

TRIZ und Roadmapping für zukünftige Produktinnovationen

von

Dipl. oec. troph. (FH) René Ruffer

aus

Coburg

Fachhochschule Braunschweig/ Wolfenbüttel
zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Businessadministration (MBA)
Umwelt- und Qualitätsmanagement

vorgelegte Masterarbeit

Berichter: Prof. Dr. Karl Bruns
Dipl.-Kfm. Carsten Wiljes

Coburg, den 28.03.2007

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	4
2. STRATEGISCHES TECHNOLOGIEMANAGEMENT	7
2.1. Eingliederung des Roadmappings in das Technologiemanagement	8
2.2. Notwendigkeit der Technologiefrüherkennung	10
2.2.1. Methoden der Technologiefrühaufklärung	11
2.2.2. Ziele der Technologiefrüherkennung	12
2.2.3. Akteure im Unternehmen bezüglich TFE	13
3. SKIZZIERUNG DES ROADMAPPING	14
3.1. Grundlagen des Roadmapping	14
3.2. Technologie-Roadmaps	16
3.2.1. Wesentlicher Nutzen von Technologie-Roadmaps	17
3.2.2. Grenzen von Technologie-Roadmaps	18
3.3. Bausteine und Werkzeuge der Roadmaps	19
3.4. Vorgehensweise im Technologie-Roadmapping	21
4. SKIZIERUNG VON TRIZ	22
4.1. Geschichtliches	22
4.2. Grundlagen der TRIZ	23
4.3. Systematik	25
4.3.1. Innovations-Checkliste	25
4.3.2. Idealität/Ideales Endresultat	26
4.3.3. Problemformulierung und Funktionsmodell	26
4.3.4. Zwerge-Modell	28
4.3.5. Operator MZK	29
4.3.6. ARIZ	29
4.3.7. Antizipierende Fehlererkennung (AFE)	29
4.4. Widersprüche	30
4.5. Visionen	36
4.5.1. S-Kurve	36
4.5.2. Entwicklungsmuster technischer Systeme	41
4.6. Einordnung von TRIZ hinsichtlich anderer Kreativitätstechniken	44
4.7. Schnittstellen von TRIZ zu Technologie-Roadmapping	47
5. TRIZ ALS MÖGLICHKEIT IN DER TECHNOLOGIEVORAUSSCHAU	48
5.1. TRIZ-Technologie-Roadmapping – Ein Leitfaden	49
5.1.1. Ermittlung des Ist-Zustands	51
5.1.2. Erstellung der Funktionsgraphik	58
5.1.3. Informations- und Technologierecherche	60

5.1.4.	Ermittlung der zukünftigen Funktion	65
5.1.5.	Technologierecherche	66
5.1.6.	Ermittlung des Hauptsystems und Bildung der Roadmaps	66
6.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	69
	LITERATUR	72
	ANHANG	75
	40 Innovationsprinzipien	75
	Innovations-Checkliste	76

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1:	KOMPONENTEN DES STRATEGISCHEN TECHNOLOGIE-MANAGEMENTS,	7
ABBILDUNG 2:	AUFGABE DES TECHNOLOGIE-MONITORING UND DER TECHNOLOGIEFRÜHAUFKLÄRUNG	8
ABBILDUNG 3:	AUFGABE DER TECHNOLOGIEPROGNOSE UND TECHNOLOGIEVORAUSSCHAU	9
ABBILDUNG 4:	METHODEN DER TECHNOLOGIEFRÜHERKENNUNG MIT IHREM JEWEILIGEN ZEITHORIZONT	12
ABBILDUNG 5:	AKTEURE DER STRATEGISCHEN FRÜHAUFKLÄRUNG	13
ABBILDUNG 6:	PERSPEKTIVEN BEIM PRODUKT- UND TECHNOLOGIE-ROADMAPPING	15
ABBILDUNG 7:	BAUSTEINKONZEPT-ROADMAPPING.....	20
ABBILDUNG 8:	DER WEG VOM SPEZIFISCHEN PROBLEM ÜBER ALLGEMEINE PRINZIPIEN ZUR SPEZIFISCHEN LÖSUNG	23
ABBILDUNG 9:	DIE VIER PFADE DER TRIZ-METHODE UND DER IHNEN ZUGEORDNETEN WERKZEUGE	24
ABBILDUNG 10:	GECKACKTER PLEUEL.....	27
ABBILDUNG 11:	SIMULATIONSANALYSE MIT ZWERGEN.....	28
ABBILDUNG 12:	AUSZUGS AUS DER WIDERSPRUCHSMATRIX	31
ABBILDUNG 13:	Skizze Türblatt.....	34
ABBILDUNG 14:	S-Kurve	37
ABBILDUNG 15:	EINSTIEGSZEITPUNKTE IN DIE S-KURVE, EIGENE DARSTELLUNG	40
ABBILDUNG 16:	GLIEDERUNG DER PROBLEMLÖSUNGSTECHNIKEN	44
ABBILDUNG 17:	PROBLEMLÖSUNGSPROZESS.....	45
ABBILDUNG 18:	ZUORDNUNG VON KREATIVITÄTSMETHODEN ZUM PROBLEMLÖSUNGSPROZESS	46
ABBILDUNG 19:	FLUSSDIAGRAMM DER SECHS ARBEITSSCHRITTE	50
ABBILDUNG 20:	NECAR 5	52
ABBILDUNG 21:	SCHALTBILD EINER BRENNSTOFFZELLE	53
ABBILDUNG 22:	SCHEMA EINER DIREKT-METHANOL-BRENNSTOFFZELLE	54
ABBILDUNG 23:	GRAPHISCHE DARSTELLUNG HS UND US.....	59
ABBILDUNG 24:	FUNKTIONSGRAPHIK	59
ABBILDUNG 25:	UNTERSYSTEME AUF DER S-KURVE.....	66
ABBILDUNG 26:	BEISPIEL EINER ROADMAP.....	67

1. Einleitung

TRIZ ist die russische Abkürzung für „Theorie des erfinderischen Problemlösens.“ Diese Methode wurde von *Genrich Altschuller* in den 50er Jahren in der UdSSR entwickelt. Die Idee *Altschullers* war es, eine Methode zu entwickeln, mit der systematisch Entwicklungen (Innovationen) provoziert werden können. Zudem sollten diese Entwicklungen ideale Lösungen sein, d.h. sie sollten keine Kompromisslösungen darstellen. *Altschuller* analysierte seit den 50er Jahren bis zu 2,5 Millionen Patentschriften auf der Suche nach Gesetzmäßigkeiten im Erfindungsprozess. Die von ihm entwickelte systematische Vorgehensweise reduzierte die Anzahl von Fehlversuchen, welche im „Trial-and-Error-Verfahren“ durchgeführt werden, erheblich. Der Erfindungsprozess wird somit zielgerichteter.

Das Roadmapping kann als Analogie zu einer Straßenkarte gesehen werden.¹ Auf der Karte befinden sich Produkte, Dienstleistungen und Technologien. Die Straße verbindet nun diese Objekte und legt somit einen Weg und die Zeit fest, wie diese erreicht werden können. Das Roadmapping stellt somit ein eine Methode dar, mit der Entwicklungen prognostiziert, analysiert und visualisiert werden können.²

In der wissenschaftlichen Literatur wird ein Ansatz von Grawatsch und Möhrle beschrieben, wie TRIZ-Werkzeuge mit dem Roadmapping in Verbindung gebracht werden können.³ Beide Konzepte sind sehr wissenschaftlich ausgelegt, wodurch eine praktische Anwendung erschwert wird, da beide Konzepte komplex und zeitaufwendig sind. Es fehlt der ökonomische und damit effiziente Ansatz zur Durchführung dieser Konzepte. Die beiden Ansätze können von Unternehmen eingesetzt werden, welche sich alltäglich mit einer solchen Methodik befassen. Ferner ist ein ausgeprägtes Methodenwissen nötig.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit soll es sein, einen Leitfaden zu entwickeln, um TRIZ und Roadmapping derart zu verbinden, damit auf einem schnellen, pragmatischen und ökonomischen Weg ein definiertes Endergebnis erreicht wird. Die Kombination von

¹ Vgl. Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Grundlagen des Technologie-Roadmapping, S.1.

² Vgl. Behrens, Stefan: Möglichkeiten der Unterstützung von strategischer Geschäftsfeldplanung und Technologieplanung durch Roadmapping, S. 55

³ Vgl. Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung und Möhrle, Martin G.: TRIZ basiertes Technologie-Roadmapping.

Roadmapping und TRIZ wird als ergiebig angesehen, da TRIZ die Möglichkeit besitzt, bestimmte Entwicklungstrends aufzuzeigen, welche anschließend durch das Roadmapping weiter konkretisiert werden können.

Das Arbeitsziel wird dadurch erreicht, dass im zweiten Kapitel näher auf die Thematik des Technologiemanagements eingegangen wird. Der Fokus soll hier auf dem Bereich der Technologiefrühaufklärung liegen. Im dritten Kapitel wird das Roadmapping mit dem Fokus auf das Technologie-Roadmapping näher skizziert, um einen tieferen Einblick in die Methode zu erhalten. Das vierte Kapitel gibt einige Grundlagen zum Thema TRIZ und skizziert die wichtigsten TRIZ-Werkzeuge. Im fünften Kapitel sollen die Schnittstellen dargestellt werden, die für eine Verbindung von TRIZ mit dem Roadmapping von wesentlicher Bedeutung sein können. Anschließend werden alle Informationen aus den vorherigen Kapiteln Technologiemanagement, Roadmapping und TRIZ verwendet, um einen Leitfaden für eine TRIZ-Roadmapping-Verknüpfung zu entwickeln. Den Abschluss der Arbeit bildet das sechste Kapitel, in dem die Zusammenfassung einen Überblick über die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeit gibt.

2. Strategisches Technologiemanagement

Die Aufgaben des strategischen Technologiemanagements ist die Schaffung, Steuerung und Weiterentwicklung von Erfolgspositionen bzw. Strategien im Unternehmen.⁴ Diese Aufgabe wird durch die Gewinnung von neuen Technologien für zukünftige Unternehmensleistungen erreicht.⁵ Unterstützt wird dieses durch die Festlegung einer strategischen Technologiestrategie sowie die Koordination der Unternehmensbereiche Forschung, Entwicklung, Marketing und Produktion.⁶

Nach *Wolfrum* wird der Technologiemanagementprozess in vier Stufen eingeteilt (s. Abbildung 1).⁷ Die erste Stufe beschäftigt sich mit der Früherkennung von Technologien. Im Kapitel 2.1 soll auf die Thematik der Früherkennung näher eingegangen werden, da sie für diese Arbeit von Bedeutung ist. Auf die anderen Stufen wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

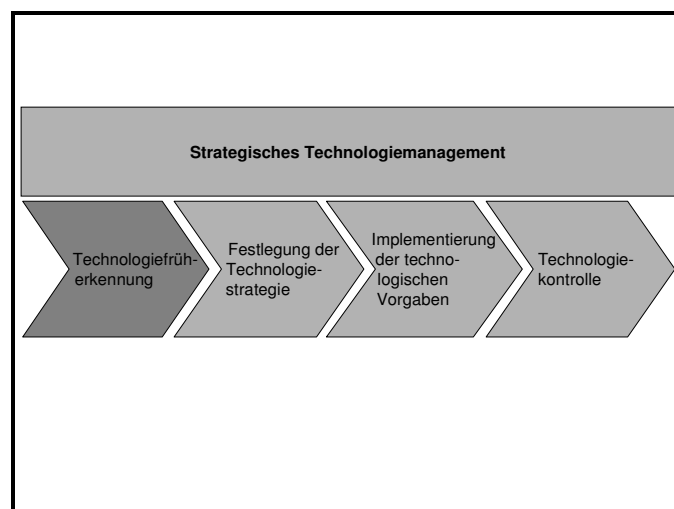


Abbildung 1: Komponenten des strategischen Technologiemanagements, Quelle: Wolfrum, Bernd: Strategisches Technologiemanagement, S. 118

Es haben sich in der Vergangenheit einige Zweige der Frühaufklärung entwickelt, welche sich mit der Vorausschau in die Zukunft beschäftigen. Im folgenden Kapitel sollen einige Begriffe der Frühaufklärung beschrieben werden.

⁴ Vgl. Bullinger: Einführung in das Technologiemanagement, in Abele et. al.: Technologie-Roadmaps, S. 1.

⁵ Vgl. Geschka, Horst: Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage, S. 15.

⁶ Vgl. Wolfrum, Bernd: Strategisches Technologiemanagement, S. 69.

⁷ Wolfrum, Bernd: Strategisches Technologiemanagement, S. 118.

2.1. Eingliederung des Roadmappings in das Technologiemanagement

Das Technologie-Monitoring bzw. die Technologiefrühaufklärung stellen betriebliche Maßnahmen dar, um wichtige unternehmensexterne Entwicklungen zu identifizieren.⁸ Die Technologiefrüherkennung (TFE) ist dem Technologie-Monitoring bzw. der Technologiefrühaufklärung zuzuordnen (s. Abbildung 2).⁹ Ziel der Technologiefrüherkennung ist die „rechtzeitige Bereitstellung relevanter Informationen über technologische Trends im Umfeld des Unternehmens, um dadurch potenzielle Chancen auszunutzen und potenzielle Gefährdungen abzuwehren.“¹⁰

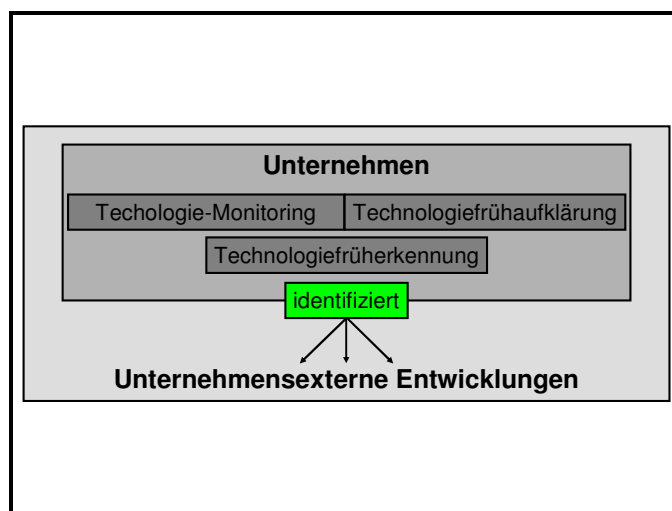


Abbildung 2: Aufgabe des Technologie-Monitoring und der Technologiefrühaufklärung

Nach der empirischen Untersuchung von *Bürgel et. al.* existiert in den Unternehmen keine einheitliche Bezeichnung für die Technologiefrüherkennung. Unter Technologiefrüherkennung wird alles das verstanden, was die Literatur unter Technologieanalyse, Technologie-Monitoring, Technologie-Scanning und Technologieprognose versteht.¹¹

Die Technologieprognose und Technologievorausschau sind ein gesamtwirtschaftliches Benchmarking, das die Kompetenz unzähliger Fachleute beinhaltet. Aus einem

⁸ Vgl. Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Grundlagen des Technologie-Roadmappig, S. 6.

⁹ Vgl. Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Grundlagen des Technologie-Roadmappig, S. 6.

¹⁰ Lichtenthaler, Eckhard: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl, S.56.

¹¹ Vgl. Bürgel, Dietmar; Reger, Guido; Ackel-Zakour, René: Technologie Früherkennung in internationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung, S. 33.

bestimmten Themenspektrum werden dazu bestimmte Gebiete herausgegriffen und Prognosen auf das Eintreffen bestimmter Entwicklungen erstellt.¹²

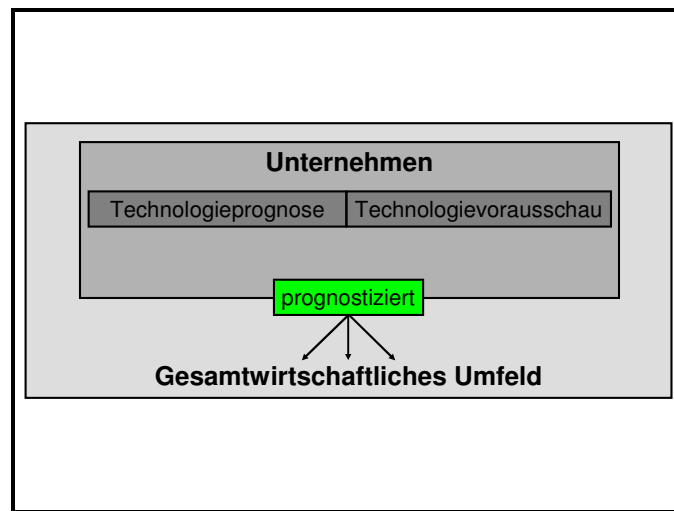


Abbildung 3: Aufgabe der Technologieprognose und Technologievorausschau

Die Technologiewirkungsanalyse und Technologiefolgeabschätzung behandelt volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Erscheinungen, welche durch den Einsatz von neuen Technologien ausgelöst wurden. Ihr Ansatz geht somit über betriebswirtschaftliche und ökonomische Beweggründe hinaus.¹³ Die Technikfolgeabschätzung wird seit neustem in Deutschland durch die Innovations- und Technikanalyse (ITA) ersetzt, welches infolge des negativen Rufs der Technikfolgeabschätzung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) entwickelt wurde.¹⁴ Weber et. al. kamen zu der Erkenntnis, dass sich die Technikfolgeabschätzung in Deutschland durch „mangelnde Zielklarheit und unzureichende Transparenz auszeichnet.“¹⁵ Die ITA ist ein strategisches Konzept für die Bewertung von Technologien, welches durch die Erörterung von gesellschaftlichen, technologischen sowie wirtschaftlichen Fragestellungen versucht, Schieflogen zu erkennen und alternative Handlungsoptionen zu bestimmen. Der Ansatz versucht Forschung und Praxis zu verbinden.

¹² Vgl. Cuhls, Kerstin; Möhrle, Martin G.: Unternehmensstrategische Auswertung der Delphi-Berichte, S. 103 und S. 104.

¹³ Vgl. Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Grundlagen des Technologie-Roadmappig, S. 6.

