

# Technologiefrüherkennung im Umfeld der Railways Diagnostics and Monitoring Technologies

Prof. Dr. Harald F.O. von Korflesch  
Mathias Linden  
Leon Ory

WORKING PAPER 16-001

# TECHNOLOGIEFRÜHERKENNUNG IM UMFELD DER RAILWAYS DIAGNOSTICS AND MONITORING TECHNOLOGIES

Die Arbeitsberichte aus dem Competence Center for the Assessment of Railway Diagnostic and Monitoring Technologies (CCRDMT) dienen der Darstellung vorläufiger Ergebnisse, die in der Regel noch für spätere Veröffentlichungen überarbeitet werden. Die Autoren sind deshalb für kritische Hinweise dankbar. Alle Rechte sind vorbehalten, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen – auch bei nur auszugsweiser Verwertung.

The Working Papers of the Competence Center for the Assessment of Railway Diagnostic and Monitoring Technologies (CCRDMT) are in draft form and will usually be revised for subsequent publication. Critical comments are appreciated by the authors. All rights reserved. No part of this report may be reproduced by any means or translated.

**Arbeitsberichte des Competence Center for the Assessment of Railway Diagnostic and Monitoring Technologies (CCRDMT) - CCRDMT Working Paper Series 16 Volume 1**

**ISSN 2700-6506**

## **Kontakt Daten der Verfasser**

Leon Ory  
Mathias Linden  
Prof. Dr. Harald F.O. von Korflesch

CCRDMT  
am Zentralen Institut für Scientific Entrepreneurship & International Transfer (ZIFET)  
Universität Koblenz-Landau  
Universitätsstraße 1  
D-56070 Koblenz  
E-Mail: [ccrdmt@uni-koblenz.de](mailto:ccrdmt@uni-koblenz.de)

April 2016

## **Zusammenfassung**

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen Überblick über das Vorgehen, den Aufbau und die Methodenvielfalt im Bereich der Technologiefrüherkennung zu bieten, einen Einblick in das Umfeld der Railways Diagnostics and Monitoring Technologies (RDMT), deren Technologiemanagement und den branchenspezifischen Anforderungen an die Technologiefrüherkennung (insbesondere im Bereich von KMU) zu geben. Kombiniierend daraus wird eine Handlungsempfehlung zur konkreten Nutzung der Forschungsergebnisse in Unternehmen dieser Größenordnung und Branche gegeben. Dazu wurden Literaturrecherchen im Bereich des Innovationsmanagements und des Railway Umfelds betrieben und ein Experte eines mittelständigen Technologieherstellers der RDMT-Branche interviewt. Die wichtigste Erkenntnis dabei ist, dass eine einzelne Methode den Anforderungen nicht gerecht wird, und eine Kombination von Methoden und Organisationsformen für eine effektive Technologiefrüherkennung notwendig ist.

## **Abstract**

This thesis deals with the approach, the structure and the variety of methods in the field of technology forecasting. Furthermore insights into the environment of Railways Diagnostics and Monitoring Technologies (RDMT), their technology management and industry-specific requirements for technology forecasting (especially in the area SMEs) are given. Combining those a recommendation for practical use of research results in companies of this size and industry is developed. In order to initiate the previously mentioned research elements a literature research was operated in the field of innovation management and the railway environment. In addition, an interview with an expert of a medium-sized technology manufacturer of RDMT industry was performed. The most important finding was that a single method cannot fulfill the requirements on its own, thus a combination of methods and organizational forms is necessary to achieve an effective technology forecasting.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Grundlagen Technologiefrüherkennung</b> .....	<b>12</b>
2.1 Einordnung in das Technologiemanagement.....	12
2.2 Begriffsdefinitionen .....	12
2.2.1 Synonyme: Technology Intelligence, Technologiefrüherkennung, technologische Frühaufklärung .....	12
2.2.2 Begriffshierarchie: Frühaufklärung, Früherkennung, Frühwarnung .....	15
2.2.3 Technologie .....	16
2.3 Ziele und Aufgaben der Technologiefrüherkennung.....	16
2.4 Operative vs. strategische Frühaufklärung .....	18
2.5 Anforderungen an die Technologiefrüherkennung.....	20
2.6 Grundlagen und Entwicklung der Technologiefrüherkennung.....	21
2.6.1 Die drei Generationen.....	21
2.6.2 Weak Signals - schwache Signale .....	23
2.7 Grundlegende Aktivitäten.....	27
2.7.1 Basisaktivitäten.....	27
2.7.1.1 Technologiscanning .....	29
2.7.1.2 Technologiscouting.....	31
2.7.1.3 Technologiemonitoring.....	32
2.7.2 Ausrichtung .....	34
2.8 Was ist Information?.....	36
2.9 Informationsquellen .....	37
2.10 Phasen im Früherkennungsprozess.....	40
2.10.1 Bestimmung des Informationsbedarfs.....	40
2.10.2 Beschaffung der Informationen .....	42
2.10.3 Bewertung der Informationen.....	43
2.10.4 Kommunikation und Dokumentation der Informationen .....	44
2.11 Methoden der Technologiefrüherkennung .....	46
2.11.1 Methoden im Überblick.....	46
2.11.2 Detaillierte Beschreibung ausgewählter Methoden.....	50
2.11.2.1 Informationserfassung.....	50
2.11.2.2 Informationsbewertung.....	54
2.11.2.3 Informationsaggregation und –strukturierung .....	58
2.11.3 Neue Methoden: Technologiefrüherkennungsnetzwerke .....	63
2.12 Schwächen, Grenzen und Hürden der Technologiefrüherkennung.....	65
2.12.1 Qualität und Umfang der Informationen .....	65

<i>Einleitung</i>	5
2.12.2 Unternehmensbezogene Durchführungsbarrieren .....	65
2.12.3 Organisatorische Nichteinbindung .....	67
<b>3 Technologiefrüherkennung im Umfeld der Railways Diagnostics and Monitoring Technologies .....</b>	<b>68</b>
3.1 Railway Diagnostics and Monitoring Systems .....	68
3.2 Experteninterview .....	72
3.3 Aktuelles Vorgehen/Methodik.....	74
3.3.1 Aufstellung des Unternehmens.....	74
3.3.2 Organisation und Struktur der Technologiefrüherkennung.....	74
3.3.3 Gegenstände der Technologiefrüherkennung.....	75
3.3.4 Restriktionen und Barrieren.....	75
3.4 Besonderheiten der Branche .....	75
3.5 Anforderungen an die Methodik.....	76
<b>4 Ergebnis .....</b>	<b>78</b>
4.1 Empfehlungen aus der Literatur .....	78
4.2 Vorstellung geeigneter Methoden.....	79
4.2.1 Informationserfassung .....	80
4.2.2 Informationsbewertung.....	81
4.2.3 Informationsaggregation und –strukturierung.....	81
4.3 Fazit und Vorgehen.....	82
4.4 Ausblick .....	83
<b>5 Literatur .....</b>	<b>84</b>
<b>6 Anhang: Fragenkatalog des Experteninterviews.....</b>	<b>92</b>

---

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 Problemsituation neuer Technologien (eigene Darstellung) .....	9
Abbildung 2 Inhalte der Begriffe Frühwarnung, Früherkennung, Frühaufklärung. (in Anlehnung an Raffée und Wiedmann 1988, S. 2-4 und Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 20f).....	16
Abbildung 3 Unterschiede zwischen einer operativen und strategischen Frühaufklärung (in Anlehnung an Hahn und Taylor 1990, Abb. 3., S. 342; Krystek und Müller-Stewens 1993, Abb. 1-2.S. 12).....	19
Abbildung 4 Auswirkung von Bedrohung/Chance (in Anlehnung an Ansoff 1975, S.22) .	24
Abbildung 5 Bezug der Basisaktivitäten (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 107; Reger 2006, S. 316; Lichtenthaler 2000, S. 33).....	35
Abbildung 6 Phasen im Früherkennungsprozess (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 103).....	40
Abbildung 7 Grundriss eines Technologiesteckbriefs (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 138; Wichert und Lang-Koetz 2015, S. 122).....	45
Abbildung 8 Methoden im Überblick nach Lichtenthaler (in Anlehnung an Lichtenthaler 2000, S. 41; 2005b, S. 398; Reger 2006, S. 320).....	47
Abbildung 9 Technologieportfolio (in Anlehnung an Jung et al. 2006, S. 399) .....	56
Abbildung 10 Trichter zur Charakterisierung von Szenarien (in Anlehnung an Geschka und Reibnitz 1986, S. 129; Geschka 2006, S. 361) .....	59
Abbildung 11 Elemente einer Technologie-Roadmap (in Anlehnung an Schuh und Klappert 2011, S. 208).....	62
Abbildung 12 Drei-Filter-Modell (In Anlehnung an Ansoff und McDonnell 1990, S. 66; Mieke 2005, S. 41).....	66
Abbildung 13 Diagnose eines Zugs (Schöbel et al. 2013, S. 529 nach TU Berlin).....	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Diffusion eines „weak signal“ (in Anlehnung an Wacker und Mathews 2004, S. 18) .....	26
Tabelle 2 Basisaktivitäten einer strategischen Frühaufklärung (in Anlehnung an Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 351; Müller 1986, S. 255; Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 177).....	28
Tabelle 3 Merkmale des Technologiestannings (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 96).....	31
Tabelle 4 Merkmale des Technologiestoutings (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 98) .....	31
Tabelle 5 Merkmale des Technologiemonitorings (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 97).....	33
Tabelle 6 Methoden im Überblick nach Wellensiek et al. (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 151).....	49
Tabelle 7 Überblick der Zustandsüberwachungsmittel für Züge (in Anlehnung an Schöbel et al. 2013, S.530) .....	70
Tabelle 8 Autorenliste zur Erstellung des Fragenkatalogs .....	73
Tabelle 9 Auswertung durch einen Kriterienkatalog (nach Levary und Han (1995) und Mishra et al. (vgl. 2002, S. 5f) .....	80

## Abkürzungsverzeichnis

BSc.....	Bachelor of Science
CEO .....	Chief Executive Officer
ERP .....	Enterprise-Resource-Planning
F&E.....	Forschung und Entwicklung
Dt .....	Deutsch
GuV.....	Gewinn- und Verlust-Rechnung
IKT.....	Informations- und Kommunikationstechnik
ISI.....	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
JSBM .....	Journal of Small Business Management
KMU .....	kleine und mittlere Unternehmen
LCC.....	Life Cycle Costing
Mio.....	Millionen
MSc.....	Master of Science
NISTEP.....	National Institute of Science and Technology Policy
RDMT.....	Railways Diagnostics and Monitoring Technologies
SaaS .....	Software as a Service
SAP .....	Software des Herstellers SAP AG
TCO .....	Total Cost of Ownership
u.a.....	unter anderem
usw .....	und so weiter
vs.....	versus
ZKE.....	Zugkontrolleinrichtungen

## 1 Einleitung

*„Es kommt nicht darauf an, die Zukunft vorauszusagen, sondern darauf, auf die Zukunft vorbereitet zu sein.“ Perikles*

Warum möchte ein Unternehmen eine (Technologie-) Früherkennung implementieren? Der Wunsch nach einer möglichst überraschungsfreien Unternehmensentwicklung stellt hier die Hauptmotivation dar. Überraschungen bringen häufig Spitzenbelastungen, eingeschränkte Handlungsmöglichkeiten, vorübergehende Qualitätsverluste und ein hohes Konfliktpotenzial mit sich und wirken sich so negativ auf die Ertragssituation aus (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S.5). Durch die ständig steigende Geschwindigkeit mit der sich Informationen verbreiten und durch die wachsende Vernetzung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickelten und verbreiteten sich Technologien in den letzten fünf Dekaden schneller als zuvor<sup>1</sup>. In Folge dessen sind Unternehmen einer Problematik ausgesetzt: Eine neue Technologie kann aufgenommen und genutzt, weiterverarbeitet oder verbessert werden. Sie stellt dann eine potenzielle Chance dar, die proaktiv ausgenutzt werden will. Oder sie kann eine Gefahr darstellen, indem sie dem Vorsprung vor der Konkurrenz entgegenarbeitet oder die eigene Marktposition schwächt. Sie sollte aus diesem Grund als mögliches Risiko reaktiv abgewehrt werden (vgl. Wellensiek et al. 2011, S.90). Eine Abwehr kann in diesem Fall etwa durch Allianzen, Markteintrittsbarrieren oder gezielte Weiterentwicklung eigener Technologien erreicht werden (vgl. Michaeli 2006, S. 286). In jedem Fall besteht Handlungsbedarf für das Unternehmen, um auf eine Überraschung in Form einer Gefahr oder Gelegenheit vorbereitet zu sein. Dieser Schutz und die technologische Weiterentwicklung stellen die Grundmotivation der Technologiefrüherkennung dar.

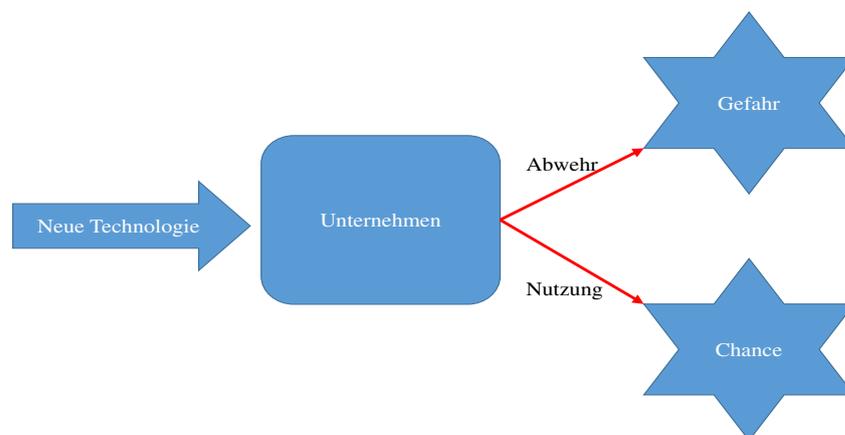


Abbildung 1 Problemsituation neuer Technologien (eigene Darstellung)

<sup>1</sup> s. „globale Wissensexplosion“ Caspers, Bickhoff und Bieger (2004, S. 63-65) und „Moore'sches Gesetz“, Moore (1965).

Gegenstand der Technologiefrüherkennung sind Technologien und Informationen über Technologien (technologisches Wissen) im Bereich der Produktion, Produkte und Materialien. Zeitlich kann der Beobachtungshorizont von einer kurzfristigen Ausrichtung von ein bis drei Jahren anhand bestehender Märkte, Produkte und Technologien bis zu einer langfristigen Ausrichtung von bis zu 30 Jahren anhand technologischer Trends reichen (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 92). „Früh“ kann dabei auch bedeuten, dass ein Trend vor den Wettbewerbern erkannt wird (vgl. Schwarz 2009, S. 251).

Als Leitidee für die Technologiefrüherkennung steht die Aufnahme und Auswertung schwacher Signale („weak signals“) (Nach Ansoff 1976; Ansoff 1979; Ansoff 1980; Ansoff 1987; s. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 165-201; Mitroff und Anagnos 2000, S. 99-113) im Unternehmensumfeld. Die Ausführung dieses Vorgangs hat sich im Laufe der letzten 35 Jahre in verschiedene Methoden und Konzepte unterteilt, die zum Teil große Unterschiede in den Aufgaben, Beobachtungsgebieten und Aktivitäten aufweisen. Diese Vielfalt und die stark steigende Menge an verfügbarem und somit potenziell relevantem Wissen macht die konkrete Auswahl geeigneter Methode gerade für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) schwierig. In der einschlägigen Literatur finden sich theoretische Grundlagen zu den Methoden. Konkrete Vorgehensweisen zur Methodenwahl für bestimmte Branchen sind jedoch nicht ausreichend untersucht worden (s. Abele 2013; Foden und Berends 2008; Herstatt und Verworn 2007; Krystek und Müller-Stewens 1993; Mieke 2005; Mietzner 2009; Mietzner 2010; Warschat et al. 2015; Geschka 1995).

Der Bereich der Railways Diagnostics and Monitoring Technologies (RDMT), der Überwachung von Eisenbahnnetzen und -zügen im Personen- und Güterverkehr, zeigt sich laut Expertenaussagen<sup>2</sup> als eine Branche, in der zwar eine Bereitschaft des Managements besteht strategisch relevante Informationen zu erarbeiten und aufzubereiten, jedoch keine geeignete Herangehensweise gesucht oder gefunden wurde. Laube (vgl. 2013, S. 171) stellt fest, dass die Grundlagenforschung im Bereich des Technologiemanagements gerade von KMU selbst kaum betrieben werden kann und daher in entscheidendem Maße von den Forschungen an Universitäten abhängig ist. Erforderliche Prognosemethoden sind in Unternehmen dieser Größe weitgehend unbekannt oder werden nicht genutzt. Demnach folgt aus der entstehenden Unfähigkeit langfristig technologische Entwicklungen vorherzusehen, dass der Technologietransfer operativ in kurzfristigen Projekten durchgeführt wird, anstatt ihn langfristig zu planen. Da sich immaterielle Ressourcen (wie das Know-how einer Technologie) einem schnellen Transfer entziehen, muss dieser langfristig ausgerichtet sein,

---

<sup>2</sup> Im Interesse einer besseren Lesbarkeit des Textes wird in dieser Arbeit jeweils nur die männliche Form verwendet, womit jedoch stets auch die weibliche Form gemeint ist.

da er sich sonst nicht zum geforderten, richtigen Zeitpunkt durchführen lässt. Die so entstandene notwendige Anpassung vorhandener Technologietransferkonzepte soll von Forschungsinstituten zu KMU stattfinden (Technologietransfer<sup>3</sup>) (ebenda).

Ausgehend von der hier bestehenden Forschungslücke soll diese Arbeit an das bestehende Forschungsfeld anknüpfen. Auf diesem Wege soll eine Brücke von theoretischen Ansätzen der Forschung zur praktischen Umsetzung in der Wirtschaft geschlagen werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sollen einen Überblick über das Vorgehen, den Aufbau und die Methodenvielfalt im Bereich der Technologiefrüherkennung bieten, einen Einblick in die Branche, deren Technologiemanagement und den branchenspezifischen Anforderungen an die Technologiefrüherkennung geben, und kombinierend eine Handlungsempfehlung zur konkreten Nutzung der Forschungsergebnisse im Unternehmen beinhalten.

Somit lässt sich folgende Hauptforschungsfrage formulieren: „Welche Methode(n) der Technologiefrüherkennung ist/sind für die Anwendung im Umfeld der RDMT geeignet?“

Als Grundlage müssen die folgenden drei Unterforschungsfragen beantwortet werden: „Welche Methoden und Modelle zur Technologiefrüherkennung sind in der Literatur zu finden?“, „Wie gestaltet sich das Umfeld der RDMT?“ und „Erfüllt eine Methode die Anforderungen des Umfelds der RDMT oder ist eine Kombination erforderlich?“

Basis für das Verfassen dieser Arbeit ist eine Literaturanalyse im Bereich des Technologiemanagements (Kapitel 2) sowie von Diagnostik- und Monitoringmethoden im Bereich der Eisenbahn (Kapitel 3). Um stellvertretend für die Branche und Unternehmensgröße ein geeignetes Technologiefrüherkennungssystem zu finden oder anzupassen, wird ein mittelständiges Unternehmen der RDMT Branche gewählt, welches in Kooperation mit der Universität Koblenz-Landau steht, und ein Experte aus dem Technologiemanagement interviewt (Kapitel 3). Auf Grundlage der theoretischen und praktischen Kenntnisse werden abschließend vorhandene Methoden vorgestellt (Kapitel 3) und auf ihre Eignung für den Bereich RDMT geprüft (Kapitel 4). Dabei wird die Notwendigkeit des Einsatzes mehrerer Methoden für verschiedene Stufen der Technologiefrüherkennung begründet.

---

<sup>3</sup> s. dazu die Ausarbeitung von Laube (2009).

## 2 Grundlagen Technologiefrüherkennung

Im folgenden Kapitel soll ein Einblick in das Thema der Technologiefrüherkennung gegeben werden. Dazu werden Grundbegriffe definiert, Ziele und Aufgaben benannt und grundlegende Arten gegenübergestellt. Im Anschluss erfolgt die Aufstellung von Anforderungen und es wird ein Überblick über die Entstehung und Entwicklung gegeben. Nach der Vorstellung grundlegender Phasen und Aktivitäten folgen die Vorstellung ausgewählter Methoden sowie der Grenzen und Hürden der Technologiefrüherkennung.

### 2.1 Einordnung in das Technologiemanagement

Das Technologiemanagement stellt einen inhaltlichen Teilbereich der Unternehmensführung dar und beinhaltet die Planungsaktivitäten zur langfristigen Sicherung und Stärkung der Marktposition eines Unternehmens. Dazu werden gezielte Änderungen einer Technologie oder Produktionstechnologie vorgenommen (vgl. Schuh und Klappert 2011, S. 5f).

Ziel des Technologiemanagements ist der Erwerb, die Bewahrung, der Schutz und die Verwertung technologischer Kompetenzen und damit die möglichst robuste und marktzugewandte technologische Positionierung des Unternehmens. Aus diesem Aufgabenfeld entsteht der Wunsch nach einer Prognose der Entwicklung und Verknüpfung von Technologien, sowie der Maßnahmenplanung zur Erhaltung oder Verbesserung der eigenen technologischen Position (vgl. Möhrle und Isenmann 2005, S. 1).

### 2.2 Begriffsdefinitionen

#### 2.2.1 Synonyme: Technology Intelligence, Technologiefrüherkennung, technologische Frühaufklärung

Zu Beginn jeder wissenschaftlichen Arbeit sollten die in der Arbeit genutzten Hauptbegriffe definiert werden, um eine begriffliche Präzisierung zu gewährleisten. Diese soll erlauben, „dass der „gemeinte Sinn“ der verwendeten Begriffe von allen erfasst und geteilt werden kann: Man muss wissen, worüber geredet wird“ (Schnell et al. 2011, S. 46). Darum wird im Folgenden ein Überblick über die Begriffe der (Technologie-) Früherkennung gegeben.

Nachdem Ansoff Anfang der 1970er erstmals Arbeiten im Bereich Technologiefrüherkennung veröffentlichte, änderte sich das Verständnis und die Benennung der (Technologie-) Früherkennung in der Literatur von der „Vorhersage“ zur „Früherkennung“, was zu einer systematischen Erkennung neuer und Beobachtung bestehender Technologien führte. So existieren heute zahlreiche unterschiedliche Auslegungen des Begriffs Technologiefrüherkennung (vgl. Lichtenthaler 2005a, S. 56).

Loew (vgl. 1999, S. 22f) stellt fest, dass in der Literatur keine klare inhaltliche oder begriffliche Abgrenzung zu erkennen ist. Die Bezeichnungen „Frühaufklärung“ und „Früher-

kennung“ sind jedoch in nahezu gleicher Frequenz, bei annähernd identischer inhaltlicher Ausrichtung zu finden.

Auch Reger (vgl. 2001b, S.535) und Gassmann und Kobe (vgl. 2006, S.304f) erkennen in Interviewreihen bzw. einer empirischen Studie zur Technologiefrüherkennung in 21 Unternehmen aus Europa, Japan und den USA, dass eine einheitliche Bezeichnung in der betrieblichen Praxis nicht existiert. In den Firmen werden für die Elemente der Analyse, Monitoring, Scanning und Prognose die Begriffe „Technologieplanung“ oder „Technologie-Trenderkennung“ bzw. „Technology Foresight“, „Technology Monitoring“, „Technology Forecasting“, „Technology Scouting“ oder „Technology Watch“ verwendet. Sie zielen darauf ab, die gegenwärtigen Geschäfte durch technologische Verbesserungen auszuweiten oder neue Geschäftsfelder zu generieren und globale Veränderungen frühzeitig zu erkennen um einen Wettbewerbsvorteil zu erlangen.

Definitionen bieten unter anderem wie folgt:

- *Krystek* (1990, S. 68):

„Frühaufklärung beinhaltet alle systematisch erfolgenden Aktionen der Wahrnehmung, Sammlung, Auswertung und Weiterleitung von Informationen über latent bereits vorhandene Risiken und/oder Chancen in einem so frühen Stadium, daß noch ausreichend Zeit für eine Planung und Realisierung von Reaktionsstrategien und (Gegen-)Maßnahmen verbleibt.“

- *Laube* (2009, S. 174):

„Die strategische Technologiefrühaufklärung bezeichnet den dynamischen strategischen Prozess teilweise parallel ablaufende Phasen sowohl zur ungerichteten als auch zur gerichteten Suche und Erkennung unternehmensrelevanter Technologien und ihrer Entwicklungen. Sie verfolgt das Ziel, frühzeitig und rechtzeitig geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die identifizierten Technologien in das Unternehmen geeignet zu transferieren.“

- *Lichtenthaler* (2005a, S. 56f):

„Die Technologiefrüherkennung zielt auf die rechtzeitige Bereitstellung relevanter Informationen über technologische Trends im Umfeld des Unternehmens, um dadurch potenzielle Chancen auszunutzen und potenzielle Gefährdungen abzuwehren. Die Technologiefrüherkennung umfasst die Aktivitäten der Beschaffung, der Analyse und der Kommunikation relevanter Informationen über technologische Trends zur Unterstützung von Technologieentscheidungen des Unternehmens und allgemeiner Unternehmensentscheidungen.“

- *Nick* (2008, S. 21):

„Strategische Frühaufklärung unterstützt Entscheidungsträger durch eine projektionsorientierte Informationsgenerierung darin, diskontinuierliche Umweltveränderungen mit strategischer Relevanz rechtzeitig zu identifizieren und zu verarbeiten, um so den Handlungsspielraum zu vergrößern und abgestufte Reaktionsstrategien zu initiieren.“

- *Weißbach* (1999, S. 343):

„Als Bestandteil der Strategischen Technologieplanung befasst sich die Technologiefrühaufklärung mit der systematischen Beschaffung und Auswertung von Informationen über künftige Chancen und Risiken, die technologische oder technologierelevante Veränderungen der Rahmenbedingungen für die Wettbewerbsposition des eigenen Unternehmens mit sich bringen.“

- *Wolfrum* (1991, S. 119):

„Technologiefrüherkennung zielt auf die frühzeitige Bestimmung der Potenziale neuer Technologien sowie der Grenzen herkömmlicher technologischer Problemlösungen ab. Darüber hinaus soll eine Grundlage für die Prognose bzw. Antizipation der weiteren Evolution in den interessierenden Technologiefeldern gelegt werden.“

Der im Rahmen dieser Arbeit interviewte Experte sieht in einer (Technologie-) Früherkennung vor allem drei ausschlaggebende Faktoren:

- *Risikovermeidung*: Einbeziehung aller physikalischer Möglichkeiten, um neben komplexen auch simple Lösungswege zu finden, da sonst Fehlinvestitionen die Folge sein können.
- *Problemgetriebenheit*: Frühe Erkennung des kostengünstigsten und am schnellsten zu erreichenden Lösungswegs eines Problems. Mit gegebenen Mitteln das Problem des Kunden lösen, bzw. es nicht entstehen lassen.
- *Einbeziehung des Kunden*: Die Betrachtung des Gesamtprozesses, die Ermittlung der Investitionsbereitschaft und das Erkennen von Ersatzprodukten.

In dieser Arbeit wird vornehmlich auf die Definition Lichtenthalers (2005a, S. 56f) zurückgegriffen. Die ausschlaggebenden Faktoren der Rechtzeitigkeit und Relevanz<sup>4</sup> der Information werden benannt, die Wichtigkeit von Chancen und Risiken<sup>5</sup> wird hervorgehoben und alle Phasen<sup>6</sup> werden abgebildet.

---

<sup>4</sup> s. dazu Kapitel 2.5.

<sup>5</sup> s. dazu Kapitel 2.6.2.

<sup>6</sup> s. dazu Kapitel 2.10.

## 2.2.2 Begriffshierarchie: Frühaufklärung, Früherkennung, Frühwarnung

Raffée und Wiedmann (vgl. 1988, S. 2-4), Krystek (vgl. 2007, S. 50; 2006, S. 306), Loew (vgl. 1999, S.21-30), Aeschmann (2010, S. 2f) und Müller (vgl. 1986, S. 129-131) klassifizieren und typologisieren die Entwicklung<sup>7</sup> und Funktion der Frühaufklärung wie folgt:

### 1. Frühwarnung

Vorläufer heutiger Konzepte: Indikatoren- und hochrechnungsorientierte Ansätze zur frühzeitigen Ortung und Signalisierung von Bedrohungen. Einseitige Orientierung an potenziellen Risiken ohne die frühzeitige Antizipation von sich abzeichnenden Chancen.

### 2. Früherkennung

Augenmerk auch auf potenzielle Chancen: Erweitertes Spektrum der Wahrnehmung durch Ergänzung der reinen Kontrollfunktion von Frühwarnsystemen um Analyse-, Diagnose- und Prognosefunktionen. Stärkere strategische Ausrichtung und Informationssuche auch außerhalb der vorhandenen Unternehmungsziele<sup>8</sup> und Geschäftsfelder.

### 3. Frühaufklärung

Initiierung von Handlungsmaßnahmen: Erarbeitung und Sicherstellung von Strategien und Handlungsprogrammen als Leitmaxime einer strategisch ausgerichteten Unternehmensführung. Nicht als eigenständiges, zusätzliches Informationssystem, sondern viel mehr als Grundhaltung und umfassende Kernfunktion des strategischen Managements: „Frühaufklärung wird weniger allein als ein Problem geeigneter Methoden, sondern viel mehr als die Aufgabe der Sensibilisierung des Managements gegenüber schwachen Signalen sowie als Problem eines Informationsmanagements und der Umsetzung von Früherkennungsinformationen in Handlungsprogramme gesehen.“ (Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 21)

---

<sup>7</sup> s. dazu auch Kapitel 2.6: Dort wird der Fokus mehr auf die Entwicklung gelegt, ist aber durchaus damit verbindbar.

<sup>8</sup> Die Autoren, auf die hier Bezug genommen wird, sprechen von einer „Unternehmung“. An anderer Stelle dieser Arbeit auch der Begriff „Unternehmen“ übernommen. Da sinngemäß das gleiche gemeint ist und keine Unterscheidung vorgenommen wird, werden die beiden Begriffe in dieser Arbeit synonym verwendet.



Abbildung 2 Inhalte der Begriffe Frühwarnung, Früherkennung, Frühaufklärung. (in Anlehnung an Raffée und Wiedmann 1988, S. 2-4 und Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 20f)

### 2.2.3 Technologie

Nach Tschirky (vgl. 1998, S. 227) ist Technologie die Summe der spezifischen individuellen und kollektiven Fähigkeiten in expliziter und implizierter Form für die produkt- und prozessorientierte Entwicklung von wissenschaftlichem und technischem Wissen. Somit kann Technologie einerseits als seine Unterkategorie des Wissens angesehen werden, denn der Fluss der Entstehung ist bei beiden der gleiche, andererseits als ein Ergebnis des Prozesses der Wissensbereitstellung (vgl. Savioz 2004, S. 11). Träger von Technologie können Menschen, Prozesse, Materialien, Maschinen/Anlagen und Werkzeuge sein (vgl. Burgelann et al. 2009, S. 2).

