

Berufsbegleitender Masterstudiengang
Bildungs- und Wissenschaftsmanagement (MBA)



Dr. Lothar Behlau

Forschungsmanagement

Impressum

Autor: Dr. Lothar Behlau

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

Auflage: 1. Auflage

Redaktion: Uda Lübben, Karen Vogelpohl

Layout: Andreas Altvater, Franziska Vondrik

Copyright: Vervielfachung oder Nachdruck auch auszugsweise zum Zwecke einer Veröffentlichung durch Dritte nur mit Zustimmung der Herausgeber, 2019

ISSN: 1862 - 2712

Oldenburg, Februar 2019

Dr. Lothar Behlau



Dr. Lothar Behlau studierte an der Hochschule Hamburg Bioingenieurwesen und an der TU Hamburg-Harburg Verfahrenstechnik und promovierte an der TU München.

Dr. Behlau ist seit über 25 Jahren in unterschiedlichen Positionen der Unternehmensstrategie in der Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft tätig. Er ist verantwortlich für die Weiterentwicklung der Governance und der Management-Prozesse bei Fraunhofer und für die Positionierung von Fraunhofer innerhalb der nationalen Forschungslandschaft.

Dr. Behlau ist Mitglied zahlreicher Evaluationspanel zur Bewertung von Forschungsprojekten, -programmen oder -einrichtungen im In- und Ausland. Er ist beratend für Forschungseinrichtungen im In- und Ausland tätig und lehrt regelmäßig an der Hochschule München, der Hochschule Augsburg sowie der Universität Oldenburg.

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|-----------|
| EINFÜHRUNG..... | 6 |
| 1 GRUNDLAGEN ZUR WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG | 10 |
| 1.1 Definitionen und Strukturen..... | 11 |
| 1.2 Zielsetzungen..... | 13 |
| 1.2.1 Grundlagenforschung..... | 13 |
| 1.2.2 Angewandte Forschung | 16 |
| 1.2.3 Experimentelle Entwicklung | 17 |
| 1.3 Strukturierung von Forschungsthemen..... | 18 |
| 1.3.1 Die Ebenen von Forschungsthemen (Granularität)..... | 19 |
| 1.3.2 Technologiematrix..... | 20 |
| 1.3.3 Technologiezyklen..... | 22 |
| 2 DEUTSCHE FORSCHUNGSLANDSCHAFT UND IHRE AKTEURE | 25 |
| 2.1 FuE- ausführende Einrichtungen | 28 |
| 2.1.1 Hochschulen | 29 |
| 2.1.2 Die außeruniversitäre Forschung | 30 |
| 2.1.3 Unternehmen | 38 |
| 2.2 FuE- Förderung | 40 |
| 2.2.1 FuE-Fördereinrichtungen | 41 |
| 2.2.2 Arten der Forschungsförderung | 45 |
| 2.2.3 FuE-Programmmanagement..... | 46 |
| 2.3 Beratende Gremien | 51 |
| 3 AGENDA SETTING IN DER FORSCHUNG | 55 |
| 3.1 Politik | 56 |
| 3.2 Gesellschaft..... | 60 |
| 3.3 Wirtschaft/Unternehmen | 63 |
| 3.4 Scientific Community | 65 |
| 4 MANAGEMENT VON FORSCHUNGS-EINRICHTUNGEN UND HOCHSCHULEN | 68 |
| 4.1 Strukturen und Akteure | 69 |
| 4.2 Strategieplanung | 73 |
| 4.2.1 Das Leitbild | 73 |
| 4.2.2 Die Ziel- und Strategieplanung | 77 |
| 4.2.3 Prozess der Strategieplanung..... | 79 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 4.3 | Prognosemethoden..... | 82 |
| 4.3.1 | Szenariotechnik..... | 82 |
| 4.3.2 | Roadmapping | 84 |
| 4.3.3 | Delphi-Methode | 86 |
| 4.4 | Finanzierung und Kalkulation | 88 |
| 4.4.1 | Finanzierung einer FuE-Einrichtung..... | 88 |
| 4.4.2 | Budgetkalkulation | 92 |
| 4.4.3 | Projektkalkulation | 93 |
| 5 | QUALITÄTSSICHERUNG IN DER FORSCHUNG..... | 98 |
| 5.1 | Compliance | 99 |
| 5.2 | Wissenschaftliche Integrität | 100 |
| 5.3 | Leistungsmessung und Evaluierung | 103 |
| 5.3.1 | Bewertung des Wissenschaftlers..... | 103 |
| 5.3.2 | Evaluierung eines Projekts | 103 |
| 5.3.3 | Evaluierung einer FuE-Organisationseinheit (OE) | 105 |
| 6 | TRANSFER VON FUE-ERGEBNISSEN | 113 |
| 6.1 | Transfer von Forschung in die Wirtschaft..... | 115 |
| 6.2 | „Markt“ und Marketing | 116 |
| 6.3 | Auftragsforschung | 119 |
| 6.4 | Patente und Lizenzen..... | 124 |
| 7 | LITERATURVERZEICHNIS | 130 |
| 8 | SCHLÜSSELWORTVERZEICHNIS..... | 136 |

EINFÜHRUNG

Die Studienmaterialien vermitteln das notwendige Einstiegswissen für einen Forschungsmanager in die Strukturen von Forschungslandschaften und in das Management einer FuE-Einrichtung. Sie fügen sich nahtlos ein in das weitere Modul „Forschungsmanagement II – Portfolio und Kommunikation“.

Es werden strukturelle Überblicke gegeben, Methoden und Vorgehensweisen erläutert sowie auch Empfehlungen aus der Praxis dargestellt. Der Studierende erhält eine solide Orientierung zu den verschiedenen relevanten Bereichen wie Forschungslandschaft, Forschungspolitik, Strategieplanung oder Finanzierung.

Mit diesem Modul hat der Studierende einen Überblick und Einblick in die verschiedenen Ebenen der Forschungssysteme: von der nationalen Forschungslandschaft über die einzelne FuE-Einrichtung bis zur Projektebene. Deutlich werden das systemische Zusammenspiel der verschiedenen Akteure im Forschungssystem und die konkreten Institutionen und Prozesse in der Forschungslandschaft Deutschland.

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 der Zielsetzungen von Forschungsprojekten ist eine Kategorisierung in **Grundlagen**, angewandte Forschung und Entwicklung möglich. Die Vernetzung von Technologien und Anwendungen ist durch eine Technologiematrix möglich, so dass die unterschiedlichen Forschungsaktivitäten übersichtlich eingeordnet werden können.

Die **deutsche Forschungslandschaft und ihre Akteure** werden übersichtlich dargestellt und die jeweiligen Rollen erörtert (Kap. 2). Dazu gehören die FuE-ausführenden Organisationen genauso wie die FuE-fördernden. Die deutsche Forschungslandschaft ist dicht besetzt mit einer Vielzahl von FuE-Einrichtungen; die wichtigsten werden kurz charakterisiert und ihre Ähnlichkeit bzw. Unterschiedlichkeit dargestellt. Die Missionen reichen von der reinen Grundlagenforschung bis hin zur unmittelbaren Innovationsforschung. Daneben gibt es noch diverse Intermediäre, die in Form von beratenden Akteuren tätig sind oder Plattformen zum Austausch schaffen. Diese Plattformen werden teilweise auch durch die deutsche Forschungspolitik mitgestaltet.