¹⁴ Vgl. Baron, Waldemar; Luther, Wolfgang; Zweck, Axel: Innovations- und Technikanalyse– Chancen und Barrieren betrieblicher Integration, S. 19.

¹⁵ Weber et. al., 1999, in: Baron, Waldemar; Luther, Wolfgang; Zweck, Axel: Innovations- und Technikanalyse– Chancen und Barrieren betrieblicher Integration, S. 19.

Die Gemeinsamkeit von Technologie-Monitoring, Technologiefrühaufklärung, Technologiefrüherkennung, Technologieprognose, Technologievorausschau, Technologiewirkungsanalyse und Technologiefolgeabschätzung liegt darin, dass die genannten Ansätze Roadmapping als eine Methode verwenden, um ihren Blick in die Zukunft zu richten.

Die Technologiefrüherkennung unterstützt das Technologiemanagement, um herauszufinden, welche Technologiepotenziale zu entwickeln sind.¹⁶ Die Roadmaps wiederum sind hierfür ein effektives Instrument um das Technologiemanagement in einem Unternehmen zu unterstützen.¹⁷

2.2. Notwendigkeit der Technologiefrüherkennung

Nach Wildemann begründet die voranschreitende Innovationsgeschwindigkeit die Gefahr, den Anschluss an neuartige Technologien zu verlieren.¹⁸ Eine Technologiefrüherkennung wird daher für Unternehmen in der Zukunft ein bedeutender Wettbewerbsfaktor darstellen, da die Entwicklung und Markteinführung von neuen Technologien einen wichtigen Erfolgsfaktor gegenüber zu international konkurrierenden Unternehmen darstellt.

Durch die Verkürzung der Produktlebenszyklen kommt es gleichzeitig zur Verkürzung der Entwicklungszeiten, da die Unternehmen unter dem Druck stehen, neue Produkte auf den Markt zu bringen. So konnten beispielsweise japanische Automobilhersteller die Zeitspanne von der Produktentwicklung zur Markteinführung eines neuen Modells auf dreieinhalb Jahre verringern.¹⁹ Neue Produkte müssen aber auch eine bestimmte Höhe an Innovation besitzen, damit diese vom Markt angenommen werden. Zudem muss die Entwicklung auch dem allgemeinen Trend der Technik folgen. Ein Beispiel bzgl. der Gefahr, einen Trend zu verpassen, kann aus dem Bereich der Brennstoffzellen-Technologie berichtet werden. Automobilhersteller werden in einigen Jahren die Brennstoffzelle in die ersten Serienautos integriert haben. Dies würde z.B. für die Freudenberg Dichtungs- und Schwingungstechnik KG bedeuten, dass der

¹⁶ Vgl. Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung, S. 13.

¹⁷ Vgl. Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten: Technologie-Roadmaps, S. 26.

¹⁸ Vgl. Wildemann, Horst; Roadmapping, Leitfaden zur Planung und Erschließung von Zukunftspotentialen im Unternehmen, S. 6.

¹⁹ Vgl. Braun, Frank; Zahn Erich: Identifikation und Bewertung zukünftiger Technikrends, S. 5.

Geschäftsbereich der Schwingungstechnik wegfallen könnte.²⁰ Für das Unternehmen ist es daher von essentieller Bedeutung, über die Technologiefrüherkennung den Bereich der Brennstoffzellen-Technologie bzgl. der Anwendbarkeit von bereits vorhandenen Produkten sowie die Erfordernis von neuen Produkttechnologien zu erkunden.

2.2.1. Methoden der Technologiefrühaufklärung

In einer von *Geschka* durchgeführten Bestandsaufnahme konnten über 50 Methoden ermittelt werden, welche der Technologiefrühaufklärung bzw. der Technologievorhersage zugerechnet werden konnten. Diese Methoden lassen sich in die folgenden Gruppen einteilen²¹:

- Erfassung von Expertenmeinungen
- Umfeldbeobachtung
- Literatur- und Patentanalyse

Lichtenthaler hat bei einer Fallstudienuntersuchung zur Methodenauswahl von 26 Unternehmen herausgefunden, dass vorwiegend die folgenden Methoden eingesetzt werden²²:

- Publikationshäufigkeitsanalyse
- Publikationsverflechtungsanalyse
- Quantitative Tagungsbeobachtungen
- Patenthäufigkeitsanalyse
- Patentverflechtungsanalyse
- S-Kurvenanalyse
- Benchmarking
- Portfolios
- Delphi-Studien
- Expertenpanel
- Flexible Expertenbefragung
- Technologie-Roadmaps
- Produkt-Technologie-Roadmaps
- Produkt-Roadmaps
- Erfahrungskurven
- Simulationen
- Option Pricing
- Szenarien
- Lead-User-Analysen
- Quality Function Deployment

²⁰ Vgl. Pannenbäcker, Tilo: Methodisches Erfinden im Unternehmen, S.159.

²¹ Geschka, Horst: Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage, S.630.

²² Vgl. Lichtenthaler, Eckhard: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl, S.60.

Die Methoden sind nochmals in Abbildung 4 mit ihrem jeweiligen Zeithorizont der Betrachtung dargestellt. Zudem kann aus der Abbildung 4 entnommen werden, ob es sich bei der Methode eher qualitative oder quantitative Ergebnisse liefert. Nach Behrens et al. sind qualitative Ergebnisse eher in der langfristigen Unternehmensplanung einsetzbar, nicht aber in der Planung von Produkten, da diese Ergebnisse noch konkretisiert und quantifiziert werden müssen.²³

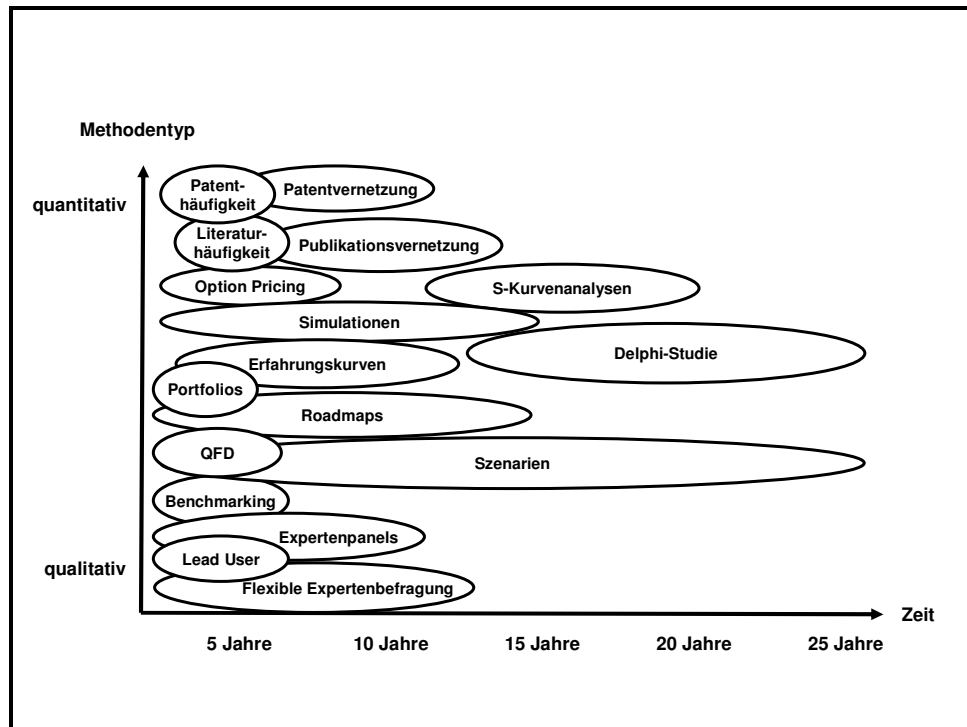


Abbildung 4: Methoden der Technologiefrüherkennung mit ihrem jeweiligen Zeithorizont, Quelle: Lichtenthaler, Eckhard: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl, S.69

2.2.2. Ziele der Technologiefrüherkennung

Aufgrund der empirischen Untersuchung von Bürgel et al. wurde auch die Frage untersucht, welche Zielsetzung von 21 ausgewählten Unternehmen bzgl. der Technologiefrüherkennung verfolgt wird. Hierbei wurden die folgenden Punkte festgestellt:²⁴

²³ Behrens, Stefan; Specht, Dieter: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, S. 142.

²⁴ Vgl. Bürgel, Dietmar; Reger, Guido; Ackel-Zakour, René: Technologie Früherkennung in internationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung, S. 31.

- Ausweitung der gegenwärtigen Geschäfte durch technologische Verbesserungen;
- Generierung von neuen technologischen Wissen zur Entwicklung von neuen Geschäftsfeldern;
- Identifikation von technischen Diskontinuitäten und globalen Veränderungen, um nicht durch neue Paradigmen oder Wettbewerber überrannt zu werden.

Vierzehn der untersuchten Unternehmen kommen aus dem Bereich Computer/ Elektronik/ Energie und Fahrzeuge. Aus dem Bereich Telekommunikation/ Netzbetreiber stammen vier Unternehmen. Aus dem Bereich Chemie/ Pharma kommen drei Unternehmen.

2.2.3. Akteure im Unternehmen bezüglich TFE

Rohrbeck und *Gemünden* geben in Abbildung 5 einen sehr passenden visuellen Ansatz, welche Unternehmensteile von der strategischen Frühaufklärung betroffen sind bzw. diese durchführen. Die Autoren unterscheiden im Unternehmen in marktorientierte und technologieorientierte Einheiten sowie die Schnittstellen beider Bereiche. Die marktorientierten sowie technologieorientierten Einheiten werden unter dem Punkt Ausrichtung, welche Vertikal verläuft, gemäß ihrer strategischen bzw. operativen Gewichtung dargestellt.

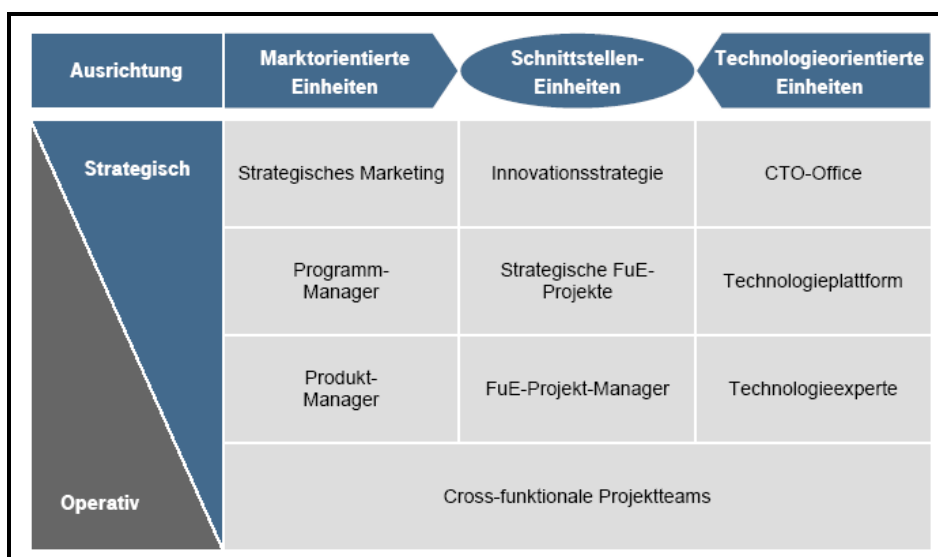


Abbildung 5: Akteure der strategischen Frühaufklärung, Quelle: Rohrbeck, Rene; Gemünden, Hans Georg

3. Skizzierung des Roadmapping

Das Roadmapping ist eine Art von Straßenkarte auf dem sich ein Unternehmen in die Zukunft bewegt. Es ist eine Methode, durch die man die verschiedenen Wege von Produkten, Dienstleistungen und Technologien in die Zukunft vorhersagen und visuell darstellen kann.²⁵

3.1. Grundlagen des Roadmapping

Nach *Geschka et. al.* lassen sich prospektive und retrospektive Roadmaps unterscheiden.²⁶ Eine retrospektive Roadmap zeigt die Entwicklung einer Technologie von der Vergangenheit zum jetzigen Zeitpunkt auf. Eine prospektive Roadmap bezeichnet die Entwicklung vom jetzigen Zeitpunkt in einen entfernten Punkt in der Zukunft.

Prospektive Roadmaps lassen sich nach *Wildemann* in die sieben Typen

- Branchen-Roadmaps,
- Technologie-Roadmaps,
- Produkt-Roadmaps,
- Produkt- und Technologie-Roadmaps,
- Projekt-Roadmaps,
- Personal-Roadmaps,
- Lieferanten-Roadmaps

einteilen.²⁷ Die Unterschiede zu der Zielsetzung, Prinzipien und den Anwendungsgebieten der jeweiligen Roadmap-Typen können aus der Tabelle 1 entnommen werden:

²⁵ Vgl. Behrens, Stefan; Specht, Dieter: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, S. 142.

²⁶ Vgl. Geschka, Horst; et. al.: Explorative Technologie-Roadmaps – Eine Methodik zur Erkundung technologischer Entwicklungslinien und Potenziale, S. 163.

²⁷ Vgl. Wildemann, Horst; Roadmapping, Leitfaden zur Planung und Erschließung von zukunfts-potentialen im Unternehmen, S. 65.

	Branchen-Roadmapping	Technologie-Roadmapping	Produkt-Roadmapping	Kombiniertes Produkt-Technologie-Roadmapping	Projekt-Roadmapping	Ressourcen-Roadmapping	Lieferanten-Roadmapping
Zielsetzung	Branchenanalyse mit technologischen Schwerpunkt	Darstellung zukünftiger technologischer Entwicklungen	Darstellung der geplanten Produktstrategien	Darstellung der Wechselwirkungen zwischen Produkten und Technologien	Umsetzung der strategischen Planung in der konkreten Projektplanung	Kapazitätsabschätzung für die umzusetzenden Projekte	Konsequente Einbindung der Lieferanten in den Entwicklungsprozess
Prinzip	Analyse der Wettbewerber und Zulieferer unter technologischem Gesichtspunkt	Diskussion und Konsensbildung zwischen den beteiligten internen und externen Technologieexperten	Darstellung und Vergleich von Eigen- und Fremdprodukten im Zeitablauf	Abgleich der Technologievorausschau mit dem zukünftigen geplanten Produktprogramm	Rückwärtsplanung von Technologie- und Produktentwicklungsprojekten basierend auf den bestehenden Wechselwirkungen	Darstellung der notwendigen Kapazitäten nach fachlicher Kompetenz und Manpower	Darstellung der Aktivitäten der Zulieferanten im Zeitablauf
Anwendungsgebiet	Instrumente der strategischen Analyse	Analyseinstrument der technologischen Frühaufklärung	Marketing-Planung	Instrumente der strategischen Planung	Instrumente der Umsetzungsplanung	Strategische Personalplanung	Make- or Buy-Betrachtung, Projektmanagement

Tabelle 1: Typen von Roadmaps, Quelle: Wildemann, Horst: Roadmapping-Leitfaden zur Planung und Erschließung von Zukunftspotentialen im Unternehmen.

Generell soll in der vorliegenden Arbeit das kombinierte Produkt-Technologie-Roadmapping näher betrachtet werden, da hier die Produkt- und Prozesstechnologie im Fordergrund steht. Ein Unterscheidungsmerkmal des Produkt- und Technologie-Roadmapping besteht darin, dass das Produkt-Roadmapping sich an den Bedürfnissen des Marktes orientiert, und mit den daraus gewonnenen Informationen innovative Produkte entwickelt. Das Technologie-Roadmapping generiert sein Know-How aus der wissenschaftlichen Forschung, um damit neue Technologien für innovative Produkte zu entwickeln. Eine Veranschaulichung dazu bietet die Abbildung 6.

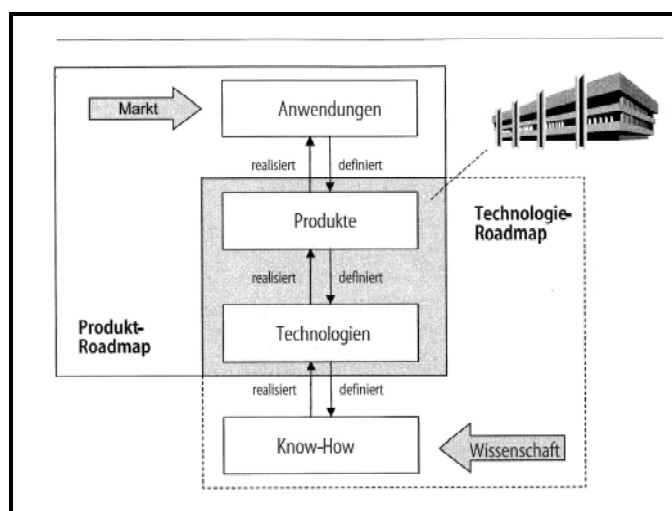


Abbildung 6: Perspektiven beim Produkt- und Technologie-Roadmapping, Quelle: Behrens, Stefan; Specht, Dieter: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, S. 152

In der Literatur wird das Produkt- und Technologieroadmapping nicht vereinzelt gesehen, sondern vorwiegend als Komplex. Der Ansatz wird durch die Aussage von *Abele et. al.* gestützt, die berichten, dass in den meisten Ansätzen in der Literatur nicht zwischen Produkt- und Produktionstechnologien unterschieden wird.²⁸ Wird in der vorliegende Arbeit von Technologie-Roadmapping gesprochen, so ist immer ein kombiniertes Produkt-Technologie-Roadmapping gemeint.