Technologie und Technik haben in der deutschsprachigen Literatur einen weiten Überdeckungsbereich. Nach der klassischen Trennung von Technik als Anwendung von Wissen im konstruktiven Sinne und Technologie als Lehre von Technik steht Technologie heute durch die Eindeutigung des englischen Ausdrucks „technology“ (dt. „Technik“) mit der Übersetzung „Technologie“ zugunsten eines integrierten Begriffsverständnisses als angewandte Wissenschaft (vgl. Möhrle und Isenmann 2005, S. 6).

### 2.3 Ziele und Aufgaben der Technologiefrüherkennung

„The aim is not to foresee the future, but rather to prepare for an uncertain future.“ (Interviewpartner in Nick 2008, S. 117). Mit diesem Satz beschreibt ein Experte die Zielsetzung strategischer Frühaufklärung in seinem Unternehmen und schließt damit an das der Arbeit vorangestellte Zitat von Perikles an. Nick (vgl. 2008, S. 116f) stellt fest, dass die Identifi-

zierung und Handhabung zukünftiger Geschäftsgefahren, aber auch -chancen, wodurch Zeitgewinne realisiert und Wettbewerbsvorteile erreicht werden sollen, in allen untersuchten Unternehmen das Ziel der Frühaufklärung ist. Dabei reichen die Ziele von „wertsteigernd“ (etwa durch die Erschließung von Geschäftschancen) bis „wertsichernd“ (etwa durch das Reduzieren von Verwertungs-, Haftungs- und Reputationsrisiken). Die Motivation dazu sei der ständige Wandel des Unternehmensumfeldes in Form von systemischen Risiken, neuen Technologien und sich verändernden Wertvorstellungen.

Auch Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 89) sehen die zielgerichtete technologische Weiterentwicklung und den Schutz vor Überraschungen als Grundmotivation der Technologiefrüherkennung. Ashton und Klavans (vgl. 1997, S. 11) erkennen drei generelle Ziele:

- Die Unterstützung der frühen Warnung vor externen technischen oder unternehmerischen Entwicklungen,
- die Bewertung und angemessene Reaktion auf neue, von externer Technologie angestoßenen Produkte, Prozesse und Unternehmen, und
- das Vorhersehen und Verstehen von wissenschaftlichen und technologischen Trends/Bewegungen im Unternehmensumfeld, um die organisatorische und strategische Planung zu unterstützen.

Für Reger et al. (vgl. 1998, S. 5) steht die Erweiterung des derzeitigen Geschäfts durch technologische Fortschritte, die Generierung von neuem technologischen Wissen zur Erschließung neuer Geschäftsfelder und das Voraussehen technologischer Diskontinuitäten, um ein „Überfluten“ neuer Paradigmen oder Wettbewerber zu verhindern, im Mittelpunkt. Die Beobachtung von Entwicklungen im Spektrum, wie auch im Detail der Funktionen und Technologien, sowie die generelle Überwachung der technologischen Umwelt nach Chancen stellen für Lang (vgl. 1998, S. 75) die Hauptziele der (Technologie-) Früherkennung dar.

Kreiblich et al. (vgl. 2002, S. 35) identifizieren in einer Umfrage unter Unternehmen zur Zukunftsforschung, dass in der Praxis die Verbesserung der Entscheidungsqualität, Perspektiven zur Planung neuer Geschäftsfelder und die frühzeitige Entwicklung neuer Dienstleistungen Ziele sind, für deren Erreichung qualitative Methoden (wie die Szenariotechnik<sup>9</sup>) einen wichtigen Beitrag leisten.

Reger (2006, S. 325) sieht in der Technologiefrüherkennung vor allem eine Entscheidungsvorbereitung: „Technologie-Früherkennung ist dann erfolgreich, wenn diese einen

---

<sup>9</sup> s. Kapitel 2.11.2.3.1.

bedeutenden und sichtbaren Beitrag für wichtige technologiebezogene Entscheidungen liefert.“

Die Literatur verweist noch auf weitere Aufgaben der Früherkennung<sup>10</sup>.

## 2.4 Operative vs. strategische Frühaufklärung

Da die Unternehmensplanung und die Frühaufklärung eine vielfältige und enge Beziehung zueinander haben, ist eine Differenzierung in operative und strategische Frühaufklärung sinnvoll (vgl. Hahn und Taylor 1990, S. 341). Die Indikatoren in den Beobachtungsfeldern (Betrieb, Branche, Gesamtwirtschaft, technologisches, sozio-kulturelles und politisch-rechtliches Umfeld) lassen sich somit wie folgt differenzieren:

- *Operative Früherkennungsindikatoren:* meist wohl strukturierte, direkt beobachtbare, qualitative, eher kurzfristige Daten. Sie dienen der Sicherung von Liquidität und Rentabilität und orientieren sich an vergangenen Größen wie Absatzzahlen, Einnahmen und Ausgaben im Rahmen von Kennzahlensystemen (GuV, Bilanz, usw.) und Planungshochrechnungen (vgl. Geißler 2003, S. 208f; vgl. Krystek und Herzoff 2006, S. 306).
- *Strategische Früherkennungsindikatoren:* unerwartete, überwiegend schlecht strukturierte, nicht direkt beobachtbare Informationen. Strukturbrüche und Diskontinuitäten in der Umweltentwicklung (weak signals<sup>11</sup>), die nicht durch die Hochrechnung von Vergangenheitsdaten erkannt werden können. Latente Chancen und Bedrohungen sind bereits in einem sehr frühen Stadium zu identifizieren und sollen somit der Ausgangspunkt für Folgemaßnahmen sein (vgl. Geißler 2003, S. 208f; vgl. Krystek und Herzoff 2006, S. 306).

Die zentralen Unterschiede zwischen beiden Formen liegen dabei auch im Hinblick auf den Systeminput (verschiedene Informationsarten usw.), dem Throughput (Möglichkeiten der Informationsverarbeitung), dem Output (zu erwartenden Ergebnisse) und dem Outcome (von den Ergebnissen normalerweise ausgehende Wirkung) (vgl. Hahn und Taylor 1990, S. 341; vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 10-16). Diese lassen sich in Abbildung 3 veranschaulichen.

---

<sup>10</sup> s. dazu die Auflistung von Mieke (2005, S. 24). Diese gibt einen kurzen, aber umfassenden Überblick verschiedener Autoren.

<sup>11</sup> s. Kapitel 2.6.2.

	Operative Frühaufklärung	Strategische Frühaufklärung
Prozessmodell:  <b><u>Input</u></b> <i>Charakteristika der Information</i>  <i>Fähigkeiten der Beteiligten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wohl-strukturiert</li> <li>• Eher quantitativ</li> <li>• Eher wertfrei</li> <li>• Eher analytisch</li> <li>• Eher beweisend</li> <li>• Eher erfahrungsgeleitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlecht-strukturiert</li> <li>• Eher qualitativ</li> <li>• Eher wertbeladen/polarisierend</li> <li>• Eher holistisch</li> <li>• Eher überzeugend</li> <li>• Eher kreativ</li> </ul>
<b><u>Throughput</u></b> <i>Durchführung</i>  <i>Instrumente</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eher delegierbar</li> <li>• Eher in einer institutionalisierten Form</li> <li>• Kausalanalysen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht delegierbar</li> <li>• Eher in informellen Arenen</li> <li>• Umgang mit Diskontinuitäten</li> </ul>
<b><u>Output</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signifikante Abweichungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Misfits“</li> <li>• „Drittvariable“</li> <li>• „weak signals“</li> </ul>
<b><u>Input</u></b> <i>Reflexivität des Systems</i>  <i>Konsequenzen</i>  <i>Schnittstellen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der Gesetzmäßigkeiten</li> <li>• Auslösung von Reaktionsprozeduren</li> <li>• Suche nach Erklärungen aus Erkenntnissen der strategische Früherkennung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der Beobachtungsquellen und -prozeduren</li> <li>• Tiefenanalyse; Monitoring</li> <li>• Organisatorisches Lernen</li> <li>• Suche nach Auswirkungen auf die operative Früherkennung</li> </ul>

Abbildung 3 Unterschiede zwischen einer operativen und strategischen Frühaufklärung (in Anlehnung an Hahn und Taylor 1990, Abb. 3., S. 342; Krystek und Müller-Stewens 1993, Abb. 1-2.S. 12)

Obwohl zwischen operativer und strategischer Früherkennung eine Übersetzungsleistung („Bridging“) zu erbringen ist, sind sie schließlich als gleichwertige, sich ergänzende und überlappende Ansätze zu betrachten (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 10-16). Die Notwendigkeit für eine strategische Früherkennung besteht jedoch, da die Aussagekraft von operativen Früherkennungsindikatoren in Anbetracht turbulenter Umwelten eingeschränkt ist, und somit die Beobachtung ökonomischer Kennzahlen nicht ausreicht (vgl. Geißler 2003, S. 208f). Eine Delegation des Top-Managements, wie sie die operative Früherkennung vorsieht, ist bei der strategischen Früherkennung nicht möglich, da auftretende Themen im vornherein nicht als Bedrohung oder Chance bewertet werden können (vgl. Rohrbeck und Gemünden 2006, S. 151, in Bezug auf Krystek 2007, S. 51f). Die dabei

notwendige Interpretation von weak signals kann nach Haeckl (vgl. 2004, S. 185-189) nicht automatisiert werden, sondern muss von Menschen erarbeitet werden.

## 2.5 Anforderungen an die Technologiefrüherkennung

Um eine erfolgreiche Erkennung von neuen Technologien gewährleisten zu können, setzen verschiedene Autoren Anforderungen an das Früherkennungssystem oder seine Bestandteile (Indikatoren, Methoden, Techniken). Diese sind unter anderem:

- *Frühzeitigkeit*

Damit Planung und Realisierung von (Gegen-)Maßnahmen in ausreichender Zeit durchgeführt werden können, müssen Chancen/Gefahren mit genügend zeitlichem Vorlauf erkannt werden (vgl. Loew 1999, S. 38). Frühzeitigkeit kann dabei nicht mit einem absolutem Zeitmaß festgelegt werden, sondern verlangt vielmehr eine Anpassung der verfügbaren Reaktionszeit an die erforderliche Reaktionszeit bei steigender Dynamik und Komplexität des Umfelds (vgl. Mieke 2005, S.22f; Bleicher 2011, S. 59f). Ansoff (vgl. 1975, S. 22) nennt als Beispiel ein Unternehmen mit einem Entwicklungszeitraum von fünf Jahren für ein Produkt und empfiehlt einen Prognosezeitraum von sieben bis zehn Jahren.

- *Vollständigkeit*

Um ein realistisches Bild der Situation liefern zu können, müssen Methoden oder Indikatoren aufkommende Technologien möglichst vollständig erfassen können (vgl. Loew 1999, S. 37).

- *Prozessflexibilität*

Der Früherkennungsprozess sollte keine starre Abfolge von sequenziellen Phasen sein. Vielmehr sollte er an die Umstände und Anforderungen der Unternehmung angepasst und möglichst flexibel gestaltet werden (vgl. Cuhls 2003, S. 96). Somit muss auch beim Einsatz ausgewählter Früherkennungsmethoden eine Anpassung an zur Verfügung stehenden Ressourcen, unternehmungsspezifischen Anforderungen und der jeweiligen Zielsetzung vorgenommen werden (vgl. Mietzner 2005, S. 55).

- *Rechtzeitige Verfügbarkeit*

Informationen, die ein Ereignis frühzeitig anzeigen, aber erst kurz vor oder nach seinem Eintreten verfügbar sind, können für die Analyse und Prognose nicht optimal genutzt werden. Sie müssen daher rechtzeitig und einfach zur Verfügung stehen und übersichtlich dargestellt werden (vgl. Loew 1999, S. 38; Mietzner 2009, S. 56).

- *Ökonomische Vertretbarkeit*

Um der Unternehmung langfristig hilfreich zu sein, müssen der Aufwand der Technologiefrüherkennung und der Nutzen aus den gewonnenen Informationen in einem angemessenen Verhältnis zueinander stehen (vgl. Loew 1999, S.38).

## **2.6 Grundlagen und Entwicklung der Technologiefrüherkennung**

### **2.6.1 Die drei Generationen**

In der Literatur werden übereinstimmend drei Entwicklungsstufen von Frühaufklärungssystemen unterschieden<sup>12</sup>:

#### *Erste Entwicklungsstufe: Orientierung an Kennzahlen/Hochrechnungen*

Aus der operativen Unternehmensplanung gingen in den 1970er Jahren erste Frühwarnsysteme hervor, in deren Mittelpunkt die Entwicklung von spezifischen Kennzahlen und Kennzahlensystemen standen, bei deren Über- oder Unterschreitung eines zuvor festgelegten Schwellwertes Frühwarnmeldungen ausgelöst werden sollten (vgl. Welge und Al-Laham 2003, S. 303). Erste Frühaufklärung/-warninformationen wurden aus Planungshochrechnung gezogen, die unter Ausbau der datenverarbeitungsgestützten, operativen Planungs- und Kontrollrechnung eingeführt wurden und es ermöglichten, zwischen „Plan“ (Soll) und hochgerechnetem, voraussichtlichem „Ist“ (Wird) zu vergleichen (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 19).

#### *Zweite Entwicklungsstufe: Orientierung an Indikatoren*

In der Weiterentwicklung wurde das Augenmerk auf die systematische Suche und Beobachtung von spezifischen Indikatoren gelegt, die in den ausgewählten Beobachtungsbereichen möglichst früh relevante Entwicklungen anzeigen sollten (vgl. Welge und Al-Laham 2003, S. 304). Dabei werden sowohl unternehmensinterne (etwa Fluktuationsrate der Mitarbeiter, kalkulatorische Hochrechnungen, Ausgaben für F&E, Produktion und Beschaffung sowie Verwaltung im Vergleich zur Konkurrenz) als auch unternehmungsexterne (etwa konjunkturelle und strukturelle Entwicklungen oder Arbeits-/Kapital-/Beschaffungs-/Absatzmärkte) Beobachtungsbereiche überwacht (vgl. Hahn und Klausmann 1986, S. 269). Solche ständig und gerichtet überwachten Indikatoren sind Anzeigen für verborgene, nicht direkt erfassbare Erscheinungen/Entwicklungen (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 20). Kritisch ist anzumerken, dass diese Orientierung an Indikatoren nur dann funktioniert, wenn diese aussagekräftig gewählt und Toleranz- und Sollwerte entsprechend angepasst sind.

---

<sup>12</sup> Vgl. Krystek und Müller-Stewens (1993, S. 19f); Reger (2001b, S. 549-551); (Welge und Al-Laham 2003, 303f); Krystek (2007, S. 51f).

*Dritte Entwicklungsstufe: Orientierung an schwachen Signalen*

Mit Ansoffs Konzept der „weak signals“<sup>13</sup> und „strategic issue analysis“, welches bis heute die theoretische Grundlage aller Ansätze zur strategischen Früherkennung darstellt (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 20), wurde der letzte Schritt hin zur strategischen Früherkennung gegangen (vgl. Welge und Al-Laham 2003, S. 304). Grundlage dessen ist die Annahme, dass sich plötzlich auftretende Chancen oder Bedrohungen (Diskontinuitäten<sup>14</sup>) durch sogenannte „weak signals“ („schwache Signale“) ankündigen. Ansoff (vgl. Ansoff 1975, S.22) fordert daher, schon beim Auftreten schwacher Signale und nicht erst, wenn der Strukturbruch eintritt, über die strategische Ausrichtung nachzudenken.

Reger (vgl. 2001b, S. 549-551) erkennt die drei Generationen von Technologiefrüherkennung (technology foresight) ebenso und beschreibt sie wie folgt:

*1. Generation: Technologie Vorhersage (technology forecasting), 1960er bis Anfang 1970er.* Früherkennung als Vorausschau im Sinne von Trendextrapolationen und Trendvorhersagen, dem Vergleich von aktuellen und geplanten Daten, der Datenerhebung und der Entwicklung von und Orientierung an Planungsindikatoren und Werkzeugen. Als Untereinheit der Projektplanung verstanden und nur innerhalb des eigenen Unternehmens.

*2. Generation: Technologie Vorhersage (technology forecasting), 1970er bis Anfang 1990er.* Früherkennung als Entwicklung von spezifischen Frühindikatoren, um relevante Trends zu beobachten, technologiegetrieben und für technische Spezialisten gedacht, geprägt von technischen Reports und schriftlicher Kommunikation. Begründung von Früherkennungseinheiten als gemeinschaftliche Stabstelle, jedoch immer noch als Tätigkeit der Datenerhebung und auf das Unternehmen begrenzt.

*3. Generation: Technologie Früherkennung (technology foresight), 1990er bis 200?.* Früherkennung als nachfrage- und wertbedingte Integration von indikatorbasierten Konzepten in das strategische Management und als interaktiver, integrierter Teil der Entscheidungsfindung auf allen Entscheidungsebenen. Direkte, parallele und schnelle Kommunikation, in-/formale Einbeziehung externer und interner Netzwerke sowie von Entwicklungen in Wirtschaft, Gesellschaft, Umwelt und der Gesetzeslage. Auf allen Ebenen ausgeführt und unterstützt von IKT (Datenbanken, Intra-/Internet, spezielle Software).

---

<sup>13</sup> s. Kapitel 2.6.2.

<sup>14</sup> Strukturbrüche.

## 2.6.2 Weak Signals - schwache Signale

Die Literatur ist sich einig darüber, dass Ansoffs Konzept der weak signals „bis heute die zentrale Arbeit und Grundlage für weiter gehende Forschungen“ (Bea und Haas 2005, S. 298) ist und mit seiner Überlegung der „entscheidende Impuls für die Durchsetzung einer antizipierten Frühwarnung“ (Lehmann und Ruf 1990, S. 5) gegeben wurde. Darum wird im Folgenden das Konzept der weak signals kurz vorgestellt.

Auf Basis der indikatoren gestützten Früherkennung initiierte Ansoff (1975) das Modell der „weak signals“ (schwachen Signale). Er geht davon aus, dass grundsätzlich kein Ereignis plötzlich eintritt, sondern stets durch Vorboten („schwache Signale“) angekündigt wird, die es frühzeitig zu erfassen gilt, um die Manövrierfähigkeit des Unternehmens nutzen zu können (dabei nimmt die Manövrierfähigkeit mit der Häufung schwacher Signale ab). Das Problem dieses Prozesses liegt im Ausfindigmachen und der richtigen Deutung dieser Vorboten, da erste Vorläufer meist noch schlecht strukturierte Informationen sind (sie stellen eher Symptome als Beschreibungen dar), die sich erst allmählich verdichten und konkretisieren. Wann ein Signal „schwach“ oder „stark“ ist, hängt vom Empfänger und Interpretieren des Signals ab. Was für einen Manager als „schwach“ gilt, kann für einen im betreffenden Bereich tätigen Ingenieur deutlich „stärker“ ins Gewicht fallen (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 346-348).

Ein Unternehmen hat nach Ansoff zwei Möglichkeiten, sich vor strategischen Überraschungen zu schützen: Entweder es entwickelt ein effektives Krisenmanagement, das schnell und effizient auf plötzlich auftretende Strukturbrüche reagiert, oder es behandelt das Problem „before the fact“ und minimiert so die Wahrscheinlichkeit einer strategischen Überraschung (vgl. Ansoff 1975, S. 22).

Überraschungen sind in diesem Fall Abweichungen der erwarteten Entwicklung in Form von Bedrohungen oder Chancen („threat and opportunity“). Diese werden jedoch durch Strukturbrüche („strategic discontinuity“) angekündigt. Prinzipiell können Bedrohungen oder Chancen jedoch durch Früherkennungsmethoden vorhergesehen werden und mit ausreichend Vorlaufzeit sollte ein Unternehmen diese auch abwenden können (vgl. Ansoff 1975, S. 22).

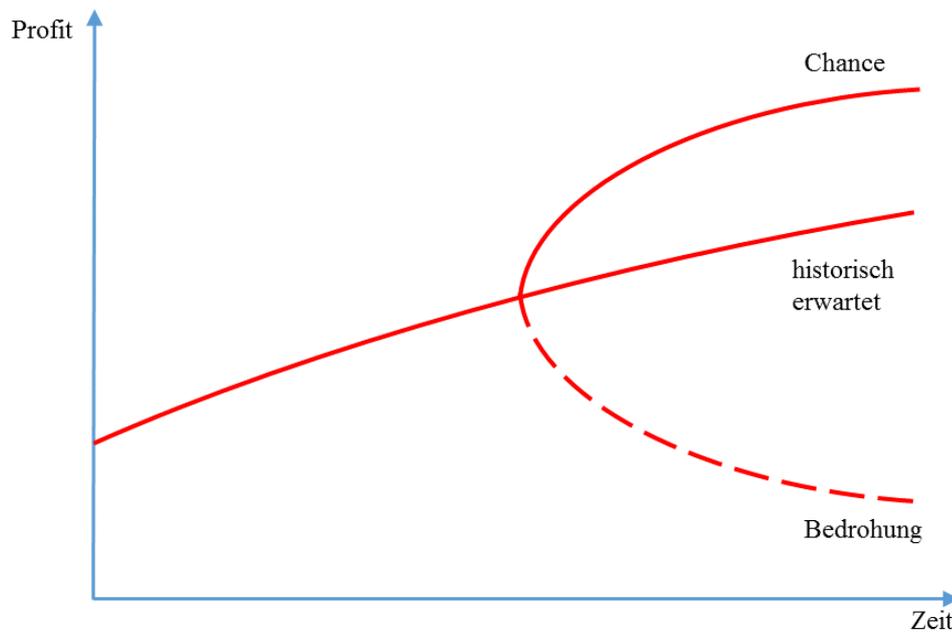


Abbildung 4 Auswirkung von Bedrohung/Chance (in Anlehnung an Ansoff 1975, S.22)

Wie zuvor festgestellt, besteht die wesentliche Herausforderung der Früherkennung in der frühzeitigen Feststellung von kritischen Entwicklungen der Umweltsegmente durch das Erkennen zuvor auftretender weak signals. Um bereits in einem Frühstadium strategische Diskontinuitäten strategische Handlungen vorzubereiten und nicht abwarten zu müssen, ist es notwendig, diese schwachen Signale zu empfangen und richtig zu deuten. Besonders wichtig ist dies, da notwendige Zeitabläufe zur Erkennung von Bedrohungen zugleich auch eine Einengung des strategischen Handlungsspielraums bedeuten (vgl. Krystek 1987, S. 167).

Für Schwarz (vgl. 2009, S. 251) ist eine exakte Definition nicht nur schwierig, sie kann stattdessen auch den entgegengesetzten Effekt erreichen, wenn ein Unternehmen schwache Signale finden will, die ihm in erster Linie unbekannt sind. Exakte Definitionen engen so den Suchprozess ein. Ansoff selbst hat den Begriff des „weak signals“ nicht eindeutig definiert (vgl. Welge und Al-Laham 2003, S. 306; Böhler 1993, S. 1260), was für Schwarz kein Versäumnis ist, sondern vielmehr einen essenziellen Bestandteil seines Konzepts darstellt. Jedoch liefern andere Autoren eine Definition bzw. Umschreibung.

Nach Simon (vgl. 1985, S. 18f) sind weak signals:

- Informationen aus dem Unternehmungsumfeld, deren Inhalte noch relativ unstrukturiert sind.
- Hinweise auf Innovationen, Diskontinuitäten und Bedürfnisse.
- In erster Linie qualitativer Natur und lassen noch keine Aussage über Fortentwicklung, Eintrittszeitpunkt oder kurz-/langfristige Konsequenzen zu.

- Schlagen sich in „weichem Wissen“ und intuitiven Urteilen nieder.

Als Quellen weak signals können verschiedene Umfeldler und Umstände dienen. Krystek (1987, S. 166) nennt folgende Quellen:

- „Plötzliche Häufung gleichartiger Ereignisse, die in strategisch relevanter Beziehung zur jeweiligen Unternehmung stehen oder stehen können,
- Verbreitung von neuartigen Meinungen/Ideen, z. B. in den Medien,
- Meinungen und Stellungnahmen von Organisationen und Verbänden,
- Tendenzen der Rechtsprechung und erkennbare Initiativen zur Veränderung/Neugestaltung von Gesetzgebung (im In- und Ausland).“

Das Aufspüren von weak signals wird von Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 95) als besonders wichtig im Wettbewerb mit anderen Unternehmen hervorgehoben: Eine frühzeitige Identifikation und richtige Deutung des weak signal kann zu einem deutlichen Vorteil gegenüber den Wettbewerbern führen. Dabei sollen jedoch starke Signale nicht vernachlässigt werden, da diesen auch keine weak signals vorausgehen können, oder diese möglicherweise nicht erkannt wurden. Der zu erreichende Wettbewerbsvorteil ist hier jedoch geringer. In jedem Fall müssen Signale frühzeitig wahrgenommen werden, um dem Unternehmen einen ausreichenden Reaktionsspielraum zu verschaffen (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 92).

Zwischen den 1970ern und 1980ern wurden auch im deutschsprachigen Raum Ansätze einer strategischen Frühaufklärung vorgelegt, die sich an das Ansoffsche Konzept anlehnen: Kirsch und Trux beschreiben ihr Konzept der strategischen Früherkennung bildhaft, als ein „Aufwirbel-Ansaug-Filter-System mit systematischem Recycling und automatischer Filterüberprüfung“ (Kirsch und Trux 1979, S. 55). Durch das „Aufwirbeln“ und „Ansaugen“ sollen (schwache) Signale von möglichst vielen Quellen empfangen und aufgrund der geringen Präzision dieser Signale gefiltert werden, um eine Informationsüberfrachtung des Managements zu vermeiden. Dabei ist es wichtig, dass die Filter weiterhin überprüft werden, um sich ändernden Relevanzkriterien und Bewertungsmaßstäben gerecht zu werden. Abschließend sollte eine Art „Recycling“ der Signale sichergestellt sein, damit diese bei Bedarf in einem anderen Kontext wieder aufgegriffen werden können (vgl. Krystek 1987, S. 167).

Kritik an Ansoffs Konzept bleibt jedoch nicht aus. Neben der unzureichenden operationalen Definition des Begriffs der weak signals kritisieren Böhler (vgl. 1993, S. 1259f), Liebl (vgl. 1996, S. 22) und Bea und Hass (vgl. 1994, S.488) die ausbleibende methodische Unterstützung bei der Filtrierung der schwachen Signale. Ansoff gibt zwar Reaktionsgrade an, nach denen sich umso mehr Maßnahmen festlegen lassen, je konkreter die Signale werden,

lässt eine Methodenempfehlung dazu jedoch aus. Abschließend gibt Böhler (1993, S. 1261) folgende Empfehlung ab: „Obgleich die Erfassung schwacher Signale einen wichtigen Beitrag zur Früherkennung leistet, ist sie als alleiniger Ansatz für die Früherkennung nicht hinreichend. Während der indikatorgeleitete Ansatz vor allem geeignet ist, die derzeit und zukünftig relevanten Beobachtungsbereiche und Faktoren gezielt zu überwachen, verhindert die ungerichtete Überwachung schwacher Signale die gefährliche Einengung der Perspektive auf wenige Umfeldler und Entwicklungen. Erforderlich ist daher eine Integration der beiden Ansätze.“ Arnold (vgl. 1981, S. 291f) kritisiert<sup>15</sup>, dass Ansoff die Reaktionsmuster auf verschiedene unzulängliche Informationslagen an historischen Beispielen<sup>16</sup> darlegt und somit der Anschein entsteht, dass weak signals die Informationsmenge darstellt, die nur ex post als diese identifiziert werden können und damit ein „Spätwarnsystem“ geschaffen sei.

Auffällig ist auch, dass Bright (1970, 1973) bereits vor Ansoff eine vergleichbare Idee in frappierend ähnlicher Terminologie publizierte, die jedoch in der theoretischen Ausformulierung noch nicht sehr weit entwickelt war (vgl. Liebl 2005, S. 120).

Den Lebenszyklus eines weak signal beschreiben Wacker und Mathews (vgl. 2004, S. 17f) und erkennen dabei, dass ein schwaches Signal am Rand der Gesellschaft, mit geringem Publikum entsteht und von da über einen immer größer werdenden Hörerkreis zu einem Massenphänomen anwachsen kann. Tabelle 1 verdeutlicht diese Diffusion.

	Rand („Fringe“)	Ecke („Edge“)	„Realm of the cool“	„Next Thing“	Big „Social Convention“
Zuhörerschaft	Eine/r	Begrenzt	„Identifizierbare cohort“	„Multiple cohorts“	Massenmarkt
Kommunikationsträger	Vom Ursprung abweichend	Mundpropaganda	Events; Reportagen	Allgemeine Berichterstattung	Werbung und Marketing

Tabelle 1 Diffusion eines „weak signal“ (in Anlehnung an Wacker und Mathews 2004, S. 18)

<sup>15</sup> s. dazu Arnold (1981, S. 291-293). Darin weitere Ausführungen und Kritik zu Prämissen und internen Stimmigkeiten Ansoffs.

<sup>16</sup> Ansoff nennt als Beispiele für „strategic surprises“ die Auswirkungen der Erdölkrise und die amerikanische Automobilindustrie.

## 2.7 Grundlegende Aktivitäten

### 2.7.1 Basisaktivitäten

Nachdem Ansoff (1975) die Wichtigkeit von Diskontinuitäten bei der Ankündigung von Chancen oder Gefahren in der Unternehmensumwelt hervorhob und weak signals als Ankündigung dieser Brüche erkannte, wurde die Aufmerksamkeit der Frühaufklärung stärker auf das Erkennen dieser ex ante nicht definierbaren Signale gerichtet (vgl. Koller 2002, S. 346). Diese ungerichtete Suche nach potenziellen Ankündigungen in aktuellen und unbekannt Märkten und Umweltbereichen ist als „Scanning“ bekannt und kann als „360-Grad-Radar“ betrachtet werden, welches prinzipiell überall und zu jeder Zeit nach weak signals sucht (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 350; Koller 2002, S. 346f; Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 175). Die auf stark gewichtete Indikatoren gerichtete und deutlich spezifischere Beobachtung ist als „Monitoring“ bekannt und kann nach dem Hinweis auf möglicherweise für das Unternehmen relevante Phänomene die Informationsstruktur erhöhen (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 350; Koller 2002, S. 345f). Scanning und Monitoring werden in der Literatur einstimmig als Basisaktivitäten bei der Wahrnehmung von weak signals genannt (vgl. Nick 2008, S. 74; Lichtenthaler 2004, S. 122). Diese Ansätze wurden auch für die Technologiefrüherkennung konkretisiert (vgl. Koller 2002, S. 344; Reger 2001b, S. 535).