Beim **Agenda-Setting** in der Forschung (Kap. 3) gibt es komplexe Regelkreise mit einer Vielzahl von Akteuren. Neben der Wirtschaft stellt auch die Gesellschaft zunehmend Anforderungen an die Wissenschaft. Die Wissenschaft wiederum wird immer mehr in die Pflicht genommen, Nutzen für die Wirtschaft und Gesellschaft zu erzeugen. Die Politik versucht neben der Moderation auch durch ihre hohe Forschungsförderung entsprechende Themen zu (be-)setzen. Sie kann aber auch durch andere Instrumente Forschung beeinflussen, von Incentives bis hin zu Verboten. Die Forschungspolitik ist allerdings kein isolierter Akteur, sondern sie ist vernetzt mit der Gesellschaft und der Wirtschaft; gerade Letztere wir-

ken durch ihre Mitwirkung in Gremien oder durch direkte Kontakte intensiv auf die Entscheidungen ein.

Zum **Management** einer Forschungseinrichtung (Kap. 4) gehören insbesondere die Prozesse der Leitbilderstellung und die Prozesse zur Ziel- und Strategieplanung. Nur durch eine abgestimmte Zielsetzung und eine daraus abgeleitete Strategieplanung ist ein konsistentes Zusammenwirken aller Mitarbeitenden möglich. Die Ziele sind auf die jeweiligen Stakeholder der FuE-Organisation ausgerichtet. Innerhalb großer Organisationen mit dezentralen FuE-Einrichtungen müssen solche Abstimmungs- und Planungsprozesse kaskadenartig ablaufen, von der Spitze bis zur kleinsten Organisationseinheit. Um derartige Planungen für die Zukunft gestalten zu können, muss in die Zukunft geblickt werden. Dafür stehen diverse Prognosemethoden zur Verfügung, die sich im Aufwand und auch in der Zielsetzung unterscheiden. Es wird ein Einblick gegeben in drei verschiedene Methoden, der Szenariotechnik, dem Roadmapping und der Delphi-Methode. Neben der Planung und strategischen Steuerung einer FuE-Einrichtung gehört insbesondere das Controlling und die Finanzierung zu den essentiellen Aufgaben des Managements. Dazu werden verschiedene Ebenen betrachtet, die Finanzierung von FuE-Einrichtungen, die Budgetkalkulation und die Vollkostenbetrachtung einzelner Projekte. Mit diesen kurzen Einblicken gewinnt der Forschungsmanager eine Anbindungskompetenz, um Schnittstellen zur Verwaltung und zum Controlling aufzubauen.

Zur **Qualitätssicherung** in der Forschung (Kap. 5) gibt es einige permanente Standards; dazu gehören ein professionelles Projektmanagement, die Beachtung der internen Compliance Regeln und die Sicherung der wissenschaftlichen Integrität. Das Thema Projektmanagement wird auch im Forschungsmanagement II-Modul "Projektmanagement" behandelt. Die wissenschaftliche Integrität nimmt gerade bei einem stärker werdenden Wettbewerb innerhalb der Scientific Community eine bedeutende Rolle ein. Und wenn man Qualität sichern will, muss man sie auch messen (können). Die Bewertung von Forschung ist innerhalb der Scientific Community ein vieldiskutiertes Governance-Thema. Dabei stößt man immer wieder auf viel Skepsis, inwiefern eine solche Messung überhaupt möglich ist. In dem Kapitel werden Möglichkeiten und auch Grenzen dazu aufgezeigt. Objekte der Bewertung sind der einzelne Wissenschaftler, ein FuE-Projekt, ein FuE-Förderprogramm oder auch eine gesamte FuE-Einrichtung. Oftmals werden dafür keine individuellen Zielvereinbarungen verwendet, sondern festgelegte Indikatoren. Dadurch werden die Prozesse einfacher, sind aber nicht unbedingt „zielführend“ (im wahrsten Sinne des Wortes). Dieses Dilemma wird im Fallbeispiel in Kap. 5 diskutiert. Dargestellt werden auch die unterschiedlichen Nutzendimensionen von FuE-Ergebnissen, die gängige Unterscheidung von Output, Outcome und Impact wird erläutert. Damit ist der Forschungsmanager diskursfähig für künftige Diskussionen zu Zielvereinbarungen.

FuE-Ergebnisse sollen nutzen, dazu müssen sie transferiert werden. Die verschiedenen Wege des **Transfers von FuE-Ergebnissen** werden dargestellt (Kap. 6). Für den Transfer in die Wirtschaft gibt es vier verschiedene Transfermechanismen: die Auftragsforschung, Patentüberlassung und Lizenzen, Ausgründungen

sowie Weiterbildung, wobei die Vertragsforschung üblicherweise das Standardmodell darstellt. Dazu sind besondere Kompetenzen erforderlich, die üblicherweise nicht von Wissenschaftlern beherrscht werden. Deshalb liegt hier auch ein Schwerpunkt der Tätigkeiten der unterstützenden Forschungsmanager. Dazu gehört zum einen die Kenntnis des Marktes, insbesondere des FuE-Marktes, der besonders schwer recherchierbar und darstellbar ist (im Gegensatz zu Produktmärkten). Zum anderen sind auch betriebswirtschaftliche Kenntnisse notwendig, um die Kosten und Erträge in einem Gleichgewicht zu halten, deshalb wird auch das Pricing erläutert. Dadurch können Forschungsmanager auch bei Verhandlungen mit Unternehmen unterstützen.

KAPITEL 1: GRUNDLAGEN ZUR WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG

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

- Forschungsprojekte nach unterschiedlichen Kriterien zu charakterisieren,
- die verschiedenen Ebenen/Granularitäten von Technologien zu erkennen,
- das breite Spektrum der Forschung zu überblicken und anwendungsspezifisch aufzubereiten,
- die Verbindung von Querschnittstechnologien und Anwendungsgebieten herzustellen.

1 GRUNDLAGEN ZUR WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG

Fallbeispiel:

Das Bundesforschungsministerium vergibt den Auftrag, einen nationalen Forschungsatlas zu erstellen „Wer forscht was in Deutschland?“ Dazu sollen geeignete Daten aller Forschungseinrichtungen (ohne Universitäten) gesammelt und so aufbereitet werden, dass ggf. auch Einrichtungen mit gleichen oder ähnlichen Kompetenzen identifiziert und verglichen werden können.

Weitere Absichten und Ziele werden nicht mitgeteilt, allerdings liegt die Annahme nahe, dass identifizierte redundante FuE-Einrichtungen ggf. zusammengelegt oder geschlossen werden sollen. Wie sollte die beauftragte Organisation vorgehen angesichts dieser Verantwortung?