Es besteht die Gefahr, dass das Roadmapping mit der Szenariotechnik verwechselt wird. Mit der Szenariotechnik lassen sich Entwicklungen aus wirtschaftlichen, technische, wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Bereichen vorhersehen.²⁹ Der Unterschied von der Szenariotechnik zu Roadmapping besteht darin, dass diese Technik eher qualitative Ergebnisse liefert, welche durch das Roadmapping konkretisiert und quantifiziert werden können (s.Abbildung 4).³⁰

3.2. Technologie-Roadmaps

Abele et al. definiert die Aufgabe der Technologie-Roadmaps wie folgt: Mit der Hilfe von Technologie-Roadmaps lässt sich der Einsatz von Technologien für zukünftige Produkte systematisch vorbereiten.³¹ Hierbei werden technologiebezogene Projekte in der Produktentwicklung und Produktion identifiziert. Gleichzeitig visualisieren Roadmaps die Verbindungen zwischen diesen Projekten.³²

Produktentwicklung und Produktion sind nicht der einzige Ort, an denen technologiebezogene Projekte identifiziert werden können. Als weitere Bereiche im Unternehmen können die Prozessentwicklung sowie das Marketing genannt werden. Die Prozessentwicklung wird zwar erst durch die Produktentwicklung angestoßen, es besteht aber die Möglichkeit, dass dieser Bereich unabhängig Innovationen generieren kann. Der Bereich Marketing beschäftigt sich streng genommen nicht mit der Durchführung von technologischen Projekten. Im Marketing werden Informationen

²⁸ Vgl. Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten: Technologie-Roadmaps, S. 4.

²⁹ Vgl. Behrens, Stefan; Specht, Dieter: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, S. 142.

³⁰ Vgl. Behrens, Stefan; Specht, Dieter: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, S. 142.

³¹ Vgl. Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten: Technologie-Roadmaps, S. 4.

³² Vgl. Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten: Technologie-Roadmaps, S. 1.

durch Marktbeobachtungen generiert, welche den Weg für Technologie-Roadmaps im Unternehmen aufzeigen können. Die Aussage wird von *Laube et al.* gestützt, welche sagen, dass Technologie-Roadmaps sich durch einen besonderen Marktbezug auszeichnen, da sie neben technologischen Entwicklungstendenzen auch Kundenforderungen beinhalten.³³

3.2.1. Wesentlicher Nutzen von Technologie-Roadmaps

Der wesentliche Nutzen von Technologie-Roadmaps besteht nach *Laube et. al.* in den Punkten:

- Planung der zukünftigen Produkt- und Produktionstechnologien;
- Unterstützung der internen Kommunikation zwischen Produktentwicklung und Produktion;
- transparente Steuerung des Ressourceneinsatzes;
- Erkennen von Abhängigkeiten zwischen Projekten und Nutzung der damit verbundenen Synergieeffekte;
- Einbringen einer Prozess- und Projektsicht in die Technologieplanung sowie
- erhöhte Reaktionsfähigkeit auf Veränderungen des Marktes.

Der Zeithorizont von Technologie-Roadmaps kann 2 bis 15 Jahren betragen (s. Abbildung 4).³⁴ Das technologische Roadmapping kann somit als ein strategisches Instrument gesehen werden, Technologien vorzubereiten. In der Literatur wird vorwiegend davon gesprochen, dass das Technologie-Roadmapping zukünftige Produkte und Produktionstechnologien plant. Im Technologie-Roadmapping handelt es sich vorwiegend um eine Betrachtung und Abschätzung von künftigen Forderungen an Produkte und Produktionstechnologien.³⁵

³³ Vgl. Laube, Thorsten; et. al.: Mit Produkt- und Produktionstechnologie-Roadmaps die virtuelle Zukunft Vorbereiten, S.3.

³⁴ Vgl. Lichtenthaler, Eckhard: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl, S. 69.

³⁵ Vgl. Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten: Technologie-Roadmaps, S. 6.

3.2.2. Grenzen von Technologie-Roadmaps

Nach *Möhrle* und *Isenmann* besteht die Grenze des Technologie-Roadmappings darin, dass diese keine Möglichkeit besitzen, grundlegende technologische Durchbrüche oder Entdeckungen vorherzusagen. Nach bestimmten technologischen Durchbrüchen sind aber sichere Vorausschauen möglich.³⁶

Technologische Entwicklungen lassen sich bis zur Niveaustufe vier, nach der *Altschuller* Niveaustufenskala von Innovationen, mit Hilfe des Technologie-Roadmappings vorhersehen. In Tabelle 2 werden die fünf Niveaustufen dargestellt. Die Stufe fünf ist nicht voraussehbar, da es sich hier um grundlegende Entdeckung handelt. In der Praxis bedeutet das, dass eine Technologie, welche bis zu einer bestimmten Grenze vorangetrieben wird, zum Beispiel einer physikalischen Grenze, anschließend stetig gleichbleibend verläuft, d.h. keine technologische Veränderung mehr stattfinden. Wird über eine bestimmte wissenschaftliche Entdeckung ein neuer Weg aufgezeigt, geht die technologische Entwicklung weiter oder endet plötzlich, da die neue Technologie die alte Technologie ersetzt.

Niveau	Innovationsmerkmal/ Innovationshöhe	Relative Häufigkeit
1	Offensichtliche konventionelle Lösung, Problemlösung mittels im betreffenden Fachgebiet bekannter Methoden.	32%
2	Geringfügige Erfindung innerhalb der existenten Konstruktion, Verbesserung eines existenten Systems, in der Regel mit Kompromissen.	45%
3	Substantielle Erfindung innerhalb einer Technologie, Grundlegende Verbesserung eines existierenden Systems.	18%
4	Erfindung außerhalb einer Technologie, Neue Generation eines Designs oder neue konstruktive Lösung basierend auf neuer wissenschaftlicher Erkenntnis.	4%
5	Entdeckungen, Grundlegende Erfindungen basierend auf einem neuen, wissenschaftlichem Phänomen.	1%

Tabelle 2: Die fünf Niveaus der Erfindungshöhe, Quelle: Terninko, John; Zusman, Alla; Zlotin, Boris Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S. 48

³⁶ Vgl. Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Grundlagen des Technologie-Roadmappig, S. 9.

3.3. Bausteine und Werkzeuge der Roadmaps

Nach *Wildemann* werden vier Bausteine bei der Bildung von Roadmaps unterschieden, welche wiederum verschiedenen Methoden zugeordnet sind (s. Abbildung 7). Die folgenden Bausteine werden unterschieden³⁷:

- Informationsgewinnung und Analyse strategischer Optionen
- Generierung von Zukunftsbildern
- Analyse technischer Optionen
- Unterstützende Methoden und Ergebnisdarstellung

Für zwei der vier Bausteine lassen sich Präferenzen bzgl. des Methodeneinsatzes feststellen. Eine der am häufigsten eingesetzten Methode bzgl. der *Informationsgewinnung und Analyse strategischer Optionen* ist nach dem Ergebnis der Falluntersuchung von *Lichtenthaler* die Portfoliotechnik.³⁸ In der *Generierung von Zukunftsbildern* wird nach dem Ergebnis der Falluntersuchung die Szenariotechnik am meisten eingesetzt. Bei der *Analyse von technischen Optionen* sowie der Einsatz von *unterstützenden Methoden zur Ergebnisdarstellung* sind keine eindeutigen Präferenzen feststellbar.

³⁷ Vgl. Wildemann, Horst; Roadmapping, Leitfaden zur Planung und Erschließung von Zukunftspotentialen im Unternehmen, S. 121.

³⁸ Vgl. Lichtenthaler, Eckhard: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihrer Auswahl, S.71.

Unterstützende Methoden und Ergebnisdarstellung	Strategische Frühaufklärung
	Systematische Marktbeobachtung
	Erfolgsfaktorenanalyse
	Stärken-Schwächen-Profil
	Kompetenzanalyse
Analyse technischer Optionen	Portfoliotechnik
	Benchmarking
	Szenarioanalyse
	Trendanalyse
	Kreativitätstechniken
Generierung von Zukunftsbildern	Technologiekalender
	Technikbewertung
	QFD
Informationsgewinnung und Analyse strategischer Optionen	Funktionsanalyse
	Synergiefindung
	Wissensmanagement
	Risikomanagement
	Multiprojektmanagement
	Visualisierung
	Zielvereinbarung

Abbildung 7: Bausteinkonzept-Roadmapping, Quelle: Wildemann, Horst; Roadmapping, Leitfaden zur Planung und Erschließung von Zukunftspotentialen im Unternehmen, S. 121.

3.4. Vorgehensweise im Technologie-Roadmapping

Das Technologie-Roadmapping ist eine methodische Vorgehensweise, welche nach *Behrens* in die folgenden vier Arbeitsschritte unterteilt wird³⁹:

1. Abgrenzung des Betrachtungs- und Suchraums
2. Bedarfsermittlung für die Zukunft
3. Bildung der Roadmap
4. Plausibilitätskontrolle

In der *Abgrenzung des Betrachtungs- und Suchraums* finden die Auswahl der Technologiefelder, die Erarbeitung der Aufgabenstellung sowie die Festlegung des Zeithorizonts statt.⁴⁰ In der *Bedarfsermittlung* wird in einem Expertenteam erarbeitet wie der Kundennutzen in der Zukunft aussehen wird. Aus ökonomischer Sicht wird zudem eine Potentialeinschätzung vorgenommen. Anschließend wird in einem Team die Roadmap erarbeitet. Im letzten Schritt wird die erarbeitete Roadmap auf ihre Plausibilität überprüft.

³⁹ Vgl. Behrens, Stefan: Möglichkeiten der Unterstützung von strategischer Geschäftsfeldplanung und Technologieplanung durch Roadmapping, S.41.

⁴⁰ Vgl. Behrens, Stefan; Specht, Dieter: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, S. 149.

4. Skizierung von TRIZ

In diesem Kapitel soll auf den geschichtlichen Hintergrund sowie die Grundlagen von TRIZ eingegangen werden. Anschließend werden die TRIZ-Werkzeuge in separaten Unterkapiteln dargestellt. Die TRIZ-Werkzeuge werden in den Unterkapiteln nur oberflächlich behandelt, um dem Leser einen kurzen Einblick zu geben, für welchen Arbeitsbereich diese Werkzeuge verwendet werden können. Für eine tiefer gehende Erarbeitung der jeweiligen Methoden werden die Literaturstellen empfohlen, welche sich im Literaturverzeichnis befinden.

4.1. Geschichtliches

TRIZ ist eine Vorgehensweise, wie Innovationen, d.h. Erfindungen, systematisch provoziert werden können. Die Methode bietet eine Reihe von systematischen Werkzeugen zur Problemlösung. TRIZ geht auf *Genrich Altschuller* zurück, der 1926 in Russland geboren wurde. In den 50er Jahren beschäftigte sich *Altschuller* als Patentassessor damit, Gesetzmäßigkeiten im Erfindungsprozess zu erkennen.⁴¹ Er fand heraus, dass viele Patentanmeldungen ineffektive und von der Erfindungshöhe nur sehr niedrige Lösungsansätze boten. „Und auch die genialsten Erfindungen waren zumeist nur Zufallsprodukte oder Ergebnisse einer Belagerung des Problems bis hin zur Erschöpfung.“⁴² Zudem erkannte er, dass ein und dasselbe Problem in unterschiedlichen Technologiezweigen gelöst worden ist.⁴³ *Altschuller* kam zu der Erkenntnis, dass alle Verfahren zum Provozieren von Erfindungen auf dem Versuch und dem Irrtum, der Intuition und der Phantasie beruhen.⁴⁴ Keines der Verfahren ging von einer Gesetzmäßigkeit in der Entwicklung von technischen Systemen aus.⁴⁵ Sie gingen ebenfalls nicht auf das Lösen von Widersprüchen ein.⁴⁶ *Altschuller* beschrieb, dass erst dann eine kreative Problemlösung zustande kommen kann, wenn ein Widerspruch oder Konflikt zu lösen ist.⁴⁷ Konflikte und Widersprüche sind Voraussetzungen jeglicher

⁴¹ Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S.3.

⁴² Orloff, Michael A.; Grundlagen der klassischen TRIZ, S. 36.

⁴³ Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 69.

⁴⁴ Vgl. Orloff, Michael A.; Grundlagen der klassischen TRIZ, S. 36.

⁴⁵ Vgl. Orloff, Michael A.; Grundlagen der klassischen TRIZ, S. 36.

⁴⁶ Vgl. Orloff, Michael A.; Grundlagen der klassischen TRIZ, S. 36.

⁴⁷ Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 72.

Innovation.⁴⁸ Der Wissenstransfer von einem Wissenschaftsbereich bzw. Industriebranche in andere ist über Analogiebildung möglich. In den 80er Jahren wurde TRIZ weiterentwickelt und verstärkt eingesetzt.⁴⁹ Nach dem Wegfall des Eisernen Vorhangs in den 90er Jahren, verbreitete sich TRIZ vor allem in die USA und von dort in die weiteren Teile der Welt.⁵⁰

4.2. Grundlagen der TRIZ

TRIZ basiert auf dem Prinzip der Analogiebildung (s. Abbildung 8). D.h. ein spezielles Problem sollte auf ein Standardproblem formuliert werden (s. A). Anschließend kann anhand einer Standardlösung (s. B) eine spezifische Lösung ausgearbeitet werden (s. C). Der direkte Weg vom spezifischen Problem zur spezifischen Lösung ist durch den Versuch und Irrtum geprägt und führt nicht zu einem idealen Ergebnis. Bei Fehlschlag von Versuchen wird der Lösungsweg abgebrochen und ein neuer begonnen. Unter Umständen wird die Lösungssuche auch komplett eingestellt.

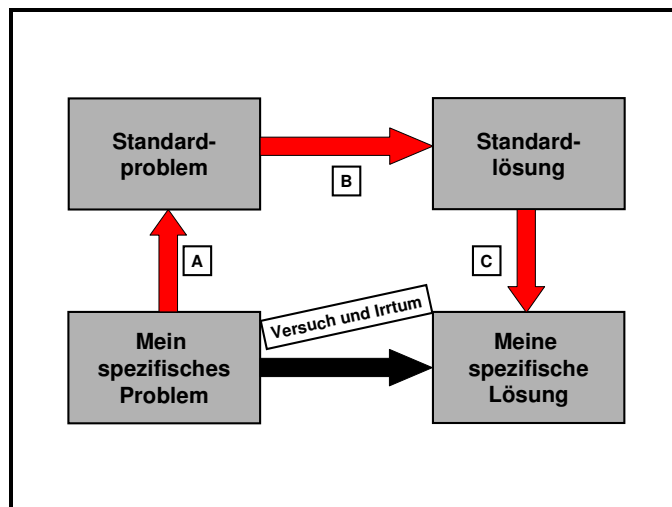


Abbildung 8: Der Weg vom spezifischen Problem über allgemeine Prinzipien zur spezifischen Lösung, Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S.70.

Das Prinzip der Analogie unterstützt den Entwickler, Erkenntnisse und Lösungen, aus anderen Fach- und Wissenschaftsbereichen zur Bearbeitung des spezifischen Problems einzusetzen. Es verhilft dem Entwickler somit über den Tellerrand hinaus zu blicken.

⁴⁸ Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 72.

⁴⁹ Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 3.

⁵⁰ Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 3.

Altschuller hat im Laufe seiner Arbeit eine Reihe von Werkzeugen entwickelt, die er zusammen in einem Werkzeugkasten vereinigt hat. Die Werkzeuge lassen sich in die Bereiche Systematik, Wissen, Analogie und Vision einteilen (s. Abbildung 9).

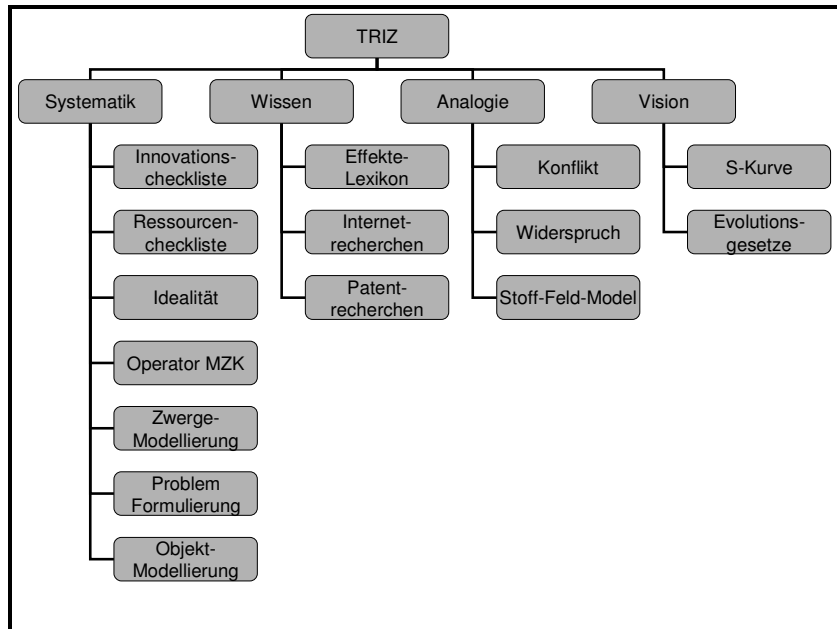


Abbildung 9: Die vier Pfade der TRIZ-Methode und der ihnen zugeordneten Werkzeuge: Quelle: Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 50

Auf dem Pfad der Systematik werden Werkzeuge für eine systematische Vorgehensweise dargestellt. Diese Werkzeuge helfen bei der Analyse von Problemen und unterstützen bei der Durchbrechung von Denkblockaden. Des Weiteren unterstützen diese Werkzeuge das Generieren von innovativen Lösungen.

Im zweiten Pfad werden Instrumente zur Verfügung gestellt, um einen Wissenspool aufzubauen, der den Entwicklungsprozess unterstützen soll. Diese Instrumente sind das Ergebnis von Altschullers Patentanalyse und helfen Widersprüche zu überwinden.

Im dritten Pfad werden Werkzeuge dargestellt, welche Probleme durch Analogiebildung lösen können. Mit diesen Werkzeugen werden Konflikte und Widersprüche überwunden. Auf die Analogiebildung wurde bereits am Anfang des Absatzes 4.2 eingegangen.

Die Instrumente des vierten Pfads befassen sich mit der Vision von Technologien. Sie beschreiben den Ist-Stand einer Entwicklung und wie die Entwicklung der Technologie verlaufen kann.

In den folgenden Kapiteln 4.3.1-4.3.7 werden die TRIZ-Werkzeuge kurz erläutert, welche zur systematischen Arbeit im Entwicklungsprozess eingesetzt werden können. Auf die Werkzeuge des Wissens wird nicht näher eingegangen. Auf den Konflikt sowie den Widerspruch im Innovationsprozess wird näher eingegangen, da dieser ein wichtiger Bestandteil von TRIZ darstellt (s. Kapitel 4.4, Widersprüche). Das Werkzeug der S-Kurve sowie die Evolutionsgesetze technischer Systeme werden im Kapitel 4.5 näher dargestellt, da diese in einem TRIZ orientierten Technologie-Roadmapping eine große Rolle spielen.