Eine Unterteilung der Basisaktivitäten ist notwendig, da eine Beobachtung des gesamten Umfelds einen zu hohen Aufwand und zu hohe Anforderungen an die Methodik zur Folge hätte. Krystek und Müller-Stewens empfehlen daher „je nach Situation und Dynamik des Umfelds sowie finanzieller und persönlicher Einsatzbereitschaft“ (1990, S. 351) zu entscheiden, welche Basisaktivitäten wie intensiv betrieben werden möchten und raten zu einem Mix. So sollen eine Abgrenzung des relevanten Umfelds und eine Benennung besonders relevant erscheinender Themenbereiche erreicht werden (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 178). Dabei wird es immer wieder passieren, dass Überraschungen eintreten, die zwar zuvor durch weak signals angekündigt wurden, diese aber bei der gegebenen Konstruktion des „Radars“ nicht erkannt wurden (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 175). „Anliegen einer Frühaufklärung kann es deshalb nur sein, bei gegebenem Aufwand, den man für eine Frühaufklärung bereit ist zu erbringen, eine möglichst hohe Informationseffektivität zu erzielen.“ (Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 175)

Die beiden Prozesse sind jedoch nicht getrennt voneinander zu betrachten. Vielmehr ist ein Übergang zwischen beiden Ansätzen zu sehen, da sich etwa im Rahmen des Scannings Anhaltspunkte für Diskontinuitäten ergeben können, die daraufhin eine Definition zusätzlicher Indikatoren zum Zweck der Diagnose und Evaluation im Monitoring veranlassen können (vgl. Koller 2002, S. 348; Müller 1986, S. 258). Die im Scanning „aufgewirbelten“

weak signals werden im Monitoring beobachtet und vertieft (vgl. Loew 1999, S. 41). Krystek und Müller-Stewens (1990, S. 350) beschreiben diesen Übergang wie folgt: „Der Übergang vom Scanning zum Monitoring ist relativ fließend. Er hängt auch davon ab, wie man rein institutionell zum Monitoring kommt. Dies kann deshalb sein, weil inzwischen aus dem Scanning so viele Hinweise zu dem Phänomen eingegangen sind, daß ein Monitoring geboten erscheint. Oder aber ein Signal wird personifiziert, d. h. ein Entscheidungsträger entdeckt es als für sich nützlich und spielt es unabhängig von seiner Relevanz hoch.“

Um eine differenzierte Suche zu ermöglichen kann diese in eine formale (fokussiert, „unter der Restriktion eines bestimmten Themenbereichs“ (Müller 1986, S. 258)) und informale (nicht fokussiert, ohne „Erwartungen an die Inhalte oder thematische Zugehörigkeit einer Information oder Idee“ (Müller 1986, S. 258)), sowie gerichtete (auf eigenes Unternehmen beschränkt) und ungerichtete (außerhalb des Unternehmens) Suche unterteilt werden (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 350f.; Loew 1999, S. 41; Müller 1986, S. 253-257; s. Tabelle 2).

	Ungerichtete Suche	Gerichtete Suche	
<b>Informal</b>	Das Abtasten nach (schwachen) Signalen außerhalb der Domäne ohne festen Themenbezug	Das Abtasten nach (schwachen) Signalen innerhalb der Domäne ohne festen Themenbezug	Scanning
<b>Formal</b>	Das Abtasten nach (schwachen) Signalen außerhalb der Domäne mit einem speziellen Themenbezug	Das Abtasten nach (schwachen) Signalen innerhalb der Domäne mit einem speziellen Themenbezug	
	Die Beobachtung und vertiefende Suche nach Informationen außerhalb der Domäne mit speziellem Themenbezug eines bereits identifizierten Signals	Die Beobachtung und vertiefende Suche nach Informationen innerhalb der Domäne mit speziellem Themenbezug eines bereits identifizierten Signals	Monitoring

Tabelle 2 Basisaktivitäten einer strategischen Frühaufklärung (in Anlehnung an Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 351; Müller 1986, S. 255; Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 177)

Reger (vgl. 2006, S. 315) stellt in einer Umfrage fest, dass die befragten Firmen zwar innerhalb und außerhalb der eignen Kerntechnologiefelder Scanning und Monitoring betreiben, dabei jedoch immer mit speziellem Themenbezug nach weak signals suchen. Er zeigt damit, dass die bei Krystek und Müller-Stewens (vgl. 1993, S. 177) aufgeführte „informale

Suche“ in der Praxis nicht von Relevanz ist. Das Praktizieren von Scanning- und Monitoringaktivitäten in Unternehmen wurde von Schwarz (2006, S. 1-4) in einer Delphi-Studie untersucht. Darin geben 86% der Manager an, dass Methoden wie Environmental Scanning und Trendmonitoring in Zukunft in ihrem Unternehmen (spezifisch) an Bedeutung gewinnen.

Hervorzuheben ist, dass bei diesen Basisaktivitäten immer wieder Auswahlentscheidungen getroffen werden, die Bewertungen voraus setzen. Da die erhobenen Informationen unstrukturiert sind, wird abhängig von der betreibenden Gruppe eine subjektive Wertung vollzogen. So kann eine andere Gruppe bei einem anderen Umfeld zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen<sup>17</sup> (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 175).

Wellensiek et al. (2011, S. 94-98) ergänzen die oben genannten Basisaktivitäten um das Technologiescouting, welches jeweils eine auftragsmäßige Beschaffung von Detailinformationen zu speziellen Technologien darstellt.

#### 2.7.1.1 Technologiescanning

Scanning<sup>18</sup> befasst sich mit dem Aufspüren neuer Phänomene (etwa durch Erfassung von weak signals innerhalb und außerhalb der derzeit relevanten Märkte und Umweltbereiche) (vgl. Böhler 1993, S. 1262). Im Rahmen der Informationsbeschaffung wird durch ein ungeichtetes, vollständiges Abtasten des Umfelds in alle Richtungen nach Trends, Issues<sup>19</sup> und sog. „Drittvariablen“<sup>20</sup> gesucht und versucht, neue vielversprechende Beobachtungsgebiete zu erkennen (vgl. Liebl 2000, S. 71; Müller 1986, S. 84; Krystek 2007, S. 54). Scanning stellt das Ausfiltern von weak signals aus dem Umfeld dar und setzt ein „Erfühlen“ des Ortes der Suche und damit weniger analytische Fähigkeiten zur Durchleuchtung des Umfelds, sondern einen durch Intuition gesteuerten, gesamtheitlichen Zugang zur Aufgabenstellung voraus (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 350). Dabei ist zu betonen, dass im Ergebnis des Scanning-Prozesses keine konkrete Geschäftsidee, sondern vielmehr ein breites Spektrum von „Chancen und Risiken, Gelegenheiten und Gefahren, Stimuli und Probleme (bzw. Einschränkungen) oder nur positive und negative Symptome.“ (Müller 1986, S. 257f) ausgefiltert werden. Eine Definition des Technologiescannings (bzw. technology foresight) stellt zum Beispiel. Reger (2001, S. 535): „[Technology scanning is the] identification, observation and analysis of new technologies outside the company’s existing areas.“

---

<sup>17</sup> Weitere Ausführungen dazu im Kapitel 2.12.

<sup>18</sup> Welge und Al-Laham (2003, S. 193-195, S. 307) und Schwarz (2006) sprechen von einem „Environmental Scanning“.

<sup>19</sup> Streitfälle von öffentlichem Interesse und mit Konfliktpotential und Einfluss auf Organisationen und deren Handlungsmöglichkeiten.

<sup>20</sup> s. dazu Müller (1986, S. 261) und Galtung (1978).

Narayanan und Fahey (vgl. 1987, S. 152) unterscheiden drei Grundformen bei der organisatorischen Umsetzung:

- *Außerplanmäßig*: Scanning wird durch überraschende Krise ausgelöst und beobachtet nur spezielle Ereignisse.
- *Periodisch*: Scanning wird regelmäßig in weniger kritischen Umweltfeldern durchgeführt.
- *Kontinuierlich*: Scanning wird dauerhaft bei hochkritischen Problemfeldern durchgeführt.

Die von Krystek und Müller-Stewens (vgl. 1993, S. 175) angesprochene Funktion des Scannings als „360-Grad-Radar“, das unabhängig von aktuell im Unternehmen eingesetzten Technologien mögliche technologische Potenziale finden soll, bietet die Beschreibung des Technologiscanning auch als „outside-in<sup>21</sup>“ bzw. „extrinsisch“ an (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 95).

Die Beobachtungsfelder des Scanning können sich nach Koller (vgl. 2002, S. 346) auf folgende Bereiche beziehen:

- *Neue Anwendungspotenziale für vorhandene technologische Kompetenzen*: Verbesserung von Produkten, Leistungen oder Prozessen, Erstellung neuer Leistungen im eigenen Unternehmen oder der externen Verwertung von vorhandenen technologischen Kompetenzen.
- *Veränderung der Relevanz technologischer Kompetenzen*: Bedrohung, Bestärkung oder Weiterentwicklungsbedarf eigener technologischer Kompetenzen durch technologierelevante Veränderungen (rechtlich, politisch, gesellschaftlich oder ökonomisch).
- *Aufkommen neuer Technologien*: Produkt-, Prozess-, oder Infrastrukturtechnologien mit Relevanz für Wertschöpfungsprozesse oder die eigene Wettbewerbsposition.
- *Weiterentwicklung bekannter Technologien aus anderen Branchen mit Relevanz für eigene Produkte*: komplementär und konkurrierend.
- *Veränderung der technologischen Situation eigener Lieferanten*.
- *Veränderung der Nachfrage bestimmter Technologien*.

Diese Aufzählung zeigt, wie vielseitig und umfangreich das Beobachtungsfeld des „Scannings“ ist. Daraus ergibt sich eine große Menge zu erfassender, auswertbarer und interpre-

---

<sup>21</sup> s. dazu Kapitel 2.7.2.

tierbarer Informationen, welche mit diesen Eigenschaften das Hauptproblem des Scanningprozesses darstellen.

<b>Technologiescanning</b>	
<b>Zielsetzung</b>	Erstkontakt
<b>Suchfeldgröße</b>	sehr groß
<b>Zeithorizont</b>	uneingeschränkt
<b>Themenbezug</b>	grob festgelegt, ohne Themenbezug
<b>Informationsqualität</b>	Einzelinformation

Tabelle 3 Merkmale des Technologiescannings (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 96)

### 2.7.1.2 Technologiescouting

„Technologiescouting kann als ein Spezialfall des Technologiemonitorings angesehen werden“ (Wellensiek et al. 2011, S. 98) und stellt eine auftragsmäßige, schnelle Beschaffung von detaillierten, technologierelevanten Informationen dar (vgl. Ashton und Stacy 1995, S. 84). Der Prozess setzt sich, je nach Auftrag, aus Elementen des Scannings und Monitorings zusammen (vgl. Zeller 2003, S. 23f): Es wird nach noch nicht erfassten Signalen gesucht und bereits erkannte Signale werden als Anhaltspunkt verwendet, um die Detailsuche zu strukturieren. Ein klares Ziel des Auftrags begrenzt das Technologiescouting im Vergleich zum Technologiemonitoring zeitlich und das Suchfeld ist klein und klar abgegrenzt. Das Ergebnis sind zusammenhängende Informationen, die aufgrund des stark eingegrenzten Fokus keine oder nur geringe Informationen zu Trends liefern können (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 98).

<b>Technologiescouting</b>	
<b>Zielsetzung</b>	Detaillieren
<b>Suchfeldgröße</b>	klein
<b>Zeithorizont</b>	auftragsbezogen
<b>Themenbezug</b>	festgelegte Technologie
<b>Informationsqualität</b>	zusammenhängende Informationen

Tabelle 4 Merkmale des Technologiescoutings (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 98)

### 2.7.1.3 Technologiemonitoring

Die zuvor im Scanning erfassten weak signals, Phänomene und Issues werden im Monitoring<sup>22</sup> weiter analysiert und verfolgt. Monitoring wird dabei als ein vertiefendes, gerichtetes und dauerhaftes Beobachten des Phänomens verstanden, um Weiterentwicklungen zu erkennen, Datenlücken zu schließen, konkrete Informationen über die Erscheinung (Phänomen, Issue) zu finden, die Konsistenz der Information zu prüfen (vgl. Liebl 2000, S. 71; Krystek 2007, S. 54) und ein „vertiefendes Verständnis der ausgewählten Hinweise oder Signale [zu] erbringen“ (Müller 1986, S. 258). Durch Vernetzung mit anderen Phänomenen und eine Vertiefung der Untersuchung soll dieses Verständnis der Phänomene verbessert werden und eine Identifikation als Chance oder Bedrohung erfolgen (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 350). Eine Definition des Monitoring stellt zum Beispiel Michaeli (2006, S.118): „Unter Monitoring wird das kontinuierliche Beobachten von bereits bekannten Recherchegegenständen (Wettbewerber-Websites, Frühwarnindikatoren, Patentdatenbanken etc.) verstanden.“

Müller (vgl. 1986, S. 258) unterscheidet dabei in zwei Arten des Monitoring: a) der bereits als relevant ausgewählten Indikatoren oder Bereiche der Domäne und b) von Problemfeldern, die erst durch ein ungerichtetes Suchen von außerhalb der Domäne entdeckt werden. Grundlagen des Monitoring sind das Definieren von „Frühwarnindikatoren“<sup>23</sup>, die künftige Entwicklungen des Beobachtungsgebietes ankündigen, und die gerichtete Überwachung (automatisierte Erfassung und Auswertung), um auf gravierende Veränderungen frühzeitig hingewiesen zu werden (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 76f). Typische Indikatoren im Bereich der Technologiefrüherkennung sind nach Koller (vgl. 2002, S. 345):

- *Kennzahlen aus der Publikationsanalyse*: etwa Anzahl neuer Veröffentlichungen in einem bestimmten Fachbereich, die Anzahl der Zitierungen bestimmter Quellen oder Verflechtungen zwischen verschiedenen Technologiebereichen (durch „Co-Zitations- und Co-Word-Analysen“).
- *Kennzahlen aus der Patentanalyse*: Informationen über die Häufungen von Forschungsaktivitäten, internationale Verbreitung und Verflechtungen neuer Forschungsaktivitäten und –bereiche.
- *Indikatoren über unbefriedigte Kundenwünsche*: etwa Beschwerdemanagement und Lead-User.
- *Wachstum von Unternehmen, die bestimmte Technologien anbieten*.

---

<sup>22</sup> Welge und Al-Laham (2003, S. 195, S. 307) sprechen von einem „Enviromental Monitoring“, Schwarz (2006) von „Trendmonitoring“.

<sup>23</sup> „Anzeigen für verborgene, nicht direkt erfaßbare Erscheinungen/Entwicklungen (latente Prozesse).“ (Krystek und Müller-Stewens 1993, S.20).

- *Umfang des Ressourceneinsatzes bei beobachteten Unternehmen:* etwa für Personal-, Investitionseinsatz und Aufwand im F&E-Bereich.
- *Indikatoren über den bisherigen Diffusionsverlauf<sup>24</sup> bestimmter neuer Technologien.*
- *Indikatoren über die Änderung des Qualifikationsbedarfs:* Ausschreibungen, Freisetzungen und Neueinstellungen im Zusammenhang mit bestimmten Technologien.
- *Indikatoren über die Technologiepotenziale und ihre Entwicklung bei den Lieferanten.*

Das Sammeln und Auswerten von Frühwarnindikatoren wurde durch Kommunikations- und Informationstechniken verbessert. Durch das Internet kann der Zugang zu Informationen erleichtert werden, sowie das Suchverhalten und andere statistische Auswertung von Nutzer- und Anbieterverhalten besser erstellt und verfolgt werden. Internationale Datenbanken erleichtern den Zugriff auf Literatur und Patente.

Die detaillierte und kontinuierliche Betrachtung bestimmter technologischer Entwicklungen und Bereiche, die sich im Gegensatz zum Technologiscanning wesentlich stärker an vorgegebenen technologischen Suchfeldern orientieren, ergibt die Bezeichnung des Technologiemonitoring als „inside-out“<sup>25</sup> bzw. „intrinsisch“ (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 95).

Obwohl die Möglichkeiten und Quellen von Frühwarnindikatoren immer größer erscheinen, stoßen sie an prinzipielle Grenzen<sup>26</sup>.

<b>Technologiemonitoring</b>	
<b>Zielsetzung</b>	Verfolgen
<b>Suchfeldgröße</b>	groß
<b>Zeithorizont</b>	uneingeschränkt
<b>Themenbezug</b>	festgelegtes Thema
<b>Informationsqualität</b>	verknüpfte Informationen, Trends

Tabelle 5 Merkmale des Technologiemonitorings (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 97)

<sup>24</sup> s. Diffusionstheorie. Teilgebiet der Kommunikationsforschung, befasst sich mit der Erkundung von Ausbreitungswegen neuer Erkenntnisse, Meinungen und Verhaltensweisen. Ihr liegt die Hypothese zugrunde, dass „Ansteckungswirkungen“ von einem Träger neuer Erkenntnisse ausgehen, die auf eine ständig größer werdende Zahl von Personen/Institutionen übergreifen. Diese Erkenntnisse diffundieren hauptsächlich durch die „Infektion“ solcher Individuen (vgl. Krystek 1987, S. 167f).

<sup>25</sup> s. dazu Kapitel 2.7.2.

<sup>26</sup> Weitere Ausführungen dazu im Kapitel 2.12.

## 2.7.2 Ausrichtung

Vor dem Start der Suchphase empfiehlt es sich die generelle Ausrichtung des Technologiefrüherkennungs-Prozesses festzulegen (vgl. Reger 2006, S. 315). Hierfür eignet sich die Unterteilung in „Inside-Out“ und „Outside-In“-Perspektiven, die sich aus den bestehenden und gewünschten zukünftigen Forschungs- und Kerntechnologiebereichen ergibt (vgl. Pfeiffer 1992, S. 106; Wellensiek et al. 2011, S. 106). Reger (2006, S. 315) definiert die beiden Begriffe wie folgt:

- „Bei der Inside-out-Perspektive („gerichtete Suche“) werden zunächst die Beobachtungsbereiche gemäß ihrer Bedeutung für die Technologie innerhalb der Domäne des Unternehmens abgegrenzt, dann erfolgt die Informationssuche.
- Bei der Outside-in-Perspektive („ungerichtete Suche“) wird zunächst sehr breit und außerhalb der Technologie-Domäne des Unternehmens nach Technologie-Potenzialen gesucht und anschließend die Relevanz der Suchergebnisse für das Unternehmen bewertet.“

Savioz (2004, S. 54) definiert die beiden Begriffe ähnlich: „The first [inside-out] focuses on observation of technologies within the existing area of action. The latter [outside-in] is an unbiased observation of general technological trends [...]“. Nick (vgl. 2008, S. 75) bemerkt dabei, dass nur eine ungerichtete Suche generelle Offenheit gegenüber allen Umweltveränderungen gewährleisten kann, die allerdings mit hohem Aufwand und geringer Informationseffektivität einhergeht. Die Wahrnehmungsmöglichkeiten bei der internen Perspektive sind dagegen von vornherein eingeschränkt.

Um die Bedeutung der einzelnen Basisaktivitäten zu verdeutlichen haben Reger (2006, S. 316), Lichtenthaler (2000, S. 33) und Wellensiek et al. (2011, S. 106-108) eine einfache Matrix entwickelt. Hier wird die Intensität des Bezugs von technologischen Kernkompetenzen und „weißen Flecken“ in den einzelnen Ausrichtungen dargestellt, wie in Abbildung 5 dargestellt wird.

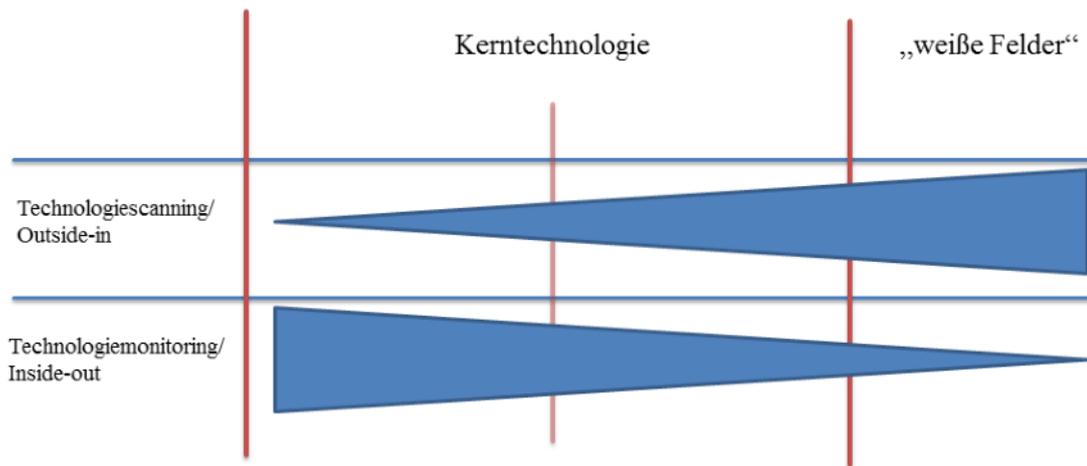


Abbildung 5 Bezug der Basisaktivitäten (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 107; Reger 2006, S. 316; Lichtenthaler 2000, S. 33)

Da eine Auswahl des Verhältnisses in der Intensität der Nutzung der Suchaktivitäten die Ausrichtung der Technologiefrüherkennung bestimmt, rät Reger (vgl. 2006, S. 315) beide Perspektiven für die Technologiefrüherkennung zu nutzen, wobei die Inside-Out-Perspektive deutlich dominiert, da erheblich mehr Kerntechnologien im Unternehmen als relevante „weiße Felder“ bestehen. Auch Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 107) empfehlen beide Perspektiven für die Identifikation zukünftiger Chancen und Risiken zu nutzen. Dabei kann nicht beantwortet werden kann, ob die Information innerhalb oder außerhalb der Domäne zu finden ist. Böhler (vgl. 1983, S. 76f) und Kirsch und Trux (vgl. 1979, S. 55) empfehlen bei komplexen und turbulenten Technologiedimensionen eine problemgebundene Inside-Out-Überwachung und problemgebundene Outside-In-Exploration zur Identifikation von weak signals. Die problemgebundene Inside-Out-Überwachung sucht die technologische Umwelt systematisch nach Ereignissen und Entwicklungen ab, die auf Veränderungen der Anwendungspotenziale der im strategischen Geschäftsfeld bzw. bei Wettbewerbern angewandten Technologien hindeuten. Die problemungebundene Outside-In-Exploration versucht ergänzend Trends in der gesamten technologischen Umwelt aufzudecken, um Impulse von bisher für das Unternehmen bzw. die Branche noch nicht relevanten Technologiefeldern zu nutzen. Durch diese Kombination wird sowohl Nutzung des bisherigen Erfahrungswissens aus der Früherkennung, als auch die Erfassung völlig neuer, unerwartet auftretender technologischer Strukturbrüche ermöglicht (vgl. Wolfrum 1991, S.122).

Eine weitere Ausrichtung in vertikaler Perspektive lässt sich vom Auslöser des Technologiefrüherkennungs-Prozesses festmachen. Obwohl die Suche und Identifikation neuer Trends, die Wahl der Informationsquellen, Methoden und Instrumente, sowie die Daten- und Informationssammlung generell von Suchkräften („task forces“) Ingenieuren oder Technologiefachkräften durchgeführt wird, erfolgt die Einleitung des Prozesses entweder

„bottom-up“ oder „top-down“. Die Informationsnachfrage kann von Fachkräften (Technology-Informer, Forscher, Task Force) der „unteren“ Ebene aus Planungsvorgängen oder von „oben“ aus Workshops, als Initiative des Managements (Technik, F&E-Planung, Forschungs- oder Technologie-Strategie-Komitee oder einzelne Geschäftsbereiche) oder von externen Experten und Netzwerken ausgehen (vgl. Reger 2001b, S. 539f; Reger 2006, S. 317).

Lichtenthaler (vgl. 2004, S. 128) sieht in dieser Unterscheidung ein wichtiges Mittel, um einen Mangel an Synchronisation zu vermeiden. Solche Mängel können zu verspäteten Reaktionen auf Trends führt, die eine Neuausrichtung oder Weiterentwicklung des eigenen Unternehmens erfordern. So führt er DaimlerChrysler als Beispiel an, in der die Unternehmensführung Szenarios erstellt, deren Ergebnisse in kleinere Planungseinheiten aufgeteilt werden. Dadurch entsteht ein „multi-level“ Prozess in verschiedenen Detaillierungsgraden („top-down“). Savioz (vgl. 2006, S. 348) stellt eine Verwendung des „bottom-up“-Ansatzes bei der Straumann-Gruppe vor. Hier erarbeiten und diskutieren Mitarbeiter aus verschiedenen Führungsebenen und Bereichen (F&E, Marketing, Produktion, Verkauf) in Workshops mittels Brainstorming mögliche relevante Themen, welche danach in Cluster geordnet werden.

Bei zunehmendem „bottom-up“-Anteil ist ein intensiveres Scanning, bei von oben „verordneten“ Trends ein intensiveres Monitoring in der Informationsbeschaffung zu erkennen. Welches Vorgehen als angemessen erscheint, ist von vornherein nicht definierbar und hängt von der konkreten Sachfrage und Aufgabenstellung ab (vgl. Liebl 2000, S. 74f). Liebl (ebenda) stellt fest, dass ein induktives („bottom-up“) Vorgehen einen hohen Aufwand bedeutet: In einem echten 360-Grad-Scanning muss eine „erdrückende“ Masse an Informationen untersucht und auf ihre Aktualität geprüft, Quellen ausgesucht und ob ihrer Qualität bewertet und Daten gespeichert und ausgewertet werden. Er beschreibt die Problematik wie folgt. „Etwas überspitzt gesagt besteht das Problem des induktiven Vorgehens per Scanning darin, etwas zu suchen, von dem man nicht weiß, was es sein könnte, wie man es finden könnte und wo man zu suchen hat.“ (Liebl 2000, S. 75). Liebl sieht im Menschen gegenüber der Maschine den besseren „Mustererkenner und Kontextualisierer“. Er hebt die bessere Urteilskraft des (Top-)Managements über die interessierenden Untersuchungsbereiche hervor und spricht sich demnach auch für ein „top-down“-Vorgehen aus.

## **2.8 Was ist Information?**

Um deutlich zu machen nach was im Früherkennungsprozess gesucht werden soll, müssen die Begriffe „Daten“, „Wissen“ und besonders „Information“ näher erläutert werden. „Daten“ stellen ungeordnete Fakten und Beobachtungen in Form von Zahlen, Wörtern, Klängen und Bildern dar (vgl. Davis und Botkin 1994, S. 166). Durch eine Kontextualisierung

und Analyse gewinnen sie an Wert und werden so zu „Informationen“ (vgl. Savioz 2004, S. 7), und damit zweck- und objektorientiert aufbereitete Daten (vgl. Lichtenthaler 2000, S.3). Sobald Informationen vom Rezipienten aufgenommen, interpretiert, beurteilt und genutzt werden, können sie als „Wissen“ bezeichnet werden (vgl. Koruna 2001, S.100). Dieses ist der Information übergeordnet und stellt nach Lichtenthaler „die Gesamtheit der Erfahrungen, Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen“ (2000, S. 3) dar.

Information ist nicht gleich Information. Daher sollten Anforderungen an sie gestellt werden, die eine Bewertung und damit eine bessere Verwertung ermöglichen. Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 102) stellen daher folgende Kriterien auf:

- *Frühzeitigkeit*: Der Begriff „Technologiefrüherkennung“ ergibt vom Grund her, dass der Zeitpunkt des Übergangs der Information von der Informationsquelle an das Unternehmen entscheidend für deren Wert ist. Frühzeitigkeit stellt das Zeitintervall zwischen Entstehung bis zur Übertragung auf das Unternehmen dar.
- *Informationsgehalt*: Die Genauigkeit der Information; je vollständiger die Information den Bedarf erfüllen und je weniger nicht benötigte Informationen dabei herausgefiltert werden, desto hochwertiger sind sie. Ansoff (vgl. 1975, S. 22) fordert dabei, dass eine Information „ausreichend“ sein muss, um den Planern das Identifizieren und Abschätzen einer Chance/Bedrohung auf die Unternehmung zu ermöglichen.
- *Validität*: Der Wahrheitsgehalt der Information; kann von Quelle zu Quelle variieren und kennzeichnet maßgeblich den Wert und damit die Verwertbarkeit.
- *Exklusivität*: Die Zugänglichkeit der Information und damit das Maß, zu dem Information nicht nur dem eigenen Unternehmen, sondern auch unternehmensexternen Individuen oder Institutionen zugänglich ist.

## 2.9 Informationsquellen

Nach der Beschreibung von Information und Basisaktivitäten stellt sich die Frage nach der Quelle von Informationen für die Technologiefrüherkennung. Sie sind von zentraler Bedeutung und stellen in ihrer Vielfalt das vorhandene technologische Wissen in nahezu unbegrenzter Quantität und verschiedener Qualität dar. Dabei sollen diejenigen Informationsquellen gefunden werden, von denen eine optimale Erfüllung des Informationsbedarfs zu erwarten ist und möglichst viele relevante Informationsziele gleichzeitig bedient werden (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 122f, S.140). Dazu ist eine Analyse der Quellen auf ihren Eignungsgrad zur Erfüllung der Informationsziele hinsichtlich ihrer Analysierbarkeit, des verwendeten Sprachraums, dem thematischen Fokus sowie den darin verwendeten Elemen-

ten zur Beschreibung technologischer Informationen notwendig (vgl. Warschat et al. 2015, S. 20).

Reger (vgl. 2001b, S. 541-543; 2006, S. 317f) und Bürgel et al. (vgl. 2005, S. 44-46) empfehlen die Einteilung in *formale* und *informelle* Quellen, da so aufgezeigt werden kann, welchem „Fundort“ eine Information entspringt und damit bereits auf die Auswahl der richtigen Instrumente hingewiesen wird<sup>27</sup>. Zusätzlich wird eine Zuordnung von Quellen auf die Dynamik der Beobachtungsziele erzielt, wodurch informelle Informationen in hochdynamischen Beobachtungsbereichen eine sehr hohe Bedeutung erhalten, da formale Informationen vor dem Hintergrund des raschen Wandels zu schnell veraltet sind. Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 147-149) erläutern eine ähnliche Einteilung von Quellen, benennen die Kategorien jedoch als *explizit* (Artefakte, formal gehalten) und *implizit* (Individuen/Institutionen, informell gehalten).

Die Quellen lassen sich nach Reger (vgl. 2001b, S. 541-543; 2006, S. 317) und Bürgel et al. (vgl. 2005, S. 44-46) wie folgt beschreiben:

*Formale Quellen:*

- Statistiken,
- Zeitschriften, Literatur, Geschäftsberichte Zeitungen,
- „Think Tank“- und Vorausschauberichte (wie Delphi Studien des NISTEP und ISI),
- Beobachten von Start-ups und des Venture-Capital-Markts („einloggen“ in das Venture-Capital-Netzwerk),
- Externe Auftragsstudien,
- Inter-/Intranet („Ideenbörse“), interne/externe Datenbanken,
- Patente, Lizenzen,
- Interne/externe Bibliotheken.