Eine einfache Möglichkeit wäre, die Namen aller Einrichtungen und deren Kompetenzen aus dem Internet zu erfassen. Mit einer semantischen Suche könnte man dann die Einrichtungen mit ähnlichen Kompetenzen und Tätigkeiten selektieren.

Dieses Vorgehen würde aber folgendes Problem nicht berücksichtigen: Eine gleiche Wort-Bezeichnung adressiert nicht unbedingt auch die gleiche wissenschaftliche Kompetenz und Tätigkeit (Beispiel 1). Ebenso können gleiche Kompetenzen unterschiedlich bezeichnet werden oder einen unterschiedlichen Anwendungsbezug haben (Beispiel 2).

Beispiel 1: Es gibt mehrere FuE-Einrichtungen mit dem Namen „Institut für Windenergie(-Systeme)“. Machen diese Institute das Gleiche und kann man sie ggf. zusammenlegen oder eines schließen?

Diese Frage kann man nur beantworten, wenn man in die nächst tieferen Ebenen der Tätigkeiten und Kompetenzen einsteigt und jeweils analysiert, welche Projekte dort bearbeitet werden. Es kann passieren, dass sehr schnell offensichtlich wird, dass Institut 1 Rotoren von Windanlagen entwickelt und testet, das Institut 2 an der Generatorentwicklung arbeitet und Institut 3 die Einbindung der Windkraft in das internationale Energiesystem simuliert. Alle drei Institute haben absolut unterschiedliche Kompetenzen und auch relativ geringe Wechselwirkung untereinander. Bei einer solchen Konstellation wäre es ggf. sinnvoller, die Institute spezifischer zu benennen, um ihre Kompetenzen deutlicher zu machen. Allerdings tendieren Institute oftmals dazu, ihr Portfolio möglichst breit zu beschreiben, um damit Optionen für die Zukunft offen zu halten. So beschäftigt sich Institut 1 ggf. nicht nur mit den Windrotoren, sondern kommt wegen der Steuerung der Rotoren und ihrer Anbindung an die Generatoren auch mit den Generatoren-Entwicklern in Kontakt und steigt ggf. auch in diese Entwicklung ein. Und das Institut 3 muss natürlich bei seinen Simulationen zur Energieversorgung auch die Photovoltaik als Energiequelle berücksichtigen; aber da die Windkraft derzeit den größten Anteil an regenerativer Energie in Deutschland hat, nennt es sich nach dieser Energiequelle. Eventuell macht also ein „Institut für Solarenergie“ genau das Gleiche wie Institut 3.

Beispiel 2: Es gibt keine FuE-Einrichtung, die im Namen die Simulation von Materialien trägt. Gibt es keine Kompetenzen dazu in Deutschland? Muss dazu ein neues Institut gegründet werden?

Die Simulation von Materialeigenschaften beziehungsweise des Materialverhalten bei spezifischen Situationen (z. B. bei Brüchen, langen Lebensdauern etc.) sind Kernkompetenzen von einer großen Anzahl von FuE-Einrichtungen in Deutschland. Sie gehören zur "Grundausrüstung" von vielen Materialforschungsinstituten. Die Wissenschaftler sind meistens nicht Materialwissenschaftler, sondern Informatiker. Die Simulationen sind ausgerichtet auf unterschiedliche Schwerpunkte, z. B. auf sehr schnelle Vorgänge (Crash-Simulationen), langsame Vorgänge (Ermüdungsbrüche) oder das Zusammenspiel verschiedener Materialien (Gießen von Metall in eine Gussform). Auch im obigen Beispiel 1 sind im Institut 1 (Rotorblätterprüfung) sicher derartige Kompetenzen vorhanden. Sie sind dann allerdings auf die Anwendung bei Rotorblättern ausgerichtet.

Kompetenzen sind mithin nicht immer nach außen deutlich zu beschreiben, sondern müssen im Kontext des ganzen Instituts und dessen Anwendungen gesehen werden. Sie haben – wie bei der Simulation – die gleichen mathematischen Grundlagen und auch ähnliche Programme, sind aber unabdingbar an die jeweiligen Institutsanwendungen gekoppelt. Es kann allerdings vorkommen, dass bei Nachfrage eines Unternehmens nach einer Materialsimulation dann mehrere FuE-Institute ein Angebot machen. Dieser redundante Kompetenzaufbau ist aber nicht vermeidbar.

Die Benennung von wissenschaftlichen Kompetenzen, Tätigkeiten und Erfahrungen ist sprachlich nicht eindeutig (d. h. zu jedem Begriff gibt es nicht nur genau ein "Abbild"). Unsere Sprache ist nicht komplex genug, um die Wirklichkeit und insbesondere die komplexen FuE-Kompetenzen unmissverständlich abzubilden. Deshalb ist ein reiner Abgleich von "Überschriften" oder "Instituts- bzw. Abteilungsnamen" nicht zielführend.

Arbeitsaufgabe:

- Wie könnte man das Ansinnen des Forschungsministeriums angehen, in einer eng besetzten nationalen Forschungslandschaft Redundanzen zu identifizieren?
- Wie sollte man als Forschungsministerium vorgehen, wenn redundante Kernkompetenzen bei unterschiedlichen Forschungseinrichtungen identifiziert wurden?

1.1 Definitionen und Strukturen

„Wissenschaft“ und „Forschung“ werden im alltäglichen Sprachgebrauch fast synonym gebraucht, obwohl es einen Unterschied gibt: Die Wissenschaft sucht nach Erkenntnisgewinn allgemeiner Art. Sie ist ein System von vielfältigen Erkenntnissen über die wesentlichen Eigenschaften, kausalen Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten der Natur, der Technik und der Gesellschaft (Wie hängt A von B ab?). Diese gewonnenen Erkenntnisse müssen mit der Praxis übereinstimmen, aber nicht unbedingt in eine Anwendung überführt werden. Die Wissenschaft ist prinzipiell zweckfrei und erhöht ständig das kulturelle Wissen der Menschheit, d. h., sie muss permanent über aktuellen „Stand des Wissens“ hinausgehen und diesen durch neue Erkenntnisse weitertreiben.

Die Forschung hingegen ist nicht zweckfrei, sondern beginnt mit einer Fragestellung und verfolgt ein konkretes Ziel. Es geht mithin nicht nur um kausale Zusammenhänge, sondern um angestrebte Ergebnisse (z. B. das Entwickeln eines neuen Materials mit besonderen Eigenschaften). Die Forschung basiert dabei

auch auf früheren Ergebnissen und generiert darauf aufbauend weitere Entwicklungen oder neue Ideen der Umsetzung. Dabei kann der Stand des Wissens erhöht werden, das muss aber nicht der Fall sein. Es kann z. B. ein neues Produkt mit dem vorhandenen, frei verfügbaren globalen Wissen entwickelt werden. Im Allgemeinen baut die Forschung also auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen (Stand des Wissens) auf und generiert aus dieser Basis einen eigenen aktuellen Forschungsstandard, den „Stand der Technik“.