4.3. Systematik

In diesem Kapitel werden TRIZ-Werkzeuge beschrieben, welche eine Systematik in der Strukturierung von Problemen und deren Analyse besitzen. Das Ergebnis dieser Werkzeuge kann anschließend für weitere TRIZ-Werkzeuge verwendet werden, um Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten.

4.3.1. Innovations-Checkliste

Die Innovations-Checkliste kann für eine detaillierte Analyse einer Problemstellung verwendet werden. Eine Innovations-Checkliste in modifizierter Form ist im Anhang B zu finden. In Kapitel 5.1.1.1 wird die Innovations-Checkliste am Beispiel der Direct Methanol Fuel Cell (DMFC-Brennstoffzelle) erläutert. In der Innovations-Checkliste wird über einen vorgegebenen Punktekatalog eine Beschreibung des Systems, der Einfluss dessen Umfelds, Ziele bezüglich der Veränderungen sowie die zeitliche Historie erfasst.⁵¹ Durch diese Vorgehensweise kann man sich einem Problem systematisch und detailliert annähern. Wichtigster Punkt in der Checkliste ist die Ausarbeitung von nützlichen und schädlichen Funktionen. Durch die detaillierte

⁵¹ Vgl. Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S. 57.

Strukturierung sowie Bearbeitung eines Problems werden mit der Hilfe der Innovations-Checkliste bereits einige Lösungsansätze ersichtlich.

4.3.2. Idealität/Ideales Endresultat

Idealität eines Systems ist der Quotient der Summe der nützlichen Funktionen und der Summe der schädlichen Funktionen (s. Formel 1).

$$\text{Idealität} = \frac{\sum \text{der nützlichen Funktionen}}{\sum \text{der schädlichen Funktionen}}$$

Formel 1: Quelle: Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepte, S. 19.

Die Idealität ist ein wichtiger Faktor, welcher sich auch in der Entwicklung von Systemen erkennen lässt. So strebt ein System nach dem 2. Evolutionsprinzip immer zur Idealität hin.

Die Idealität richtet ihr Augenmerk besonders auf die Funktion eines Systems. Nach TRIZ sollte ein System eine Funktion zur Verfügung stellen, ohne jedoch selbst zu existieren. „Ein ideales System ist dasjenige, das es gar nicht gibt und dessen Funktion trotzdem zur Verfügung steht.“⁵²

4.3.3. Problemformulierung und Funktionsmodell

Das Ziel des Funktionsmodells ist die Erstellung eines Ursachen-Wirkungs-Diagramms, welches die Beziehung zwischen den nützlichen Funktionen und den schädlichen Funktionen darstellt.⁵³ Das Schaubild soll einen Überblick über das Problem geben, welches in einer Aufgabenstellung steckt.⁵⁴ Wenn alle Beziehungen zwischen nützlichen Funktionen sowie schädlichen Funktionen identifiziert sind, kann schon die Lösung eines einzigen Problems die Lösung der gesamten Aufgabenstellung

⁵² Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 35.

⁵³ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 88.

⁵⁴ Vgl. Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S. 93.

bewirken.⁵⁵ Die nützlichen sowie schädlichen Funktionen können aus der erarbeiteten Innovations-Checkliste entnommen werden. Der Vorteil des Funktionsmodells ist es, dass ein komplexes Problem in einfachere Detailprobleme zerlegt wird, welche unter Umständen einfacher zu lösen sind.

Ein einfaches Beispiel⁵⁶ für die Funktionsmodellierung soll in Abbildung 10 (s. schwarze Umrahmung) gegeben werden. Die Passfläche eines geteilten Pleuelauges muss mit einer hohen Genauigkeit gefertigt werden. Die Fertigung ist zwischenzeitlich sehr aufwendig geworden, so dass der Aufwand reduziert werden muss. Eine Größe sollte hierbei die Anzahl der Arbeitsgänge spielen. Anhand der Funktionsmodellierung wird nun ein Widerspruch sichtbar: Wird die Passgenauigkeit erhöht, muss ein weiterer Arbeitsschritt hinzugefügt werden. Soll der Aufwand zur Herstellung verringert werden, müssen Arbeitsschritte verringert werden. Das Ziel wurde dadurch erreicht, dass das Pleuelauge geschickt gebrochen wurde, wodurch die Bruchflächen besser zusammenpassen als jede Bearbeitung. Gleichzeitig konnten alle Arbeitsgänge eingespart werden. Somit wurde eine Erhöhung der Passgenauigkeit bei einer Reduzierung der Arbeitsgänge erreicht.

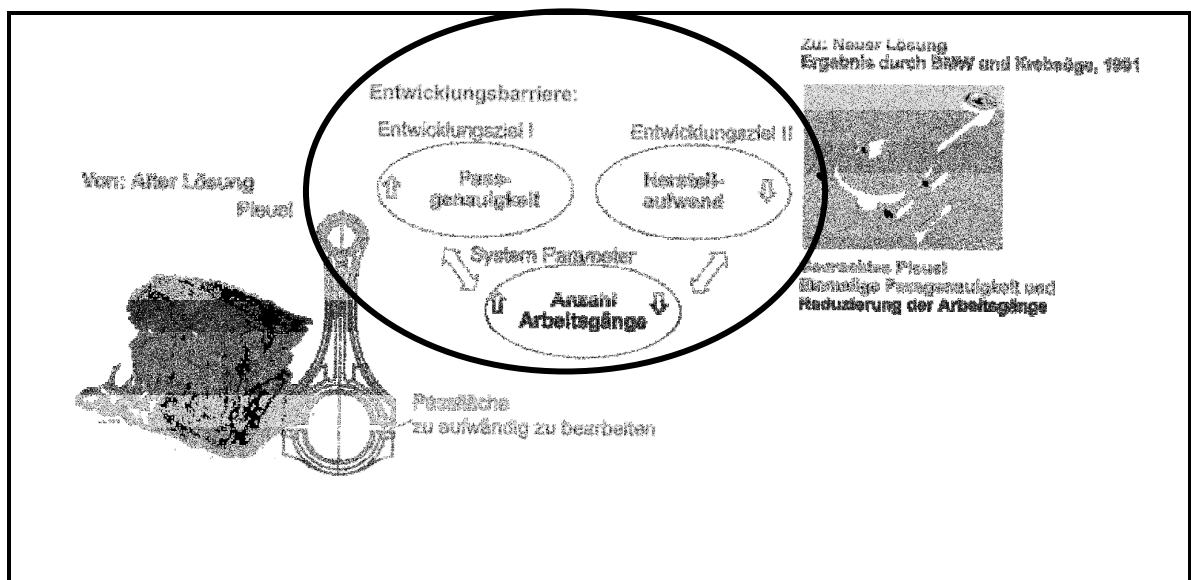


Abbildung 10: Gecrackter Pleuel, Quelle: Linde, Hansjürgen; Herr, Gunther; Rehklau Andreas: WOIS–Widerspruchs orientierte Innovationsstrategien, S. 31

⁵⁵ Vgl. Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S. 93.

⁵⁶ Vgl. Linde, Hansjürgen; Herr, Gunther; Rehklau Andreas: WOIS – Widerspruchs orientierte Innovationsstrategien, S. 32.

4.3.4. Zwerge-Modell

Das Zwerge-Modell stammt im Ansatz aus dem Bereich der Synektik. Das Modell basiert auf kleinen Männchen (Zwergen) in dem zu bearbeitenden System. Die Zwerge haben die Aufgabe nützliche Funktionen bereitzustellen, um die Problemstellung zu lösen. Mit der Vorgehensweise möchte man erreichen, dass die Teilnehmer das Problem aus einem anderen Sichtwinkel sehen.

An einem Beispiel⁵⁷ der manuellen Oberflächenlackierung von Zylindern soll das Zwergen-Modell erläutert werden. Durch die manuelle Bearbeitung ist die Lackschicht oft zu ungleichmäßig und zu dick. Die Zwerge in Abbildung 11 stellen die Lackschicht dar. Die gestrichelte Linie auf der linken Abbildung stellt die benötigte Lackdicke dar. Für eine gleichmäßige Lackschicht ist es wichtig, dass die inneren Zwerge am besten an der Oberfläche haften. Die außen liegenden Zwerge werden nicht benötigt. Das Ziel einer gleichmäßigen Oberfläche wird dadurch erreicht, dass der Zylinder nach der Lackierung rotiert, wobei überschüssiger Lack durch die Fliehkräfte entfernt wird.

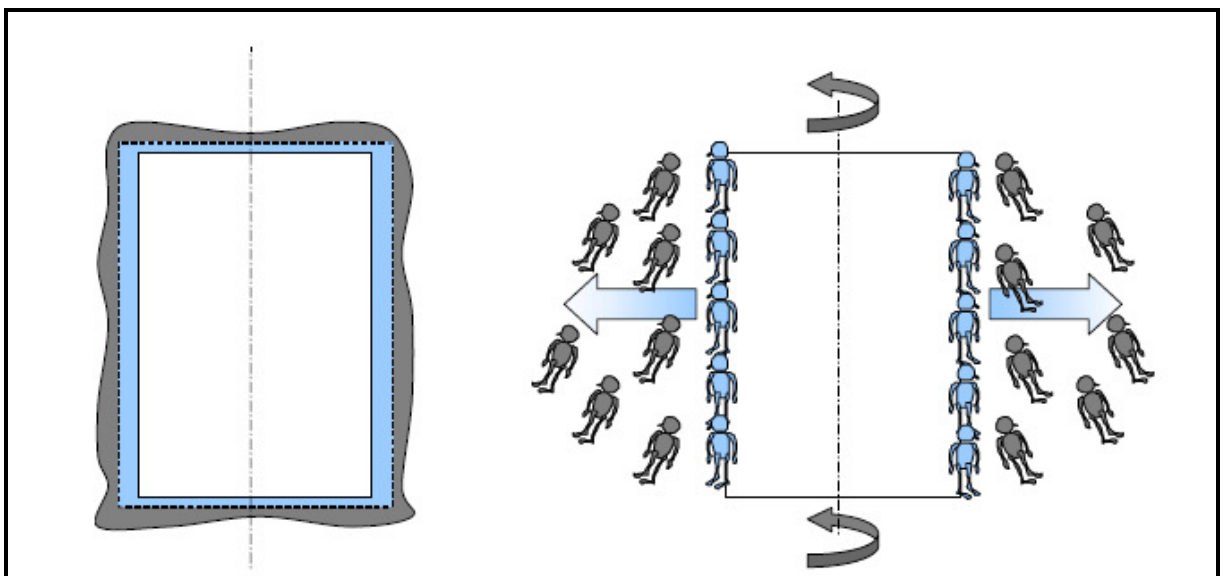


Abbildung 11: Simulationsanalyse mit Zwergen, Quelle: Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepten, Werkzeuge, Praxisanwendungen, S. 25.

⁵⁷ Vgl. Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepten, S. 24.

4.3.5. Operator MZK

Die Operator MZK ist eine weitere Methode um Denkblockaden des Benutzers zu durchbrechen. Das M steht für Maße, Z für Zeit und K für Kosten. Für die drei Faktoren MZK stellen sich beim Einsatz die folgenden Fragen:

- Wie entwickelt sich meine Lösung wenn ich wenig (bis nahezu 0) von der Menge MZK zur Verfügung habe?
- Wie entwickelt sich meine Lösung wenn ich viel (nahezu unendlich) von der Menge MZK zur Verfügung habe?

Der Personal Computer ist bzgl. seiner Entstehung aus dem Mainframe-Computer für diese Methode ein gutes Beispiel.⁵⁸ Im der Zeitalter des Mainframes war es unvorstellbar, dass in der Zukunft PCs für jeden Menschen erhältlich wären. Thomas J. Watson, IBM Chef in den 50iger Jahren, sagte zu dem damaligen Zeitpunkt, dass die Welt nicht mehr als fünf Computer braucht. Einige Erfinder haben jedoch angenommen, dass sich die Kosten für Computer in der Zukunft reduzieren könnten, wodurch viele Menschen in den Besitz von Computern gelangen würden.

4.3.6. ARIZ

Das TRIZ-Werkzeug ARIZ (Algorithm of inventive problem solving) ist ein algorithmischer Ablauf der mit der Hilfe einer Schrittweisen Anwendung aller TRIZ-Werkzeuge zu einem Konflikt bzw. Widerspruch führt. Die Methode unterstützt das Fokussieren auf das Kernproblem. Dieses Werkzeug wurde von *Altschuller* selbst konzipiert und im Laufe der Jahre von seinen Schülern immer weiter optimiert.

4.3.7. Antizipierende Fehlererkennung (AFE)

Die Antizipierende Fehlererkennung wird zur Fehlersuche sowie zur Fehlervermeidung eingesetzt. Die Idee der Methode ist es alles das zu tun, um das zu untersuchende System zum Versagen zu bringen. D.h. schädliche und uneffiziente Aspekte werden bis

⁵⁸ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S.36.

zum völligen Versagen des Systems übertrieben.⁵⁹ Ziel dieser Vorgehensweise ist es, mehr Fehler zu erzeugen als bei der Überlegung, welche Fehler in einem System auftreten könnten.

4.4. Widersprüche

Nach *Altschuller* ist die Voraussetzung einer Innovation die Lösung eines Widerspruchs oder Konflikts. Ein wichtiges Werkzeug in TRIZ ist das Herausarbeiten und das Lösen von Widersprüchen. TRIZ unterscheidet zwischen dem technischen Widerspruch (Konflikt) und dem physikalischen Widerspruch.⁶⁰ Bei einem technischen Widerspruch bewirkt die Verbesserung eines Parameters die Verschlechterung eines anderen Parameters. Bei einem physikalischen Widerspruch soll ein System zwei sich widersprechende Zustände einnehmen.

Als Beispiel eines technischen bzw. physikalischen Widerspruchs soll an einer simplen Analogie von *Herb et al.* beschrieben werden⁶¹:

Beispiel für einen technischen Widerspruch:

Erhitzen von „A“ verbessert „A“ zerstört aber „B“.

Beispiel für einen physikalischen Widerspruch

„A“ muss heiß sein und „A“ muss kalt sein.

In der beruflichen Praxis werden Probleme sehr häufig durch Kompromisse gelöst. Eine solche Kompromisslösung kann so aussehen, dass z.B. zwei Parameter aufeinander abgestimmt werden. Beispielsweise wird das Gewicht einer Systemeinheit reduziert und dabei auch die Reduzierung der Festigkeit akzeptiert. Der Kompromiss bewirkt, dass das Gewicht bis auf den Punkt reduziert wird, dass ein Unterschreiten eines bestimmten Festigkeitswertes nicht mehr akzeptiert werden kann. Für die Produktion hat man somit einen kritischen Parameter (Festigkeit) generiert, der gesondert überwacht werden muss. Wesentlich eleganter wäre die Lösung, das Gewicht zu minimieren und damit

⁵⁹ Vgl. Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S. 231.

⁶⁰ Vgl. Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepte, S. 28.

⁶¹ Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen, Erfolgsprodukt, S. 132.

gleichzeitig die Festigkeit zu erhöhen. Für die Produktion bedeutet das in diesem Fall, dass keine gesonderte Überwachung des kritischen Parameters (Festigkeit) stattfinden muss, da dieser vom Gewicht entkoppelt wurde und somit unabhängig ist.

4.4.1.1. Technische Widersprüche

Altschuller erkannte, dass die Konflikte, die durch das Widersprechen von zwei unterschiedlichen technischen Parametern entstehen, sich durch 40 Innovationsprinzipien lösen lassen. Es wurden 39 technische Parameter erkannt, welche Widersprüche erzeugen können. Die 39 technischen Parameter stehen den gleichen 39 Parametern gegenüber (s.Abbildung 12). Im Schnittpunkt der technischen Parameter können die jeweiligen Innovationsprinzipien abgelesen werden, welche den technischen Widerspruch lösen können. In Anhang A werden die kompletten 40 Innovationsprinzipien dargestellt um Widersprüche zu lösen.

		1	2	3	4	5	6	14	...
		Masse des beweglichen Objekts	Masse des unbeweglichen Objekts	Länge des beweglichen Objekts	Länge des unbeweglichen Objekts	Fläche des beweglichen Objektes	...	Festigkeit	...
1	Masse des beweglichen Objekts			15,8, 29,34		29,17, 38,34			
2	Masse des unbeweglichen Objekts				10,1, 29,35				
3	Länge des beweglichen Objekts	8,15, 29,34				15,17, 4			
4	Länge des unbeweglichen Objekts		35,28, 40,29						
5	Fläche des beweglichen Objektes	2,17, 29,4		14,15, 18,4					
6	...								
7	...								
23	Materialverluste							35,28 31,40	
...	...								

Abbildung 12: Auszugs aus der Widerspruchsmatrix

Das Überwinden von Widersprüchen soll an einem Beispiel aus der Kunststoffbranche erklärt werden. An einem Kunststoffbolzen, welcher eine große Masse besitzt (hoher Materialeinsatz) soll Material eingespart werden. Auf der anderen Seite soll der Kunststoffbolzen infolge der hohen Beanspruchung eine hohe Festigkeit aufweisen, da

dieser ein Bremspedal in seiner Position fixiert. Der Widerspruch liegt darin, dass durch die Reduzierung des Gewichts eine Verringerung der Festigkeit stattfindet. Wenn nun anhand der Widerspruchsmatrix der Materialverlust (23) mit der Festigkeit (14) in Verbindung gebracht wird, können aus dem Schnittpunkt die jeweiligen zuständigen Innovationsprinzipien abgelesen werden (s. Abbildung 12, blaue Markierung). In unserem Beispiel sind das die Innovationsprinzipien 35, 28, 31, 40. Die Innovationsprinzipien lauten wie folgt:

- 28, Ersetzen des mechanischen Systems
- 31, Verwendung poröser Werkstoffe
- 35, Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften
- 40, Anwendung von Verbundwerkstoffen

Anhand der gefundenen Innovationsprinzipien kann jetzt das Lösungskonzept diskutiert werden. Als pragmatischer Lösungsansatz kann das Innovationsprinzip 40 gesehen werden. Durch den Einsatz von z.B. Glasfasern lässt sich die Masse des Bolzens bei gleichbleibender Festigkeit verringern.