*Informelle Quellen:*

- Konferenzen, Messen, Seminare, Veranstaltungen,
- Persönliche Kontakte und Kommunikation (intern/extern),
- Interviews mit Kunden/Reklamationsstellen, „Co-development“,
- Öffentliche F&E-Programme, F&E-Kooperationen mit Universitäten/Instituten/Firmen, Joint Ventures, Allianzen mit Firmen,

---

<sup>27</sup> Informelle Informationen können nur mit kommunikationsorientierten Instrumenten/Methoden erhalten werden.

- Interne Netzwerke (z. B. „Speaker Meeting“),
- Zirkel verbundener Experten, „Hot Tops“-Treffen<sup>28</sup> mit Meinungsführern/Berufsverbänden/Start-ups/Wissenschaftsgemeinschaften,
- „Job rotation“: Zwischen Konzernforschung und den Geschäftsbereichen halten sich Forscher drei bis zwölf Monate in einem anderen Geschäftsbereich auf und kennen dann konkrete Problemlagen, um Auftragsprojekte zu generieren.

Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 122) unterscheiden darüber hinaus zwischen *primären* und *sekundären* Informationsquellen. So sind Primärdaten und Direktkontakte tendenziell eher geeignet, wenn die Validität einer Information eine hohe Priorität hat, als Informationen, die über Intermediäre beschafft wurden und deren Aussagekraft nicht mehr direkt nachvollziehbar ist. Auch eine Unterscheidung nach *internen* (etwa von Mitarbeitern oder Wissensdatenbanken) und *externen* (aus dem technologisch relevanten oder Aufgabenumfeld, etwa Kunden, Kooperationspartner, gesetzgebende Ausschüsse oder Konsumentenvereinigungen) Informationsquellen ist möglich (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 142).

Das Internet als weitere relevante Informationsquelle erkennen u. a. Warschat et al. (vgl. 2015, S. 19f), in dem insbesondere mittels Websuchmaschinen oder Presseportalen nach Informationen gesucht werden kann. Das Internet erweist sich in der Praxis als besonders hilfreich zur Identifikation von Informationen über Märkte, Produkte oder Trendaussagen. Die Validität dieser Information ist als eher gering einzustufen, da diese meist nicht durch eine dritte Instanz geprüft werden.

Forscher, Informanten oder virtuelle Organisationsformen wählen in der Regel jeweils selbstständig an ihrem Bedarf aus, welche Quellen genutzt werden, müssen dabei jedoch auf deren Vertrauenswürdigkeit achten. Die Information dieser Quellen wird entweder direkt, oder im formalen Bereich von Info-Brokern, Abstract-/Scanningdiensten bzw. internen Info-/Dokumentationszentren und im informellen Bereich über ausländische Horchposten oder externe Berater zur Früherkennungsstelle oder dem Forscher in das Unternehmen gebracht (vgl. Reger 2006, S. 317f).

Zur Auswahl relevanter Quellen geben Warschat et al. (vgl. 2015, S. 18) einen kurzen Katalog mit folgenden Kriterien<sup>29</sup>:

- Thematischer Informationsgehalt,
- Aktualität der zu erwartenden Informationen,

---

<sup>28</sup> Wenige Experten eines weltweit neuen Gebiets und möglichst interessierte Unternehmen nehmen teil.

<sup>29</sup> Dieser ähnelt den Anforderungen an die Technologiefrüherkennung (Kapitel 2.5) und den Anforderungen an Informationen (Kapitel [tosdo]) von Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 102)

- Validität der Information hinsichtlich ihres Wahrheitswertes/Sicherheitsgrades,
- Exklusivität des Informationszugangs,
- Operationalisierbarkeit des Informationszugangs für automatisierte Analysen.

In der Praxis ergeben sich bei der Informationsquellenwahl auch einige Probleme. So weisen Krystek und Müller-Stewens (vgl. 1993, S. 184) darauf hin, dass eine „Komplexitäts-umgehung beim Informationsverhalten“ zu beobachten ist. Diese äußert sich darin, dass der Mensch dazu neigt nur Quellen zu beobachten, in denen ihm die eigene Meinung bestätigt wird, da alles andere Arbeit und damit Komplexität schaffe. Es gilt also bei der Auswahl und Sichtung der Quellen „um die Ecke zu denken“.

### 2.10 Phasen im Früherkennungsprozess

Die Literatur stellt die (Technologie-) Früherkennung häufig als einen kontinuierlich ablaufenden Prozess dar (vgl. dazu Reger 2006, S. 313f; Bürgel et al. 2005, S. 38, Koller 2002, S. 344). Hierbei werden unterschiedliche Bezeichnungen und Einteilungen der Phasen unternommen. Nach Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 102) besteht der Früherkennungsprozess aus den in Abbildung 6 gezeigten Aktivitäten.

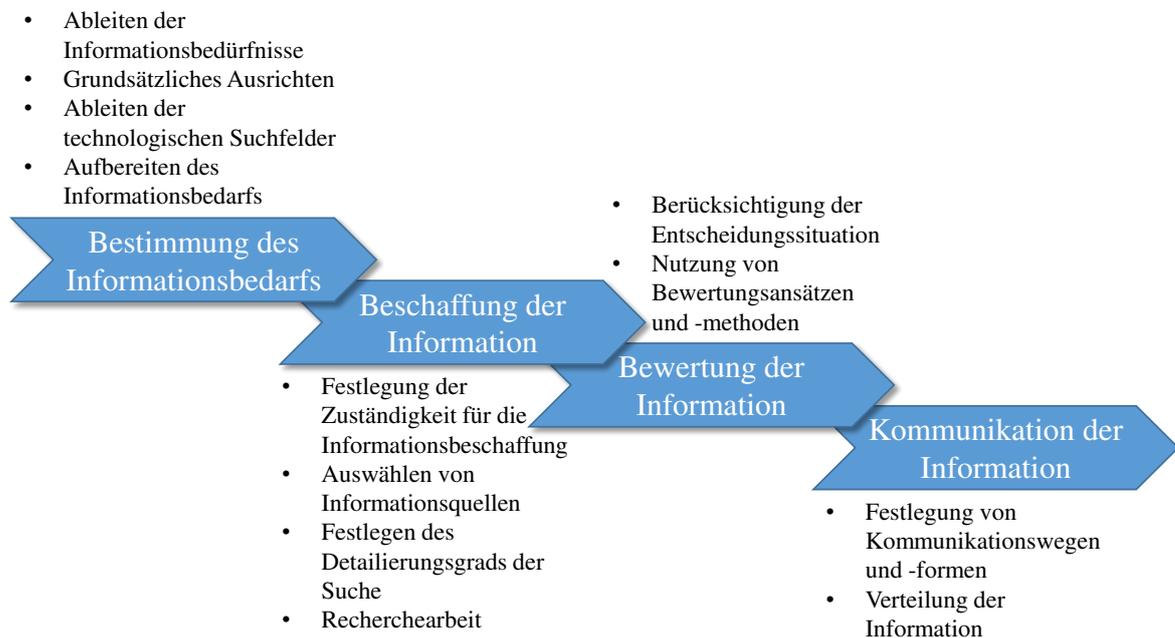


Abbildung 6 Phasen im Früherkennungsprozess (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 103)

#### 2.10.1 Bestimmung des Informationsbedarfs

Um der Aufgabe der Beschaffung und Auswertung von Informationen über zukünftige Technologien gerecht zu werden, muss zu Beginn der Bedarf in Umfang und Tiefe der Informationen ermittelt werden, damit er in den folgenden Schritten gedeckt werden kann.

Zu Beginn sollte die Perspektive<sup>30</sup> nach den intendierten zukünftigen Forschungsprogrammen/Kerntechnologiebereichen gewählt werden (vgl. Reger 2006, S. 315).

Nach der sachlich-inhaltlichen Bestimmung gilt es auch den Zweck (die mit der Suche verfolgten Absichten; etwa Identifikation von Chancen und Risiken) und die Qualität<sup>31</sup> der erforderlichen Information zu erfassen. Ebenso dürfen die Informationsbedürfnisse der Anspruchsgruppen (Geschäftsbereiche, Gesamtunternehmensebene), sowie die vom Unternehmen verfolgten Strategien, nicht außer Acht gelassen werden. Aus ihnen kann eine Grundausrichtung als eine Art Suchprofil abgeleitet werden. Es lassen sich Fragen wie „Wer nutzt die Erkenntnisse der Früherkennung?“ und „Von wem wird die Früherkennung betrieben?“ stellen (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 103-106).

In der Praxis und Literatur hat sich auf formaler Seite die Definition von konkreten Suchfeldern zur Beschreibung des technologischen Informationsbedarfs bewährt. Durch die inhaltliche Beschränkung der geforderten Information, das heißt die Modellierung der relevanten Technologiebereiche und die Klassifizierung der jeweiligen technologischen Leistungsfähigkeit, wird die Suche koordiniert und systematisiert. Dazu kann sich ohne Einschränkung der Ausrichtung rein auf Bestehendes am aktuellen Technologieportfolio oder einem Technologiebaum orientiert werden. Informal sind jedoch auch handlungsleitende Vorgaben zu geben, die einen Rahmen aufspannen, in dem die Beteiligten zielgerecht agieren können. Solche Vorgaben können Zielvorstellungen und Unternehmensstrategien von innovationsfreundlichem, offenem, und kreativem Charakter sein und Freiräume in Form frei verfügbarer zeitlicher Kapazitäten oder Budgets für Messe-/Konferenzbesuche oder der Einrichtung von Foren, Kommunikationsplattformen, Jobrotationen usw. beinhalten (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 113f).

Abschließend sind die technologischen Suchfelder zu konsolidieren indem thematisch eng verknüpfte Suchfelder zusammengeführt werden, um so eine effiziente Bearbeitung zu ermöglichen. Diese sind etwa durch die Einteilung in „Muss-“ und „Kann-Suchfeld“ zu bewerten, auszuwählen und gegebenenfalls durch ein Monitoring-Radar<sup>32</sup> zu visualisieren. So kann abschließend überprüft werden, ob die strategische Ausrichtung mit den verfolgten Zielen und Strategien des Unternehmens übereinstimmt (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 118-120).

---

<sup>30</sup> s. dazu Kapitel 2.7.2.

<sup>31</sup> s. dazu Kapitel 2.8.

<sup>32</sup> In Sektoren unterteiltes Radar (zum Beispiel in Trends, Technologiefelder, Produktionstechnologien oder Produktfunktionen) zur Strukturierung und Abgrenzung von Suchräumen mit zeitlicher Perspektive auf den Achsen.

## 2.10.2 Beschaffung der Informationen

Die Informationsbeschaffung stellt ein Bindeglied zwischen Informationsbedarfsbestimmung und Informationsanalyse dar und hat zum Ziel, eine informatorische Grundlage bereitzustellen. Dazu ist festzulegen, wer die Verantwortung für die Informationsbeschaffung trägt, nach welchen Kriterien Informationsquellen gewählt werden, wie detailliert die Suche sein soll und wie viele Informationsquellen herangezogen werden (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 121).

Generell sollten Informationen zu Technologietrends und die mögliche Nutzung von Technologie gesammelt werden. Regulations- und sozialwissenschaftliche Aspekte - mit Blick auf deren Wirkung für die Technikgestaltung und -entwicklung - ergänzen dieses Bild. Dabei sollte sich das Blickfeld nicht auf Trends in einem Land beschränken. Eine internationale Orientierung ist ebenfalls wichtig (vgl. Reger 2006, S. 322).

Die Zuständigkeit der Informationsbeschaffung ist zum einen vom Ausmaß des inhaltlichen Bezugs zu bereits im Unternehmen vorhandenen Aktivitätenschwerpunkten abhängig. Zum anderen ist die Frage nach gezielter Beschaffung technologischer Detailinformationen oder breitem Überblickswissen ausschlaggebend. Aktivitäten einzelner Funktional- oder Geschäftsbereiche sollten daher primär von diesen Organisationseinheiten durchgeführt werden, da ein stärkerer thematischer Bezug vorhanden ist. Auch Mega- Trends oder Zukunftsszenarien, die Einfluss auf die Ausrichtung oder Schaffung von Geschäftsbereichen haben sollten tendenziell eher zentral, also auf Gesamtunternehmensebene durchgeführt werden (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 121f).

Die Wahl der Informationsquellen sollte auf diejenigen fallen, von denen eine optimale Erfüllung des Informationsbedarfs zu erwarten ist.<sup>33</sup> Wie weit eine bestimmte Informationsquelle ein Informationsziel erfüllen kann, ist nicht allgemein festlegbar. Die Gewichtung von Faktoren wie Frühzeitigkeit oder Exklusivität ist hier entscheidend (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 122). Reger (vgl. 2006, S. 318) empfiehlt die Auswahl der Informationsquelle dem jeweiligen Forscher, dem Informanten oder der virtuellen Organisation bedarfsabhängig und selbstständig zu überlassen. Eine Technologiefrüherkennungs-Stabsstelle soll dabei als interner Informations-Broker dienen, indem sie auf die Vielfalt und Unterschiede (formal, informell) der Informationsquellen hinweist.

Der Detaillierungsgrad der Suche gibt an, wie die Menge der erhobenen Informationen im Verhältnis zur im Suchfeld tatsächlich bestehenden Informationen steht. Letztere fallen bei tendenziell eher weitentwickelten Technologien mit hohem Verflechtungsgrad, inhaltlich

---

<sup>33</sup> s. dazu Kapitel 2.9.

signifikanten Unterschieden und bei Querschnittstechnologien an. Aussagekräftige Ergebnisse sind nur bei angemessenem Verhältnis möglich (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 125).

Reger hat in seiner vergleichenden Analyse (vgl. Reger 2006, S. 318) gezeigt, dass in der Praxis eine Vielzahl von Methoden und Instrumenten zur Technologiefrüherkennung eingesetzt werden<sup>34</sup>. Dabei entscheiden die Beteiligten von Fall zu Fall selbst um den Einsatz von Methoden oder Instrumenten. Hinweise auf Unterschiede in der Anwendung und Wirksamkeit einzelner Methoden gibt es kaum.

Das Vorgehen bei der Informationsbeschaffung lässt sich somit nach Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 128-130) in folgende Schritte unterteilen:

- Bewusstmachen der Informationsbedarfe,
- Auswahl der Informationsquellen anhand der optimalen Erfüllung der Informationsziele,
- Festlegung eines zweckmäßigen Vorgehens bei der Beschaffung der Informationen,
- Beschaffen der Information.

Dabei ist zu bedenken, dass eine hundertprozentige Abdeckung des Unternehmensumfeldes bei der Informationsbeschaffung nicht möglich ist. Da die unüberschaubar große Menge an Informationen beliebig viel Ressourcen verbrauchen würde, ist die (Technologie-) Früherkennung zur Konzentration auf Machbares („Mut zur Lücke“) gezwungen (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 103).

### **2.10.3 Bewertung der Informationen**

Um die zuvor gesammelten Fülle an Informationen verwerten zu können, müssen sie spezifisch, je nach Adressat und Ziel der Früherkennung gefiltert, analysiert und interpretiert werden. Reger (2006, S. 324) beschreibt diese Phase in drei Kategorien/Teilergebnissen:

- „Trendmeldungen, die bestimmte „Events“ identifizieren und zusammenfassen und an Informanten weitergeben werden,
- Fokussierte Analyse zu bestimmten Themen für den Vorstand oder einzelne Geschäftsbereiche und
- Input in F&E-Projektvorschläge.“

Eine allgemeinere, aber universellere Einteilung liefern Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 131) in drei Bewertungsstufen:

---

<sup>34</sup> s. dazu Kapitel 2.11.

- *Selektion*: Bewertung der Relevanz und der Priorität führt zur Reduktion der Informationsmenge.
- *Analyse*: Verdichtung und Aufbereitung von Informationen hinsichtlich ihrer aktuellen Bedeutung.
- *Prognose*: Ableitung möglicher zukünftiger Entwicklungen durch „Interpretation“ der Information.

Grundlage und Einflussfaktoren zur Auswahl des geeigneten Bewertungsansatzes sind dabei zum einen die bestehende Informationsbasis, die zuvor vom Informationsbedarf und den verfügbaren Informationen bestimmt wurde, und die Bewertungsaufgabe hinsichtlich Selektion, Analyse und Prognose, die sich aus der Entscheidungssituation im Technologiemanagement ableitet (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 131, Abb. 6.20).

Die Bewertung der Information ist ein stark interaktiver und diskursiver Prozess. Projektteams, Forschungsgruppen, Task Forces, Workshops oder Stabsstellen führen Diskussionen, denen bei Bedarf Manager, Geschäftsbereiche oder externe Netzwerke hinzugezogen werden. Dabei ist zu beachten, dem Informanten als derjenigen Person, die Informationen liefert, ein Feedback über die Verwertung seiner Information zu geben, um einer Demotivation vorzubeugen (vgl. Reger 2006, S. 324).

Reger (vgl. 2006, S. 325f) und Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 130f) sehen in dieser Phase auch die Funktion der Entscheidungsvorbereitung. Da (Technologie-) Früherkennung im Unternehmen auch das Ziel hat, Entscheidungen für die Entwicklung und Nutzung von Technologie zu beeinflussen, sollen durch sie Entscheidungen über F&E-Projekte, Forschungsprogramme, (strategische, konzernübergreifende) Innovationsprojekte, „Make-or-Buy“, Kooperationen, „Keep-or-Sell“ und die Prioritätensetzung in der Technologie-/F&E-Strategie beeinflusst werden.

#### **2.10.4 Kommunikation und Dokumentation der Informationen**

Eine systematische und strukturierte Datensammlung erscheint sinnvoll. Sie kann durch einzelne Mitarbeiter in der Konzernforschung, den Geschäftsbereichen, mittels virtueller Formen wie Task-Forces oder Technologie-Verantwortlicher, oder in externen Netzwerken mit dem Unternehmen verbundenen Experten erfolgen. Durch sie kann erheblich Zeit gespart werden indem die Durchführung mehrfacher Suchanstrengungen vermieden wird, die Wahrscheinlichkeit schnell an den richtigen Experten für das richtige Thema zu kommen, etwa durch ein gutes Kontaktnetzwerk, steigt und wichtige Informationen können gesammelt und zentral in einer Datenbank gespeichert werden. Durch „organisatorisches Lernen“ kann das subjektive Wissen eines Forschers/Informanten rekonstruiert, überprüft und verbessert werden (vgl. Reger 2006, S. 323).

Aufbauend auf der Speicherung der Information empfiehlt sich eine zielgerichtete Verteilung und damit Kommunikation im Unternehmen, damit sich die gewünschte Wirkung der (Technologie-) Früherkennung entfalten kann. Dabei sind Entscheidungsträger, die in die Strategieentwicklung und die strategische Planung eingebunden sind, Mitarbeiter aus F&E und Produktion, sowie angrenzender Bereiche wie Marketing oder Einkauf, als Nutzergruppen zu identifizieren. Es gilt jeweils festzulegen, welche Informationen diesen Gruppen zu einem gewissen Aufbereitungsgrad zur Verfügung gestellt werden. Wichtige Informationen sind direkt (aktiv im Sinne eines „Informations-Push“) weiterzuleiten und Routine- und Hintergrundinformationen sollten zur situationsspezifischen Abfrage bereitgestellt werden. (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 135f).

Neben der Erfassung gesammelter Daten in Datenbanken empfiehlt sich auch die Kommunikation über Emails, Kurzberichte, Projektvorschläge oder Analysen und Zukunftsstudien. Dabei erschwert die Vielfalt der Informationen die Vorgabe von Standards, jedoch sollten inhaltliche und strukturelle Vorgaben eine Orientierungshilfe für wiederkehrende Darstellungen sein. Exemplarisch sei hier die kurze Trendmeldung genannt, die bestimmte „Events“ identifiziert bzw. zusammenfasst und beispielhaft in Abbildung 7 dargestellt ist. Diese enthält meist stichpunktartige Angaben zu Technologieprinzip/-funktionen, zum aktuellem Stand der Forschung, Vor-/Nachteile, (potenzielle) Anwendungen, Technologie- und Informationsquellen, sowie die wichtigsten Fachexperten/-institutionen und kann in einer Datenbank gespeichert werden (vgl. Reger 2006, S. 322; Wellensiek et al. 2011, S. 138f; Wichert und Lang-Koetz 2015, S. 122f).



Abbildung 7 Grundriss eines Technologiesteckbriefs (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 138; Wichert und Lang-Koetz 2015, S. 122)

## 2.11 Methoden der Technologiefrüherkennung

Zur erfolgreichen Umsetzung einer systematischen Technologiefrüherkennung sollte sich einiger Methoden (von denen viele ursprünglich anderen Disziplinen entsprangen) bedient werden. Dabei wird der Aufwand jedoch nicht drastisch gesenkt, vielmehr soll eine Fokussierung der Aktivitäten vor dem Hintergrund der technologiestrategischen Ziele und der zur Verfügung stehenden Zeit erreicht werden (vgl. Wellensiek et al. 2011, S.150).

Bevor ausgewählte Ansätze der (Technologie-) Früherkennung vorgestellt werden, ist es notwendig zu klären, worin sich der Begriff „Technik“ von „Methoden“ und „Tools“ unterscheidet. „Methode“ und „Technik“ werden in der Literatur oftmals synonym verwendet und beschreiben ein systematisches Vorgehen bei der Generierung eines Produkts. Eine eindeutige Abgrenzung ist damit kaum möglich. Bei „Methoden“ ist ein beständiger, organisierter und auch akademischer Bedeutungsumfang zu erkennen, wohingegen „Technik“ eher auf die genaue Ausführung abzielt. Der Begriff „Tool“ (Werkzeug/Instrument) wird auch synonym zu „Methode“ und „Technik“ genutzt, dabei aber häufig als Gegenstand oder Hilfsmittel (zum Beispiel Fragebögen oder Software) verstanden (vgl. Mietzner 2009, S. 117).

### 2.11.1 Methoden im Überblick

Unterschiede in der Anwendung oder Wirksamkeit einzelner Methoden bzw. Instrumente sind kaum bekannt (vgl. Reger 2006, S. 318).

Lichtenthaler (vgl. 2000, S. 41) teilt die Methoden zur Übersicht auf einer Matrix mit einer Zeitachse und der Aufteilung nach quantitativ und qualitativ (mit Überlappungen) ein, die in Abbildung 8 verdeutlicht gezeigt werden. Je nach Verwendungszweck können Methoden in kurz-, mittel- und langfristige Verfahren eingeteilt werden, Methoden wie *Delphi*-Verfahren und *Szenarien* enthalten quantitative und qualitative Komponenten.

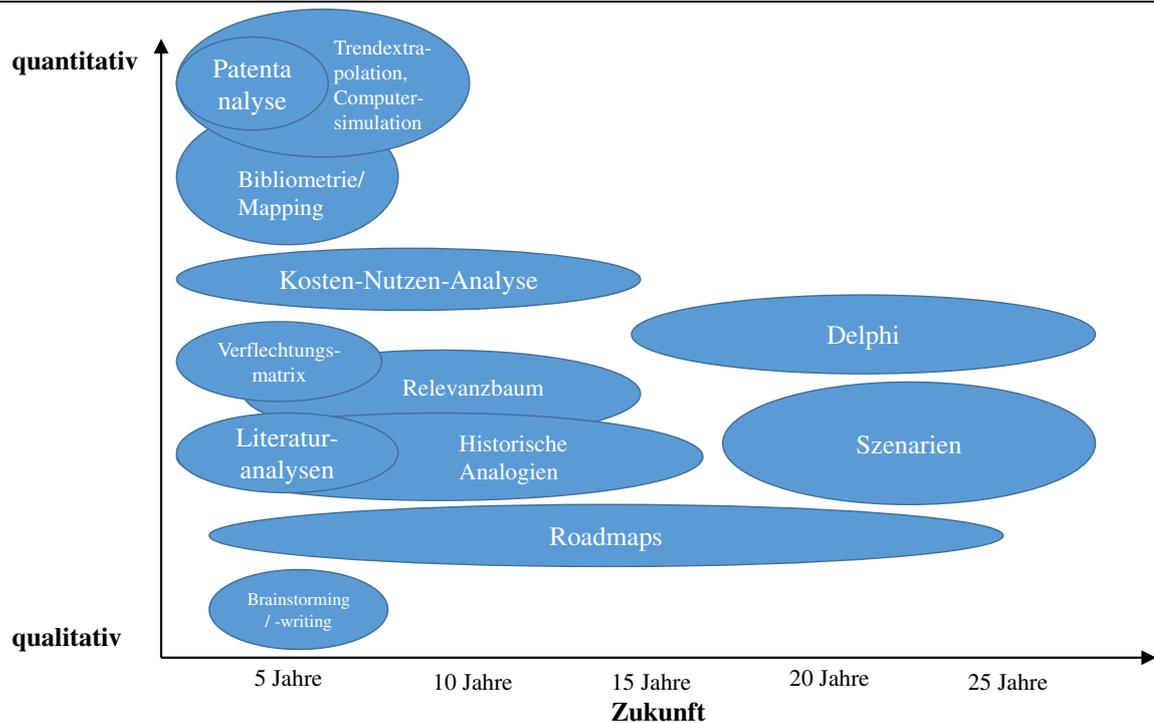


Abbildung 8 Methoden im Überblick nach Lichtenthaler (in Anlehnung an Lichtenthaler 2000, S. 41; 2005b, S. 398; Reger 2006, S. 320)

Einen langfristigen Blick bieten demnach nur *Szenarien* und *Delphi*-Verfahren, eine kurz- bis mittelfristige Perspektive bieten (*Technologie*-) *Roadmaps*. *Brainstorming* hingegen hat einen kurzen Zeithorizont und dient nur zur unstrukturierten Ideensammlung. Konkrete und anschauliche Daten lassen sich durch rein quantitative Verfahren wie die *Patentanalyse* oder quantitative *Literaturrecherchen* ohne großes Know-how und langer Erfahrung gewinnen. Besonders im schnelllebigen Bereich der Technologie sind reine Extrapolationen mit großer Unsicherheit behaftet, weshalb sich fortsetzende Fehler in den einzelnen Trendberechnungen nicht erkannt werden können und die Methode nur bedingt in Kombination einsetzbar ist (vgl. Reger 2006, S. 320f).

Die Einteilung in quantitative und qualitative Methoden, wie sie Lichtenthaler vornimmt, wird auch von Bircher (vgl. 1976, S. 186 und S. 190) genutzt:

- *Quantitative Prognoseverfahren:* Trendextrapolation, Regression, Lebenszyklusanalyse, Input-Output-Analyse.
- *Qualitative Prognoseverfahren:* *Explorative:* Delphi-Methode, Szenarios, Historische Analogie, Morphologie. *Normative:* Relevanzbaum, Systemanalyse.

Wellensiek et al. (vgl. 2011, S. 151) wählen zur Übersicht eine Aufteilung nach Eignung der Methoden für die vier Phasen im Früherkennungsprozesses<sup>35</sup> die in Tabelle 6 dargestellt werden. Ausgegraute Felder bedeuten dabei eine Eignung der Methode für die Phase.

<sup>35</sup> s. Kapitel 2.10.



	Bestimmung des Informationsbedarfs	Beschaffung der Information	Bewertung der Information	Kommunikation der Information
Analogien				
Analyse von F&E-Budgets/Projekten				
Benchmarking				
Conjoint-Analyse				
Data Mining				
Erfahrungskurven-Analyse				
Expertenbefragung/panels				
Frühwarnindikatoren				
Funktionsanalyse				
Kano-Analyse				
Kosten-Nutzen-Analyse/Nutzwertanalyse				
Kreativitätstechniken				
Lead-User-/Lead-Supplier-Analysen				
Meinungs- und Sachumfragen/-studien				
Monitoring Radar				
Morphologische Analyse				
Newsletter				
Portfolio-Ansätze				
Publikations-/Patenthäufigkeitsanalyse				
Publikations-/Patentverflechtungsanalyse				
Quality Function Deployment				

Relevanzbaum-/Strukturbaumerfahren				
S-Kurven-Analysen				
Simulationen				
Substitutionsanalysen/9-Fentser-Ansatz				
Szenariotechnik/Szenarioanalyse				
Tagungsbeobachtung (quantitative)				
Technologiedatenblätter				
Technologielandkarten				
Trendanalyse/Trendextrapolation				

Tabelle 6 Methoden im Überblick nach Wellensiek et al. (in Anlehnung an Wellensiek et al. 2011, S. 151)

Eine weitere Einteilung von Methoden nutzen etwa Reger (vgl. 2001b, S. 544) und Cuhls et al. (vgl. 2002, S. 12). Hierbei werden verschiedene Methoden in kognitiv ansprechende, statistisch ökonomische und strukturiert kausale Gruppen gefasst. Die in dieser Einteilung ausgeführten Methoden können nur bedingt in der (Technologie-) Früherkennung eingesetzt werden und die Art der Strukturierung ist für diese Arbeit nicht zielführend, weshalb sie an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden. Auch eine Einteilung nach „Marktseitig“, „Technologieseitig“ und „Integrierende“ Methoden ist möglich (vgl. Rohrbeck und Gemünden 2006, S. 7-10), aber in diesem Kontext nicht hilfreich.

Die Unternehmenspraxis zeigt, dass zur Technologiefrüherkennung eine Vielzahl an Methoden und Instrumenten eingesetzt wird. Dabei wird verstärkt auf die Interaktion zwischen verschiedenen Akteuren, insbesondere in Form von Gesprächen mit internen oder externen Experten, Diskussionen oder Workshops gesetzt. Der Einsatz geschieht meist nicht systematisch, sondern die Beteiligten entscheiden von Fall zu Fall (vgl. Reger 2006, S. 318). Auffällig ist auch, dass der Einsatz je nach Branche stark schwankt. Nach einer Studie unter Einbezug von 25 führenden Unternehmen in Europa und Nord-Amerika (vgl. Lichtenthaler 2005b, S. 399) werden Lead-User-Methoden im Bereich der Telekommunikationsbranche „häufig genutzt“, in der Pharmazie hingegen „nicht genutzt“, wohingegen Publikations-Zitations-Analysen im Bereich der Telekommunikation- und Automobilbranche keine, in der Pharmazie hingegen „häufige“ Anwendungen finden.

Im Folgenden sollen ausgewählte Methoden, in Gruppierung nach Erfassung, Bewertung und Aggregation bzw. Bewertung der Information, ausführlicher vorgestellt werden.

## 2.11.2 Detaillierte Beschreibung ausgewählter Methoden

Im Folgenden werden verschiedene Methoden ausführlicher vorgestellt. Die Auswahl basiert auf der Häufigkeit und Tiefe der Behandlung in der Literatur mit Bezug zu (Technologie-) Früherkennung und den darin enthaltenen Empfehlungen.