Auch der Begriff der Technik oder Technologie wird heute meist synonym verwendet (was auch von dem englischsprachigen Begriff „Technology“ herrührt, denn dieser Begriff beinhaltet semantisch sowohl Technik als auch Technologie). Während eine Technologie im Allgemeinen die wissenschaftlich fundierten (theoretischen) Erkenntnisse eines einzelnen ingenieurwissenschaftlichen Gebiets bezeichnet (z. B. Biotechnologie), adressiert die Technik entsprechende praktische Produkt- oder Verfahrensanwendungen einer Technologie (z. B. Gentechnik).

Ein internationales Standardwerk (Frascati Manual 2015, Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, OECD) schlägt für das breite Tätigkeitsfeld, in dem sich Forscher und Wissenschaftler bewegen, den Begriff „Forschung und experimentelle Entwicklung (FuE)“ (englisch Research and Development R&D) vor. Dieser umfasst sowohl alle schöpferischen Arbeiten, die in einer systematischen Art und Weise unternommen werden, um das Wissen zu vertiefen oder neue Erkenntnisse zu erlangen, sowie auch die Kenntnisse über den Menschen, über die Kultur und die Gesellschaft sowie die Umsetzung des Wissens für neue Anwendungen. Die Aktivität muss neu, kreativ, unsicher, systematisch und transferierbar bzw. reproduzierbar sein.

Hinsichtlich der Klassifikationen von Wissenschaften wird immer noch auf die klassischen Ausbildungsdisziplinen verwiesen:

- Natural Sciences (z. B. Mathematik, Physik, Chemie, Biologie),
- Engineering and Technology (z. B. Elektrotechnik, Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Medizintechnik),
- Medical and Health Sciences (z. B. Medizin, Pharmazie),
- Agricultural and Veterinary Sciences (z. B. Tiermedizin),
- Social Sciences (z. B. Psychologie, Soziologie, Jura, Wirtschaftswissenschaften, Medien, Politik),
- Humanities and the Arts (Geschichte, Sprachen, Philosophie, Religion, Kunst).

In der Literatur wird oftmals die Dichotomie zwischen den Geistes- und Naturwissenschaften thematisiert. Während bis ins 19. Jahrhundert die Philosophie als eine allumfassende Wissenschaft verstanden wurde, um die Welt zu beschreiben, übernahmen dann die Naturwissenschaften, insbesondere die Physik, die Rolle der Welterklärung. Anfang des 19. Jahrhunderts wurde dann Soziologie als eigene Disziplin geboren mit dem Anspruch die Gesellschaft zu erklären und ihre Entwicklung zu fördern.

Das Wissenschafts- bzw. Forschungsmanagement ist hinsichtlich seiner grundlegenden Funktionen und notwendigen Kompetenzen relativ unabhängig von der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin, die sie unterstützt. Lediglich bei Fragen des Transfers von Forschung gibt es im Bereich der Technikwissenschaften zusätzliche Themen wie das Innovationsmanagement, Ausgründungen, Patente oder die Vertragsforschung, die eine bedeutende Rolle im Forschungsmanagement spielen. Aber ein Forschungsmanager innerhalb einer Volluniversität kann ohne Probleme sowohl sozial- als auch naturwissenschaftlichen Fakultäten unterstützen.

Der Begriff "FuE", der auch in diesem Modul verwendet wird, umfasst dabei drei Aktivitäten mit unterschiedlichen Zielsetzungen: die Grundlagenforschung, die angewandte Forschung und die experimentelle Entwicklung.

1.2 Zielsetzungen

Forschungsaktivitäten können verschiedene Zielsetzungen verfolgen und werden deshalb entsprechend unterschieden in Grundlagenforschung, Angewandte Forschung und Experimentelle Entwicklung, wobei die jeweiligen Übergänge fließend sind. Diese Unterteilung ist insbesondere aus der Perspektive des Forschungsmanagements hilfreich, weil einige Themenbereiche wie die Evaluierung von Forschungsergebnissen, die Finanzierung der Forschung und auch die Motivation der Forscher für diese drei Aktivitäten unterschiedlich sind. Im Folgenden werden die drei Zielrichtungen der Forschung erläutert und ihre Unterschiede bezüglich des Forschungsmanagements dargestellt.

1.2.1 Grundlagenforschung

Die Grundlagenforschung wird getrieben durch die natürliche Neugier des Menschen. Der Mensch möchte wissen, woher er kommt, wie weit das Universum reicht und wie die Welt prinzipiell funktioniert, seien es Naturgesetze oder das Zusammenleben von Menschen, Tieren und Pflanzen. Diese Forschung ist nicht geleitet durch einen Zweck oder eine spätere Anwendung, sondern dient zunächst nur der Erweiterung der Erkenntnis und ist somit entsprechend dieser Zielsetzung eher der Kategorie der „Wissenschaft“ zuzuordnen. Typische Projektitel fangen mit der Formulierung an „Untersuchungen zur...“; damit ist eine Offenheit des Ergebnisses angedeutet.

Es gibt auch Grundlagenforschung, die eher dem Begriff der „Forschung“ zuzuordnen ist, weil es dort um konkrete Zielsetzungen geht und auch spätere Verwertungen angestrebt werden, wobei die Erkenntnisse allerdings noch ganz am Anfang stehen. Dazu gehören Themen wie z. B. der Quantencomputer oder neurologisch steuerbare Prothesen. In diesem Zusammenhang ist die Verortung der Themen anhand des sogenannten Technology Readiness Levels (TRL) sinnvoll. Die „Angewandte Grundlagenforschung“ adressiert den TRL 1-3 im Unterschied zur „Neugier-orientierten Grundlagenforschung“, die keine umsetzbare Technologie anstrebt. Allerdings ist auch bei letztgenannten Projekten nicht ausgeschlossen, dass

Ergebnisse in der Zukunft als Grundlage für Innovationen dienen. Allerdings sind solche Anwendungen nicht von vornherein intendiert. In solch grundlagenorientierten FuE-Einrichtungen werden auch Forschungsmanager eingesetzt, um das Potenzial solcher Ergebnisse frühzeitig zu erkennen und sie ggf. einer Verwertung zuzuführen.

Der Technology Readiness Level (TRL) adressiert die Reife einer Technologie hinsichtlich ihrer Markteinführung.

TRL 0: Erste Idee ohne jegliche Verifizierung

TRL 1: „Grundlagenforschung“: Beobachtung des Funktionsprinzips und erste Erprobung; generelle Prinzipien werden bestätigt

TRL 2: Beschreibung der Anwendung einer Technologie: Konzept wird formuliert und Technologien weiter verifiziert

TRL 3: „Angewandte Forschung“: Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie

TRL 4: Laborversuche: rudimentärer Prototyp bzw. Pilotanlage im Batch-Betrieb; Nachweis der Systemfähigkeit der Komponenten

TRL 5: Versuchsaufbau im Pilotmaßstab, Integration der Komponenten

TRL 6: Prototyp als Gesamtsystem nahe an endgültiger Leistung in Einsatzumgebung

TRL 7: Prototyp im Einsatz: Demonstration mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich

TRL 8: Funktionstüchtiges, qualifiziertes System auf kommerzieller Produktionslinie produziert

TRL 9: System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes und volle kommerzielle Produktion und Verfügbarkeit im Markt.

