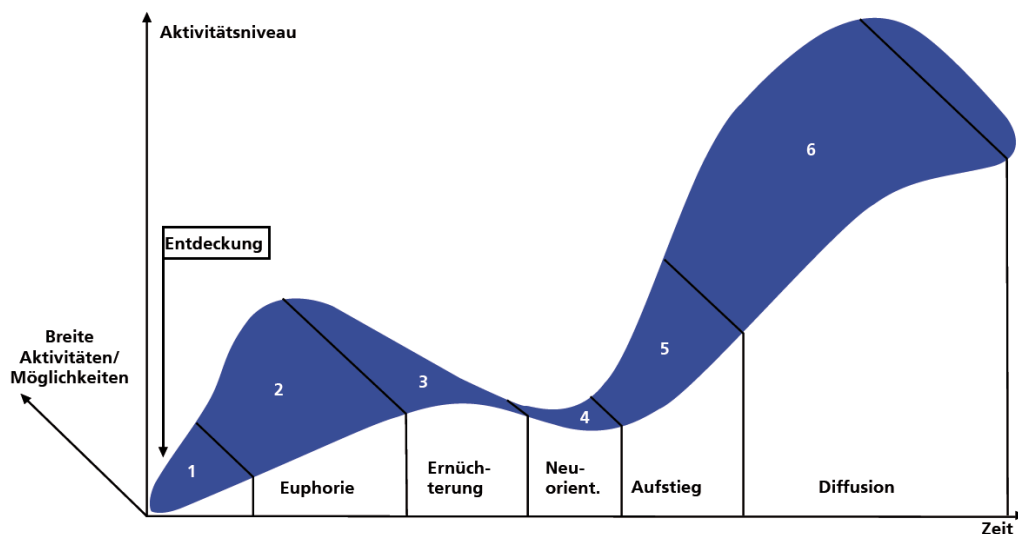


Abb. 1.15: Das 6-Phasen Modell (nach Dreher): Nach der Entdeckung und Exploration (Phase 1) werden die neuen technischen Prinzipien und wissenschaftliche Leistungen auf breiter Front erforscht. Dies erzeugt in einer breiter werdenden Gemeinschaft der Wissenschaftler ein euphorisches Gefühl über die Potenziale der neuen Technologie; auch außerhalb der Scientific Community, v.a. in den Medien, wird über Visionen spekuliert (Phase 2). Im Laufe der Zeit erweisen sich allerdings viele Optionen als entweder wissenschaftlich oder wirtschaftlich nicht in kurzfristigen Zeiträumen realisierbar, so dass viele Akteure ihre Forschungsaktivitäten wieder einstellen (Phase 3). In dieser Phase der Verunsicherung halten einige weiter durch (u.a. öffentlich finanzierte FuE-Einrichtungen), um die Technologien konsequent weiter zu entwickeln und dabei auch neue Ansätze zu finden (Phase 4). Sie erzielen dann die ersten industriellen Durchbrüche (Phase 5). In der Diffusionsphase fächern sich dann die Anwendungsmöglichkeiten wieder auf und Skaleneffekte führen zur Verbilligung der Technik. (Phase 6).

Aufgaben zur Lernkontrolle

- 1.9 Nennen Sie eine Technologie, die sich nach Ihrer Ansicht gerade im Hype (also Phase 2) befindet.
- 1.10 In welche Phase würden Sie die Technologie „Elektro-Auto“ einordnen?

1.6 Zusammenfassung

Um Forschung zu organisieren (zu managen), sollte man das breite Feld möglicher Forschungsthemen strukturell überblicken. Kann man auch nicht für alle FuE-Themen ein Experte sein, so sollten doch die wesentlichen Technologietrends oder Themen, mit denen sich der jeweilige Arbeitgeber des Forschungsmanagers befasst, geläufig sein. Deshalb ist es notwendig, dass man einen Überblick über das breite Spektrum der Themen hat und in der Lage ist, die Themen zu strukturieren. Im Groben wurden in diesem Kapitel dazu drei Möglichkeiten der Strukturierung vorgestellt, nämlich die Unterteilung in den Forschungscharakter (Grundlagen-, Anwendungsforschung, Entwicklung), die Thementiefe sowie die Disziplinen oder Bedarfsorientierung (Technologiematrix). Für zwei

Technologietrends wurden exemplarisch ein paar Themen aufgezeigt, die derzeit aktuell „beforscht“ werden.

In der zweiten Hälfte des Kapitels wurden die Ziele und Methoden von Technologieprognosen erörtert. Dazu wurden unterschiedliche Studienarten vorgestellt (Technologie -Vorausschau, -Früherkennung und -Folgenabschätzung) und drei sehr geläufige Prognosemethoden erörtert (Roadmaps, Szenarios, Delphi). Ein solcher Überblick bietet eine Orientierung, um schnell FuE- Inhalte zu erfassen und auch Foresight-Literatur auswerten zu können.

Schlüsselwörter:

Angewandte Forschung, Delphi-Methode, Experimentelle Entwicklung, Forschungstrends, Grundlagenforschung, Prognosemethoden, Roadmaps, Szenariotechnik, Technologievorausschau

Literatur zur Vertiefung

- Bullinger, Hans-Jörg (Hrsg.) (2007, 2009); Technologieführer bzw. Technology Guide, Springer Verlag, Berlin u.a.
- Popp, Reinhold/Schüll, Elmar (Hrsg.) (2009); Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung; Springer Verlag, Berlin u.a.
- Pillkahn, Ulf (2007); Trends und Szenarien als Werkzeug zur Strategieentwicklung; Publicis Corporate Publishing, Erlangen
- OECD (2002); Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for surveys on research and experimental development, Paris
- Randers, Jorgen (2012); 2052, a Global Forecast for the next Forty Years; Chelsea Green Publishing, New York

Internetverweise

- Ergebnisse des aktuellen BMBF-Foresight-Prozesses
http://www.bmbf.de/pubRD/Foresight-Prozess_BMBF_Zukunftsfelder_neuen_Zuschnitts.pdf
- Technologieprognosen – Internationaler Vergleich 2013; VDI Technologiezentrum-
http://www.bmbf.de/pubRD/VDI_TZ_Band_97verkleinert.pdf
- Delphi-Methode
http://www.uni-leipzig.de/fiwi/Forschung/arbeitspapiere/41_Delphimethode.pdf
<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/v/de/Delphi98-Ergebnisse.pdf>
- Energietechnologien 2050- Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung – Politikbericht
<https://www.dbu.de/OPAC/fp/Energietechnologien2050.pdf>