4.4.1.2. Physikalische Widersprüche

Nach *Altschuller* stehen zur Lösung von physikalischen Widersprüchen folgende Instrumente zur Verfügung:

- Separation im Raum,
- Separation in der Zeit,
- Separation in der Struktur des Systems,
- Separation durch Phasenübergänge.

4.4.1.2.1. Separation im Raum

Ziel dieses Separationsprinzips ist die räumliche Trennung der sich widersprechenden Funktionen. Dies kann dadurch geschehen, dass ein System in verschiedene Untersysteme eingeteilt wird und die sich widersprechenden Funktionen dann den entfernten Untersysteme zugeordnet werden.

Beispiele für das Separationsprinzip: Chemische Beschichtung⁶²

Problembeschreibung:

Bei der chemischen Beschichtung von Metallteilen wird das Metallstück in eine Metallsalzlösung (Chrom, Zink) gegeben. Die Metallsalze setzen sich infolge einer Reduktion auf dem Metall ab. Diese chemische Reaktion ist besonders bei hohen Temperaturen sehr effizient. Das Problem, welches bei einer Erhitzung der chemischen Lösung entsteht, ist, dass sich dadurch ein Großteil der Metallsalze ebenfalls an dem Behälter absetzt. Der Verlust an Metallsalzen ist hierdurch sehr groß.

Widerspruch:

Der Prozess muss mit einer hohen Temperatur ablaufen, damit sich auf dem Metallteil eine maximale Menge an Metallsalzen absetzt und muss gleichzeitig kühl sein, damit sich eine geringe Menge von Metallsalzen am Behälter absetzt.

Vorgehensweise:

Einteilung des Gesamtsystems in Untersysteme. D.h. Beschichtungsprozess ist das Gesamtsystem. Behälter, chemische Lösung und Metallteil stellen das Untersystem dar. Die hohe Temperatur wird dem Metallteil zugeordnet. Die niedrige Temperatur wird dem Behälter mit der chemischen Flüssigkeit zugeordnet.

Lösung des Problems:

- 1.) Das Metallteil wird vor dem Eintauchen in die Metalllösung erhitzt.
- 2.) Es findet eine Erhitzung des Metalls statt, während es in der Metalllösung eingetaucht ist.
- 3.) Der Behälter mit der chemischen Flüssigkeit wird gekühlt.

⁶² Vgl. Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S.134.

4.4.1.2.2. Separation in der Zeit

Bei diesem Separationsprinzip werden die sich widersprechenden Funktionen zeitlich getrennt. D.h. die Funktionen werden zu unterschiedlichen Zeiten auftreten, damit sich diese nicht gegenseitig widersprechen können.

Beispiele für das Separationsprinzip: Standzeiterhöhung einer Türdichtung⁶³

Problembeschreibung:

Ein Unternehmen, welches Türen herstellt, möchte ein neues Produkt auf den Markt für Feuerschutztüren bringen, welches aus Kunststoffprofilen bestehen soll. Siehe hierzu Abbildung 13. Der Kunde fordert, dass die Tür

- bei einer Temperatur von 700°C mindestens 30 Minuten abdichten kann,
- bei Normalbedingungen gegen Kälte und Wärme isoliert,
- die Wärme vom Türblatt über den Rahmen ableitet wird, sofern es zum Brandfall kommt.

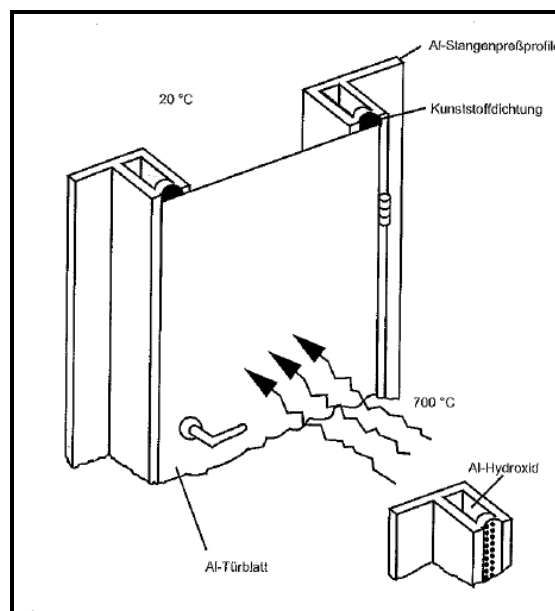


Abbildung 13: Skizze Türblatt, Quelle: Klein, Bernd: TRIZ/ TIPS – Methodik des erfinderischen Problemlösens, S. 45.

⁶³ Klein, Bernd: TRIZ/ TIPS – Methodik des erfinderischen Problemlösens, S. 45.

Widerspruch:

Das Profil soll vor Kälte und Wärme isolieren, aber im Brandfall gleichzeitig leiten.

Vorgehensweise:

Die Funktion der Isolation wird zeitlich von der Funktion der Wärmeleitung getrennt.

Lösung des Problems:

Hinter die Dichtung wird ein komprimierter Pulverstab aus Aluminiumhydroxid eingefügt. Im Brandfall wandelt sich das Hydroxid unter Abgabe von Wasserdampf in ein Oxid um, welches das Profil kühlt und für eine bestimmte Zeit als Wärmeleiter fungiert.

4.4.1.2.3. Separation innerhalb eines Objektes und seiner Teile

In diesem Separationsprinzip werden die gegensätzlichen Anforderungen innerhalb eines Objektes getrennt.

Beispiele für das Separationsprinzip: Fensterscheibe⁶⁴

Problembeschreibung:

Kunden sind vor allem daran interessiert, dass Fensterscheiben eine maximale Lichtdurchlässigkeit besitzen. Auf der anderen Seite möchte man aber nicht, dass Personen außerhalb des Hauses in die Fensterscheiben schauen können.

Widerspruch:

Fenster sollen durchlässig für Licht sein, aber trotzdem undurchlässig für den Einblick von außen sein.

Lösung des Problems:

Jede Glasscheibe alleine hat einen maximalen Lichteinfall bzw. ist von Personen durchschaubar. Werden aber zwei Scheiben in einem bestimmten Winkel aufeinander gesetzt, gelangt die maximale Lichtmenge hinein, ist aber von außen nicht zu durchblicken.

⁶⁴ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 134.

4.4.1.2.4. Separation durch Bedingungswechsel

Trennung der sich widersprechender Anforderungen durch Modifikation der Bedingungen

Beispiele für das Separationsprinzip: Superschnelle Torpedos⁶⁵

Problembeschreibung:

Torpedos können im Wasser nur eine bestimmte Geschwindigkeit erreichen, da sie durch das Wasser abgebremst werden.

Lösung des Problems:

Durch eine Kavitationsdampfblase, welche sich um das Torpedo legt, können diese mit einer hohen Geschwindigkeit durch das Wasser geschossen werden.

4.5. Visionen

Werkzeuge, welche den Stand der Technik und die Evolution von technischen Systemen beschreiben, gehören zu den Visionen in TRIZ. Im Nachfolgenden sollen die Entwicklungsmuster technischer Systeme sowie die S-Kurvenanalyse näher beschrieben werden, da davon ausgegangen wird, dass diese für das Roadmapping eine große Rolle spielen. Sie dienen dazu, sich ein Bild vom Stand der Technik zu machen und anschließend einen Trend in die Zukunft zu prognostizieren.

4.5.1. S-Kurve⁶⁶

Technologien durchlaufen Lebensphasen, die sich in Kindheitsphase, Wachstumsphase, Reifephase und Sättigungsphase unterteilen lassen (s. Abbildung 14, oben).

⁶⁵ Vgl. Zobel, Dietmar: TRIZ für alle, S. 120.

⁶⁶ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 179.

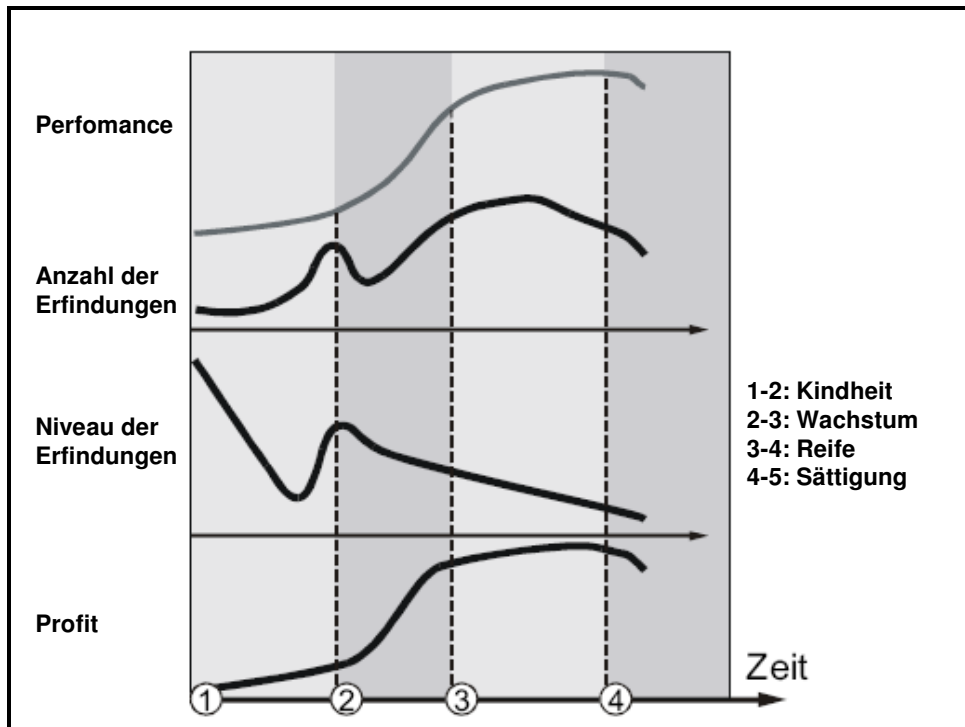


Abbildung 14: S-Kurve, Quelle: Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepte, Werkzeuge, Praxisanwendungen, S. 25.

In der Kindheit ist die Performance einer Technologie noch sehr gering. Sie steigt dann in der Wachstumsphase an und erreicht die Reifephase, in der die Performance am höchsten ist. In der folgenden Sättigungsphase sinkt die Performance kontinuierlich. Die alte Technologie wird hier durch eine neue ersetzt.

Nach *Herb et al.* lassen sich anhand der S-Kurve, welche in Abbildung 14 dargestellt ist,

- Zahl der Erfindungen,
- Erfindungshöhe sowie
- Profitabilität im Markt

erkennen. Die jeweiligen Phasen sind bezüglich der eben genannten Merkmale wie folgt gekennzeichnet:

- **Kindheit:** In der Phase der Kindheit ist die Anzahl der Erfindungen noch sehr gering, doch zum Ende stark ansteigend, während die Erfindungshöhe noch sehr hoch ist, zum Ende der Phase aber abnimmt. Die Profitabilität ist noch sehr gering.

- **Wachstum:** Die Phase des Wachstums ist dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Erfindungen in der Anfangsphase spontan abnimmt, aber dafür das Erfindungsniveau zunimmt. Kurz nach dem Abfall der Erfindungen steigt die Anzahl der Erfindungen über das vielfache des vorherigen Niveaus an. Die Profitabilität nimmt weiter zu.
- **Reife:** Die Anzahl der Entwicklungen erklimmt gleich zum Anfang der Phase den höchsten Punkt und nimmt dann zum Ende ab. Das Niveau der Erfindungen nimmt leicht ab. Die Profitabilität steigt leicht an.
- **Sättigung:** In der Phase der Sättigung nimmt die Anzahl der Erfindungen über die gesamte Phase stark ab. Das Niveau der Erfindungen geht weiter leicht zurück. Die Profitabilität nimmt gleich zu Beginn der Phase sehr stark ab.

Aus den beschriebenen Phasen lässt sich anhand einer Patent- sowie Marktanalyse ermitteln, in welcher Phase eine jeweilige Technologie gerade steckt. Eine Patentanalyse muss die Anzahl der Patente sowie die jeweilige Erfindungshöhe beinhalten. Die Marktanalyse muss die Profitabilität einer Technologie auf dem Markt ermitteln.

Die Methode zur Ermittlung der Lage auf der S-Kurve wurde in einigen Veröffentlichungen bestätigt (*Gahide, Gibson, Slocum, Vijakumar*).⁶⁷ *Grawatsch* berichtet, dass die S-Kurvenanalyse aufwendig und nicht praktikabel ist, da sich die Ermittlung der jeweiligen betreffenden Patente sowie deren Bewertung bzgl. der Erfindungshöhe als sehr schwierig und subjektiv erwiesen hat.

Bezüglich der Ausführung der S-Kurvenanalyse sind zwei Fälle in der Anwendung zu unterscheiden. Der erste Fall betrifft Unternehmen, welche infolge einer Gründungsinvestition eine neue Technologie suchen, in die sie investieren können. Ziel ist es für solche Unternehmen daher, sich einen Überblick über mehrere Technologien zu verschaffen. Für Unternehmen, welche bereits in eine bestimmte Technologie investiert haben, kann eine S-Kurvenanalyse im Sinne einer Erweiterungsinvestition sinnvoll sein. Das Ergebnis der Analyse würde ergeben, ob ein Unternehmen reinvestieren oder aber eine Neuorientierung vornehmen sollte. Für die Unternehmen in beiden Fällen, welche in einen neuen Markt vordringen oder reinvestieren wollen, bietet

⁶⁷ Vgl. Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung, S. 21.

eine S-Kurvenanalyse, neben der Ermittlung des Ausgangspunktes auf der S-Kurve, zudem eine fundierte Information über den Stand der Technik der Technologie.

In der Literatur gibt es einen Ansatz von *Grawatsch*, welcher Hilfestellung bei der genauen Bestimmung des Ausgangspunktes auf der S-Kurve geben kann. Wenn in einer S-Kurvenanalyse ermittelt wird, dass eine Technologie sich in der ersten oder zweiten Hälfte der Wachstumsphase befindet, ist es für Unternehmen, welche eine Re-Investition vornehmen wollen, nicht wichtig den genauen Punkt auf der S-Kurve zu kennen (s.Abbildung 15). Für Unternehmen, welche eine Gründungsinvestition vornehmen möchte, wäre von einem Einstieg in der zweiten Hälfte der Wachstumsphase abzuraten (s.Abbildung 15), da durch das Bilden von Wissen und Erfahrung eine zeitliche Verzögerung entsteht und man wahrscheinlich mit der Technologieeinführung in die Reifephase geraten würde. Zu einer solchen Aussage zum Stand der Technik sollten interne Unternehmensexperten eine Aussage machen. Sie legen fest, ob das Risiko akzeptiert werden kann. Viele Experten werden argumentieren, dass manche S-Kurven zeitlich sehr gestreckt verlaufen und dadurch die einzelnen Phasen sehr lange andauern können. Die zeitliche Länge der jeweiligen S-Kurve-Phasen kann durch die Wissensbildung zustande kommen, da sich bestimmte Technologiebereiche als sehr breit gefächert erweisen. Eine genaue Festlegung des Ausgangspunktes auf der S-Kurve macht unter Umständen nur für Unternehmen einen Sinn, die infolge ihres Wissens sowie Erfahrung auf eine artverwandte Technologie ausweichen wollen. D.h. es existiert bereits eine solide Grundlage an Wissen und Erfahrung. Solche Unternehmen können auch das Risiko akzeptieren, in der zweiten Hälfte der Wachstumsphase einzusteigen.

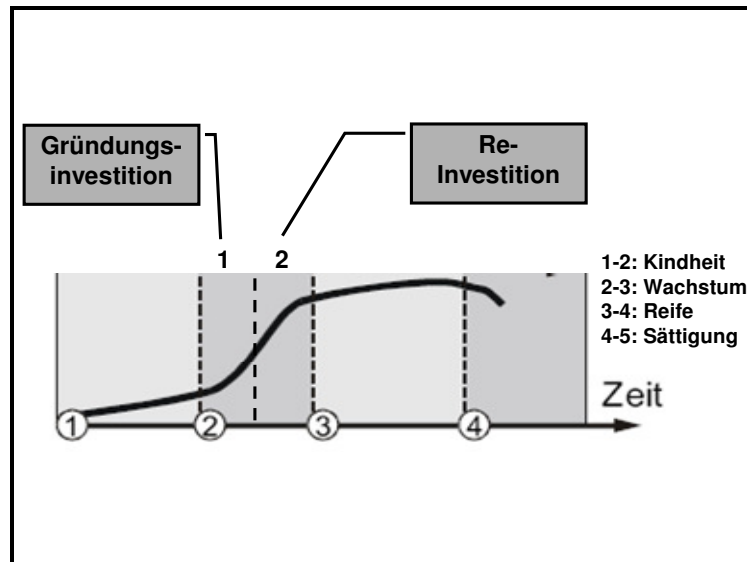


Abbildung 15: Einstiegszeitpunkte in die S-Kurve, Eigene Darstellung

4.5.2. Entwicklungsmuster technischer Systeme

Altschuller entdeckte bei seinen Patentanalysen, dass sich technische Systeme nicht zufalls-basiert entwickeln, sondern immer wieder wiederkehrende Entwicklungsmuster sichtbar sind.⁶⁸ Er beschrieb acht immer wiederkehrende Evolutionsprinzipien (Evolutionsgesetze, Evolution technischer Systeme). Nach *Herb et al.* lässt sich der Evolutionsweg von technischen Systemen aus der Patentliteratur herausarbeiten und bietet dem Entwickler folgende Vorteile⁶⁹:

- Technische Systeme können schneller und zielgerichteter in die richtige Richtung entwickelt werden;
- Es können „Patentschirme“ für Technologien entwickelt werden, die noch nicht existieren.