Hinsichtlich der Finanzierung ist offensichtlich, dass die Neugier-orientierte Forschung fast ausschließlich auf eine öffentliche Finanzierung angewiesen ist, weil es dafür keine anderen Auftraggeber gibt. Das Gleiche gilt prinzipiell auch für die anwendungsorientierte Grundlagenforschung, obwohl es hier auch Ausnahmen gibt, wenn große Unternehmen teilweise schon in sehr frühen Phasen einer Entwicklung mit eigener Forschungskapazität einsteigen (um ggf. frühzeitig entscheidende Patente zu sichern).

Für die Zivilgesellschaft ist die Förderung der (Grundlagen-)Forschung eine kulturelle Aufgabe, um ihren Erkenntnishorizont allgemein zu erweitern und ggf. den Wohlstand mittelfristig zu erhöhen oder auch ungelöste Themen der Biologie (z. B.: Wie funktioniert das Gehirn?) zu bearbeiten. Bei derartigen Life-Science-Forschungsthemen ist offensichtlich, dass es mittelfristig aus diesen Erkenntnissen heraus auch Anwendungen geben wird (z. B. aus der Hirnforschung heraus die Vorsorge und Behandlung der Alzheimer- und Parkinson-Krankheit). Teilweise sind diese potenziellen Anwendungen der Treiber für die Entschlüsselung der Funktionen des Gehirns, teilweise ist es die wissenschaftliche Neugier, in dieses komplexe und bisher unbekannte Gebiet vorzustoßen.

Ein weiteres Charakteristikum der Grundlagenforschung ist die notwendige Veröffentlichung der Ergebnisse in wissenschaftlichen Publikationen. Durch den öffentlichen Zugang zum aktuellen Forschungsstand wird es der global vernetzten Gemeinschaft aller Forscher (Scientific Community) ermöglicht, weltweit synchron zu forschen: Aufbauend auf den veröffentlichten Ergebnissen (Stand des Wissens) kann simultan an verschiedenen Orten weiter geforscht werden. Deshalb gibt es teilweise auch sehr schnelle Fortschritte innerhalb eines Themengebiets. Ein Beispiel diesbezüglich war die Entschlüsselung des menschlichen Genoms, an dem weltweit viele Forschergruppen gleichzeitig arbeiteten, so dass schnell Erfolge erzielt wurden. Dies impliziert einen Wettbewerb zwischen den verschiedenen Forschergruppen, bei denen derjenige „das Rennen“ gewinnt, der die Ergebnisse als Erster veröffentlicht hat. Deshalb sind auch die Anzahl Publikationen in wissenschaftlichen Journalen über neue Ergebnisse der wichtigste Indikator zur Bewertung der Grundlagenforscher.

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 Stoffwechselfzusammenhänge des Menschen erforscht und dann auch direkt in sinnvolle Diagnose- und Therapieanwendungen überführt werden. Andere Grundlagenforschungsprojekte können auch schon ein sehr konkretes Ziel haben, sind davon allerdings noch sehr weit entfernt (z. B. Fusionsreaktor s. u.).

Beispiel einer anwendungsorientierten Grundlagenforschung

Der im Bau befindliche Versuchs-Fusionsreaktor ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) in Cadarache (Frankreich) hat eine eindeutige Anwendung, wobei allerdings noch Jahrzehnte intensiver Forschung benötigt werden. Das internationale Großprojekt kostet rd. 16 Mrd. € (Stand 2015) mit Beteiligung der EU, Südkorea, Indien, USA, China, Japan, Russland und USA. Die Anlage soll die großtechnische Nutzung der kontrollierten Kernfusion (vergleichbar mit den Vorgängen in der Sonne) zur Stromerzeugung ermöglichen. Das größte Problem dabei ist, dass sich die Wasserstoffkerne einander stark annähern müssen, um fusionieren zu können. Dem wirkt aber die abstoßende elektrische Kraft zwischen den Kernen entgegen. Deshalb muss das Produkt aus Temperatur und Druck einen gewissen Schwellenwert überschreiten. In der Sonne reicht aufgrund des hohen Drucks durch die Gravitation eine Temperatur von „nur“ 15,6 Millionen Grad Celsius aus, um die Fusion in Gang zu halten. Solch ein Druck kann aber mit den vorhandenen technischen Mitteln auf der Erde bei Weitem nicht erzeugt werden und deshalb muss bei niedrigerem Druck die Zündtemperatur bei rd. 100 Millionen Grad Celsius liegen. Die Beherrschung dieser Technik würde das weltweite Problem der Energieversorgung schlagartig lösen; in den nächsten 50 Jahren ist damit allerdings noch nicht zu rechnen.

Beispiel einer Neugier-orientierten Grundlagenforschung

DFG geförderter Sonderforschungsbereich „The first 10 Million Years of the Solar System - a Planetary Materials Approach“. Das Sonnensystem bildete sich vor 4,6 Milliarden Jahren aus einer Wolke von interstellarem Gas und Staub. Der wichtigste und kritischste Schritt der Planetenbildung ist das Wachstum kleinerer Planetesimale aus feinem Staub inner-

halb der ersten Millionen Jahre nach der Geburt des Sonnensystems. Das Schwerpunktprogramm umfasst interdisziplinäre Studien, die sich mit den Schlüsselfragen der Planetensimulbildung im frühen Sonnensystem befassen. Es nutzt neue Entwicklungen der Forschung an planetarer Materie, z. B. die drastisch angestiegene Verfügbarkeit von extraterrestrischem Material durch neue Meteoritenfunde in kalten und heißen Wüsten, neue Möglichkeiten der Analytik in Mineralogie und Kosmochemie sowie das neu erwachte transdisziplinäre Interesse an Studien zur Planetenentstehung.

1.2.2 Angewandte Forschung

Die angewandte Forschung unterscheidet sich von der Grundlagenforschung dahingehend, dass geplante Forschungsergebnisse gezielt erreicht werden sollen - oftmals einhergehend mit einer direkten (kommerziellen) Nutzung. Eine solche Zielsetzung wird bereits bei Beginn des Forschungsprojekts formuliert. Daraus leitet sich ab, dass beim Projektmanagement derartiger Projekte andere Methoden der Qualitätssicherung angewendet werden müssen als bei Grundlagenforschungsprojekten. So muss z. B. permanent während des Projekts geprüft werden, ob das erwartete Ergebnis des Projekts nach wie vor erwünscht ist (z. B. ob es noch wettbewerbsfähig im Markt ist) oder eventuell andere Forschergruppen das Ergebnis bereits erzielt haben (z. B. belegt durch Veröffentlichungen oder Patentanmeldungen).