### 2.11.2.1 Informationserfassung

#### 2.11.2.1.1 Conjoint-Analyse (Lead-User-Methode)

Durch die Bewertung bestimmter Merkmale und deren Ausprägung durch potenzielle Anwender eines Produktes oder Verfahrens wird erfasst, welche durch eine Technologie realisierten Funktionen als besonders wichtig empfunden werden. So wird klar, welche Prioritäten bei den Anwendern liegen und welche Technologien in diesem Zusammenhang von Bedeutung sind. Die so generierten Informationen lassen sich für die Technologiefrüherkennung nutzen und beschreiben tendenziell die nähere Zukunft, weil einfache Anwender aus ihrer Sicht unrealistische Funktionen nicht erwähnen (vgl. Mieke 2005, S. 28).

Um die Entwicklung neuer Produkte voran zu treiben, kann auch gezielt nach Kunden gesucht werden, die besonders qualifiziert und motiviert sind (vgl. Lüthje 2007, S. 48). Nach von Hippel (vgl. 1986, S. 796) werden sie durch zwei Merkmale charakterisiert:

- Sie verspüren den Markt betreffende Bedürfnisse Monate und Jahre vor der Masse der Kunden, und
- Sie profitieren stark von Innovationen, die ihre Probleme lösen oder Bedürfnisse befriedigen.

Das von diesem Personenkreis ausgehende Wissen lässt sich in der Lead-User-Methode verwenden, die sich in drei wesentliche Schritte aufteilt (vgl. Lüthje 2007, S. 49-51):

#### 1. *Prognose der Trends/Entwicklungen im Markt:*

Da Lead-User besonders früh von neuen Entwicklungen betroffen sind, müssen vor der Identifizierung der Personen die wichtigsten gesellschaftlichen, ökonomischen, rechtlichen oder technischen Trends im Markt ermittelt werden.

#### 2. *Suche nach trendführenden Kunden:*

Über den Networking-Ansatz können nach anfänglicher Einbindung von nur wenigen Kunden über deren Befragung weitere trendführende Kunden identifiziert werden. Häufig werden so Experten aus analogen Märkten einbezogen, in denen ähnliche, bereits erfüllte Kundenanforderungen vorliegen.

### 3. Entwicklung neuer Produktideen:

Im Rahmen eines zweitägigen Workshops werden in Gruppen bis zu zwölf Lead-Usern Anforderungen für Innovationen mit unternehmensinternen Marketing- und Entwicklungsarbeitern, unterstützt durch Kreativitäts- und Metaplantechniken, erarbeitet.

#### 2.11.2.1.2 Delphi-Methode

Da der Einfluss einer Gruppensituation negative Auswirkungen auf das Ergebnis haben kann, entwickelte die RAND-Corporation<sup>36</sup> in den 1960er Jahren ein Verfahren, das sie Delphi-Methode nannten. Dazu werden in drei bis vier Runden etwa 15 bis 30, untereinander und gegenüber dem Nutzer oder der Öffentlichkeit anonyme Experten schriftlich befragt. Nach jeder Befragungsrunde werden die Ergebnisse verdichtet, ausgewertet und den Teilnehmern zurückgemeldet, um bei der nächsten Runde die Einschätzung zu verbessern. So sollen sich die Expertenmeinungen über die Runden annähern und ein Konsens erzeugt werden. Die Ergebnisse der letzten Runde stellen die Prognosewerte dar (vgl. Geschka 1995, S. 637f).

Der Zwang, sich mit konkurrierenden mentalen Modellen auseinanderzusetzen, kann zu einer Korrektur der eigenen Meinung führen, wodurch der Nutzen der Delphi-Technik primär heuristischer Natur ist. Die Methode wird daher häufig in Kombination mit der Szenariotechnik<sup>37</sup> eingesetzt (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 228f).

Delphi-Studien werden aufgrund der notwendigen Anzahl von Experten und dem hohen zeitlichen (etwa sechs bis acht Monate) und Abwicklungsaufwand meist von großen, überbetrieblichen Organisationen oder Staaten, statt von einzelnen Unternehmen selbst durchgeführt. Die Ergebnisse können dann in Form von Berichten von Unternehmen als Analysegrundlage genutzt werden (vgl. Mieke 2005, S. 27).

Neben der klassischen Zielsetzung für die Schätzung der Eintrittszeit von Ereignissen können sich die Befragungen in Varianten auf den erreichbaren Stand von Leistungsindikatoren, Wahrscheinlichkeiten oder Verbreitungskennzahlen beziehen. Zusätzlich zur primären Antwort können Experten auch eine Einschätzung ihrer Kompetenz geben oder in neuen Runden neue Informationen oder Fragen eingespielt werden (vgl. Geschka 1995, S. 638).

---

<sup>36</sup> Denkfabrik in den USA. Nach Ende des zweiten Weltkriegs zur Beratung der US-Streitkräfte gegründet.

<sup>37</sup> s. dazu Kapitel 2.11.2.3.1.

### 2.11.2.1.3 Dokumentenanalyse (Patentanalyse, Publikationsanalyse, Literaturanalyse)

Mehr als drei Viertel des veröffentlichten Wissens findet sich in Schutzrechtdokumentationen<sup>38</sup>(vgl. Faix 1998, S. 43). Hier werden technologische und wissenschaftliche Erkenntnisse gespeichert, bevor sie in Anwendungen umgesetzt werden. Im naturwissenschaftlichen Bereich werden neue wissenschaftliche Erkenntnisse insbesondere in Forschungsberichten oder Fachzeitschriften veröffentlicht, technologische Konzepte werden dagegen früh zum Patent angemeldet. Veränderungen können über Indikatoren erkannt und durch die Sichtung der konkreten Dokumente studiert werden (vgl. Geschka 1995, S. 634).

Durch die Analyse von Patenten können derzeitige und zukünftige Kompetenzen von Mitbewerbern identifiziert, Technologie- und Substitutionspotenziale analysiert und technologische Entwicklungsstrategien von Mitbewerbern ermittelt werden. Dazu werden Patentdatenbanken mit Suchbegriffen (Technologien, Verfahrenstypen, Materialien usw.) abgefragt. Anschließend werden relevante Patente nach Inhalt und Intention analysiert und statistische Indizes (Häufung von Anmeldungen, Verweise auf bereits angemeldete Patente usw.) ausgewertet. Aus diesen Ergebnissen wird ein Bedrohungspotenzial für das eigene Unternehmen ermittelt, Handlungsalternativen für das weitere Vorgehen entworfen und weitere Recherchen definiert. Diese können die Absicherung der Ergebnisse oder die Negativselektion von nicht durchgeführten Patentanmeldungen sein (vgl. Michaeli 2006, S. 241).

Da bei der Analyse von Dokumenten der Einfluss von subjektiven (Experten-)Meinungen minimiert werden kann, stellt diese Methode ein wirksames Verfahren zur Unterstützung der Technologiefrüherkennung mit breitem Anwendungsfeld dar (vgl. Mieke 2005, S.28).

Darüber hinaus müssen Unternehmen detaillierte Informationen aus dem Technologieumfeld offenlegen, die in anderen Printmedien nicht verfügbar sind, um ein Patent zum Schutz anmelden zu können. Diese Informationen können interessanter als der eigentliche Patentinhalt sein. Da zwischen Patentanmeldung und Marktrelevanz drei bis vier Jahre vergehen können, sind die Informationen entsprechend wertvoll für eine Frühaufklärung, aber auch unzuverlässig. Patente werden auch an Lizenz- und Kooperationsbörsen gehandelt und durch spezielle Dienstleister recherchiert und analysiert (vgl. Michaeli 2006, S. 242).

Liegt der Schwerpunkt der (Technologie-) Früherkennung auf Grundlagenforschung, bietet sich noch die Möglichkeit der Publikationsanalyse von wissenschaftlichen Veröffentlichungen an, wobei angenommen wird, dass die Anzahl der Veröffentlichungen mit der

---

<sup>38</sup> Dazu zählen u.a. Urheberrechte, Patente, Gebrauchs- oder Geschmacksmuster.

Forschungsintensität in diesem Forschungsgebiet verbunden ist. Durch nicht verfügbare Quellen und dem Umstand, dass in der nicht-öffentlichen Forschung nicht alle Ergebnisse veröffentlicht werden, kann die Aussagekraft dieser Methode eingeschränkt werden. Über generelle Forschungstrends- und Schwerpunkte lassen sich jedoch verlässliche Aussagen machen (vgl. Wellensiek et al. 2011, S. 160f).

Ähnliches gilt für die Literaturanalyse: Durch Schlagworte werden Literaturdatenbanken eingegrenzt und die Zahl der Veröffentlichungen ausgezählt. Steigt diese Zahl sprunghaft, ist dies ein Hinweis dafür, dass sich „etwa tut“. Tiefergehend können dann die Veröffentlichungen einzelner Autoren verarbeitet und durch Analyse der Inhalte der Literaturstellen die Vorstellung und Diskussion neuer Erkenntnisse und Themen ermittelt werden (vgl. Geschka 1995, S. 634).

#### 2.11.2.1.4 Expertenbefragung

Experten sind Fachleute mit Insider-Kenntnissen auf einem bestimmten Gebiet und kennen durch ihre Arbeit in wichtigen Projekten oder Forschungsanträgen, der Teilnahme an internationalen Tagungen oder als Herausgeber von Zeitschriften und Buchreihen Entwicklungen früher und besser, wie kein anderer Personenkreis und sind deshalb eine besonders ergiebige Quelle für die (Technologie-) Frühaufklärung (vgl. Geschka 1995, S. 631).

#### 2.11.2.1.5 Expertenanhörung/Experten-Hearing

Diese Methode umfasst eine etwa dreistündige Anhörung einzelner Experten von Hochschulen oder Instituten zu einem vorher mitgeteilten, interessierenden Feld. Dabei werden aufbauend auf einem Einführungsreferat über Stand und Perspektive vertiefende Fragen durch ein Analyseteam gestellt (vgl. Geschka 1995, S. 631).

Das Abschätzen der Sachkenntnis des Experten durch das Analyseteam erweist sich oftmals als schwierig, kann jedoch durch Analyse der Publikationen oder durchgeführten Studien des Experten erleichtert werden. Neben der fachlichen Auseinandersetzung mit der aktuellen Situation soll auch eine zukunftsgerichtete, konstruktive Auseinandersetzung und Interpretation von Trends ermöglicht werden. Selbstüberschätzung und Geltungsdrang des Experten können jedoch den Wert der Information mindern (vgl. Mieke 2005, S. 26).

Experten aus dem eigenen Unternehmen können durch eine entsprechend ausgerichtete Kultur, offene Kommunikation, Änderungsbereitschaft und Anerkennung des koevolutiven Umfeld-Unternehmens-Verhältnisses zur Zukunftsorientierung animiert werden (vgl. Sepp 1996, S. 169-175).

### 2.11.2.1.6 Expertenworkshop

Ein Expertenworkshop findet an einem bis anderthalb Tagen statt. Dort bringen in explorativen, kreativen und bewertenden Phasen interne Fachleute und externe Experten ihre Kenntnisse der neuesten Entwicklungen aktiv ein. Die Teilnehmerzahl bei diesen Aufgabenstellungen mit strategischem Charakter liegt bei acht bis zehn Personen, davon drei bis fünf Experten (vgl. Geschka 1995, S. 631).

Durch die Leitung geschickter Moderatoren und die Anwesenheit mehrerer Experten wird versucht, eine Beurteilung und Entwicklungsprognose eines Technologiefelds zu erhalten. Dabei sollten auch Einzelmeinungen, die von der Mehrheit abweichen, berücksichtigt werden und Statusunterschiede, vorgefasste Meinungen, semantische Differenzen oder Interesselosigkeit keine Kommunikationsbarriere bedeuten oder die Informationen verfälschen. Die Teilnahme einer geeigneten Menge an Experten und hinreichend erfahrene Moderatoren können jedoch gerade für KMU eine Hürde bedeuten (vgl. Mieke 2005, S. 26).

Abschließend sollte analysiert werden, welche Trends richtig vorhergesagt wurden und wo die Ursachen für falsch eingeschätzter oder übersehener Entwicklungen liegen (vgl. Michaeli 2006, S. 291).

### 2.11.2.1.7 Messen und Ausstellungen

Das kommunikationspolitische Marketing eines Unternehmens stellt die Hauptmotivation der Teilnahme an Messen und Ausstellungen dar: Hier kann sich das Unternehmen selbst und neue Produkte und Leistungen präsentieren, mit Kunden und Nachfragern kommunizieren, Kontakte pflegen und Einkaufsentscheidungen vorbereiten (vgl. Pleschak und Sabisch 1996, S. 256).

In diesem Rahmen können auf wenig formalisierte Weise technologische Trends, die Entwicklung einzelner Wirtschaftszweige, sowie Wirkungsweisen, Innovationsfähigkeiten und Marktchancen von Konkurrenzprodukten und anderen Unternehmen erfasst werden. Quantität und Qualität der gewonnenen Informationen hängen oftmals vom Geschick des Messebesuchers bezüglich des Erfragens nicht explizit dargebotener Daten ab. Über diesen Weg können jedoch nur aktuelle und kurzfristige Entwicklungen bestimmter Technologien und deren Anwendung gewonnen werden (vgl. Mieke 2005, S. 25).

## 2.11.2.2 Informationsbewertung

### 2.11.2.2.1 Portfoliokonzepte

Das Ziel des Portfolioansatzes ist die Bewertung oder visuelle Gegenüberstellung der externen und internen Sicht auf Technologien. Zu Beginn werden dazu die Achsen mit externer und interner Sicht definiert und die jeweiligen Bewertungskriterien ausgewählt. An-

schließlich werden die Technologien hinsichtlich der Kriterien bewertet und im Portfolio gegenübergestellt und visualisiert<sup>39</sup> (vgl. Haag et al. 2011, S. 337).

So kann das eigene Unternehmen hinsichtlich seiner Produkte, Technologien oder Marktanteile relativ zum Wettbewerb positioniert, zeitliche Verläufe der bisherigen Entwicklungen aufgezeigt und Markt-/Produktlebenszyklen bewertet werden. Darüber hinaus ist auf Grundlage von Portfolios eine Identifikation neuer Geschäftsfelder, unbesetzter Marktsegmente und Beziehungsflechten möglich (vgl. Michaeli 2006, S. 323).

In der Literatur im Bereich Technologiemanagement finden sich zahlreiche Portfolio-Ansätze und -methoden<sup>40</sup>.

Unabhängig von der Wahl des Portfolio-Ansatzes empfehlen Haag et al. (vgl. 2011, S. 330f) die Berücksichtigung zweier Kernaspekte:

- *Unternehmensintern*: Treffen einer Aussage darüber, wie weit die betrachtete Technologie zu den eigenen Kompetenzen passt, bzw. wie gut die Technologie die Kernkompetenzen des Unternehmens ergänzen oder ausbauen kann, und
- *Unternehmensextern*: In welchen Zielmärkten die Technologie mit welchem Beitrag eingesetzt wird und wie relevant die Märkte selbst bewertet werden.

So kann die Technologie bezüglich ihrer zukünftigen Aussichten im Branchenwettbewerb geprüft und die spezifische Position des eigenen Unternehmens hinsichtlich der Technologie beschrieben werden.

Der Aufwand für diese Methode ist jedoch als hoch einzustufen. Zur Einordnung der Technologien bzw. der zugehörigen Entwicklungsprojekte entlang der definierten Portfoliodimensionen müssen in der Regel weitere Methoden eingesetzt werden. Die Ansätze sollten daher zur Verdichtung bislang ungerichteter Daten und Teilinformationen zu einem aussagekräftigen, entscheidungsunterstützendem Bild genutzt werden. Dieser Anwendungsfall kommt insbesondere in der Technologiefrüherkennung häufig vor, wobei die Auswahl der Bewertungskriterien vor dem Hintergrund der Entscheidungssituation vorzunehmen sind (vgl. Haag et al. 2011, S. 337; vgl. Cooper 2003, S. 2-5).

Darüber hinaus ist zu beachten, dass durch die starke Aggregation der Informationen Details verloren gehen, was nur durch eine gute Dokumentation der Herleitung und der expliziten Erläuterung zugrunde liegender Annahmen aufgefangen werden kann. Dabei sollten Fragen wie „Woher stammt die Marktdefinition?“ oder „Welche Geschäftsfelder eines Wettbewerbers wurden aufgetragen?“ gestellt werden. Zusätzlich sollten Portfolios immer

---

<sup>39</sup> Eine ausführliche Beschreibung des Vorgehens in verschiedenen Phasen liefern Welge und Al-Laham (2003, S. 427-434) in Anlehnung an Pfeiffer et al. (1986, S. 115-122).

<sup>40</sup> s. dazu die Aufstellung und Ausführung von Haag et al. (2011, S. 330-337) und Haag et al. (vgl. 2011, S. 331).

mit einer aussagekräftigen Interpretation präsentiert werden, um eine Überinterpretation oder Kritik vorzubeugen (vgl. Michaeli 2006, S. 323f).

In Ergänzung zu den klassischen Portfolioansätzen, die eine Übersicht aller aktuellen oder zukünftig relevanten Technologien eines Unternehmens geben, können in einem erweiterten Technologieportfolio auch „neue Technologien“, die noch keine Anwendung im Unternehmen finden, oder veraltete Technologien, die noch im Rahmen der Technologieverwertung genutzt werden, jedoch keine Anwendung mehr finden, aufgenommen werden (vgl. Wellensiek et al. 2011, S.135).

Im Technologie-Portfolio wird die Technologieattraktivität der eigenen Technologiestärke gegenübergestellt<sup>41</sup>. Über die Nutzwertanalyse werden die Werte der einzelnen Dimensionen des Portfolios berechnet werden. Der investierte F&E-Aufwand kann als dritte Dimension in Form unterschiedlich großer Kreisflächen dargestellt werden. Die Ränder können dabei mit Unschärfebereichen gekennzeichnet werden, um unterschiedliche Auffassungen entsprechend widerzuspiegeln (vgl. Böhler 1993, S. 1265). Die Technologiestärke wird dabei etwa vom finanziellen Potenzial, der Qualität der technischen Prozesse und der F&E-Effizienz/Effektivität bestimmt; die Technologieattraktivität unter anderem von der Technologieakzeptanz, Breite der Technologieanwendung und dem Lebenszyklus der Technologie (vgl. Jung et al. 2006, S. 398-400).

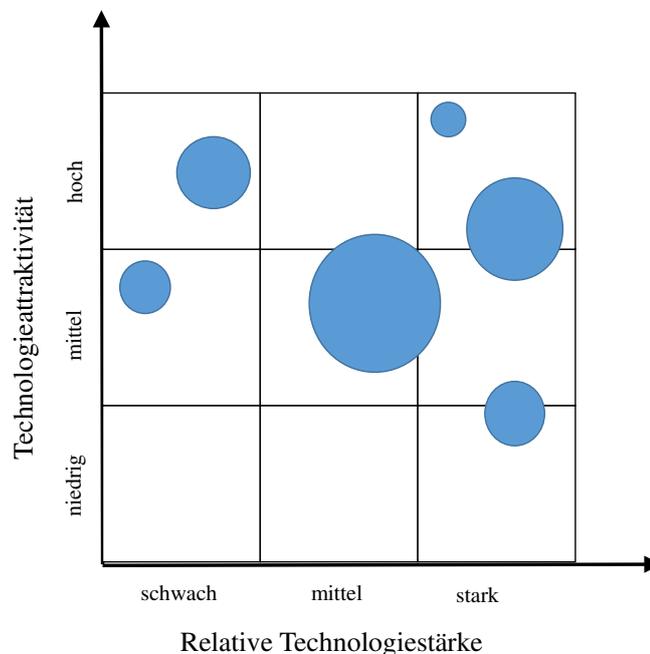


Abbildung 9 Technologieportfolio (in Anlehnung an Jung et al. 2006, S. 399)

<sup>41</sup> s. Abbildung 9

### 2.11.2.2.2 Technologielebenszyklus- und S-Kurven-Konzept

Ziel der Technologielebenszyklusanalyse ist die Abschätzung des Potenzials einer Technologie im Vergleich zu alternativen Technologien, die Optimierung der Investitionen in Technologien, die Identifikation der attraktivsten Märkte für neue Technologien und die Abwehr potenzieller Angriffe von Wettbewerbern durch frühzeitiges Handeln. Dazu werden technologische Verbesserungen dem benötigten Ressourcenaufwand gegenüber gestellt (vgl. Michaeli 2006, S. 286f).

Grundlegend für den Ansatz des Technologielebenszyklus ist die Annahme dreier Technologiebegriffe, die einen Lebenszyklus durchlaufen, wodurch Rückschlüsse auf die Entwicklungstendenzen der Branche möglich sind. Durch die Darstellung dieser Zusammenhänge in einem Diagramm ergibt sich eine typische S-förmige Kurve (vgl. Müller 1986, S. 115f; Micheali 2006, S. 286):

- *Schrittmachertechnologien/Innovationsphase:* Technologien im frühen Entwicklungsstadium. Ihnen wird jedoch eine zukünftige, gravierende Auswirkung auf das Wettbewerbsgeschehen zugesprochen. Geringer Anstieg der technischen Leistung durch „Kinderkrankheiten“, Produktionsanlaufprobleme oder konkurrierende Realisierungsoptionen.
- *Schlüsseltechnologien/Reifephase:* Technologien, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einen überragenden Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens haben. Werden anhand technologischer Aspekte der Strategie der Wettbewerber und den Erfolgsfaktoren am Markt ermittelt. Große inkrementelle Leistungszuwächse durch Optimierung, Kernkurven und einer ausgebauten Wissensbasis.
- *Basistechnologien/Sättigungsphase:* Von allen Wettbewerbern beherrscht und somit elementar geworden. Sie hat trotz ihrer Grundposition nur geringen Einfluss auf die strategische Differenzierung. Kaum noch Verbesserungen möglich und sinkende Profitabilität durch vergleichbare Technologien aller Anbieter und fehlenden Differenzierungsmöglichkeiten. Da Ablöse durch neue Technologien absehbar, sind Investitionen kaum noch sinnvoll.

Dass sich dieser Verlauf auch in der Unternehmenspraxis abbildet, zeigt eine Erhebung zu Innovation in der Produktion des Fraunhofer-Instituts (vgl. Schirrmeister et al. 2003), in der sich 1630 Betriebe aus der Elektro-, Metall-, kunststoffverarbeitenden und chemischen Industrie in Deutschland beteiligten. Hier konnten vor allem im Bereich der Bildverarbeitung und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung S-Kurvenverläufe festgestellt werden.

Der Prozess der Technologielebenszyklusanalyse beginnt mit der Definition aussagekräftiger Kennzahlen für die Leistungsfähigkeit einer Technologie. Dies kann etwa die Leistungsangabe pro Kilogramm Eigengewicht einer mobilen Motorsäge oder die Geschwindigkeit eines Prozessors sein. Diese Leistungskennzahlen werden dann mit der dazugehörigen Aufwendung (technologische Ressourcen) über die Zeit verfolgt. Dazu werden (theoretische) Grenzen der Technologie abgeschätzt und der benötigte Aufwand für eine Verbesserung (Performance Return on Investment) bestimmt. Darauf aufbauend wird abschließend eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der eigenen Technologiestrategie durchgeführt (vgl. Michaeli 2006, S. 287).

### 2.11.2.3 Informationsaggregation und –strukturierung

#### 2.11.2.3.1 Szenariotechnik

Ein Szenario zeigt trendmäßige Zukunftssituationen, die auch extreme Entwicklungen der einbezogenen Fakten zeigen können. Mitarbeiter des Battelle-Instituts, Frankfurt verstehen unter einem Szenario sowohl „die Beschreibung einer möglichen zukünftigen Situation als auch das Aufzeigen des Entwicklungsverlaufs, der zu dieser zukünftigen Situation hin­führt.“ (Geschka und Reibnitz 1986, S. 128) Götze listet dazu eine von dem überwiegen­den Teil der Literatur als charakteristisch erachtete Merkmale von Szenarien auf. Ein Szenario (vgl. Götze 1991, S.38f):

- stellt den Entwicklungspfad und ein hypothetisches Zukunftsbild eines sozio­ökonomischen Bereichs dar,
- gibt einen möglichen Raum zukünftiger Entwicklungen in Verbindung mit weiteren Szenarien an,
- ist durch die Berücksichtigung mehrerer Faktoren und der Zusammenhänge zwi­schen diesen plausibel, widerspruchsfrei, systematisch und transparent,
- enthält einen ausformulierten Text aus quantitativen und qualitativen Aussagen und
- dient der Entscheidungsvorbereitung und oder der Orientierung über zukünftige Entwicklungen.

Durch einbezogene Faktoren können so trendmäßige, aber auch extreme Entwicklungen dargestellt werden, welche in Abb. 10 modellartig abgebildet sind (vgl. Götze und Rudolph, S. 21).

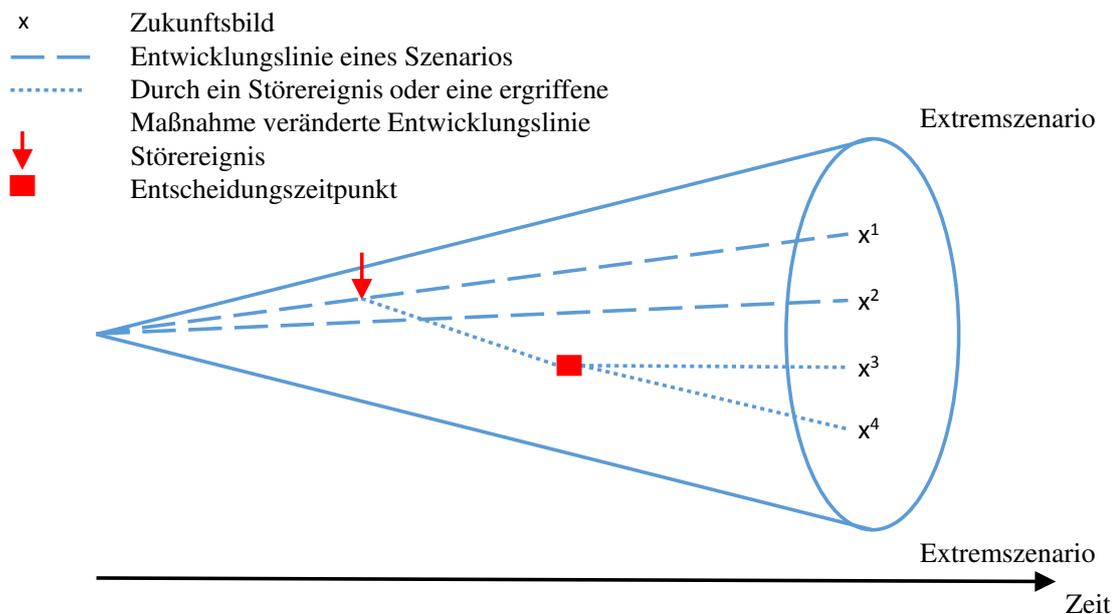


Abbildung 10 Trichter zur Charakterisierung von Szenarien (in Anlehnung an Geschka und Reibnitz 1986, S. 129; Geschka 2006, S. 361)

Die Szenariotechnik ist dabei kein einheitliches, allgemeingültiges Verfahren, es existieren verschiedene Ansätze, die sich vor allem hinsichtlich der Anteile intuitiver und analytischer Vorgehensweisen unterscheiden (vgl. Götze und Rudolph 1994, S. 22f). Auffällig ist auch, dass Szenarien gerade bei großer Unsicherheit zu Rate gezogen werden und wenn ein konkretes, strategisches Anliegen etwa die Durchleuchtung des Endmarktes einer Absatzbranche oder F&E-Planung und –projektfindung vorliegt (vgl. Geschka 2006, S. 368f). Beachtlich ist auch die Anwendung in der amerikanischen Unternehmenspraxis. Mehr als die Hälfte der TOP 1000 geben in nahezu alle Untersuchungen an, dass sie sich der Szenariotechnik bedienen würden (vgl. Krystek und Müller-Stewens 1990, S. 257). Umfragen aus dem EU-Raum bestätigen dieses Bild. Hier setzten 43% der Unternehmen die Szenariotechnik ein, 70% von ihnen erst seit weniger als fünf Jahren (vgl. Krystek und Herzoff 2006, S. 307).

Die verschiedenen Szenarien-Pfade können - je nachdem, was gegeben ist und was gefragt wird - nach verschiedenen Systembeziehungen (deskriptiv oder normativ) und unterschiedlichen Konstruktionsprinzipien gebildet werden (vgl. Krystek 1993, S. 216f):

- Was-wäre-wenn-Szenarien (Bewusstsein darüber, was wird, wenn das aktuelle Vorgehen beibehalten würde):
  - *Deskriptive Variante:* Auf Grundlage von Vermutungen zu sich verändernden Ursachengrößen in einem System soll nach den Wirkungen im System gefragt werden.

- *Normative Variante:* Auf Grundlage der Mittel, die für Handlungen im System zur Verfügung stehen, soll nach damit erreichbaren Zielen gesucht werden.
- Was-müsste-geschehen-dass-Szenarien (Bewusstsein darüber, welche Ressourcen zu einer formulierten Vision nötig wären):
  - *Deskriptive Variante:* Auf Grundlage der Wirkung einer Systemveränderung soll nach den dafür notwendigen Änderungen in den verursachten Größen gefragt werden.
  - *Normative Variante:* Auf Grundlage der zu erreichenden Ziele soll nach für die Zielerreichung erforderlichen Mitteln gefragt werden.

Die Phasen der Szenario-Erstellung<sup>42</sup> lassen sich dabei wie folgt festmachen (vgl. Götze 1991, S. 99-141):

1. Problemstellung
2. Definition und Analyse des Untersuchungsumfelds
3. Identifikation, Analyse und Prognose von Umweltfaktoren
4. Erarbeitung und Auswahl von Rohszenarien durch Bündelung einzelner kritischer Deskriptoren
5. Ausarbeitung von Szenarien durch Ausformulierung und Aufbereitung der Rohszenarien und Untersuchung von Störereignissen

Bei der Szenarioerstellung lässt sich eine Vielzahl von Instrumenten nutzen. Neben Gruppendiskussionen und –arbeitstechniken, Workshops, Expertenbefragungen oder Delphi-Methoden zur Erarbeitung in Teams können Vernetzungsmatrizen, Kreativitätstechniken, Relevanzbaumverfahren, Checklisten Prognoseverfahren sowie die Morphologische Analyse den Erstellungsprozess unterstützen (vgl. Götze und Rudolph 1994, S. 24; Geschka 2006, S. 372).

Krystek (vgl. 1993, S. 217) sieht in der Szenariotechnik vor allem ein Mittel, um die Unternehmensführung gegenüber Bilder möglicher Zukunftsbilder zu sensibilisieren und einen Rahmen für denkbare Handlungskonzepte zu liefern.

Ein entscheidender Vorteil der Szenariotechnik ist die flexible Anwendbarkeit durch die variable Intensität, sowie die Gegenstände der Untersuchung und die verwendeten Methoden (vgl. Blecke 1978, S. 125).