Patentschirme werden in vielen Fällen dazu verwendet, eine Behinderung durch Konkurrenten zu vermeiden oder diese gar komplett auszuschließen.⁷⁰ Entgegen der Theorie kann man aber nicht immer aus der Patentliteratur den Evolutionsweg eines technischen Systems verfolgen. Neben dem technischen Schutzrecht, dem Patent oder Geschmacksmuster, gibt es zudem die Strategie der Geheimhaltung.⁷¹ Damit möchte man unter Umständen vermeiden, dass ein bestimmtes Entwicklungsmuster verborgen bleibt, damit die Konkurrenz nicht weiß, an welchem Punkt der S-Kurve sich eine Technologie befindet. In den nachfolgenden Unterkapiteln 4.5.2.1 bis 4.5.2.8 sollen die 8 Evolutionsprinzipien kurz dargestellt werden. Die Information zu den Evolutionsprinzipien wurden im Wesentlichen von *Herb et al.* entnommen, da hier die Prinzipien am einfachsten und verständlichsten dargestellt sind.⁷²

⁶⁸ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 187.

⁶⁹ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 187.

⁷⁰ Vgl. Klein, Bernd: TRIZ/ TIPS – Methodik des erfinderischen Problemlösens, S. 120.

⁷¹ Vgl. Pannenbäcker, Tilo: Methodisches Erfinden im Unternehmen, S. 194.

⁷² Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 187-207.

4.5.2.1. Erstes Evolutionsprinzip: Evolutionsstufen

- Jede Technologie kann in die vier Lebensphasen Kindheit, Wachstum, Reife und Sättigung eingeteilt werden.
- Der Sprung von einer Technologie zur nächsten Technologie auf der S-Kurve findet dann statt wenn
 - a) der jeweilige Bedarf dafür vorhanden ist sowie die
 - b) jeweilige Technologie dafür existiert, diesen zu befriedigen.

4.5.2.2. Zweites Evolutionsprinzip: Zunehmende Idealität

- Jedes System beinhaltet neben nützlichen Funktionen auch schädliche Funktionen.
- Der Quotient von nützlichen Funktionen zu schädlichen Funktionen ergibt die Idealität.
 - $\text{Nützliche Funktion} / \text{Schädliche Funktion} = \text{Idealität}$
- Systeme streben immer zur Idealität.
- Nur Ideen und Verbesserungen, die zu einer Erhöhung der Idealität beitragen, sind sinnvoll.

4.5.2.3. Drittes Evolutionsprinzip: Ungleichmäßige Entwicklung von Systeme und/oder Teilen

- Jedes Einzelteil eines Systems hat seine eigene S-Kurve.
- Jedes Einzelteil hat seinen eigenen Zeitverlauf bezüglich seiner Entwicklung.
- Jedes Einzelteil erreicht seine Grenze zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt.
- Das Einzelteil, welches zuerst die Reifephase verlässt, limitiert das Gesamtsystem.
- Die Eliminierung des Limits bedeutet ein Fortschritt für das Gesamtsystem.

4.5.2.4. Viertes Evolutionsprinzip: Zunehmende Dynamisierung und Regelbarkeit

- Eine Systemdynamisierung erlaubt es, Funktionen mit größerer Vielfalt und Flexibilität zu erhalten.
- Eine höhere Dynamisierung erfordert eine höhere Kontrollierbarkeit sowie Regelbarkeit.
- Kontrollierbarkeit und Regelbarkeit münden in selbststeuernde Systeme.

4.5.2.5. Fünftes Evolutionsprinzip: Über Komplexität zum genialen Einfachen

- Systeme entwickeln sich zuerst zu komplexen Systemen und anschließend zu genial einfachen Systemen.
- Die Entwicklung von Monosystemen geht über Bi- und Polysystemen zurück zu Monosystemen, wobei die Monosysteme am Ende die Funktionen der Polysysteme beinhalten.

4.5.2.6. Sechstes Evolutionsprinzip: Gezielte Übereinstimmung und nicht Übereinstimmung/ Diskrepanz von Teilen

- Elemente eines Systems entwickeln sich zu einer gezielten Übereinstimmung oder gezielter Nichtübereinstimmung, um die Leistung zu verbessern oder schädliche Effekte zu kompensieren.
- Es findet eine steigende Koordinierung und Verschachtelung von Aktionen und Rhythmen statt.

4.5.2.7. Siebtes Evolutionsprinzip: Übergang zur Mikroebene und Einsatz von Feldern

- Systeme entwickeln sich von der Makroebene über die Mikroebene bis hin zur Miniaturisierung.
- Der eben beschriebene Vorgang wird durch sich immer weiter entwickelnde Felder und Miniaturisierung gestützt.

4.5.2.8. Achtes Evolutionsprinzip: Abnehmende menschliche Interaktion und zunehmende Automatisierung

- Systeme streben zu reduzierter menschlicher Interaktion.
- Ausführung, Kontrolle, Entscheidung werden in der eben beschriebenen Reihenfolge abgelöst.
- Es entsteht ein Maschinenprozess, der den Menschen nicht imitieren soll, sondern nur spezifische Funktionen erfüllen soll.

4.6. Einordnung von TRIZ hinsichtlich anderer Kreativitätstechniken

In diesem Abschnitt soll aufgezeigt werden, wie sich TRIZ zu anderen Problemlösungstechniken abgrenzen lässt. Problemlösungstechniken lassen sich in die drei Bereiche Kreativitätstechniken, methodische Konzepte (Erfindungsmethoden) sowie weitere Problemlösungsmethoden einordnen (s. Abbildung 16).⁷³

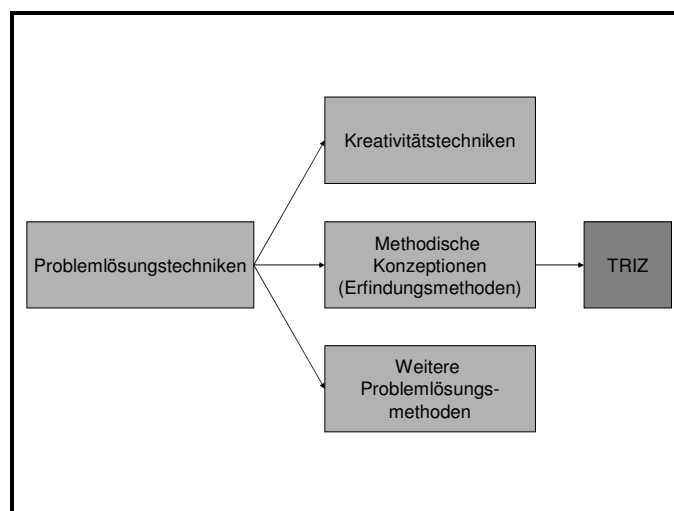


Abbildung 16: Gliederung der Problemlösungstechniken, Quelle: Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 11

Kreativitätsmethoden gehören zu der Gruppe der Problemlösungstechniken. Es gibt eine Reihe von bewährten Kreativitätsmethoden wie Brainstorming, Synektikmethode, Methode 6-3-5, Reizwortmethode und viele weitere Methoden. Die meisten Kreativitätstechniken sind psychologischer Natur und dienen zum Erfassen von Ideen,

⁷³ Vgl. Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 11.

d.h. es wird nur das Wissen abgefragt, welches bei den befragten Personen bereits vorhanden ist.⁷⁴

TRIZ kann in den Bereich der Erfindungsmethoden eingeordnet werden (s. Abbildung 16). Die Erfindungsmethoden unterscheiden sich zu den Kreativitätstechniken dadurch, dass diese den ganzen Problemlösungsprozess abdecken (s. Abbildung 17). Zudem geht es beim Einsatz von TRIZ nicht um die Lösung von alltäglichen Problemen sondern um Aufgabenstellungen mit innovativem Anspruch.⁷⁵ Nach Stübinger *et al.* besteht der Problemlösungsprozess aus systematisch, logisch aufeinanderfolgenden Einzelphasen (s. Abbildung 17).⁷⁶

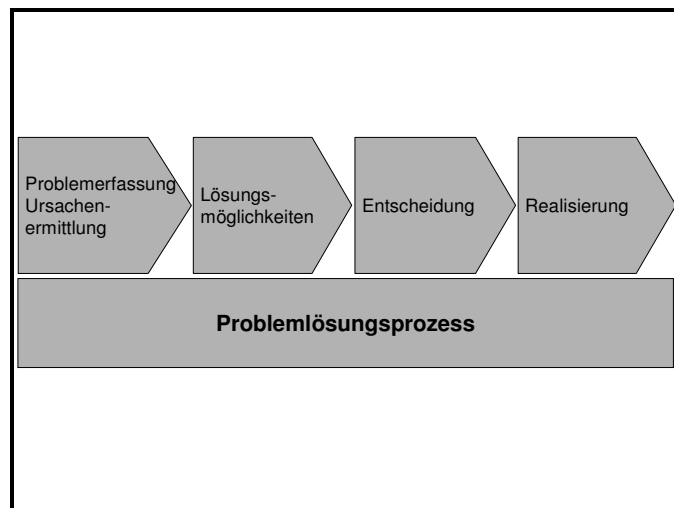


Abbildung 17: Problemlösungsprozess, Quelle: Stübinger, Mathias; Apfelbacher, Werner; Reiners Kröncke, Werner: Sozialmanagement 1: Zielfindung und Problemlösung, S. 143.

Aus Abbildung 18 kann entnommen werden, welche Kreativitätstechniken einer jeweiligen Problemlösungsphase zugeordnet werden können. TRIZ ist eine Methode, welche den kompletten Problemlösungsprozess abdeckt. Andere Methoden müssen wiederum mit anderen Methoden kombiniert werden, um den Problemlösungsprozess von Problemerkennung bis zur Realisierung zu durchlaufen.

Bei den meisten Kreativitätsmethoden kann davon ausgegangen werden, dass diese das angesammelte Wissen der abgefragten Personen abrufen können. Mit diesen Methoden

⁷⁴ Vgl. Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepte, S. 39.

⁷⁵ Vgl. Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepte, S 39-40.

⁷⁶ Vgl. Stübinger, Mathias; Apfelbacher, Werner; Reiners-Kröncke, Werner: Sozialmanagement 1: Zielfindung und Problemlösung, S. 143.

besteht nicht die Möglichkeit, neues Wissen zu generieren. Mit diesen Kreativitätsmethoden lassen sich nur alltägliche Probleme lösen. TRIZ bietet die Möglichkeit innovative Lösungen anzubieten, die einem idealen Endresultat sehr nahe kommen können.⁷⁷

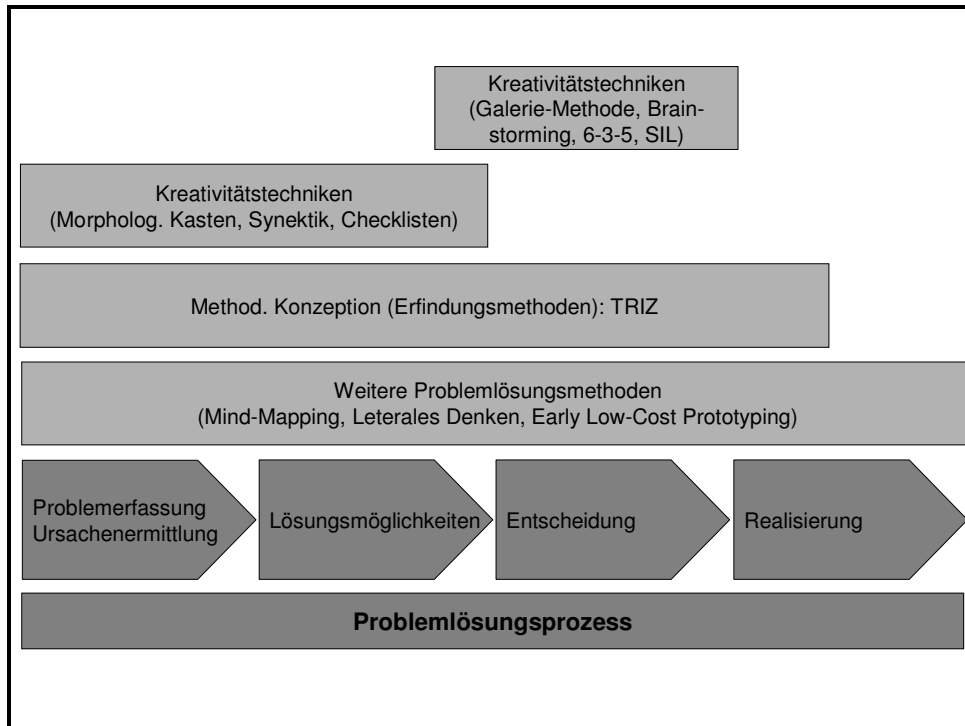


Abbildung 18 : Zuordnung von Kreativitätsmethoden zum Problemlösungsprozess, Quelle: Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, S. 12.

⁷⁷ Vgl. Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepte, S. 39-40.

4.7. Schnittstellen von TRIZ zu Technologie-Roadmapping

In diesem Kapitel soll die Schnittstelle bzw. der Berührungspunkt zwischen TRIZ und dem Technologie-Roadmapping aufgezeigt werden. Als möglicher Ansatzpunkt sollen hier die Entwicklungsmuster technischer Systeme sowie die S-Kurvenanalyse betrachtet werden. Auch der Einsatz der Innovations-Checkliste ist denkbar.

Nach der Aussage von *Terninko et al.* ist die Anwendung der Standardentwicklungsmuster der technischen Evolution ein „proaktives, die Zukunft gestaltendes Verhalten“. ⁷⁸ Wenn man die Position eines bestimmten Designs auf der Entwicklungskurve (S-Kurve) kennt, kann man nach der Aussage von *Terninko et al.* zukünftige Designs vorhersehen. ⁷⁹ D.h. die Entwicklungsmuster werden dazu verwendet, um zukünftige Technologien zu beschreiben. Für den Einsatz der Entwicklungsmuster technischer Systeme ist die S-Kurvenanalyse und damit die Bestimmung der Technologie auf der S-Kurve notwendig. Um den aktuellen Stand der Technik detailliert zu beschreiben, kann als Hilfsmittel die Innovationscheckliste verwendet werden.

Nachdem die zukünftige Technologie beschrieben wurde, wird die Technologie-Roadmap gebildet. Diese soll den Weg aufzeigen, um zu der zukünftigen Technologie zu gelangen. Nicht immer ist der direkte Weg zu dieser Technologie möglich. In vielen Fällen werden Zwischentechnologien benötigt, da bestimmte Untersysteme noch nicht erhältlich sind. Die Zwischentechnologien geben einen Hinweis darauf welche Entwicklungsprojekte eingeleitet werden müssen um die Untersysteme zu entwickeln.

⁷⁸ Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S. 205.

⁷⁹ Vgl. Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt, S. 206.

5. TRIZ als Möglichkeit in der Technologievorausschau

Beim Einsatz von TRIZ in der Technologievorausschau, sollten zwei unterschiedliche Arten von Technologie-Roadmaps unterschieden werden:

- Branchenspezifische Technologie-Roadmaps (Fall A, Erweiterungsinvestition)
- Branchenfremde Technologie-Roadmaps (Fall B, Gründungsinvestition)

Unter branchenspezifischen Technologie-Roadmaps (Fall A) versteht man Technologie-Roadmaps, welche für ein bereits bestehendes Wissen in einem Unternehmen angefertigt werden. Für diese Unternehmen handelt es sich hierbei um eine Erweiterungsinvestition. Z.B. die Entwicklung von neuen Antriebstechniken wie der DMFC-Brennstoffzelle von Daimler Chrysler. Die Entwicklung von neuen Antriebstechniken stellt einen logischen Schritt dar, da hier das Know-How von Daimler Chrysler liegt.

Eine branchenfremde Technologie-Roadmap (Fall B) würde dann vorliegen, wenn ein Unternehmen infolge einer Gründungsinvestition in einen neuen Markt eintreten würde, weil es auf diesem Markt eine Wachstumschance sieht. Z.B. wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben, würde der Eintritt des Unternehmens Freudenberg in den Markt der Brennstoffzelle eine neue Herausforderung bedeuten, da dieser Markt bisher nicht erschlossen ist. Der Markterfolg hängt davon ab, auf welchem Punkt der S-Kurve sich die Technologie befindet.

5.1. TRIZ-Technologie-Roadmapping – Ein Leitfaden

In der Literatur werden zwei Methoden beschrieben in denen TRIZ und das Technologie-Roadmapping miteinander verknüpft werden. Die Vorgehensweise ist in beiden Fällen stark wissenschaftlich ausgelegt. Es fehlt bisher eine praktische Vorgehensweise. Die Methoden von *Möhrle* und *Grawatsch* sind auf den ersten Blick sehr gut strukturiert und kann von erfahrenen Experten zur Technologievorausschau verwendet werden. Für den Manager oder den technischen Angestellten eines Unternehmens ist es aber schwierig ein bestimmtes Endergebnis zu erreichen, da das spezielle Methodenwissen nicht vorhanden ist. Des Weiteren ist in kleineren und mittleren Unternehmen eine Technologievorausschau wegen personellen Restriktionen nur eingeschränkt möglich. Zudem verhindern personelle Restriktionen die Spezialisierung von Mitarbeitern.

Das Ziel des nachfolgenden Kapitels soll es sein, einen Leitfaden vorzustellen, welcher die Erfordernisse von Managern sowie von technischen Angestellten erfüllen kann. TRIZ, sowie das Technologie-Roadmapping, soll auf einfache Weise miteinander verknüpft werden, so dass der Leitfaden auf die folgende Anforderungen eingehen kann:

- Einfacher und unkomplizierter Einsatz,
- pragmatische und systematische Struktur,
- schnelle Generierung von Ergebnissen,
- schneller Überblick über eine Technologie,
- Wirtschaftlichkeit beim Einsatz von Ressourcen.

Der Leitfaden des TRIZ kombinierten Technologie-Roadmappings verläuft in sechs Arbeitsschritten:

1. Ermittlung des Ist-Zustands,
2. Ermittlung der Funktionsgraphik,
3. Informationsrecherche,
4. Ermittlung der zukünftigen Funktion,
5. Technologierecherche,
6. Ermittlung des Hauptsystems und Bildung der Technologie-Roadmaps.