Wenn Ergebnisse solcher Projekte direkt in marktfähige Produkte oder Verfahren umgesetzt werden, spricht man von Innovationen (s. a. Modul Forschungsmanagement 2). Diese Forschung wird zum Großteil in den FuE-Abteilungen der Unternehmen oder in außeruniversitären FuE-Einrichtungen mit starkem Anwendungsbezug durchgeführt. Als Evaluierungskriterium für diese Art von Forschung werden mithin weniger wissenschaftsimmanente Kriterien, sondern eher Impact-relevante Kriterien herangezogen, nämlich inwiefern die Ergebnisse Nutzen stiftend waren, also z. B. direkt in Produktentwicklungen einfließen. Innerhalb des Forschungsprojekts bedarf es neben der oben erwähnten Marktfähigkeit und Neuheit auch einer kontinuierlichen Kontrolle von Qualität, Zeit und Kosten.

Die Ergebnisse der angewandten Forschung werden auch in wissenschaftlichen Journalen veröffentlicht, allerdings nicht so konsequent wie diejenigen der Grundlagenforschung. Teilweise ist eine 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 ist das Produkt bzw. das Verfahren im Markt für eine bestimmte Zeit geschützt.

Die angewandte Forschung adressiert üblicherweise einen Technology Readiness Level von 3 - 6.

Beispiel einer Angewandten Forschung

Die Entwicklung eines elektronisch angetriebenen Autos (E-Mobilität) geschieht aufgrund eines starken politischen Druck zur Kohlendioxid-Reduktion innerhalb der Energiewende in Deutschland. Aus dieser konkreten Zielsetzung ergibt sich eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Forschungsprojekte, die verteilt sowohl in Unternehmen als auch in öffentlichen FuE-Einrichtungen durchgeführt werden. Dazu gehört insbesondere die Entwicklung von Energiespeichern, die schnell aufladbar sind und eine große Reichweite ermöglichen. Hier werden unterschiedliche Batteriekonzepte verfolgt oder als Alternative auch Brennstoffzellen entwickelt, die Strom direkt aus Wasserstoff (den man tanken müsste) erzeugen. Erst aus einer großen Anzahl sehr unterschiedlicher (und untereinander nicht vollständig koordinierter) Projekte wird der Stand der Technik zur E-Mobilität kontinuierlich vorangetrieben.

1.2.3 Experimentelle Entwicklung

Bei der (experimentellen) Entwicklung handelt es sich um systematische Arbeiten in einem engen Forschungsumfeld, wobei bereits bestehende Erkenntnisse aus der Forschung und Praxis genutzt werden. Bei diesen Projekten gibt es ein klares Entwicklungsziel, meist ein neues Produkt oder Produktbestandteil. Zur Erreichung sind im Prinzip keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse notwendig, sondern diese liegen bereits (veröffentlicht) vor. Man spricht dann von der Anwendung des „Stand des Wissens“ (was also allgemein bekannt ist), der in einen neuen „Stand der Technik“ (was es standardmäßig technisch schon gibt) überführt werden soll. Dabei ist das Risiko des Erreichens eines solchen Projektziels geringer als bei der angewandten Forschung, obwohl die Umsetzung durchaus noch sehr aufwändig sein kann. Oftmals steckt „der Teufel im Detail“, um ein bekanntes wissenschaftliches Ergebnis in ein industrielles Verfahren oder ein marktfähiges Produkt zu überführen. Teilweise werden nicht nur verfügbare Ergebnisse, sondern auch am Markt verfügbare Bestandteile oder Verfahren für die Herstellung neuer Produkte verwendet.

Ebenso zum Bereich der Entwicklungen gehören auch die umfangreichen Applikationsentwicklungen von Unternehmen für ihre Produkte. Dabei werden Produkte und Verfahren an die spezifischen Wünsche von Kunden angepasst.

Die Resultate dieser experimentellen Entwicklungen – vornehmlich durchgeführt in den FuE-Abteilungen von Unternehmen – dienen mithin oftmals der direkten Umsetzung in Innovationen und werden u. a. durch Patente geschützt, um die Ergebnisse exklusiv zu verwerten (s. Kap. 6.4 Patente und Lizenzen)

Die experimentellen Entwicklungen adressieren ein TRL von 6-9.

Beispiel einer Experimentellen Entwicklung

Fingerabdrücke sind heutzutage durch einen Lasersensor schnell erfassbar. Die Technik des Erfassens und der Auswertung sowie der Abgleich mit einem hinterlegten Fingerabdruck ist mithin Stand der Technik. Eine Anwendungsentwicklung ist nun die Integration eines solchen Sensors z. B. in eine Computermaus zur Autorisierung des Nutzers oder in den Griff einer Autotür zum automatischen Entriegeln.

Diese o. g. Unterscheidung der Zielsetzung der FuE-Projekte impliziert allerdings keine prinzipiellen Unterschiede hinsichtlich der Art und Weise des Forschens. Dieses Faktum muss deutlich betont werden, weil bei Außenstehenden oftmals die Vorstellung herrscht, dass die Grundlagenforscher die „wahren Wissenschaftler“ seien, weil sie von keinen Zielsetzungen getrieben sind und die Anwendungsforscher nur „Getriebene“ hinsichtlich der angestrebten Innovationen oder äußerer Zwänge seien. Vielmehr gelten für alle Wissenschaftler die Anforderungen an die wissenschaftliche Exzellenz, die individuelle Kreativität und die Integrität wissenschaftlichen Arbeitens. Wenn man z. B. von außen in das Labor eines Instituts für Life Science, das Grundlagenforschung betreibt, und in die FuE-Abteilung eines Unternehmens der Pharmabranche hineinschauen würde, würde man nicht unbedingt einen Unterschied hinsichtlich der Art und Weise des dortigen Forschens feststellen können. Insofern sind die eingebürgerten Begriffe „Grundlagenforschung“ und „angewandte Forschung“ (die auch in diesem Modul aus Gründen der Wiedererkennung weiter verwendet werden) sprachlich nicht korrekt, weil sie insinuieren, dass es sich dabei um zwei verschiedene Arten von Forschungstätigkeit handelt und nicht nur um zwei verschiedene Zielrichtungen von Forschung. Darauf hat bereits Louis Pasteur (Chemiker im 19. Jahrhundert) hingewiesen: „Es gibt keine angewandte Wissenschaft, sondern nur Anwendungen der Wissenschaft.“

Der Bereich der Forschung und Entwicklung (FuE) kann von anderen Tätigkeiten unternehmerischen Handelns differenziert werden: „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“ (Frascati, 2015). Ebenso zählen Aktivitäten wie das Messen, Prüfen, Zertifizieren oder Beraten nicht zu den Forschungsaktivitäten, weil hier nur der Stand des Wissens angewandt, aber nicht weiter entwickelt wird und auch der Stand der Technik nicht vorangetrieben wird.

Die Differenzierung der drei oben beschriebenen Forschungstypen wird auch zur Strukturierung des nationalen Forschungssystems mit seinen verschiedenen Arten von Forschungseinrichtungen verwendet, wobei es hier keine trennscharfen Bereiche gibt und diese Klassifizierung nur eine erste Charakterisierung sein kann.