---

<sup>42</sup> s. dazu Götze (1991), der dort ausführlich die Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung beschreibt. Geschka (2006, S. 363-368) gibt eine ähnliche Übersicht mit konkreten Schritten.

Probleme kann es dabei jedoch bei unzureichendem, methodischen Wissen oder Informationsbasen, Fehleinschätzungen des Zeit- und Kostenaufwands oder der Unsicherheit bzw. Scheu vor der Bearbeitung qualitativer Faktoren geben. Zu beachten ist außerdem, dass Szenarien sind keine Prognosen, sondern plausible Zukunftsbilder sind (vgl. Geschka 2006, S. 370-372).

Die Akzeptanz durch die Entscheidungsträger ist die wesentliche Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz der Szenariotechnik. Dabei ist auch zu beachten, dass die Güte der erstellten Szenarien von vielen Faktoren - vor allem von den beteiligten Personen - und der Nutzen dabei von der Auswertung und Berücksichtigung der Szenarien in nachfolgenden Planungsprozessen abhängig ist. Durch das zugrunde legen mehrerer Szenarien wird eine umfassendere Einbeziehung der Unsicherheit in die Planung möglich. Das bedeutet jedoch einen höheren Aufwand und Komplexität (vgl. Götze und Rudolph, S. 25).

Der Einsatz findet vor allem in kapitalintensiven Branchen mit langem Planungshorizont in instabilem politischem, wirtschaftlichem und sozialem Umfeld und mit qualitativen und sozialen Zielen statt (vgl. Geschka 2006, S. 370).

#### 2.11.2.3.2 Roadmapping

Die Metapher einer Straßenkarte ist die Grundlage des Technologie-Roadmappings, wobei das Unternehmen als Fahrzeug gesehen wird, das sich auf einer Reise durch bekanntes und unbekanntes Terrain befindet und dessen Fahrer bei der Navigation unterstützt werden soll. Eine Technologie-Roadmap bildet so grafisch Technologien und ihre Verknüpfungen über die Zeit ab (vgl. Möhrle und Isemann 2005<sup>43</sup>, S. 1; Möhrle und Isemann 2005, S. 7). Sie bezeichnet einen Suchprozess, durch den eine Darstellung über den Stand der Technik oder Technologien gewonnen werden kann. Weiter können daraus Art, Geschwindigkeit und Richtung möglicher Forschungs- und Technologieentwicklungen abgeleitet werden (vgl. Behrendt 2009, S. 257). Technologie-Landkarten, die über Mapping-Verfahren erstellt werden bieten eine kurz- bis mittelfristige Perspektive. Weit verbreitet ist die Technologie-Roadmap gerade im Rahmen des strategischen Technologiemanagements, worin sich aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und wachsenden Beliebtheit eine Reihe unterschiedlicher Ansätze gebildet hat (vgl. Laube 2009, S. 177).

---

<sup>43</sup> Möhrle und Isemann bieten in diesem Werk eine umfassende Übersicht über die inhaltliche Orientierung, prozessuale Ausrichtung, Kernwerkzeuge, Integration und Anbindung der Kundenperspektive von Technologie-Roadmapping mit verschiedenen Anwendungsbeispielen. Dazu sei auch die Ausarbeitung von Hartlieb et al. (2014) zum Technologie-Roadmapping in einem mittelständigen Produktionsunternehmen zu empfehlen.

Ziel des Technologie-Roadmapping ist die Identifikation und Visualisierung aller technologiebezogener Projekte, die notwendig für technologische Kompetenzen im Bereich zukünftiger Innovationen und Produkte sind. Der Fokus liegt dabei produkt- und produktionsseitig auf Zielen, Aktivitäten und deren Verknüpfung mit technologischem Bezug. Der Marktbezug wird neben den technologischen Entwicklungstendenzen insbesondere durch die Berücksichtigung zukünftiger Kundenanforderungen verdeutlicht (vgl. Laube 2009, S. 177). Der Fokus liegt auf der Bündelung vieler Einzelthemen und dem Identifizieren und Priorisieren von Handlungsoptionen (vgl. Behrendt 2009, S. 256). Der Ablauf der Methode setzt eine Sammlung von Daten zur neuen Technologie voraus, die meist über Patentanalysen oder mit Hilfe von Datenbanken gewonnen werden. Durch multidimensionale Skalierungen werden diese dann visualisiert, wodurch inhaltliche Zusammenhänge zwischen einzelnen Technologie-Clustern sichtbar werden (vgl. Reger 2006, S. 321; s. Abbildung 11).

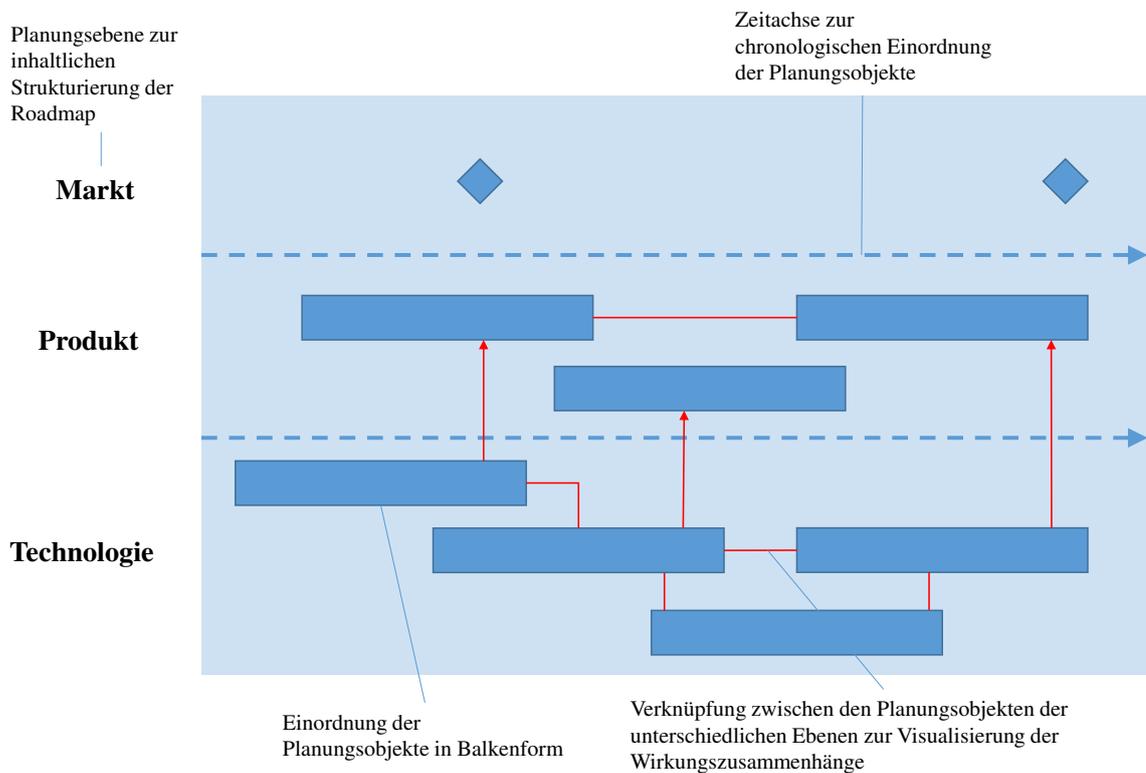


Abbildung 11 Elemente einer Technologie-Roadmap (in Anlehnung an Schuh und Klappert 2011, S. 208)

Bei der Erstellung einer Technologie-Roadmap bietet sich neben Inhalten wie Maßnahmen und Meilensteinen mit den dazugehörigen Zeitinformationen, Budgets, Technologiebeschreibungen usw. auch die Einteilung in vier Ebenen an, die sich wie folgt gestalten (vgl. Laube 2013, S. 177-180):

- *Markt- und Strategieebene:* Abbildung der Marktanforderungen, Unternehmensstrategie und Produkt-Roadmaps durch Ziel, Produkt- und Produktionsbereich und Funktion eines Produkts.

- *Technologieebene:* Abbildung der Technologien, Entwicklungsverläufe und potenziellen Transferpartnern durch Funktion, Bereich, Parameter, Ausprägung, Trend, Quelle und Bewertung einer Technologie.
- *Produktebene:* Abbildung der Ziele, Maßnahmen/Projekte und Meilensteine im Rahmen der Produktentwicklung durch Ziel, Produktbereich, Funktion, Aktivitäten und Verantwortlichkeit eines Produkts.
- *Produktionsebene:* Abbildung der Ziele, Maßnahmen/Projekte und Meilensteine im Rahmen der Produktionsentwicklung/des Industrial Engineering durch Ziel, Funktion, Aktivität und Verantwortlichkeit eines Produktionsbereichs/einer -einheit.

Vorteil dieses Verfahrens ist das Sichtbarmachen etwa einer bestimmten Technologie, die die Kernkompetenz eines Unternehmens ist, und damit für heutige Entscheidungen eine Informationsbasis bietet (vgl. Reger 2006, S. 321).

Nachteile bestehen jedoch im relativ großen Aufwand. Besonders die Gewinnung der Daten bedeutet quantitativen Umfang und setzt „Erfahrungswissen“ etwa zu Informationsquellen und Filterung voraus. Auch die häufige Durchführung des eigentlichen Mappings durch nur eine Person am Computer ist ein Problem, wenn keine Kommunikation mit anderen Beteiligten stattfindet. Die Zusammenarbeit wird meist erst bei der anschließenden Interpretation auf Unternehmensebene geleistet (vgl. Reger 2006, S. 321f). Auch die frühe Erkennung neuer Technologien ist nur teilweise möglich, da die Einordnung von Technologien in Technologieroadmaps erst angestrebt wird, wenn eine gewisse zeitliche Planungssicherheit vorliegt (vgl. Schimpf und Rummel 2015, S. 53).<sup>44</sup>

### 2.11.3 Neue Methoden: Technologiefrüherkennungsnetzwerke

Die Bildung von externen Netzwerken kann die unternehmensinternen, homogenen Methoden auf formaler oder informeller Art ergänzen. Reger (vgl. 2006, S. 311) empfiehlt dazu etwa den Aufbau eines Expertenzirkels, der mit dem Unternehmen vertraut ist oder Kooperationen mit Universitäten, Hochschulen oder öffentlichen F&E-Institutionen oder die gemeinsame Entwicklung („Co-Development“) und intensive Gespräche mit führenden Kunden. Auch die Teilnahme an öffentlich geförderten Forschungsprogrammen, die aktive Teilnahme an Berufsverbänden, Fachgemeinschaften und innerhalb der „Scientific Community“, sowie die Beteiligung an Venture-Capital-Funds oder an High-Tech-Gründerfirmen sind mögliche Formen externer Netzwerke in der unternehmerischen Praxis und können zur Risikoreduzierung in High-Risk-Projekten sinnvoll eingesetzt werden.

---

<sup>44</sup> Weitere Formen der Visualisierung stellen etwa Warschat et al. (2015, S. 51-54) ausführlich vor, werden an dieser Stelle jedoch nicht weiter erläutert.

Brookmann (vgl. 2012, S.407-412) sieht in externen Netzwerken vor allem eine deutliche Verbesserung des Wissens eines heterogenen Netzwerkes durch den Zugang zu Bedürfnisinformationen. Dadurch wird der Umgang mit strategischen Wendepunkten deutlich verbessert. Weitere wertvolle Impulse zur Deutung der Bedürfnisse und der strategischen Ausrichtung erhält das Unternehmen über den Zugang zu möglichen Lösungsinformationen.

Gerade KMU können mit Technologiefrühaufklärungsnetzwerken den abstrakten Problemstellungen, unsicheren Informationen, dem eingeschränkten methodischen Wissen, mangelndem Zugang zu entscheidenden Informationskanälen und fehlenden internen Verarbeitungskapazitäten entgegen wirken. In Branchen mit rasanten Technologieentwicklungen ist es nahezu unmöglich alle Technologiefelder eines Produktes selbst aktiv zu bestimmen und zu prognostizieren<sup>45</sup> (vgl. Mieke 2005, S. 45f).

Die Kooperation zweier oder mehrerer Unternehmen ausschließlich zur Technologiefrüherkennung ist jedoch selten. Die Auskunftsbereitschaft über Inhalte in diesem Bereich ist niedrig, da ermittelt werden soll, welche Technologien die Zukunft der Wettbewerbsfähigkeit sichern können (vgl. Reger 2006, S. 311).

Vorteil ist vor allem die Aufweitung des Beobachtungsfelds. Durch die Arbeit verschiedener Akteure können aus den gleichen Informationskanälen unterschiedlich geartete Informationen gewonnen werden und zusätzlich verschiedene Quellen, wie persönliche Beziehungen zu Experten oder Kunden/Lieferanten, genutzt werden, die nicht allen Akteuren zugänglich sind. Auch die Erweiterung des verfügbaren technologischen Know-hows, die Erhöhung der Informationsqualität und die Herabsetzung der Durchführungshemmnisse (Kompensation durch Netzwerkpartner) resultieren aus der größeren Anzahl von bewertenden und interpretierenden Akteuren. Ein weiterer essenzieller Anreiz ist die Kostensparnis durch gemeinsames Handeln, geringere Suchkosten und Ersparnisse bei Kapazitäten der Aufbereitung und Auswertung (vgl. Mieke 2005, S.46-50).

Nachteile bestehen besonders in der Bindung von Ressourcen. Die Netzwerkarbeit bedeutet für jeden Partner die Organisation und Durchführung von Treffen, das Bearbeiten von Arbeitspaketen, gegebenenfalls Investitionen in Systeme oder Softwarelösungen und im Voraus Suchkosten für das Auffinden von Partnern. Zusätzlich können auch Transformationskosten bei der Ergebnisadaptation entstehen. Das nur schwer zu bestimmende Kosten/Nutzen-Verhältnis von strategisch nicht relevanten oder nur bedingt verwertbaren Informationen kann dazu führen, dass Unternehmen in Netzwerken mitarbeiten, die ihnen langfristig keinen großen Gegenwert bieten. Besonders kritisch ist auch zu betrachten, dass

---

<sup>45</sup> An dieser Stelle sei auf die Arbeit von Mieke 2005 hingewiesen, in der eine umfassende Behandlung des Themas kooperativer Technologiefrüherkennung stattfindet.

Unternehmen Information gegenüber anderen Netzwerkpartnern preisgeben müssen. Um sich vor ungewolltem Wissensabfluss zu schützen, ist es daher sinnvoll eine Auswahl zu treffen, welche Informationen zur Bearbeitung der Aufgaben hilfreich sind und durch die Kombination mit anderen Informationen an Wert gewinnen (vgl. Mieke 2005, S. 50f).

## **2.12 Schwächen, Grenzen und Hürden der Technologiefrüherkennung**

Bei der Umsetzung der Technologiefrüherkennung ergeben sich einige Hürden, die es zu meistern, Schwächen, die es auszugleichen und Grenzen, die es anzunehmen gilt. Auch wenn die Motive reflektiert, klare Ziele gesetzt, Zielgruppen differenziert und Beobachtungsbereiche definiert wurden, kann der Prozess an den folgend beschriebenen Faktoren leiden.

### **2.12.1 Qualität und Umfang der Informationen**

Um technologische Chancen und Risiken erkennen und Technologiestrategien entwickeln zu können, wird eine umfangreiche und geeignete Datenbasis benötigt, die den derzeitigen Zustand und das technologische Umfeld eines Unternehmens sowie dessen Entwicklung abbildet. Gerade KMU haben nur einen begrenzten Zugang zu relevanten Informationsquellen. Der Lieferanten- und Kundenkreis als potenzielle Informationsgeber ist häufig klein und es besteht oftmals kein Zugriff auf Experten aus Forschung und Politik. So erreichen manche Signale diese Unternehmen nicht und ganze technologische Trends bleiben unentdeckt oder die Informationsvielfalt ist zu gering und Trends können nicht vollständig beschrieben werden (vgl. Mieke 2005, S. 37f).

Ein Problem - insbesondere des Scannings - stellt die 360°-Suche dar, bei der möglichst alle Bereiche überwacht werden sollen. Liebl beschreibt diese Problematik wie folgt: "Etwas überspitzt gesagt besteht das Problem [...] darin, etwas zu suchen, von dem man nicht weiß, was es sein könnte, wie man es finden könnte und wo man zu suchen hat." (Liebl 2000, S. 75).

### **2.12.2 Unternehmensbezogene Durchführungsbarrieren**

Die (Technologie-) Früherkennung hat in vielen Unternehmen noch keinen guten Ruf. Schon Müller (vgl. 1986, S. 152) benennt ihr Leiden als ein „Stigma einer Spielerei“, da ihr Nutzen auch langfristig nur teilweise direkt nachzuweisen ist. Diese Hürde wird häufig an den Kosten festgemacht, die zur Erfassung und Verarbeitung von Informationen für die Technologiefrüherkennung entstehen. Ihnen kann zumindest kurzfristig kein quantifizierbarer Nutzen entgegengestellt werden, wodurch ein verminderter Anreiz zur permanenten Beobachtung des technologischen Umfelds entsteht (vgl. Mieke 2005, S. 40).

Besonders in KMU bestehen Berührungspunkte mit der Verwertung von Informationen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit der Folgen ist nicht ausreichend bekannt und der Umgang

mit unsicheren Informationen wird unter Umständen nicht beherrscht (vgl. Mieke 2005, S. 40). Mieke (ebenda) beschreibt anhand der Theorie der kognitiven Dissonanz<sup>46</sup> in diesem Zusammenhang folgende Erscheinungen:

- „Ignorieren oder Umdeuten von Informationen die hinsichtlich bestehender Prämissen widersprüchlich sind,
- Ausschließliche Suche nach Informationen, die eine sehr frühzeitige Entscheidung rechtfertigen,
- Vermeidung kontroverser Diskussionen auf Grund von Konsensstreben.“

Einen ähnlichen Ansatz verfolgen Ansoff und McDonnell (vgl. 1990, S. 66), nach dem drei Quellen für Informationsverluste in der Frühaufklärung festgemacht werden können:

- Die Wahrnehmungsausrichtung,
- kognitive Dissonanzen,
- bewusste Informationszurückhaltung zur Sicherung der Machtposition.

Diese Filtrierung von Informationen wird im „Drei-Filter-Modell“ zusammengefasst und kann wie in Abbildung 12 dargestellt werden.

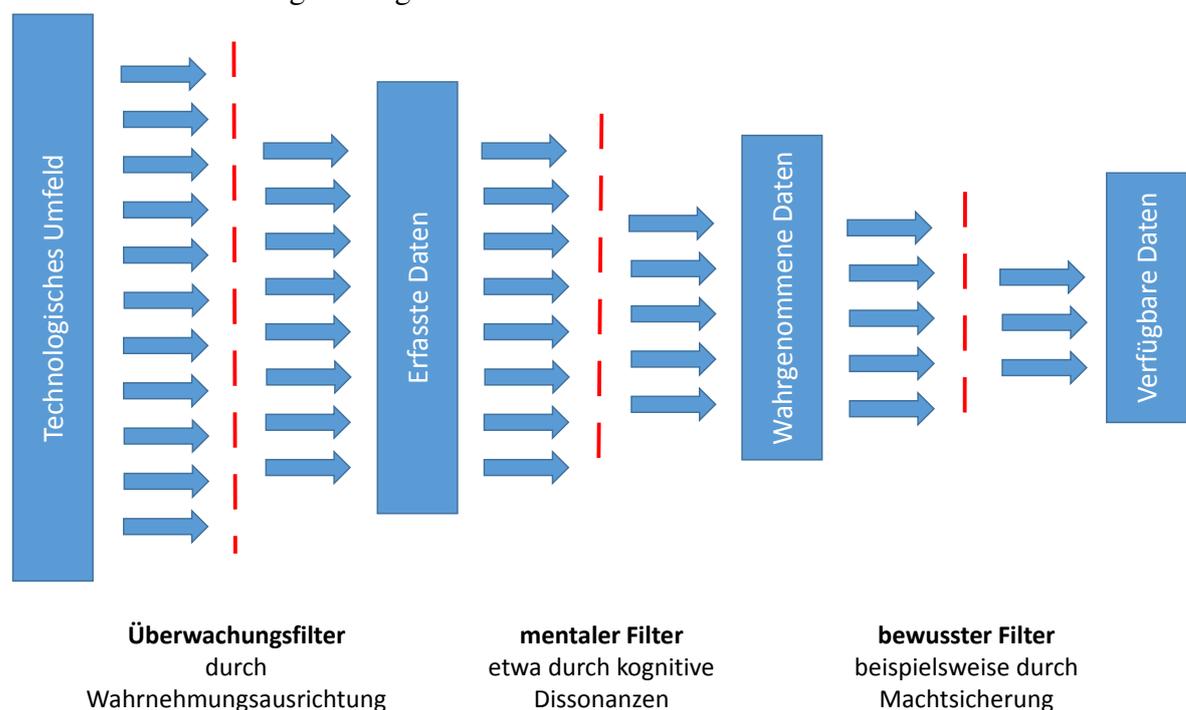


Abbildung 12 Drei-Filter-Modell (In Anlehnung an Ansoff und McDonnell 1990, S. 66; Mieke 2005, S. 41)

<sup>46</sup> Gefühlszustand, der durch die verschiedenen Kognitionen des Menschen (Wahrnehmung, Gedanken, Meinungen, Einstellungen, Wünsche oder Absichten), die nicht miteinander vereinbar sind. Mieke orientiert sich hier an Festinger et al. (1978).

Lichtenthaler (vgl. 2005a, S. 58) stellt darüber hinaus in einer Unternehmensumfrage fest, dass sich nicht alle Mitarbeiter ausreichend über die Anwendung von Früherkennungsmethoden bewusst sind. Innerhalb eines Konzerns können in verschiedenen Unternehmensbereichen auch unterschiedliche Methoden verwendet werden. Einige Methoden bedürfen keiner speziellen Schulung, weshalb sie - ohne auf einen Methodenspezialisten zurückgreifen zu müssen - situativ eingesetzt werden können.

### **2.12.3 Organisatorische Nichteinbindung**

Die Technologiefrüherkennung als Teil des Technologiemanagements benötigt als Querschnittsaufgabe Informationen aus verschiedenen Bereichen des Unternehmens oder in manchen Fällen aus einem Unternehmensnetzwerk. Dabei kann es passieren, dass Zuständigkeiten nicht klar verteilt oder wahrgenommen werden oder den Beteiligten Rechte und Pflichten nicht immer bewusst sind. Zusätzlich kann unklar sein, wie mit externen Informationen umgegangen wird, welche Methoden verwendet werden oder welche Partner auszuwählen sind (vgl. Mieke 2005, S. 39f).

Bei der Aufbauorganisation und Strategieranbindung der (Technologie-) Früherkennung kann die Wirksamkeit durch verschiedene Faktoren der organisatorischen Nichteinbindung begrenzt werden. Darunter können die geringe Priorisierung und mangelnde Unterstützung im Vorstand oder die fehlende Offenheit in der Unternehmenskultur fallen. Auch die mangelnde Fähigkeit die Ergebnisse in die funktionalen Bereiche zu transferieren, kann eine Hürde darstellen (vgl. Nick 2008, S. 196f).

### 3 Technologiefrüherkennung im Umfeld der Railways Diagnostics and Monitoring Technologies

Dieses Kapitel soll einen Einblick in die RDMT geben und daraufhin eine Betrachtung der Technologiefrüherkennung in der zugehörigen Branche ermöglichen. Dazu werden zu Beginn Grundlagen zur Technologie und ihrer Anwendung angegeben. Ergänzend folgt die Auswertung eines Experteninterviews, durch das Methoden, aktuelles Vorgehen und Besonderheiten in der Branche ausgeführt werden sollen und darauf aufbauend Anforderungen an die Methodik definiert werden.

#### 3.1 Railway Diagnostics and Monitoring Systems

Mit fortschreitender Entwicklung und Geschwindigkeit von Transportmitteln steigen auch die Gefahren für das Umfeld. Dies gilt ebenso für den Bereich der Eisenbahn. Um hier mit technischer Unterstützung entgegen zu wirken, werden Systeme zur Überwachung und Kontrolle von Eisenbahnen eingesetzt. Diese Systeme ermöglichen eine automatisierte und zentralisierte Kontrolle, wodurch die Zuverlässigkeit verbessert und Inspektions- und Reparaturkosten reduziert werden können. Sie sind für das Betreiben einer Strecke nicht nötig, erhöhen aber das Sicherheitsniveau, weshalb keine Anforderungen an ein Sicherheitslevel gestellt oder maximale Ausfallzeiten definiert werden müssen. RDMT-Systeme sollen so den Faktor Mensch in der Zugkontrolle (etwa Inspektoren) durch eine automatisierte Überwachung und zentralisierte Kontrollzentren erweitern.

Generell können die Sensoren dieser Systeme in zwei Arten unterschieden werden und sind grafisch in Abbildung 13 dargestellt (vgl. Schöbel et al. 2013, S. 528):

- *fahrzeugseitig (vehicle-side)*: typischerweise an der Lokomotive installiert, im Zugverbund vernetzt und an den Zugführer gerichtet. Bei Überschreitung eines Parameters kann der Zug vom Zugführer oder automatisch gestoppt werden.
- *außerhalb des Fahrzeugs (wayside)*: verteilt über das gesamte Schienennetz, an definierten Punkten platziert und mit Datacentern vernetzt. Bei Überschreitung eines Parameters wird der Zug per Befehl gestoppt.

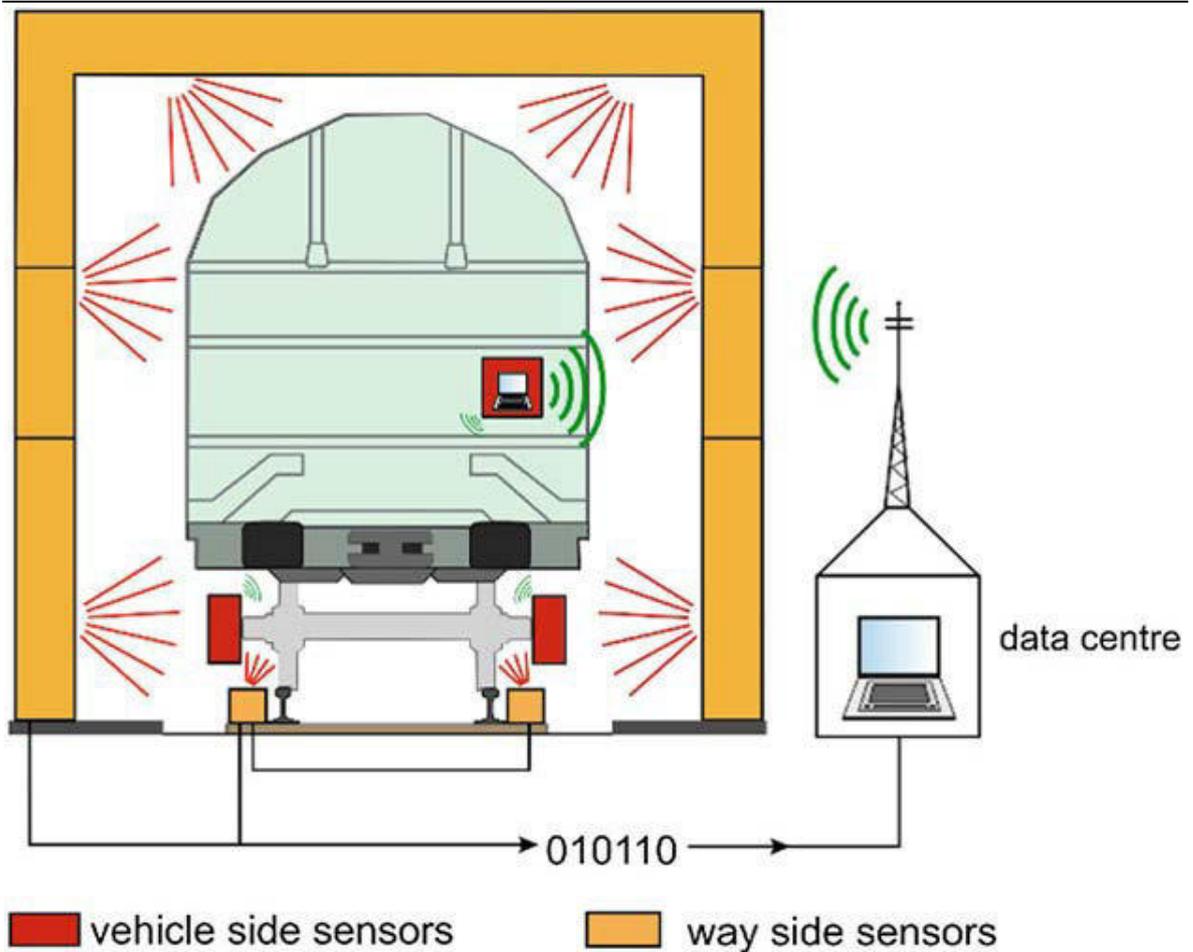


Abbildung 13 Diagnose eines Zugs (Schöbel et al. 2013, S. 529 nach TU Berlin)

Clarhaut et al. (vgl. 2011, S. 127) unterscheiden bei technischen Systemen zur Heißläuferverortung auch in die genannten Kategorien: „on board“ und „on track“. „On board“ bedeutet, dass Systeme am Zug installiert sind und den Zugführer direkt bei Erkennung einer „hot box“ informieren. „On track“ bedeutet, dass Systeme entlang des Schienennetzes platziert sind und mit zwei thermische Infrarotsensoren die Wärmestrahlung messen und zu verschiedenen Alarmwerten vergleichen.

Durch die Vernetzung und Auswertung der Messdaten lassen sich Trends abbilden, Vergleiche mit anderen Systemen durchführen und Vereinfachungen, wie ein automatisierter Datenaustausch unter Anlagen ermöglichen (vgl. Vouillamoz und Nietlispach 2012, S. 17).

RDMT Systeme werden eingesetzt, um Unfälle und Schäden zu vermeiden. Zu folgenden Bereichen und Teilen existieren Lösungen, die in Tabelle 7 übersichtlich dargestellt werden.

Gegenstand	Lösung vehicle-side	Lösung wayside
<b>Entgleisen<sup>47</sup></b>	Mechanische Detektoren; Geschwindigkeitskontrollsensoren	Mechanische Detektoren mit elektrischen Signal
<b>Lager</b>	Temperatursensoren	Infrarottemperatursensoren
<b>Bremsen</b>	Drucksensoren im Bremssystem	Infrarottemperatursensoren
<b>Rad-Gleis-Kontakt</b>	Rundheitsverschiebungssensoren; Sensoren zur Messung vertikalen Beschleunigung	Kraftsensoren zur Rad-Gleis-Interaktion
<b>Wagenprofilkonformität</b>	Keine Sensoren verfügbar	Lasersensoren und -scanner
<b>Laufperformance</b>	Beschleunigungssensoren	Achslast Kontrollsysteme
<b>Ladezustandskontrolle</b>	Keine Sensoren verfügbar	Achslast Kontrollsysteme
<b>Drehgestell</b>	Beschleunigungssensoren	Achslast Kontrollversuche

Tabelle 7 Überblick der Zustandsüberwachungsmittel für Züge (in Anlehnung an Schöbel et al. 2013, S.530)

- Vehicle-side

*Mechanische Detektoren:* Einfaches und robustes System zur Überwachung von Entgleisen, welches nur an Güterwägen verbaut wird, da es keine Stromversorgung benötigen. Bei zu hoher vertikaler Beschleunigung öffnet ein Ventil und eine Notbremsung wird ausgelöst. So können nur bereits aufgetretene Entgleisungen erkannt, aber nicht präventiv verhindert werden.