Bei den sechs Arbeitsschritten ist zu beachten, dass sich der Einsatz jeweils unterschiedlich gestalten kann, was davon abhängt, ob es sich um eine branchenspezifische oder branchenfremde Technologie-Roadmap handelt. Im Folgenden werden die Arbeitsschritte näher beschrieben sowie auf deren Einsatz eingegangen.

Die sechs Arbeitsschritte werden im Flussdiagramm in Abbildung 19 graphisch dargestellt. Aus dem Flussdiagramm wird der Ablauf der Arbeitsschritte sowie der iterativen Schritte ersichtlich. Es werden zwei Ablaufwege unterschieden. Im ersten Fall (Fall A) wird der Ablauf in schwarzen Pfeilen für branchenspezifische Technologie-Roadmaps dargestellt. Im zweiten Fall (Fall B) wird der Ablauf in blauen Pfeilen für branchenfremde Technologie-Roadmaps dargestellt.

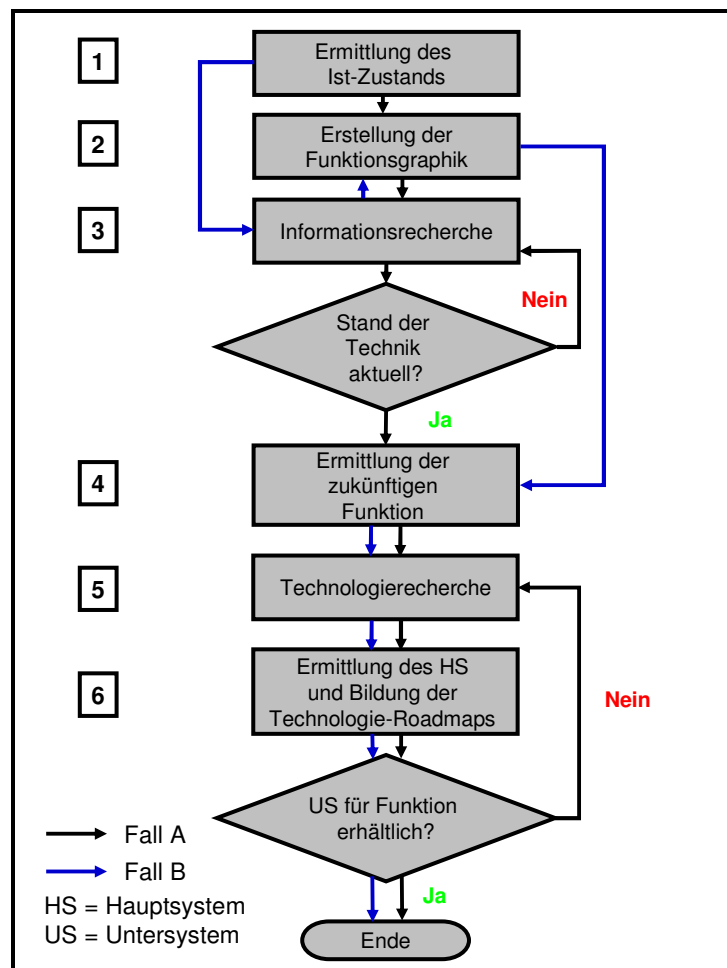


Abbildung 19: Flussdiagramm der sechs Arbeitsschritte

5.1.1. Ermittlung des Ist-Zustands

Das Ziel des ersten Arbeitsschrittes ist die Ermittlung des Ist-Zustandes der Technologie. D.h. Was wissen wir? Was müssen wir noch wissen? Als Werkzeug wird die Innovations-Checkliste (IC) in modifizierter Form verwendet, wie sie bereits in Kapitel 4.3.1 beschrieben wurde. Der Ist-Zustand, in der sich die Technologie befindet, wird durch die Innovations-Checkliste so weit wie möglich beschrieben. Das Endergebnis des ersten Arbeitsschrittes wird anschließend zur Erstellung der graphischen Darstellung des Hauptsystems (HS) und Untersystems (US) verwendet.

Der Einsatz der Innovations-Checkliste ist für branchenspezifische sowie branchenfremde Technologie-Roadmaps sinnvoll, da in beiden Fällen der Ist-Zustand strukturiert dargelegt werden kann. Im Folgenden wird ein Beispiel zur Anwendung der Innovations-Checkliste gegeben. Das Beispiel entstammt aus der Brennstoffzellentechnologie, welches momentan ein interessantes Wissenschaftsgebiet darstellt.

Die Vorgehensweise bei der Erstellung der Innovations-Checkliste unterscheidet sich bei der branchenspezifischen sowie der branchenfremden Technologie-Roadmap. Bei der branchenspezifischen Technologie-Roadmap kann die Innovations-Checkliste bereits im ersten Arbeitsschritt (s.

Abbildung 19) erstellt werden. Bei der branchenfremden Technologie-Roadmap wird in Kombination die Informationsrecherche benötigt, da erst noch Informationen über die neue Technologie gesammelt werden müssen.

Im folgenden Kapitel 5.1.1.1 wird ein Beispiel zur Anwendung der Innovations-Checkliste gegeben. Zudem werden praktische Erläuterungen gemacht, was beim Führen der Innovations-Checkliste zu beachten ist. Für den praktischen Einsatz der Innovations-Checkliste wird vorgeschlagen, eine Checkliste zu erstellen, die man systematisch abarbeitet.

5.1.1.1. Beispiel zum führen der Innovations-Checkliste: Brennstoffzelle im Nacar 5 von Daimler Chrysler

In diesem Kapitel wird ein Beispiel der Innovations-Checkliste anhand der Direct Methanol Fuel Cell (DMFC-Brennstoffzelle) gegeben. Das Beispiel wird in kursiver Schrift kenntlich gemacht. Praktische Erläuterungen sind in einfacher Schrift dargestellt.



Abbildung 20: Necar 5, Quelle-Photo: Geitmann, Sven; Hydrogeit; Präsentation September 2003

1. Information über das Hauptsystem und dessen Umfeld

1.1. Systembezeichnung

Brennstoffzelle vom Typ DMFC (Direct Methanol Fuel Cell)

1.2. Primäre nützliche Funktion des Systems

Brennstoffzelle liefert Energie (nützliche Funktion)

Energie treibt das Fahrzeug an (nützliche Funktion)

Unter dem Punkt 1 (s. Abbildung 20) werden *Informationen über das System und dessen Umfeld* angegeben. Der Anfang bildet die *Systembezeichnung*, die eine genaue Referenz zu einer bestimmten Technologie darstellt. Unter der *primären nützlichen Funktion des Systems* werden die wichtigsten Hauptfunktionen des Systems beschrieben.

2. Derzeitige Systemstruktur

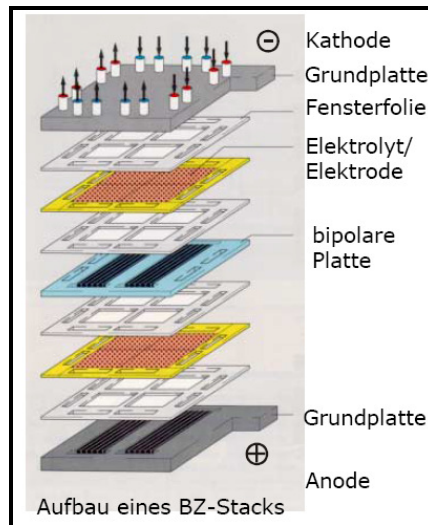


Abbildung 21: Schaltbild einer Brennstoffzelle, Quelle: Blumenberg, Jürgen; Spinner, Markus: Vorlesungsscript Speichersysteme

Bei der Beschreibung der Systemstruktur werden zwei unterschiedliche Vorgehensweisen unterschieden:

1. Branchenspezifische Roadmap: Konstruktionsunterlagen, Zeichnungen, Spezifikationen, etc.
2. Branchenfremde Roadmap: Konstruktionsunterlagen wie z.B. Zeichnungen müssen über Literatur, Patente, etc. (Informationsrecherche zur Informationsgewinnung zum Stand der Technik) herausgefunden werden.

Bei *Branchenspezifischen Roadmaps* wird der Ist-Zustand eines bestehenden Systems beschrieben, ohne dass der wirkliche Stand der Technik bekannt ist (Fall A, s.

Abbildung 19). Konstruktionsunterlage, Zeichnungen und Spezifikationen liegen in der Regel bereits im eigenen Unternehmen vor. Bei branchenfremden Roadmaps gibt es keine Erfahrungswerte, da die Technologie nicht bekannt ist (Fall B, s.

Abbildung 19). Um Informationen über die Technologie zu erhalten, wird eine Informationsrecherche durchgeführt (Arbeitsschritt drei, Kapitel 5.1.3), um die notwendigen Informationen für die Innovations-Checkliste zu erhalten, anschließend erfolgt die Erstellung der Funktionsgraphik (Arbeitsschritt vier, Kapitel 5.1.2).

3. Arbeitsweise des Systems

Die *Arbeitsweise des Systems* beschreibt im Detail, wie das System funktioniert. Im nachfolgenden wird die Arbeitsweise einer DMFC-Brennstoffzelle der Firma Smart Fuel Cell AG beschrieben.⁸⁰

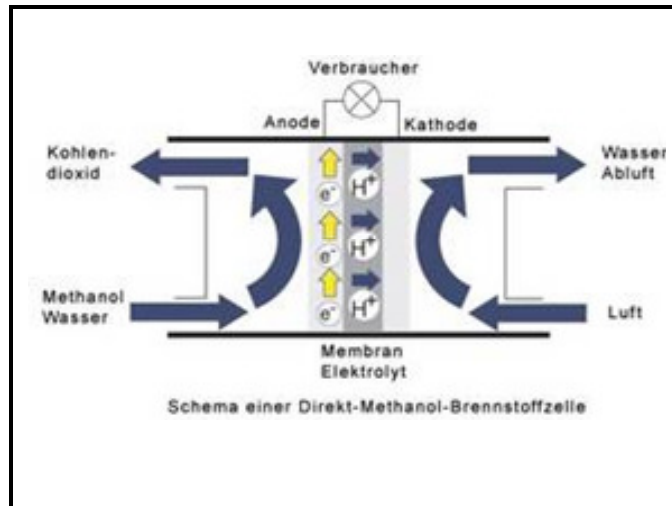
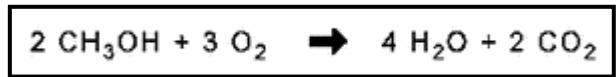


Abbildung 22: Schema einer Direkt-Methanol-Brennstoffzelle, Quelle: EFQY, Smart Fuel Cell AG, Internetauftritt 2006, www.smartfuelcell.de

Auf der Anodenseite wird ein Methanol-Wasser-Gemisch durch das patentierte interne Wassermanagement zugeführt. Dies erlaubt die Verwendung von purem, hochreinem (100%) Methanol in Tankpatronen. Auf der Kathodenseite wird Umgebungsluft in die Brennstoffzelle gepumpt. Die Anoden- und Kathodenseite sind über einen Stromkreis miteinander verbunden. Das Methanol gibt im Kontakt mit dem Katalysator Platin an der Anode seine Elektronen ab, die in Richtung der Kathode im Stromkreis fließen. Die ebenfalls entstandenen Gegenionen (Protonen) passieren die Membran zur Kathode. Dort reagiert der Sauerstoff mit den Protonen und Elektronen: es entsteht reines Wasser.



Während des chemischen Vorgangs erwärmt sich die Brennstoffzelle auf ca. 40°C. Daher wird das Wasser als Wasserdampf und Kohlendioxid nach außen abgegeben. Die

⁸⁰ Beschreibung der DMFC-Brennstoffzelle der Smart Fuel Cell AG, Internetauftritt 2006.

dabei entstehenden Mengen an Feuchtigkeit und Kohlendioxid sind vergleichbar mit der Atemluft eines Kindes.

4. System-Umfeld

4.1. Gleichberechtigte Systeme:

4.1.1. Interagieren mit dem System (positiv, negativ)

- *Das Auto benötigt die Brennstoffzelle als Energiequelle, es verwendet dessen Energie, wenn es fährt, z.B. Elektromotoren, Licht, Elektronische Steuerung, etc.*
- *Die Brennstoffzelle befindet sich im Auto*

4.1.2. Könnten möglicherweise interagieren

- *Weitere Verbraucher befinden sich mit der Brennstoffzelle in Verbindung: Telefon, Stereoanlage, Navigationsgerät, etc.*

4.2. Übersystem und natürliche Umgebung

Während der Lebensdauer des Systems befindet es sich ständig im Fahrzeug. Es kommt während der Fahrt unter Umständen zu einer leichten (normale Fahrwege) bis schweren (Unfall) mechanischen Beanspruchung.

Der Punkt *System Umfeld* sollte so detailliert wie möglich beschrieben werden, da durch diese Punkte die Brennstoffzelle am meisten beeinflusst wird und diese eine hohe Auswirkung auf die Funktion haben. Im Fall der Brennstoffzelle wird das Auto (Karosserierahmen) als ein Übersystem gesehen. Mit aller der größten Sicherheit befindet sich die Brennstoffzelle in mehreren Übersystemen, für die zu aller letzt das Auto das Übersystem ist. Zur Vereinfachung des Beispiels wird aber nur das Auto als Übersystem gesehen.

5. Detailinformationen zum Problem

Bei den *Detailinformationen zum Problem* sollten alle Informationen gesammelt werden, die das System daran hindern, in eine höhere Entwicklungsstufe zu treten. Als Hinderungsgrund können alle die Punkte genannt werden, die den „derzeitigen Zustand bzw. System als ungenügend, störend, behindernd oder verbesserungswürdig“⁸¹

⁸¹ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 60.

beschreiben. Nach *Herb et al.* versucht die *Detailinformation zum Problem* eine Verbindung zwischen nützlichen Funktionen und schädlichen Funktionen herzustellen. *Herb et al.* haben zudem eine Liste von typischen Nachteilen (Hinderungsgründe) formuliert, welche im Folgenden dargestellt werden sollen:

- Eine notwendige nützliche Funktion fehlt;
- Die Ausprägung oder Qualität der nützlichen Funktion ist ungenügend;
- Das System enthält schädliche Funktionen;
- Das System ist zu komplex;
- Die Kosten sind zu hoch;
- Das System leistet weniger als gefordert oder notwendig.⁸²

5.1. Angestrebte Verbesserung

Im Fall unserer Brennstoffzelle könnte eine angestrebte Verbesserung der Wirkungsgrad sein. Der jetzige Wirkungsgrad der DMFC-Brennstoffzelle beträgt 40%.

5.2. Wünschenswerte Systemstruktur

Nach *Herb et al.* darf man bei diesem Punkt Visionen einbringen. Im Fall der Brennstoffzelle würde das bedeuten: Brennstoffzelle hat einen Wirkungsgrad von 90%.

5.3. Zu eliminierender Nachteil (Primäre Schädliche Funktion)

Unter diesem Punkt wird der Nachteil genannt, der das System begrenzt.

5.4. Wirkweise des Nachteils

Unter Wirkweise des Nachteils wird beschrieben, wie der Nachteil entsteht und wie er sich auswirkt. Dieser Punkt ist von wichtiger Bedeutung, um Lösungsansätze zu entwickeln.

⁸² Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 61.

5.5. Entwicklungsgeschichte von Problem und Lösungsversuchen

Die Entwicklungsgeschichte von Problemen und Lösungsversuchen ist wichtig, um zu erfahren, wann und wo die Probleme bereits aufgetreten sind und welchen Lösungsansatz man bereits verfolgt hat oder noch verfolgt. Diese Information bewahrt davor, einen falschen Lösungsansatz ein zweites Mal zu verfolgen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen gescheiterten Lösungsansatz auf seine Richtigkeit zu überprüfen. Es kann unter Umständen sein, dass der Lösungsansatz vorzeitig abgebrochen wurde. Auf jeden Fall hat man durch diese Information die Möglichkeit, auf bestehenden Lösungen aufzubauen.

6. Grenzen der Systemänderungen⁸³

Wichtig für die Veränderung eines Systems ist es herauszufinden, wie hoch der Veränderungsgrad in Wirklichkeit ist. Der Veränderungsgrad hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Derzeitiger Entwicklungs- und Fertigungsstand (Entwicklung, Prototyp, Massenproduktion)
- Welchen Verlust und welche negativen Folgen verursacht das Problem?
- Welcher Benefit, Vorteil oder Profit entsteht bei der Problem-Eliminierung?

7. Analoge Lösungsansätze⁸⁴

Analoge Lösungsansätze beschäftigen sich mit der Suche nach Lösungsansätzen in anderen Fachbereichen. Es kann unter Umständen möglich sein, dass eine Lösung eines Problems in einem anderen Fachbereich schon stattgefunden hat. In einem solchen Fall muss man den schon vorhandenen Lösungsansatz auf das bestehende Problem übertragen.

⁸³ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 62.

⁸⁴ Vgl. Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, S. 63.

5.1.1.2. Kurze Diskussion der Innovations-Checkliste

Die Innovations-Checkliste kann bei der Problembeschreibung zur Ermittlung des Ist-Zustands als systematischer Leitfaden dienen. Sie kann oberflächlich sowie auch detailliert ausgearbeitet werden. In der Gruppenarbeit kann die Innovations-Checkliste vom Moderator eingesetzt werden, um eine Gruppe anzuleiten.

Schwierigkeiten ergeben sich durch die sehr allgemein gehaltenen Fragen. Hierbei besteht die Gefahr, dass diese eher qualitativ als quantitativ beantwortet werden. D.h. nicht mit Zahlen und Daten belegt werden.

Zu beachten ist beim Führen der Innovations-Checkliste, dass bereits schon beim Abarbeiten Ideen bzw. Lösungsvorschläge auftreten können. Diese sollten gleich in einer separaten Ideensammlung erfasst werden, damit sie nicht in Vergessenheit geraten. Im späteren Verlauf können diese dann wieder eingebracht werden.

Die Innovations-Checkliste kann sehr detailliert aber auch sehr oberflächlich gehalten werden. Werden die Ergebnisse für einen groben Überblick über eine Technologie verwendet, reicht eher eine qualitative Aussage über die zu beschreibende Technologie. Bei einer Erarbeitung des Stands der Technik geht man hierbei mehr in die Tiefe.