1.3 Strukturierung von Forschungsthemen

Die Vielzahl der heutigen Forschungsthemen ist kaum zu überblicken. Kein einzelner Wissenschaftler kann heute z. B. gleichzeitig kompetent sein auf dem Gebiet der Photonik und in der Genomik. Für Forschungsmanager ist allerdings notwendig, das breite FuE-Portfolio zumindest zu überblicken (wenn auch nicht in der Tiefe eines Experten). Für einen solchen Überblick ist es hilfreich, wenn FuE-Themen zunächst aggregiert und dadurch reduziert werden. Je nach Bedarf

können sie dann wieder spezifiziert werden oder mit möglichen Anwendungen in einen Zusammenhang gebracht werden. Im Folgenden werden dazu zwei Ansätze vorgestellt.

1.3.1 Die Ebenen von Forschungsthemen (Granularität)

Forschungs- oder Technologiethemen können in unterschiedlicher Aggregation dargestellt werden. Hohe Aggregationsebenen mit zusammenfassenden Begriffen sind geeignet, wenn es um Übersichten geht oder um allgemeinere Schwerpunkte, z. B. um FuE-Förderschwerpunkte einer Regierung wie z. B. „Digitalisierung“ oder „Erneuerbare Energien“. Hiermit wird eine komplexe Gesamtheit von notwendigen Disziplinen und Kompetenzen angesprochen, die zu dem Thema oder der Anwendung gehören. Ein solches Thema muss dann, z. B. zur Konzeption eines Förderprogramms, ggf. wieder weiter untergliedert werden, um zu fokussieren.

Beim Umgang mit einem FuE-Portfolio oder beim Diskurs über einzelne FuE-Themen muss je nach Anwendungsfall entschieden werden, auf welcher Ebene („Granularität“) die Themen adressiert werden sollen; eher übergreifend z. B. zur Ausarbeitung einer Strategie von FuE-Organisationen oder eher im Detail, z. B. um die Relevanz eines Projekts zu einem Förderprogramm zu beurteilen. Für Forschungsmanager als FuE-Generalisten ist diese Hierarchisierung auch insofern relevant, weil mit zunehmender Spezialisierung die eigene Diskursfähigkeit abnimmt. Bei Diskussionen mit hoher Spezialisierung muss der Forschungsmanager entweder zusätzlich spezifisches Knowhow erwerben, um bezüglich der adressierten Ebene der Technologie diskursfähig zu sein, oder er muss Experten hinzuziehen und sich mit diesen vernetzen. Über regenerative Energien kann noch (fast) jeder mitreden, bei der organischen Photovoltaik ist dann Expertenwissen gefragt.

Gliederungsebenen für das Thema "Regenerative Energien"

(in Klammern möglicher Anwendungsbezug)

Regenerative Energien (Forschungspolitische Schwerpunktsetzung)

- Solarenergie (Ausrichtung einer FuE-Einrichtung)
 - Photovoltaik (Förderschwerpunkt eines BMBF-Programms)
 - Organische Photovoltaik (Kernkompetenz einer FuE-Abteilung)
 - Mehrschichten-Solarzelle (Patentanmeldung)
 - Entwicklung eines Metallelektrode zur erhöhten Rückreflexion des nicht absorbierten Lichts (FuE-Projekt)

Bei strategischen Diskursen ist die relevante Granularität weitgehend vorgegeben; so gibt es z. B. für die Strategieplanung einer FuE-Einrichtung bereits ein zentrales Technologiethema, das z. B. auch im Namen der Einrichtung verankert

ist (z. B. „Institut für Solarenergie“). In den Strategiediskursen werden dann die nachfolgenden Themenebenen durch Auswahl oder Spezialisierungen adressiert (z. B.: Befassung nur mit Photovoltaik oder auch mit Solarthermie? Schwerpunktsetzung auf organische Photovoltaik?).

Bezug zum Fallbeispiel:

Welchen Namen sollte ein Institut tragen? Prinzipiell könnte es sich nach jeder der vier oberen Ebenen benennen (s. Kasten oben). Ein „Institut für Regenerative Energien“ (1. Ebene) müsste allerdings entweder sehr groß sein oder könnte nur geringe Teile dieses Themas abdecken. Ein „Institut für organische Photovoltaik“ würde sehr spezifisch seine Kompetenz nach außen darstellen. Auch dieses Thema ist prinzipiell breit genug für eine FuE-Einrichtung, aber man nimmt sich die Option, ggf. auch die Silizium-Photovoltaik weiter zu erforschen. Weitere Beispiele für Institutsnamen der 1. Technologie-Ebene sind z. B. Institut für Produktion, Institut für Nanotechnologie oder ein Institut für Medizintechnik, die auch tatsächlich in der deutschen Forschungslandschaft existieren.

Ein Forschungsprojekt ist die kleinste Einheit zur Beschreibung wissenschaftlichen Wirkens (die im Projektplan eines Projekts ggf. weiter untergliederten Arbeitspakete dienen nur der übersichtlicheren Organisation des Projekts). Für einen aktiven forschenden Wissenschaftler ist diese Ebene besonders relevant, weil keine Aggregation mehr vorliegt und somit das Forschungsvorhaben direkt beschrieben wird. Die übergeordneten Ebenen, die mehrere Projekte und Themen zusammenfassen, sind hingegen eher für übergeordnete strategische Diskurse geeignet.

1.3.2 Technologiematrix

In der Technologie wird zwischen Anwendungsfeldern und Kernkompetenzen unterschieden. Die oben vorgestellte beispielhafte Systematisierung zu den Erneuerbaren Energien macht zwischen der „Solarenergie“ und der „Photovoltaik“ einen Sprung von einem Anwendungsfeld (die Sonne als prinzipielle Energiequelle) zu einer wissenschaftlichen Kompetenz (Photovoltaik als Technologie zur Umwandlung von Solarstrahlung in elektrische Energie). Zum Aufbau eines umfassenden Systems, in dem Photovoltaikmodule in ein Stromnetz eingebunden sind und zur Energienutzung beitragen, werden viele Disziplinen benötigt: Vom Polymerchemiker und Materialwissenschaftler zum Aufbau der einzelnen Zellen sowie Mikroelektroniker zum Schaltungsentwurf über Produktionstechniker zur Kapselung der Photovoltaikzelle und zum Herstellen eines funktionsfähigen Moduls bis hin zum Informationstechniker zur Steuerung des Stromnetzes mit einer Vielzahl von Photovoltaikmodulen. Eine Anwendung braucht mithin viele Disziplinen und eine Disziplin kann viele Anwendungen bedienen. Deshalb gibt es für anwendungsorientierte Systeme (z. B. Serviceroboter) und bedarfsorientierte Technologien (z. B. Energiegewinnung) entsprechende Zuordnungen von (Querschnitts-)Disziplinen und Kompetenzen. Diese können in einer Matrix abgebildet werden.