*Geschwindigkeitskontrollsensoren:* Die Vertikalbeschleunigung des Rades wird durch Sensoren gemessen und mit Referenzwerten verglichen. In Passagierzügen sind diese Sensoren der aktuelle Stand der Technik.

*Temperatursensoren:* Vergleichen Temperaturen mit Referenzwerten zur Überwachung der Lager und sind entweder mit direktem Kontakt zum Außenring oder innerhalb des Achslagers verbaut.

<sup>47</sup> Zweigleisiges Fahren eines Zuges oder Rutschen oder Heben eines Zugteils vom Gleis, auch wenn sich der Vorgang von selbst behebt.

*Drucksensoren im Bremssystem:* Überwachen die Funktionalität der Bremsen durch Messung des Drucks im Bremszylinder automatisch vor und während der Fahrt. Die Bremskraft kann so prozentual berechnet werden.

*Rundheitsverschiebungssensoren:* Vergleichen den Abstand zwischen Gleis und Sensor mit der Geschwindigkeit des Rades. Jedes Signal, das mit gleichem Drehwinkel für jede Umdrehung auftritt, weist auf eine Unregelmäßigkeit der Lauffläche hin.

*Sensoren zur Messung vertikaler Beschleunigung:* Werden zur Kontrolle des Drehwinkels und häufig zur Überprüfung des Rad-Gleis-Kontakts verwendet, da Beschleunigungssensoren für viele verschiedene Funktionen eingesetzt werden und meist bereits am Zug installiert sind.

*Beschleunigungssensoren:* Anhand des Korrelationsgrades zwischen Beschleunigung der rechten und linken Seite des Drehgestells ist eine Überwachung der Antirollenrichtungen, ihrer Klappen, Halterungen und Dämpfern, sowie die Zustandsüberwachung der Sekundärfederung möglich (vgl. Schöbel et al. 2013, S. 530f).

- Wayside

*Mechanische Detektoren:* Dienen der Erkennung von bereits entgleisten Achsen oder Rädern. Wird eine Vorrichtung von diesen zerstört, löst ein elektrisches Signal aus, das zu einer automatischen oder manuellen Notbremsung führt.

*Infrarottemperatursensoren:* Durch ihre Messgeometrie werden alle bestehenden Arten von Achslagern überwacht. Häufig wird dieses System in Kombination mit Bremsverriegelungen und Systemen zur Heißläuferverortung und Bremsüberwachung installiert.

*Kraftsensoren zur Rad-Gleis-Interaktion:* Meist an sogenannten Achslast-Checkpoints zur Messung der Verkehrslastkräfte verbaut. Zum Teil werden auch die Seitenführungskräfte gemessen, um ein instabiles Laufen des Fahrzeugs zu erkennen.

*Lasersensoren und -scanner:* Entweder mit einem vorgegebenen Lichtraumprofil, um zu messen, ob sich das Fahrzeug innerhalb dieses Bereiches bewegt, um beispielsweise zu starke Neigungen in Kurven zu erkennen oder als reine Abtastung des Fahrzeugprofils.

*Achslast Kontrollsysteme:* Einsatz zur Kontrolle der Laufperformance, Nutzlast und Gewichtsverteilung, um eine Überbelastung von Federungen oder Achsen zu vermeiden.

Die Schweizerische Bundesbahn setzt am Schienennetz verbaute Zugkontrolleinrichtungen (ZKE) ein, die vorbeifahrende Züge auf bestimmte Risiken überprüfen. Diese bauen hauptsächlich auf den zuvor genannten Sensorsystemen auf, werden jedoch um *Brand- und Chemieortungsanlagen* ergänzt, die die Konzentration von Brandgasen und explosiven

Gasen an vorbeifahrenden Zügen in Tunnel messen (vgl. Vouillamoz und Nietlispach 2012, S. 6f; s. dazu den Aufsatz von Koller und Schlatter 2011).

Bei Überschreitung eines vorgegebenen Wertes lösen Monitoring Systeme Alarme<sup>48</sup> aus. Je nach Alarmart unterscheiden sich die Interventionen, wie Zughalt (sofort oder im Interventionsbahnhof), Aussetzen, Verfolgung, Besserverladung oder Korrektur des Fahrzeugs oder Sperrung der Strecke bzw. des Tunnels. Die Alarme der ZKE werden auf Basis definierter Eingriffswerte ausgelöst, die auf Untersuchungen zur Materialbeständigkeit, Verlauderichtlinien, Überlegungen zur Brandleistung verschiedener Stoffe oder fest definierten Grenzwerten beruhen (vgl. Vouillamoz und Nietlispach 2012, S. 14f).

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Daten und Alarme in Interventionszentren auszuwerten. Dabei steht die Reduktion der Verspätungszeiten im Vordergrund. Abhängig von Art des Alarms und den Umständen können verschiedene Operationen eingeleitet werden. Ein Zug muss so nicht immer gestoppt werden. Es können stattdessen etwa die Geschwindigkeit verringert oder einzelne Zügelemente gesteuert/ersetzt und Falschalarme identifiziert werden (s. dazu den Bericht über das „ZKE Netz V2“ der SBB von Nietlispach und Frey 2011).

Die wesentlichen Vorteile von RDMT-Systemen sind (vgl. Vermeij et al. 2011, S. 29):

- Frühere Eingriffs- und Wartungsmöglichkeiten und damit erhöhte Lebensdauer und geringere Kosten,
- Ersetzen von Sichtkontrollen, Erfassung von Mängeln, die bei einer Sichtkontrolle nicht erkannt werden,
- Vereinfachung der Wartung und höhere Verfügbarkeit der Züge,
- Reduzierung ungeplanter Wartungen und
- Reduktion der Folgeschäden.

RDMT-Systeme selbst benötigen eine Wartung. In der Praxis werden optische Sensoren alle zwei Monate gereinigt, um Fehlmessungen durch Verschmutzungen zu vermeiden. Eine technische Wartung findet abhängig von lokalen Witterungsumständen alle sechs bis 12 Monate statt (vgl. Bocchetti 2011, S. 51).

### 3.2 Experteninterview

Die Literatur gibt Methoden und Abläufe zur Implementierung eines (Technologie-) Früherkennungssystems in Unternehmen vor. Dazu werden verschiedene Informationen, etwa zum Planungshorizont, internen Strukturen, Märkten, Unternehmensgröße und aktuellen

---

<sup>48</sup> Es ist auch möglich, dass zwei Grenzwerte vorgegeben sind, zur Warnung und zum Auslösen eines Alarms (vgl. Beppling und Schöbel 2011, S. 136).

Umsetzungen des Technologiemanagements benötigt. Durch öffentlich zugängliche Internetpräsenzen, wissenschaftliche oder wirtschaftliche Veröffentlichungen können nur wenige dieser Informationsanforderungen erfüllt werden. Deshalb wurde die Informationsbeschaffung über ein Experteninterview mit dem Produktmanager eines mittelständigen Herstellers (etwa 150 Mitarbeiter) der RDMT Branche gewählt. Die Auswahl des Unternehmens erfolgt, da Technologiefrüherkennung gerade auf Herstellerseite betrieben werden sollte und die Unternehmensgröße eine dem Rahmen der Arbeit entsprechende Größe aufweist. Die Technologiefrüherkennung und ihre Prozessgestaltung spielt insbesondere in KMU eine geringe Rolle. Für das Management existieren hier nur wenige empirische Untersuchungen und Gestaltungskonzepte (vgl. Reger 2001a, S. 75; Verworn et al. 2000, S. 21). Durch eine Kooperation des Unternehmens mit der Universität Koblenz-Landau konnte der Kontakt hergestellt und ein geeigneter Experte identifiziert werden.

Bei der Erstellung des Fragenkatalogs wurde sich an den in Tabelle 8 aufgelisteten Arbeiten orientiert.

<b>Autor</b>	<b>Themengebiet</b>
Krystek und Müller-Stewens 1993, S. 233-255	Implementierung der Frühaufklärungsfunktion
Mitzner 2009, S. 182-202	Strategische Vorausschau in Unternehmen
Bürgel et al. 2005, S. 27-52	Technologiefrüherkennung in multinationalen Unternehmen
Nicks 2008, S. 208-212; Kreiblich et al. 2002, S. 14f; Herzoff 2004, S. 210-220	Aufbau eines Interviews bzw. Fragebogens im Bereich der Technologiefrüherkennung
Lichtenthaler 2005, S. 62-78	Einflussfaktoren auf die Methodenauswahl

Tabelle 8 Autorenliste zur Erstellung des Fragenkatalogs

Durch die Auswahl der Fragen sollte eine möglichst hohe Abdeckung relevanter Informationen und durch die Form des mündlichen Interviews beiderseitige Rückfragen zur höchst möglichen Informationsqualität gewährleistet und die Erfassung kausaler Beziehungen ermöglicht werden. Nachdem vorab der Fragenkatalog an den Experten übersendet wurde, fand das etwa 80 minütige Interview in den Räumlichkeiten des Unternehmens unter Beisein des Betreuers statt. Im Anschluss an die Auswertung wurden die Ergebnisse zur Verifikation an den Experten überreicht.

Die Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten auszugsweise vorgestellt und im letzten Kapitel<sup>49</sup> verarbeitet.

<sup>49</sup> s. Kapitel 4.

### **3.3 Aktuelles Vorgehen/Methodik**

#### **3.3.1 Aufstellung des Unternehmens**

Der einem Konzern angehörige Technologiehersteller erwirtschaftet mit etwa 150 Mitarbeitern an zwei Standorten in Deutschland und Holland einen Umsatz von etwa 30 Mio. Euro. Die Absatzregionen sind neben Europa der stark wachsende Markt in Afrika, Australien und - in Projekten anlaufend - der asiatische Raum und Süd- und Nordamerika. Dort unterscheiden sich die Kunden in ihrer Größe sehr von kleinen Systemen bis hin zu ganzen Netzsystemen der Deutschen Bahn. Die eigene Stellung gegenüber den fünf nennenswerten Mitbewerbern wird als sicher eingeschätzt.

Ein Interesse an einer (Technologie-) Früherkennung besteht, da eine Kostenreduktion durch das Auffinden günstigerer Lösungen auf eigener Seite, Schaffen eines Kundenvorteils durch eine Lösung mit niedrigem LCC und TCO und ein Vorteil gegenüber den Wettbewerbern erwartet werden.

#### **3.3.2 Organisation und Struktur der Technologiefrüherkennung**

Der Planungshorizont des für die Branche repräsentativen Technologieherstellers beträgt fünf bis zehn Jahre im langfristigen und zwei bis drei Jahre im kurzfristigen Bereich. Das Budget für F&E ist verhältnismäßig hoch (nicht näher benannt).

Auf Unternehmensebene wird aktuell keine strukturierte (Technologie-) Früherkennung betrieben. Informationsquellen sind neben Messe-/Kongressbesuchen, meist ohne „gezieltes“ Feedbacksystem, etwa fünf verschiedene Fachzeitschriften, die mit dem Ziel der Wettbewerbseinschätzung unregelmäßig ausgewertet werden.

Auf Ebene der Unternehmensgruppe finden jährlich Meetings statt, bei denen verschiedene Herstellertypen der Gruppe (Schiene, Messsysteme im Gleisbett, usw.) über zwei Tage neue Erkenntnisse, aber auch Probleme in geführten, moderierten Tagungen vorstellen und diskutieren. Die Gruppen belaufen sich auf jeweils fünf bis sechs Mitglieder. Insgesamt sind etwa 30 Personen eingebunden. Darin entstehen dann zum Beispiel bis zu 60 Brainstormings, die selektiert und bewertet werden. Risiken und Machbarkeiten werden zunächst nicht betrachtet. Ziel ist die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses, grober Ziele und eines Gemeinschaftsgefühls/Synergieeffekts.

Jährlich werden Workshops mit Kunden, anderen Herstellern, Betreibern, Lieferanten und Referenten veranstaltet, bei denen die Öffnung des Blickwinkels und der Austausch von Problemen und Lösungsansätzen im Fokus stehen. Neben der Zusammenarbeit mit der Universität Koblenz-Landau existieren keine externen Kooperationen im Bereich von (Technologie-) Früherkennung.

Die nicht strukturierte, organisierte und kommunizierte Rollenverteilung sieht vor, dass Mitarbeiter als Quelle neuer (technologischer) Informationen, diese per Mail an das Produktmanagement übergeben.

### **3.3.3 Gegenstände der Technologiefrüherkennung**

Das Unternehmen sieht nicht nur im Kernkompetenzbereich des hardwarebasierten Alarmmelde/-monitoringsystems ein Früherkennungspotenzial, sondern plant eine Sichtfelderweiterung hin zum Softwaresystem der Diagnostic. Anlagen müssen daher die Diagnose des gesamten Zugsystems eines Schienennetzes ermöglichen. Wichtige Bereiche sind dabei die ERP/SAP-Kopplung, die allgemeine Kopplung mit weiteren Managementsystemen und zunehmend Einbindung der Videotechnik.

Generell lässt sich auch ein Beobachten und bei Bedarf Adaptieren „älterer“ Technologien zu schnelleren Techniken (zum Beispiel Big Data, Industrie 4.0, Standardisierung in Softwareschnittstellen) feststellen.

### **3.3.4 Restriktionen und Barrieren**

Die personelle und zeitliche Situation wird kritisch bewertet, finanziell bestehen keine Limitationen. Trotz der Konzernzugehörigkeit ist das Unternehmen recht flexibel und selbstverantwortlich. Mögliche Probleme sieht der Experte in der Information/Schulung des Mitarbeiters über strukturelle Vorgaben und Möglichkeiten, sowie bei der Abstimmung der Fachbereiche/Abteilungen untereinander, solange kein offizieller Prozess vorgegeben wurde. Die Anerkennung durch das Management stellt kein Problem dar.

## **3.4 Besonderheiten der Branche**

Wichtige Faktoren für alle Typen von Heißläuferverortungsanlagen sind die Verfügbarkeit, die Zuverlässigkeit, die Falsch-Alarmrate und die Lebensdauer. Das spezifische Wissen um diese Daten ist für Hersteller solcher Systeme von hoher Bedeutung, um zukünftige Verbesserungen zu erzielen (vgl. Eisenbrand 2011, S. 24).

Aus einem Bericht der Schweizerischen Bundesbahn (vgl. Vouillamoz und Nietlispach 2012, S. 9) geht hervor, dass weitergehende Sicherheitsmaßnahmen wie ZKE in der Schweiz aufgrund ihrer Risikoreduktion priorisiert werden. Je mehr Risikoreduktion eine Maßnahme pro Geldeinheit bedeutet, desto höher steht sie in der Prioritätenliste der zu finanzierenden Maßnahmen. In der Praxis wird dieser Faktor durch die Zugdichte, Streckengeschwindigkeiten, Anzahl der Halte, Gefahrgutmenge, dem Profil der Züge/Infrastruktur und bestehender oder möglicher Anlagenstandorte ergänzt.

Aus verschiedenen Berichten (s. dazu Bocchetti et al. 2011) geht hervor, dass in der Praxis häufig eine modulare Kombination von Sensoren und Systemen angeboten wird. Zu den Kernmodulen, wie etwa Datenerfassung und -verarbeitung oder die Zugererkennung und

optionalen eigenen Modulen (zum Beispiel Laserscanner) besteht die Möglichkeit zusätzliche Module (wie Pantographen-Monitoring oder Wiegeeinheiten) an einem Schienenabschnitt zu verbauen und zu verbinden.

Laut Erfahrungen des Experten besteht im Bereich RDMT eine gewisse Trägheit durch Homologation<sup>50</sup> und lange Investitionszeiträume. Die Struktur der Kunden ist extrem weit gefächert und es besteht eine Diskrepanz zwischen Betreibern, Rolling Stock<sup>51</sup> und internationalem Verkehr. Eigenständige Netzbetreiber leisten Infrastrukturen gegen Gebühren und haben ein geringeres Investitionsbedürfnis („Keep it simple.“), da deren Kunden ohne Mehrkosten profitieren. Zusätzlich können Probleme von Haftungsfragen bei möglicherweise durch RDMT vermeidbaren Schäden entstehen.

Internationale rechtliche Grundlagen und Strukturen fehlen im Bereich RDMT<sup>52</sup> („Einer macht´s, der andere nicht.“ - Expertenaussage aus dem Interview vom 19.02.2016).

Je kleiner ein Netzsystem ist, desto einfacher ist die Installation und weitreichender die Testmöglichkeiten, da der Kunde alle Positionen einnimmt („Alles kommt aus einer Hand.“). Große Netzsysteme (etwa der Deutschen Bahn) sind viel aufwändiger, komplexer und langwieriger in der Planung, Einführung und Wartung.

In Deutschland dürfen an einer Probeanlage beteiligte Unternehmen nicht an späteren Ausschreibungen teilnehmen, da sie sonst einen Wettbewerbsvorteil haben. Forschungs- und Testarbeiten werden so weniger attraktiv.

Externe Einflüsse werden durch Kundenausschreibungen mit Problemen, Wünschen und Nachfragen und besonders durch das gemäß des Eisenbahn-Bundesamts vorausgesetzte ein bis zu zweijährige Typzulassungsprogramm der Markteinführung ausgeübt.

### **3.5 Anforderungen an die Methodik**

Aus dem Experteninterview geht hervor, dass eine Früherkennung vor allem Ergebnisse mit den Faktoren Aufwand, Risiken, Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit, Alternativen und Partnerschaft liefern soll. Auch eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile (etwa Sicherheits- oder Wartungskosten) sind von Bedeutung. Während des gesamten Prozesses dürfe die Wirtschaftlichkeit nicht durch das Einwirken einer Euphorie außer Acht gelassen werden.

---

<sup>50</sup> Behördliche Zulassung.

<sup>51</sup> Schienenverkehr.

<sup>52</sup> Es existieren zwar internationale Richtlinien der ERA und EU (etwa Vorgaben, dass Heißläuferdetektoren eingesetzt werden müssen), laut Expertenaussage gilt in der Praxis: „Einer macht´s der andere nicht.“

Eine Einführung ist sowohl direkt und isoliert als auch in Verbindung mit einem anderen Projekt vorstellbar. Eine isolierte Einführung erscheint aber sinnvoller, da ein bewusster Launch hilfreich für die Gewinnung und Schulung der Mitarbeiter ist.

Die Prozessoptimierung soll durch Überwachung und Kontrolle der Abläufe durch Mitarbeiterschulungen, Rollenverteilungen und Innovationsrunden gewährleistet werden.

Generell bestünde die Möglichkeit Technologiefrüherkennung auf Konzernebene zu betreiben. Hier sieht der Experte allerdings die Gefahr der Inflexibilität und geringen Akzeptanz/Identifikation der Mitarbeiter durch die Einbindung zu vieler Fachleute und – Bereiche. Die Entwicklung der Information gemäß des „bottom-up“-Prinzips würde den Vorteil der Filterung innehaben.

## 4 Ergebnis

### 4.1 Empfehlungen aus der Literatur

Die Literatur nennt viele Methoden, lässt eine Empfehlung, wann welche Methode eingesetzt werden kann oder sollte, jedoch aus (vgl. Lichtenthaler 2005a, S. 56). Levary und Han (1995) und Mishra et al. (vgl. 2002, S. 5f) entwerfen einen Kriterienkatalog, um eine optimale Methode für eine möglichst präzise Bewertung auszuwählen. Obwohl diese Kriterien einseitig technologieorientiert sind und Bedingungen wie Zeit und Ressourcen im Unternehmen nicht beachtet werden, können sie als Grundlage der Modellfindung dieser Arbeit dienen. Die aufgeführten Kriterien sind:

- Umfang der Datenverfügbarkeit,
- Grad der Datengültigkeit (Datenvalidität),
- Anzahl der Variablen, die Einfluss auf die Technologieentwicklung haben, und
- Grad der Ähnlichkeit zwischen vorgeschlagener und existierender Technologie.

Dabei werden die Werte auf einer Skala von „Eins“, über „klein“, „gering“ und „mittel“ bis „groß“ angegeben und führen so durch die Kombination miteinander in zehn Fällen zu einer Früherkennungsmethode.

Zur Methodenimplementierung stellt Geschka (1995, S. 624) folgende Thesen auf:

- „Häufig kommen Methodenkombinationen zur Anwendung.
- Für die Methoden der Technologiefrühaufklärung und -vorhersage sollte eine zentrale Zuständigkeit in einem strategischen Planungsbereich geschaffen werden.
- Eine informationstechnische Unterstützung ist bisher nur teilweise verfügbar; sie sollte aber ausgebaut werden.
- Für die Einführung eines geschlossenen Systems der technologischen Frühaufklärung und Prognose sind spezielle Maßnahmen der Akzeptanzerzielung (Machtpromotor, frühe Information, Pilotphase der Anwendung, Fallbeispiele aus dem Unternehmen) zu empfehlen.“

Reger (vgl. 2006, S. 319f) empfiehlt bei seiner Auswahl Methoden, die eine Kombination aus explizitem, dokumentierbarem und implizitem Wissen der Mitarbeiter/Experten verarbeiten. Um das Wissen nutzen zu können, sollte das implizite Wissen möglichst explizit dargestellt und weitergegeben werden. Der Mensch als Informationsquelle wird von Reger (ebenda) bevorzugt, da die ungewisse Zukunft von ihm gestaltet wird. Darüber hinaus können in der Gruppe zusätzlich Synergieeffekte auftreten. Mitarbeiter werden über die

Weitergabe von vorhandenem Wissen geschult und die Kommunikation über die Zukunft wird gefördert.

Auch Böhler (1993, S. 1261) gibt zur Kombination von Ansätzen folgende Empfehlung ab: „Obgleich die Erfassung schwacher Signale einen wichtigen Beitrag zur Früherkennung leistet, ist sie als alleiniger Ansatz für die Früherkennung nicht hinreichend. Während der indikatorgeleitete Ansatz vor allem geeignet ist, die derzeit und zukünftig relevanten Beobachtungsbereiche und Faktoren gezielt zu überwachen, verhindert die ungerichtete Überwachung schwacher Signale die gefährliche Einengung der Perspektive auf wenige Umfeldler und Entwicklungen. Erforderlich ist daher eine Integration der beiden Ansätze.“

Bei der Implementierung eines Früherkennungssystems kann die Vielfalt und Komplexität der Methoden gefährdende Auswirkungen haben. Um einen „Methoden-Overkill“ im ohnehin schon umfassenden Verarbeitungsprozess der Informationen zu vermeiden, empfiehlt sich zunächst die Anwendung einfacher Methoden. Wenn auf Grundlage der im Früherkennungsprozess entwickelten Ergebnisse strategische Entscheidungen getroffen werden, müssen Entscheidungsträger diese nachvollziehen können (vgl. Mietzner 2009, S. 56). Um ein Verständnis für Früherkennungsprozesse in der Unternehmung zu entwickeln, sollte somit eine strikte Anwendungsorientierung anstelle einer Methodenverbesserung im Vordergrund stehen (vgl. Haag 1993, S. 265).

## **4.2 Vorstellung geeigneter Methoden**

Wie zuvor gezeigt, gibt die Literatur eine Vielzahl an Methoden zur (Technologie-) Früherkennung vor, von denen einige den gestellten Anforderungen der RDMT Branche entsprechen. Die Methoden bringen die aber stets auch Nachteile in Form von Aufwand, Kosten oder benötigtem Know-how mit sich bringen und sind dabei immer kontextabhängig sind. Diesen Umstand beschreibt Grupp in einem Essay entsprechend treffend: „Eine optimale Methode zur halbwegs objektiven Einschätzung der technologischen Zukunft gibt es nicht. Mehrere Methoden konkurrieren miteinander, alle haben ihre starken, aber auch ihre schwachen Seiten. Listen mit technologischen Themen, die als „Zukunftstechnik“ oder „Innovation von morgen“ verstanden werden können, werden seit mindestens 15 Jahren regelmäßig publiziert. Diese Themenlisten sind nur schwer vergleichbar zu machen, da die Auswahl und Abgrenzungskriterien stark variieren und je nach Herkunftsland und Fragestellung für die Stillung des öffentlichen Interesses mehr oder weniger brauchbar sein dürften.“ (Grupp 2004, S. 28).

Trotz dieser Hürden sollen im Folgenden Methoden und Techniken entlang der Phasen der Technologiefrüherkennung evaluiert und vorgestellt werden.

### 4.2.1 Informationserfassung

Der Planungshorizont im untersuchten, exemplarischen Unternehmen beträgt fünf bis zehn Jahre. Anhand dieser Information lassen sich über die Einteilung von Lichtenthaler (vgl. 2000, S. 41; 2005, S. 398) und Reger (vgl. 2006, S. 320f) unter anderem die *Patentanalyse* und *Brainstorming/-writing* als geeignete Methode zur Informationserfassung feststellen. Letztere wird laut Expertenaussage bereits eingesetzt.

Anhand der Informationen aus den Rechercharbeiten des dritten Kapitels und dem Experteninterview kann der Kriterienkatalog von Levary und Han (1995) und Mishra et al. (vgl. 2002, S. 5f) wie in Tabelle 9 ausgefüllt werden.

Umfang der Datenverfügbarkeit	Grad der Datengültigkeit (Datenvalidität)	Anzahl der Variablen, die Einfluss auf die Technologieentwicklung haben	Grad der Ähnlichkeit zwischen vorge-schlagenen und existierender Technologie	Früherkennungsmethode
Klein	Gering	Mittel	Gering	Delphi, Szenario

Tabelle 9 Auswertung durch einen Kriterienkatalog (nach Levary und Han (1995) und Mishra et al. (vgl. 2002, S. 5f))

Der Umfang der Datenverfügbarkeit wird als *klein* eingeschätzt, da neben einer geringen Zahl an Fachzeitschriften und Messen nur Daten über Kunden- und Kooperationspartnermeinungen zur Verfügung stehen. Datenbanken oder Studien liegen nicht vor. Aus diesen Voraussetzungen folgt auch die *geringe* Datenvalidität. Die Anzahl der Variablen, die Einfluss auf die Technologieentwicklung haben wird als *mittel* eingestuft, da neben behördlichen Vorgaben besonders Kundenanforderungen Einflussfaktoren darstellen. Der Grad der Ähnlichkeit zwischen Softwaresystemen der Diagnostik, mit der Kopplung an Managementsystemen und der Videotechnik, und hardwarebasierten Alarmmelde-/monitoringsystemen wird als *gering* bewertet. Aus der Kombination dieser Faktoren ergibt sich die Empfehlung des Einsatzes von *Delphi-* und *Szenariotechnik*. Erstere kann - nach der in dieser Arbeit verwendeten Einteilung - zur Informationserfassung verwendet werden. Die Auswahl der Experten in den Delphibefragungen kann in diesem Fall unternehmensextern, aber auch -intern mit Fachmitarbeitern durchgeführt werden. Diese Methoden erfüllt damit auch die von Böhler<sup>53</sup> geforderte Integration indikatorenorientierter und ungerichteter Ansätze zur Überwachung von derzeit und zukünftig relevanten Beobachtungsbereichen und Faktoren.

<sup>53</sup> s. Kapitel 4.1.

## 4.2.2 Informationsbewertung

In seiner Arbeit erkennt Abele (vgl. 2006, S. 73f) die *Technologieportfolio*-Methoden als vornehmlich geeignet für die Früherkennung. Die Methoden bieten demnach eine hohe Erfüllung der Anforderungen dieses Prozessschrittes. Der Bezug zur Konkurrenz, die Identifikation von Beziehungsflechten und das Aufzeigen von Entwicklungen sind Anforderungen aus dem Experteninterview und dem Branchenwissen<sup>54</sup>. Wie zuvor gezeigt<sup>55</sup> bietet der *Portfolio*-Ansatz eben diese Positionierung des eigenen Unternehmens hinsichtlich seiner Produkte, Technologien oder Marktanteile relativ zum Wettbewerb und die Bewertung von Markt- und Produktlebenszyklen. Darüber hinaus können mit dieser Methode unternehmensintern Aussagen darüber getroffen werden, wie weit die betrachtete Technologie zu den eigenen Kompetenzen passt, bzw. wie gut die Technologie die Kernkompetenzen des Unternehmens ergänzen oder ausbauen kann. Unternehmensextern kann festgestellt werden, in welchen Zielmärkten die Technologie mit welchem Beitrag eingesetzt wird und wie relevant die Märkte selbst bewertet werden. So kann die Technologie ob ihrer zukünftigen Aussichten im Branchenwettbewerb geprüft und die spezifische Position des eigenen Unternehmens hinsichtlich der Technologie beschrieben werden.

## 4.2.3 Informationsaggregation und –strukturierung

Der in Kapitel 4.2.1 genannte Kriterienkatalog empfiehlt für die Kombination der vorliegenden Voraussetzungen ebenfalls die *Szenariotechnik*. So können trendmäßige, aber auch extreme Entwicklungen dargestellt und die Unternehmensführung gegenüber Bildern möglicher Zukunftsbilder sensibilisiert werden, was einen Rahmen für denkbare Handlungskonzepte liefert. Der Autor sieht in dieser Methode nur ein geringes Potenzial in der Praxis, da die Darstellung und Strukturierung nur bedingt zu einer Verständlichkeit möglicher Zukünfte beitragen kann. Auch Laube (vgl. 2009, S. 51) erkennt, dass die *Szenariotechnik* einen hohen Aufwand erzeugt, ein hohes methodisches Know-how erfordert und daher für KMU ungeeignet ist. Den zu Grunde liegenden Voraussetzungen wird daher eher das *Roadmapping* gerecht. So können Technologien und ihre Verknüpfungen grafisch über die Zeit abgebildet werden. Die Methode bietet eine kurz- bis mittelfristige Perspektive und entspricht demnach auch dem Planungshorizont des stellvertretenden Unternehmens der Branche. Der vom Experten geforderte Marktbezug wird insbesondere durch die Berücksichtigung zukünftiger Kundenanforderungen und der Verknüpfung der vier Ebenen Markt/Strategie, Technologie, Produkt und Produktion gewährleistet.

Neben der Erfassung der gesammelten Informationen in Datenbanken bietet sich auch die Visualisierung und Kommunikation über Emails, Kurzberichte und *Trendmeldungen* an.

---

<sup>54</sup> s. Kapitel 3.4 und 3.5.