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

Abb. 1.1: Die Technologiematrix unterscheidet zwischen Disziplinen orientierten Querschnittstechnologien (vertikal) und bedarfsorientierten Themen (horizontal). Die Matrix macht exemplarisch sichtbar, dass eine Disziplin auf vielfältige Weise zu den heutigen Bedürfnissen des Menschen beitragen kann (Reihen) und andererseits zur Lösung von Bedarfen oftmals viele Disziplinen gebraucht werden (Spalten). (eigene Darstellung). Beispiele (Bilder von links nach rechts):

- *Verfahrenstechnik – Ernährung: Durch schonende Behandlung und Konservierungsverfahren ist heute eine breite Palette von sicheren Convenience-Produkten wie z. B. Fertipizzen verfügbar.*
- *Materialien – Bauen, Wohnen / Mobilität, Transport: Durch die Entwicklung von Hochleistungsbeton können heute weit überspannende Brücken gebaut werden*
- *IuK-Technologien – Bauen und Wohnen: Serviceroboter erbringen Dienstleistungen direkt für den Menschen, insbesondere ist eine Anwendung die Unterstützung älterer Menschen in ihrer häuslichen Umgebung.*
- *Photonik – Sicherheit: Aufgrund einer Lasermessung von Luft-Wirbelschleppen hinter startenden Flugzeugen kann eine sichere Nachfolge-Startzeit bestimmt werden.*
- *Biotechnologien – Energie, Ressourcen: Algen in Röhren-Reaktoren können durch Photosynthese Energie in Form von Biomasse erzeugen. (Eigene Darstellung)*

Fast jedes Produkt im Markt stellt ein (komplexes) System dar, denn es ist das Ergebnis der Zusammenarbeit vieler Disziplinen: Ein Materialwissenschaftler entwickelt einen Werkstoff, der Produktionstechniker sorgt dafür, dass dieser Werkstoff verformbar ist und die Oberflächenspezialisten vergüten ihn, ggf. wird auch noch Elektronik integriert. Will eine FuE-Einrichtung mithin komplette Systemlösungen anbieten, muss sie entweder die notwendigen verschiedenen Forschungskompetenzen selbst vorhalten oder entsprechende Kooperationen mit anderen Partnern organisieren (s. a. Modul Forschungsmanagement 2). Für den einzelnen Wissenschaftler bedeutet dies, dass er auch vernetzungsfähig mit Kollegen anderer Disziplinen sein muss. Dieses Zusammenspiel der Disziplinen wird heute fast zu einem eigenen strategischen Ziel erhoben (obwohl es eigentlich nur

ein Mittel ist), weil man davon ausgeht, dass insbesondere aus dem Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen große Innovations sprünge generiert werden.

1.3.3 Technologiezyklen

Eine einzelne Technologieentwicklung hat – trotz unterschiedlicher Inhalte und Anwendungen - von der Idee bis zur Marktreife einen typischen qualitativen Entwicklungsverlauf: Einer anfänglichen Phase des Enthusiasmus folgt eine Phase der Desillusion, damit dann über die Phasen der schrittweisen Verbesserung schließlich die Marktreife erreicht ist und die Technologie anschließend relativ schnell in viele Anwendungsbereiche hineinwächst. Wie schnell diese Phasen durchlaufen werden und wie ausgeprägt der Hype und die Ernüchterungsphase sind, hängt von der jeweiligen Technologie ab.

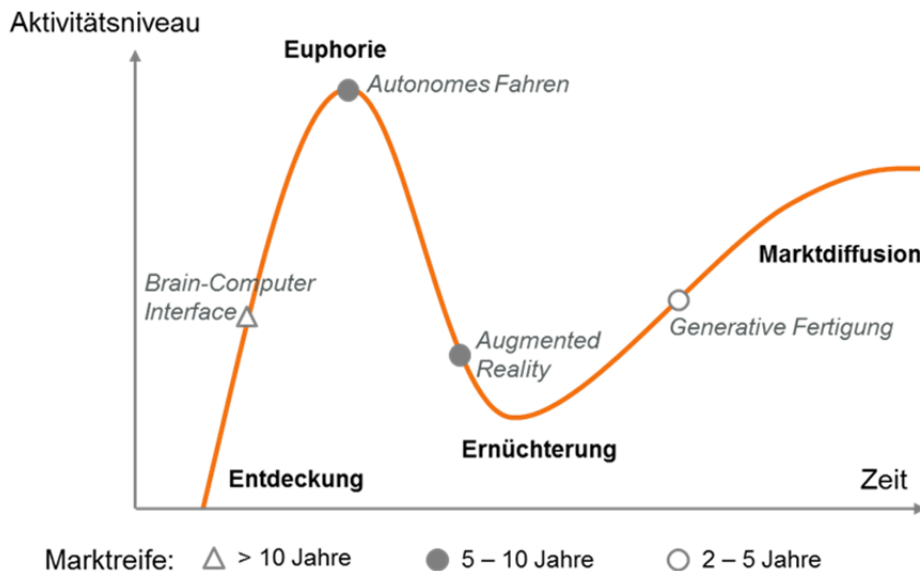


Abb. 1.2: Der typische Entwicklungsverlauf einer neuen Technologie (Hype Zyklus nach Gartner): Nach der Entdeckung und der ersten Exploration einer neuen Technologie (z. B. Brain-Computer Interface) werden die technischen Prinzipien auf breiter Front erforscht. Dies erzeugt in einer breiter werdenden Gemeinschaft der Wissenschaftler ein euphorisches Gefühl über die Potenziale der neuen Technologie; insbesondere auch außerhalb der Scientific Community wird in den Medien der Hype aufgenommen und Förderorganisationen reagieren mit zusätzlicher Finanzierung (z. B. Autonomes Fahren). Im Laufe der Zeit erweisen sich allerdings viele Visionen als wissenschaftlich oder wirtschaftlich nicht in kurzfristigen Zeiträumen realisierbar, so dass viele Akteure ihre Forschungsaktivitäten wieder einstellen (z. B. Augmented Reality). In dieser Phase der Verunsicherung halten insbesondere öffentlich finanzierte FuE-Einrichtungen oder große Unternehmen weiter durch, um die Technologien konsequent weiterzuentwickeln. Sie erzielen dann die ersten industriellen Durchbrüche (z. B. Generative Fertigung) und mit der Marktreife führen Skaleneffekte zur Verbilligung der Technik. (eigene Darstellung in Anlehnung an „The Microsoft System Software Hype Cycle Strikes Again, Gartner Inc., Jackie Fenn, 1995)

Schlüsselwörter:

Grundlagenforschung, Angewandte Forschung, Experimentelle Entwicklung, Technology Readiness Level, Granularität, Kompetenzabgleich, Technologie-Matrix, Gartner Zyklus

Literatur zur Vertiefung:

- Bullinger, Hans-Jörg (Hrsg.) (2007, 2009); Technologieführer bzw. Technology Guide, Springer Verlag, Berlin u.a.
- Frascati-Manual 2015 Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Data on Research and Experimental Development, OECD