<sup>55</sup> s. Kapitel 2.11.2.2.1.

Aus dem Experteninterview geht hervor, dass eine Früherkennung vor allem Ergebnisse mit den Faktoren Aufwand, Risiken, Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit, Alternativen und Partnerschaften liefern soll. Auch eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile (etwa Sicherheits- oder Wartungskosten) sind von Bedeutung. Diese Faktoren können spiegelbildlich als Vorgaben einer *Trendmeldung* dienen und bei Bedarf mit weiteren Kategorien wie „Quellen“ ergänzt werden.

### 4.3 Fazit und Vorgehen

Ziel dieser Arbeit ist das Finden einer oder mehrerer Methode(n) der Technologiefrüherkennung für das Umfeld der RDMT. Als Grundlage mussten die folgenden drei Unterforschungsfragen beantwortet werden: „Welche Methoden und Modelle zur Technologiefrüherkennung sind in der Literatur zu finden?“, „Wie gestaltet sich das Umfeld der RDMT?“ und „Erfüllt eine Methode die Anforderungen des Umfelds der RDMT oder ist eine Kombination erforderlich?“ Methoden und Modelle wurden in Kapitel 2, insbesondere in Kapitel 2.11 vorgestellt. In Kapitel 3.1 bis 3.4 wurde das Umfeld der RDMT präsentiert. Die in Kapitel 3 gesammelten Anforderungen wurden in Kapitel 4.1 und 4.2 den dargelegten Methoden gegenübergestellt und geprüft. Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass eine Begrenzung auf eine Methode in der Praxis nicht sinnvoll erscheint. Vielmehr sollte eine Kombination von Methoden verwendet werden, die im Folgenden dargestellt wird.

Als Antwort auf die Hauptforschungsfrage: „Welche Methode(n) der Technologiefrüherkennung ist für die Anwendung im Umfeld der RDMT geeignet?“ dient der folgende Abschnitt.

Die in Kapitel 2.10 vorgestellte Kapitelstruktur gibt zum Ablauf eine strukturelle Grundlage. Der Technologiefrüherkennungsprozess muss mit der Bestimmung des Informationsbedarfs beginnen. Hier sollen von leitender Stelle ausgehend die Tiefe und der Umfang der Suche vorgegeben werden. Die anschließende Beschaffung der Information soll durch die Basisaktivitäten des Technologiscanning, -scouting und -monitoring, unterstützt durch die Methoden *Patentanalyse* und *Brainstorming/-writing*, sowie der *Delphitechnik*, gewährleistet werden. Zur Bewertung der Information dient anschließend die *Technologieportfolio-Methode*. *Roadmaps* und *Trendmeldungen* strukturieren, kommunizieren und dokumentieren die Information. Ein Prozess der kontinuierlichen Pflege und der zyklischen Überarbeitung soll darüber hinaus die Aktualität der Informationen sicherstellen. Die Verantwortlichkeit sollte dabei bei einer zentralen Stabstelle liegen, um ein Bewusstsein über den Technologiefrüherkennungsprozess bei den Mitarbeitern und dem Management zu erzeugen und gezielt und offiziell Prozesse vorgeben zu können. Entsprechend der Expertenaussagen seien dazu keine finanziellen, sondern nur zeitliche und personelle Hürden zu sehen. Durch dieses Vorgehen werden die in Kapitel 4.1 geforderten Eigenschaften der

Methodenkombination, die zentrale Zuständigkeit und die Kombination aus explizitem und implizitem Wissen unter Ausschluss der Gefahr eines „Methoden-Overkill“ erfüllt.

#### 4.4 Ausblick

Die unternehmerische Umsetzung von Technologiefrüherkennung kann an verschiedenen Faktoren scheitern oder erschwert werden<sup>56</sup>. Neben organisatorischen und methodischen Hürden, einem begrenzten Beobachtungsfeld und mangelndem Zugang zu entscheidenden Informationskanälen können auch zeitliche, personelle und finanzielle Grenzen bestehen. Einen Ansatz diese Faktoren zu begrenzen stellen Früherkennungsnetzwerke<sup>57</sup> dar.

Ein Netzwerk kann dabei jedoch nicht als alleiniges Mittel zur Technologiefrüherkennung dienen, sondern sollte ergänzend zu eigenen Aktivitäten das „Netz noch dichter weben“. Mieke (2005, S. 43-110) stellt in seiner Arbeit die kooperative Technologiefrüherkennung als organisatorisches Konzept vor. Die hier beschriebene Konzeption, Entstehung und Errichtung, Organisation und Koordination dieser Netzwerke sei an dieser Stelle als Grundlage zu empfehlen.

Gerade im Bereich der KMU können Netzwerke eine Möglichkeit für den Einstieg in eine Technologiefrüherkennung, Kontakte zu Experten und neues Methodenwissen bieten. Die RDMT Branche ist als Nischenmarkt und durch den fehlenden Risikoausgleich besonders anfällig im Bezug auf Umfeldveränderungen. Daher bietet sich in diesem Umfeld die Bildung von Technologiefrüherkennungsnetzwerken überaus an. Das Interview mit einem Experten der Branche hat gezeigt, dass bereits Netzwerke von Unternehmen mit Lieferanten, Kunden und auch Wettbewerbern bestehen. Dies bildet die ideale Grundlage für die gemeinsame Zukunftsforschung und sei an dieser Stelle als Ausblick für eine langfristige Entwicklung der Technologiefrüherkennung in den Unternehmen zu nennen.

Die Literatur ist sich einig, dass Netzwerke ein wichtiger Bestandteil der Früherkennung sind<sup>58</sup>. Dazu existieren jedoch nur wenige umfangreiche oder praxisorientierte Ausführungen. Daher scheint es notwendig, neben den Ausarbeitungen zu klassischen Methoden und theoretischen Grundlagen der Technologiefrüherkennung, einen Forschungsschwerpunkt auf Kooperationen in diesem Bereich zu legen. Auch die Behandlung im Umfeld von KMU ist in der Literatur oft nur spartenbezogen. Aktuelle Forschungsbemühungen im Bereich Zukunftsforschung der RDMT konnten jedoch keine festgestellt werden, obgleich diese Branche ein hohes Potenzial für die theoretische und praktische Anwendung von Technologiefrüherkennung bietet.

---

<sup>56</sup> s. dazu Kapitel 2.12.

<sup>57</sup> s. Kapitel 2.11.3.

<sup>58</sup> Vgl. dazu Reger 2006, S. 314; Bürgel et al. 2005, S. 44; Brokmann 2012, S. 407-414 (hier als Open Innovation bezeichnet); Müller 1986, S. 301-311; Krystek und Walldorf 1997, S. 458-462.

## 5 Literatur

- Abele, Thomas (2006): Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements. Dissertation. Stuttgart: Univ.
- Abele, Thomas (2013): Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung: Methoden und Prozesse in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. 1. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Aeschimann, Markus (2010): "An issue ignored is a crisis invited": Einführung in die strategische Frühaufklärung. <http://de.slideshare.net/guestb332248/einfhrung-in-die-strategische-frhaufklrung>, Abrufdatum: 07.09.2015.
- Ansoff, Igor (1975): Managing Strategic Surprise by Response of Weak Signals. In: California Management Review. Winter 1976. S, 21-33.
- Ansoff, Igor (1976): Managing Surprise and Discontinuity. Strategic Response to Weak Signals. In: Zeitschrift für die betriebswirtschaftliche Forschung. 28. Jahrgang 1976, S. 129-152.
- Ansoff, Igor (1979): Strategic Management. London: unbekannt.
- Ansoff, Igor (1980): Strategic Issue Management. 1. Auflage. Unbekannt: Strategic Management Society. In: Strategic Management Journal. Volume 1. 1980. Number 1, S. 131-148.
- Ansoff, Igor (1987): Implanting Strategic Management. 1. Auflage. New Jersey: Prentice Hall.
- Ansoff, Igor; McDonnell, Edward (1990): Implanting Strategic Management. 2. Auflage. Cambridge: Longman Higher Education.
- Arnold, Ulli (1981): Strategische Unternehmensführung und das Konzept der „Schwachen Signale“. In: Das Wirtschaftsstudium. Heft 6 (1981), S. 290-293.
- Ashton, W. Bradford; Stacey, Gary (1995): Technical intelligence in business: understanding technology threats and opportunities. In: International Journal of Technology Management. Volume 10. No. 1. 1995, S. 79-104.
- Ashton, W. Bradford; Klavans, Richard A. (1997): An Introduction to Technical Intelligence in Business, in: Ashton, W. Bradford; Klavans, Richard A.(1997): Keeping Abreast of Science and Technology: Technical Intelligence in Business. Columbus: Batelle Press, S. 5-22.
- Bea, Franz Xaver; Haas, Jürgen (1994): Möglichkeiten und Grenzen der Früherkennung von Unternehmenskrisen. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium. Jahrgang 23. Heft 10, S. 486-491.
- Bea, Franz Xaver; Haas, Jürgen (2005): Strategisches Managment. 4. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Behrendt, Siegfried (2009): Integriertes Technologie-Roadmapping: Ein Instrument zur Nachhaltigkeitsorientierung von Unternehmen und Verbänden in frühen Innovationsphasen. In: Popp, Reinhold; Schüll, Elmar (2009): Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung: Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 255-268.
- Bepperling, Sonja-Laura; Schöbel, Andreas (2011): Estimation of Safety Requirements for Wayside Hot Box Detection Systems. In: Schnieder, Eckehard; Tarnai, Geza (2011): FORMS/FORMAT 2010: Formal Methods for Automation and Safety in Railway and Automotive Systems. Berlin Heidelberg: Springer, S. 135-143.

- Bircher, Bruno (1976): Langfristige Unternehmensplanung: Konzepte, Erkenntnisse und Modelle auf systemtheoretischer Grundlage, Bern: Haupt.
- Blecke, Ulrich (1978): Plausible Pfade in die Zukunft. In: Manager-Magazin. Nr. 12. 1978, S. 120-125.
- Bleicher, Knut (2011): Das Konzept Integriertes Marketing: Visionen – Missionen – Programme. 8. Auflage. Frankfurt: Campus.
- Bocchetti, Giovanni; Mattino, Nadia; Lancia, Antonio (2011): TCCS – Train Conformity Check System. In: Signal+Draht 1+2/2011. RTR Special: Wayside Train Monitoring Systems. 2011, S. 45-52.
- Böhler, Heymo (1983): Strategische Marketing-Früherkennung. Universität zu Köln, Habilitation.
- Böhler, Heymo (1993): Früherkennungssysteme. In: Wittmann, Waldemar (1993): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Bd. 1, 5. Auflage, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 1256-1270.
- Bright, James R. (1970): Evaluating signals of technological change. In: Harvard Business Review. 1970. No. 1, S. 62-70.
- Bright, James R. (1973): Forecasting by Monitoring Signals of Technological Change. In: Bright, James R.; Schoeman, Milton E.F. (1973): A Guide to Practical Technological Forecasting. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, S. 238-256.
- Brokmann, Torben (2012): Strategische Wendepunkte und Krisenfrühwarnung. In: Jacobs, Jürgen; Riegler, Johannes; Schulte-Mattler, Hermann; Weinrich, Günter (2012): Frühwarnindikatoren und Krisenfrühaufklärung: Konzepte zum präventiven Risikomanagement. 1. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedi, S. 398-419.
- Bürgel, Hans Dietmar; Reger, Guido; Ackel-Zakour, René (2005): Technologie-Früherkennung in multinationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: Moehrle, Martin; Isenmann, Ralf (2005): Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 26-53.
- Caspers, Rolf; Bickhoff, Nils; Bieger, Thomas (2004): Interorganisatorische Wissensnetzwerke: Mit Kooperation zum Erfolg. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.
- Clarhaut, Joffrey; Lemaire, Etienne; El Koursi, El Miloudi (2011): Methodology for Assessing Safety Systems Application for a Railway Hot Box Protection System. In: Schnieder, Eckehard; Tarnai, Geza (2011): FORMS/FORMAT 2010: Formal Methods for Automation and Safety in Railway and Automotive Systems. Berlin Heidelberg: Springer, S. 125-133.
- Cooper, Robert (2003): Maximizing the value of your new product portfolio: methods, metrics & scorecards. In: SATM. 2003 (7. Jg.). Nr. 1, S. 1-7.
- Cuhls, Kerstin; Blind, Knut; Grupp, Harilof (2002): Innovations for our Future: Delphi '98: New Foresight on Science and Technology. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Cuhls Kerstin. (2003): From Forecasting to Foresight Processes: New Participative Foresight Activities in Germany. Journal of Forecasting. 22, S. 93-111.
- Davis, Stand; Botkin, Jim (1999): The Coming of Knowledge-Based Business. In: Harvard Business Review. Vol. 72. No. 5. 1994, S. 165-170.
- Eisenbrand, Erich (2011): Hot box detection in European railway networks. In: Signal+Draht 1+2/2011. RTR Special: Wayside Train Monitoring Systems. 2011, S. 16-25.

- Faix, Axel (1998): Patente im strategischen Marketing: Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit durch systematische Patentanalyse und Patentnutzung. Berlin: Erich Schmidt.
- Festinger, Leon; Irle, Martin; Möntmann, Volker (1978): Theorie der kognitiven Dissonanz. Bern: Huber.
- Foden, James; Berends, Hans (2008): An integrated solution to technology management: Technology identification and monitoring. Konferenzbeitrag (TM 14.3) #1569083078; 17th International Conference for the International Association of Management of Technology (IAMOT 2008); Dubai.
- Galtung, Johann (1978): Methodologie und Ideologie, Band 1. Frankfurt: Suhrkamp.
- Gassmann, Oliver; Kobe, Carmen (2006): Management von Innovation und Risiko: Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.
- Geißler, Ulrike (2003): Frühaufklärung durch Issues Management: Der Beitrag der Public Relations. 1. Auflage. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Geschka, Horst; Reibnitz, Ute von (1986): Die Szenario-Technik - ein Instrument der Zukunftsanalyse und der strategischen Planung, in: Töpfer, Armin; Afheldt, Heik (Hrsg.) (1986): Praxis der strategischen Unternehmensplanung. 2. Auflage. Stuttgart: Alfred Metzner Verlag, S. 125-170.
- Geschka, Horst (1995): Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage. In: Zahn, Erich (1995): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 623-644.
- Götze, Uwe (1991): Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Götze, Uwe; Rudolph, Friedhelm (1994): Instrumente der strategischen Planung. In: Bloech, Jürgen; Götze, Uwe; Huch, Burkhard; Lücke, Wolfgang, Rudolph, Friedhelm (1994): Strategische Planung: Instrumente, Vorgehensweisen und Informationssysteme. 1. Auflage. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Grupp, Hariolf (2004): Wie erkennt man Innovationen? In: Fraunhofer Magazin. 1. 2004, S. 28-29.
- Haag, Toralf (1993): Entwicklung eines integrativen strategischen Früherkennungssystems. In: Zeitschrift für Planung. 1993. 4. Jg. Nr. 3, S. 261-274.
- Haag, Christoph; Schuh, Günther; Kreysa, Jennifer; Schmelter, Kristin (2011): Technologiebewertung. In: Schuh, Günther; Klappert, Sascha (2011): Technologiemanagement: Handbuch Produktion und Management 2. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 309-366.
- Hahn, Dietger; Klausmann, W. (1986): Frühwarnsysteme und strategische Unternehmensplanung. In: Hahn, Dietger; Taylor, Bernard (1986): Strategische Unternehmensplanung. 4. Auflage. Heidelberg: Physica-Verlag, S. 264-281.
- Hahn, Dietger; Taylor, Bernard (1990): Strategische Unternehmensplanung/Strategische Unternehmensführung: Stand und Entwicklungstendenzen. 5. Auflage. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Hartlieb, Erich; Jost, Thomas; Posch, Stefan; Rodler, Mario (2014): Technologie-Roadmapping für ein mittelständiges Produktionsunternehmen. In: Granig, Peter; Hartlieb, Erich; Lercher, Hans (2014): Innovationsstrategien: Von Produkten und Dienstleistungen zu Geschäftsmodellinnovationen. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 217-239.

- Herstatt, Cornelius; Verworn, Birgit (2007): Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen - Methoden - Neue Ansätze. 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Herzoff, Marc (2004): Szenario-Technik in der chemischen Industrie. Dissertation. O.V.
- Jung, Hans-Helmuth; Pinnekamp, Friedrich; Bucher, Philip (2006): Risikobeurteilung von Technologieprojekten bei ABB. In: Gassmann, Oliver; Kobe, Carmen (2006): Management von Innovation und Risiko: Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.
- Kirsch, Werner; Trux, Walter (1979): Strategische Frühaufklärung und Portfolio-Analyse. Zeitschrift für Betriebswirtschaft Ergänzungsheft 2 (1979). Nr. 2, S. 47-69.
- Koller, H. (2002): Technologiefrühaufklärung. In: Gabler-Lexikon Technologiemanagement: Management von Innovationen und neuen Technologien im Unternehmen; [A-Z]. Wiesbaden: Gabler.
- Koller, Stefan; Schlatter, Hanspeter (2011): Fire & chemistry indication. In: Signal+Draht 1+2/2011. RTR Special: Wayside Train Monitoring Systems. 2011, S. 54-58.
- Koruna, Stefan (2001): Wissensmanagement. Interner Report. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule.
- Kreiblich, Rolf; Schlaffer, Alexandra; Trapp, Christian; Burmeister, Klaus (2002): Zukunftsforschung in Unternehmen: Eine Studie zur Organisation von Zukunftswissen und Zukunftsgestaltung in deutschen Unternehmen. Berlin: Sekretariat für Zukunftsforschung.
- Krystek, Ulrich (1987): Unternehmungskrisen: Beschreibung, Vermeidung und Bewältigung überlebenskritischer Prozesse in Unternehmungen. Wiesbaden: Gabler.
- Krystek, Ulrich (1990): Controlling und Frühaufklärung: Stand und Entwicklungstendenzen von Systemen der Frühaufklärung. In: Controlling. Heft 2. 1990, S. 68-75.
- Krystek, Ulrich; Müller-Stewens, Günter (1990): Grundzüge einer Strategischen Frühaufklärung. In: Hahn, Dietger; Taylor, Bernard (1990): Strategische Unternehmungsplanung/Strategische Unternehmungsführung: Stand und Entwicklungstendenzen. 5. Auflage. Heidelberg: Physica-Verlag, S.337-364.
- Krystek, Ulrich; Müller-Stewens, Günter (1993): Frühaufklärung für Unternehmen. Identifikation und Handhabung zukünftiger Chancen und Bedrohungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Krystek, Ulrich; Walldorf, Eberhard (1997): Frühaufklärung länderspezifischer Chancen und Bedrohungen. In: Krystek, Ulrich; Walldorf, Eberhard (1997): Internationalisierung: Eine Herausforderung für die Unternehmensführung, S. 443-463.
- Krystek, Ulrich; Herzoff, Marc (2006): Szenario-Technik und Frühaufklärung: Anwendungsstand und Integrationspotential. In: ZfCM. Jg. 2006. H. 5, S. 305-310.
- Krystek, Ulrich (2007): Strategische Frühaufklärung. In: Zeitschrift für Controlling & Management (Sonderheft 2), S. 50-58.
- Lang, Hans-Christoph (1998): Technology intelligence: ihre Gestaltung in Abhängigkeit der Wettbewerbssituation. Zürich: Verlag Industrielle Organisation.
- Laube, Thorsten (2009): Methodik des interorganisationalen Technologietransfers: ein Technologie-Roadmap-basiertes Verfahren für kleine und mittlere technologieorientierte Unternehmen. Dissertation, Universität Stuttgart.

- Laube, Thorsten (2013): Mit Technologietransfermanagement Innovationen vorbereiten. In: Abele, Thomas (2013): Suchfeldbestimmung und Ideenbewertung: Methoden und Prozesse in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. 1. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 169-195.
- Lehmann, Axel; Ruf, Sabine (1990): Was leisten Frühwarnsysteme für die Assekuranz? In: Ackermann, W.; Ruf, Sabine (1990): Tagungsband zur 18. Schwerpunkttagung der I. VW Management-Information vom 30. Mai 1990, St. Gallen, S. 3-26.
- Levary, Reuven; Han, Dongchui (1995): Choosing a Technological Forecasting Method. In: Industrial Management. Vol. 37. Issue 1. 1995, S. 14-18.
- Lichtenthaler, Eckhard (2000): Organisation der Technology Intelligence. Eine empirische Untersuchung in technologieintensiven, international tätigen Grossunternehmen. Zürich, Dissertation ETH 13787.
- Lichtenthaler, Eckhard (2004): Technology intelligence processes in leading European and North American multinationals. In: R&D Management 34. 2. 2004, S. 121-135.
- Lichtenthaler, Eckhard (2005a): Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl. In: Moehrle, Martin; Isenmann, Ralf (2005): Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S.55-80.
- Lichtenthaler, Eckhard (2005b): The choice of technology intelligence methods in multinationals: towards a contingency approach. In: Int. J. Technology Management. Vol. 32. Nos. 3/4. 2005, S. 388-407.
- Liebl, Franz (1996): Strategische Frühaufklärung: Trends – Issues – Stakeholders. München: Oldenbourg.
- Liebl, Franz (2000): Der Schock des Neuen: Entstehung und Management von Issues und Trends. München: Gerling Akademischer Verlag.
- Liebl, Franz (2005): Technologie-Frühaufklärung: Bestandsaufnahme und Perspektiven. In: Albers, Sönke; Gassmann, Oliver (2005): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement: Strategie - Umsetzung – Controlling. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag. S. 119-136.
- Loew, HC (1999): Frühwarnung, Früherkennung, Frühaufklärung–Entwicklungsgeschichte und theoretische Grundlagen. In: Henckel v. Donnersmarck, M; Schatz, R: Frühwarnsysteme, Bonn, Dover, Fribourg, Leipzig, Ostrava: Innovatio-Verlag 1999, S. 19-47.
- Lüthje, Christian (2007): Methoden zur Sicherstellung von Kundenorientierung in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. In: Herstatt, Cornelius; Verworn, Birgit (2007): Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen - Methoden - Neue Ansätze. 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, S. 39-60.
- Michaeli, Rainer (2006): Competitive Intelligence: Strategische Wettbewerbsvorteile erzielen durch systematische Konkurrenz-, Markt- und Technologieanalysen. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.
- Mieke, Christian (2005): Kooperative Technologiefrühaufklärung mittels szenariobasiertem Technologie-Roadmapping: Entscheidungsmodelle, Organisation, Methodik. Dissertation: TU Cottbus.
- Mietzner, Dana (2009): Strategische Vorausschau und Szenarioanalysen: Methodenevaluation und neue Ansätze. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Mietzner, Dana (2010): Strategische Vorausschau Begriff - Prozess - Methoden. In: Mietzner, Dana; Wagner, Dieter (2010): New Market Intelligence: Identifizieren

- und Evaluieren von Auslandsmärkten für Dienstleistungen in der roten Biotechnologie. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler, S. 45-73.
- Mishra, Somnath; Deshmukh, S.G.; Vrat, Prem (2002): Matching of technological forecasting technique to a technology. In: *Technological Forecasting & Social Change*. Vol. 60. 2002, S. 1-17.
- Mitroff, Ian; Anagnos, Gus (2000): *Managing Crises Before They Happen: What Every Executive and Manager Needs to Know About Crisis Management*. 1. Auflage. New York: AMACON.
- Moore, Gordon: Cramming more components onto integrated circuits. In: *Electronics*. 38. Nr. 8. 1965, S. 114–117.
- Müller, Günter (1986): *Strategische Suchfeldanalyse: Die Identifikation neuer Geschäfte zur Überwindung struktureller Stagnation*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Narayanan, Vadake; Fahey, Liam (1987): *Environmental Analysis for Strategy Formulation*. In: King, W.R.; Cleland D.J. (1987): *Strategic Planning and Management Handbook*. New York: unbekannt, S. 147-176.
- Nick, Alexander (2008): *Wirksamkeit strategischer Frühaufklärung: Eine empirische Untersuchung*. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Nietlispach, Urs; Frey, Martin (2011): Consistently networked WTMS at SBB. In: *Signal+ Draht 1+2/2011*. RTR Special: Wayside Train Monitoring Systems. 2011, S. 60-64.
- Pfeiffer, Thomas (1992): *Technologie-Frühaufklärung: Identifikation und Bewertung zukünftiger Technologien in der strategischen Unternehmensplanung*. Hamburg: S+W Steuer- und Wirtschaftsverlag.
- Pfeiffer, Werner; Schneider, Walter; Dögl, Rudolf (1986): *Technologie-Portfolio-Management*. In: Staudt, Erich (1986): *Das Management von Informationen*. Frankfurter Allgemeine Zeitung, S. 107-124.
- Pleschak, Franz; Sabisch, Helmut (1996): *Innovationsmanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Reger, Guido (1997): *Koordination und strategisches Management internationaler Innovationsprozesse*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Reger, Guido; Blind, Knut; Cuhls, Kerstin; Kolo, C., Bürgel, H.D.; Zakour R.A. (1998): *Technology foresight in enterprises. Main results of an international study by the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research and the department of R&D Management*. Stuttgart: Universität Stuttgart.
- Reger, Guido (2001a): *Gestaltung des Technologie-Früherkennungsprozesses in kleinen und mittleren Unternehmen*. In: Meyer, Jörn-Axel (Hrsg.): *Innovationsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen: Jahrbuch der KMU-Forschung 2*. München: Vahlen.
- Reger, Guido (2001b): *Technology Foresight in Companies: From an Indicator to a Network and Process Perspective*. In: *Technology Analysis & Strategic Management*. Vol. 13. No .4. 2001, S. 533-553.
- Reger, Guido (2006): *Technologie-Früherkennung: Organisation und Prozess*. In: Gassmann, Oliver; Kobe, Carmen (2006): *Management von Innovation und Risiko: Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen*. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, S. 303-329.
- Rohrbeck, Renè; Gemünden, Hans Georg (2006): *Strategische Frühaufklärung: Modell zur Integration von markt- und technologieseitiger Frühaufklärung*. In: Gausemeier, J.

- (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. Bd. 2. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut, S. 159-176.
- Savioz, Pascal (2004): Technology Intelligence: Concept Design and Implementation in Technology Based Sme's. Houndmills, Basingstoke, Hampshire: PALGRAVE MACMILLAN.
- Savioz, Pascal (2006): Entscheidungen in risikoreichen Projekten unterstützen. In: Gassmann, Oliver; Kobe, Carmen (2006): Management von Innovation und Risiko: Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer, S.331-355.
- Schimpf, Sven; Rummel, Silvia (2015): Bewertung von technologischen Entwicklungen. In: Warschat, Joachim; Schimpf, Sven; Korell, Markus (2015): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten: Methoden, Organisation, semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung Ergebnisse des Verbundforschungsprojekts synctech – synchronisierte Technologieadaption als Teiler der strategischen Produktinnovation. 1. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 46-61.
- Schirrmeister, Elna; Warnke, Philine; Dreher, Carsten (2003): Untersuchung über die Zukunft der Produktion in Deutschland: Sekundäranalyse von Vorausschau-Studien für den europäischen Vergleich; deutscher Anteil des Eureka-Factory-Projekts Informan 2000+; Abschlussbericht. Karlsruhe: ISI.
- Schnell, Rainer; Hill, Paul; Esser, Elke (2011): Methoden der empirischen Sozialforschung. 9. Auflage. München: Oldenbourg.
- Schöbel, Andreas; Bißwanger, Bastian; Hecht, Markus (2013): Diagnosis of Railway Rolling Stock Condition. In: Czichos, Horst (2013): Handbook of Technical Diagnostics: Fundamentals and Application to Structure and Systems. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 528-537.
- Schuh, Günther; Klappert, Sascha (2011): Technologiemanagement: Handbuch Produktion und Management 2. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Schwarz, Jan Oliver (2006): Die Zukunft der Zukunftsforschung im Deutschen Management: eine Delphi Studie. <http://www.jan-schwarz.de/downloads/executivesummary.pdf> (Abrufdatum: 02.10.2015).
- Schwarz, Jan Oliver (2009): "Schwache Signale" im Unternehmen: Irrtümer, Irritationen und Innovationen. In: Popp, Reinhold; Schüll, Elmar (2009): Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung: Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. 1. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Sepp, Holger (1996): Strategische Frühaufklärung: Eine ganzheitliche Konzeption aus ökologieorientierter Perspektive. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Simon, Dieter (1985): Die Früherkennung von strategischen Diskontinuitäten durch Erfassung von "Weak Signals". Dissertation. Wien: Fachverlag an der Wirtschaftsuniversität.
- Vermeij, Ilse; Venekamp, Daan; Boom, Peter (2011): Using Gotcha to obtain real-time data gathered from wayside monitoring systems to optimise the LCC. In: Signal+Draht 1+2/2011. RTR Special: Wayside Train Monitoring Systems. 2011, S. 26-30.
- Verworn, Birgit; Lüthje, Christian; Herstatt, Cornelius (2000): Innovationsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen: Working Papers / Technologie- und Innovationsmanagement. Technische Universität Hamburg-Harburg, No. 7. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:830-opus-1564> (Abrufdatum: 26.02.2016)

- Von Hippel, Eric (1986): Lead Users: A Source of Novel Product Concepts. In Management Science. Vol. 32. No. 7. Jul 1986, S. 791-805.
- Vouillamoz, Joëlle; Nietlispach, Urs (2012): ZKE-Gesamtkonzept. Version 1.1. BLS, SBB.
- Wacker, Watts; Mathews, Ryan (2004): The Deviant's Advantage. New York: Three Rivers Press.
- Warschat, Joachim; Schimpf, Sven; Korell, Markus (2015): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten: Methoden, Organisation, semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und –speicherung. Ergebnisse des Verbundforschungsprojekts synctech – synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen Produktinnovation. 1. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Welge, Martin; Al-Laham, Andreas (2003): Strategisches Management: Grundlagen - Prozess - Implementierung. 4. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Wellensiek, Markus; Schuh, Günther; Hacker, Patrick; Saxler, Jörg (2011): Technologiefrüherkennung. In: Schuh, Günther; Klappert, Sascha (2011): Technologiemanagement: Handbuch Produktion und Management 2. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, S. 89-169.
- Wichert, Philipp; Lang-Koetz, Claus (2015): Eisenmann – Technologiemonitoring als wichtiger Baustein zur frühzeitigen Adaption neuer Technologien und Verfahren im Anlagenbau. In: Warschat, Joachim; Schimpf, Sven; Korell, Markus (2015): Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten: Methoden, Organisation, semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und –speicherung. Ergebnisse des Verbundforschungsprojekts synctech – synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen Produktinnovation. 1. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 115-133.
- Wolfrum, Bernd (1991): Strategisches Technologiemanagement. In: neue betriebswirtschaftliche forschung (nbf), Band 77. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Zeller, Andreas (2003): Technologiefrühaufklärung mit Data Mining: Informationsprozessorientierter Ansatz zur Identifikation schwacher Signale. Wiesbaden: Springer Fachmedien.