5.1.2. Erstellung der Funktionsgraphik

Nachdem mit der Innovations-Checkliste die Ist-Situation beschrieben wurde, muss das Hauptsystem (HS), welches die Technologie als ganzes beschreibt, graphisch in seine einzelnen Untersysteme (US) gegliedert werden (s. Abbildung 23). Das Ergebnis ist eine graphische Darstellung des Hauptsystems und der einzelnen Untersysteme.

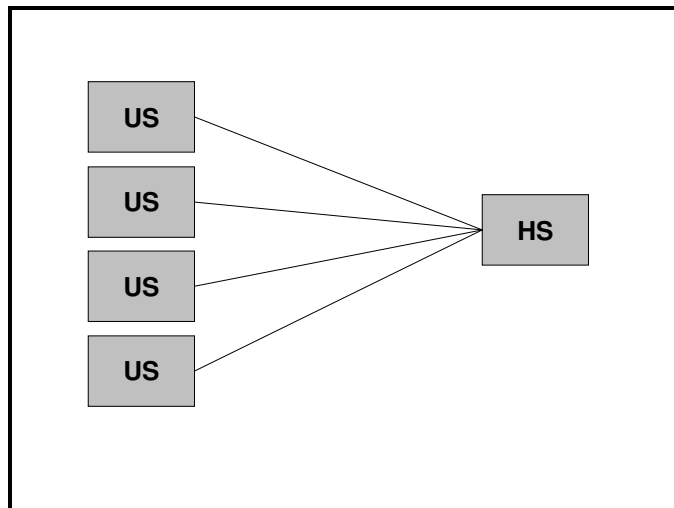


Abbildung 23: Graphische Darstellung HS und US

Nachdem das Hauptsystem in seine Untersysteme eingeteilt wurde, werden dem Hauptsystem sowie dessen Untersystemen die entsprechenden Funktionen zugeordnet. Als Ergebnis entsteht die Funktionsgraphik (s. Abbildung 23).

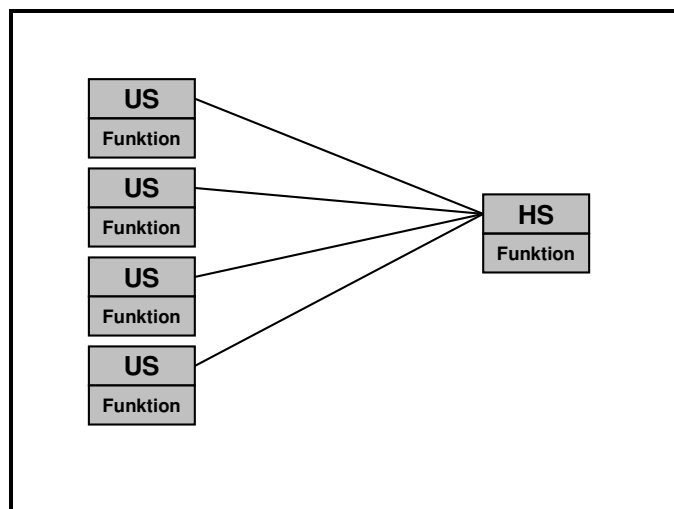


Abbildung 24: Funktionsgraphik

5.1.3. Informations- und Technologierecherche

Die Informationsrecherche schließt im Fall A (s. Abbildung 19) direkt an den dritten Arbeitsschritt (s. Abbildung 19) an und hat zum einen die Aufgabe der Überprüfung, ob die untersuchte Technologie tatsächlich dem Stand der Technik entspricht. Zum andern hat die Informationsrecherche die Aufgabe, Informationen zu den jeweiligen Funktionen des Hauptsystems und des Untersystems zu gewinnen. In der Praxis wird in iterativen Schritten immer wieder zwischen der Informationsrecherche und der Funktionsgraphik hin und her gewechselt, bis der Stand der Technik genau beschrieben wurde.

Im Fall B (s. Abbildung 19) der Informationsrecherche wird öfters zum ersten Arbeitsschritt (Innovations-Checkliste) zurückgesprungen, da Informationen zum Stand der Technik noch nicht vorliegen und erst über eine Recherche gewonnen werden können.

Die Technologierecherche wird im sechsten Arbeitsschritt (s. Abbildung 19) dazu verwendet, um für die in die Zukunft transformierten Funktionen die passenden Untersysteme zu finden. Dieser Schritt läuft ebenfalls, wie bereits im Schritt der Informationsrecherche beschrieben, in iterativen Schritten ab. In der Technologierecherche wird so lange zwischen dem fünften und sechsten Arbeitsschritt hin und her geschaltet, bis ein passendes Untersystem gefunden wurde. Nicht immer lässt sich aber ein Untersystem für eine zukünftige Funktion finden. Die Vorgehensweise für einen solchen Fall wird in Kapitel 5.1.6 beschrieben.

Das Ergebnis des dritten Arbeitsschrittes ist ein Wissenspool, aus dem die darauffolgenden Arbeitsschritte versorgt werden. Das Hauptziel der Informationsgewinnung dient dazu, den Stand einer Technologie auf der S-Kurve zu bestimmen und herauszufinden, welche Entwicklungsmöglichkeit (Potenzial) diese Technologie besitzt.

Neben dem Hauptziel existieren nach *Grawatsch* drei Teilziele, welche im Folgenden dargestellt werden:

- Alle Produkttechnologien ermitteln, welche dieselbe Hauptfunktion zeigen.
- Alle möglichen Anwendungsfälle und die dazugehörigen Technologien ermitteln.
- Zusatzinformationen sammeln.⁸⁵

Für die Gewinnung von Informationen werden die folgenden Arten der Informationsquellen als wichtig angesehen:

- Patente
- Literaturrecherche
- Externe Netzwerke
- Benchmarking
- Messen

5.1.3.1. Patente

Patente besitzen einen objektiven Informationsgehalt, sind leicht zugänglich und haben einen hohen Abdeckungsgrad.⁸⁶ Über eine Patentrecherche können Informationen zur Technologie-Evaluation sowie Informationen über das strategische Verhalten der Wettbewerber abgeleitet werden. Die Technologie-Evaluation verläuft nach *Kohn* in zwei Schritten⁸⁷:

- Quantitative/ statistische Patentanalyse: Statistische Analyse des Anmeldeverhaltens in einem definierten Zeitraum, um einen Überblick über die Technologieentwicklung zu gewinnen.
- Qualitative/ inhaltliche Patentanalyse: Analyse der inhaltlichen Aspekte bzgl. der neuen Technologie hinsichtlich des Stands der Technik. Die Analyse erfolgt also verstärkt auf den Inhalt der bestehenden Patente.

⁸⁵ Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung, S. 74.

⁸⁶ Vgl. Specht, G.; Beckmann, C.: F&E-Management, in: Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung, S. 80.

⁸⁷ Vgl. Kohn, Stefan: Technologiemanagement – Patentrecherche, Online im Internet, S. 1.

Nach *Kohn* lassen sich mit der Patentrecherche die folgenden Informationen über die Wettbewerber erhalten⁸⁸:

- Einblick in die Wettbewerberstruktur und in die technologische Stärke der jeweiligen Wettbewerbers;
- Strategiekonzentration des Wettbewerbers infolge von ansteigenden Patentzahlen;
- Rückzug des Wettbewerbers aus einem Technologiegebiet durch sinkende Patentzahlen.

5.1.3.2. Literaturrecherche

Im Gegensatz zu den Patenten wird die *Literaturrecherche* als Informationsquelle zuerst vorgezogen, da in der Literatur das Wissen aus Patenten erklärt wird. Das Wissen reicht von der allgemeinen Basisinformation bis zur speziellen fachlichen Information. Bezüglich der Literaturrecherche werden die folgenden Hauptmedien unterschieden:

- Monographien
- Journalartikel
- Fachaufsätze
- Internet

Nach *Grawatsch* können je nach recherchierter Technologie bereits alle Informationen in der Literatur sowie im Internet gefunden werden. Wie auch bei der Patentanalyse kann eine quantitative/ statistische und eine qualitative/ inhaltliche Analyse in der Literatur unterschieden werden.

⁸⁸ Kohn, Stefan: Technologiemanagement – Patentrecherche, Online im Internet, S. 1.

5.1.3.3. Externe Netzwerke

Externe Netzwerke stellen eine weitere wichtige Informationsquelle dar. Diese Netzwerke soll in die folgenden Quellen eingeteilt werden:

- Hochschulen
- Externe Experten
- Kunden
- Lieferanten

Von vielen Unternehmen wird die Leistungsfähigkeit von *Hochschulen* unterschätzt. Gerade im Rahmen ihrer praktischen Ausbildung sind Hochschulen sehr daran interessiert, mit Unternehmen eine Zusammenarbeit einzugehen. Einen erheblichen Teil von Forschungsarbeit können diese Unternehmen daher auf die Hochschulen übertragen. Es fallen daher meist nur Kosten für Ressourcen wie z. B. Materialeinsatz an. Hochschulen stellen in diesem Sinne einen sehr effektiven Wissenspool dar.

Externe Experten sind sehr wichtig, da von ihnen wichtige Informationen zum Stand von Technologien gegeben werden können. Mann gelangt über sie aber auch an Informationen, die Entwicklungsziele sowie Entwicklungsbarrieren betreffen.⁸⁹ Dieses Wissen wird von Grawatsch als subjektiv angesehen. Durch den Einsatz von speziellen Methoden müsste es aber möglich sein, objektive Meinungen zu isolieren bzw. diese durch spezielle Methoden zu bilden. Z.B. der Einsatz der Delphi-Methode, Experten-Panels, flexible Expertenbefragung könnte hier zum tragen kommen, nur eben in einem kleineren Umfang.

Den *Kunden* in den Informationsfluss mit einzubeziehen, ist von äußerster Wichtigkeit, da an ihn die zukünftigen Technologien verkauft werden. Der Kunde bezahlt indirekt die Forschungs- und Entwicklungsarbeit eines Unternehmens. Die wichtigste Methode, vom Kunden Informationen über zukünftige Technologien zu erhalten, ist die Quality Function Deployment.

⁸⁹ Vgl. Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung, S. 83.

Lieferanten stehen am Anfang der Produktkette und besitzen unter Umständen detaillierte Informationen über Entwicklungstrends. Das Eingehen von strategischen Partnerschaften kann hier sehr lohnenswert sein. Aber auch durch die Auswertung von Auditergebnissen können Technologietrends erkannt werden.

5.1.3.4. Benchmarking

Unter den Benchmarking fallen drei Bereiche, welche für die Technologiefrüherkennung interessant sind:

- Technischer Stand von Vorgängerprodukten
- Entwicklung des Markts
- Produktbenchmark

Durch den *technischen Stand eines Vorgängerproduktes* lässt sich Entwicklungsbarriere des Vorgängerproduktes definieren. Durch ihn weiß man, wo eine neue Technologie ansetzt. Hieraus ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Genaue Abgrenzung von Vorgängertechnologie und Nachfolgentechnologie und dadurch die Bestimmung des Zeitpunktes, an dem die Nachfolgentechnologie den Markteintritt schaffte;
- Ermittlung der Erfindungshöhe der Nachfolgentechnologie.

In der *Entwicklung des Marktes* sucht man Unternehmen, die bereits in dem jeweiligen Technologieumfeld tätig sind. Ziel ist es, so viele Informationen über diese Unternehmen zu sammeln wie möglich (Z.B. Standort des Unternehmens, spezifische Unternehmensdaten wie Umsatz oder Entwicklungsaufwand und weitere Kenngrößen). Diese Informationen sollten anschließend praktikabel strukturiert werden.

Im *Produktbenchmarking* versucht man Informationen über ein entsprechendes Konkurrenzprodukt zu erhalten. Auch hier gilt es, so viele Informationen vom Markt wie möglich zu erhalten, und diese anschließend praktikabel zu strukturieren. Als weitere Vorgehensweise kann eine physische Analyse an einem Konkurrenzprodukt vorgenommen werden, um den Stand der Technologie zu analysieren.

5.1.4. Ermittlung der zukünftigen Funktion

Ziel des Arbeitsschritts ist die Ermittlung der zukünftigen Funktion eines Systems. Anhand des ersten bis dritten Arbeitsschrittes wurde die Funktion des Hauptsystems sowie der Untersysteme eindeutig beschrieben. Ein interessanter Ansatz wird von *Möhrle* aufgezeigt, der anhand einer funktionellen Abstraktion darauf schließt, was der Kunde in Zukunft von einem System erwartet. Dies wird dadurch erreicht, dass ein System in seine funktionalen Bestandteile zerlegt wird und für jede dieser Funktionen die Erwartung des Kunden erarbeitet wird. Wesentlich an diesem Ansatz ist, dass *Möhrle* die zukünftigen Kunden einer Technologie betrachtet. Der Ansatz von *Möhrle* soll in dieses Kapitel mit einfließen.

Für jede Funktion, wie in Abbildung 24 dargestellt, wird jetzt anhand der technischen Entwicklungsmuster die zukünftige Funktion ermittelt. Dies geschieht, wie durch *Möhrle* vorgeschlagen, in einem Brainstorming von Experten.⁹⁰

Es stellt sich die Frage, ob für jedes Untersystem bzw. Funktion eine zukünftige Funktion ermittelt werden muss. Unter Umständen besteht das Hauptsystem bereits aus Funktionen, welche im unteren Bereich der S-Kurve stehen. Als Priorität wird die Konzentration auf Untersysteme im oberen Bereich der S-Kurve gesehen, da diese nach dem dritten Evolutionsprinzip das Hauptsystem limitieren. Um dieses herauszufinden, sollte jedes Untersystem auf eine S-Kurve aufgetragen werden, um sich auf die wesentlichen Untersysteme zu konzentrieren, für die am schnellsten eine zukünftige Funktion ermittelt werden kann (s. Abbildung 25).

Der erste Schritt beruht hauptsächlich auf dem dritten Evolutionsprinzip, d.h. ungleichmäßige Entwicklung von Systemen und/ oder Einzelteilen. Die einzelnen Untersysteme und ihre Funktionen werden mit ihrer Position auf die S-Kurve aufgezeichnet. Der Ist-Stand wird in der Informationsrecherche festgestellt. Der Schwierigkeitsgrad, eine zukünftige Funktion bzw. ein Untersystem zu finden, nimmt zu, wenn man vom oberen Teil der S-Kurve nach unten fährt.

⁹⁰ Vgl. Möhrle, Martin G.: TRIZ basiertes Technologie-Roadmapping, S. 197.

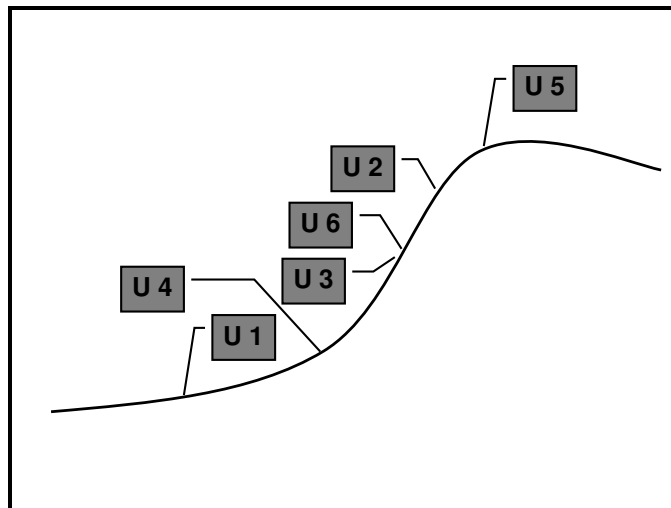


Abbildung 25: Untersysteme auf der S-Kurve

Im zweiten Schritt werden nun, wie bereits von Möhrle vorgeschlagen, in einem Brainstorming von Experten die zukünftigen Funktionen ermittelt.

5.1.5. Technologierecherche

Aufgabe der Technologierecherche ist es, Informationen zur Verfügung zu stellen, damit die Funktionen wieder in Untersysteme rückgeführt werden können. Die Technologierecherche ist nicht mehr auf Informationsgewinnung ausgelegt, sondern mehr auf die spezifische Suche nach Technologien, die die Funktionen der Untersysteme erfüllen können. Im besten Fall wurden bereits schon in der Informationsrecherche bestimmte Technologiewege ersichtlich, welche für die zukünftige Funktion eines Untersystems von Bedeutung werden würde. In der Vorgehensweise kann im selben Stil vorgegangen werden, wie bei der Informationsrecherche.

5.1.6. Ermittlung des Hauptsystems und Bildung der Roadmaps

In dem sechsten Arbeitsschritt fließen die Informationen, welche aus dem fünften Arbeitsschritt gewonnen werden. Der sechste Arbeitsschritt ist ein iterativer Schritt, da bei Bedarf auf den fünften Arbeitsschritt zurückgegriffen wird. Zur Ermittlung des Hauptsystems wird für jede zukünftige Funktion ein passendes Untersystem gesucht,

welches die zukünftige Anforderung erfüllen soll. Der sechste Arbeitsschritt ist im Prinzip die umgekehrte Vorgehensweise zum zweiten Arbeitsschritt, der Erstellung der Funktionsgraphik. Im sechsten Arbeitsschritt wird explizit nach einer Technologie gesucht, welche das Hauptsystem auf eine neue Evolutionsstufe hebt. Nicht immer werden sich für Funktionen ein passendes Untersystem finden lassen. Für einen solchen Fall bestehen zwei Möglichkeiten:

- a) Die Funktion wird komplett weggelassen;
- b) Es wird eine Zwischentechnologie gebildet, bis das passende Untersystem zur Verfügung steht;
- c) Die Funktion wird in ein anderes Untersystem integriert. D.h. das Untersystem erfüllt zwei Funktionen.

Die Möglichkeit *a* bedeutet, dass ein Produkt seine Funktionsvielfalt verliert. Dies kann unter Umständen dazu führen, dass ein Kunde dieses als Rückschritt in der Technologie empfindet.

Im Fall von *b* führt die Bildung eines Zwischenproduktes zwangsläufig zu einer Roadmap, da man sich hier auf der Suche nach einer neuen Untersystem-Technologie befindet, man aber nicht auf die Einführung einer neuen Technologie verzichten möchte (s. Abbildung 26).

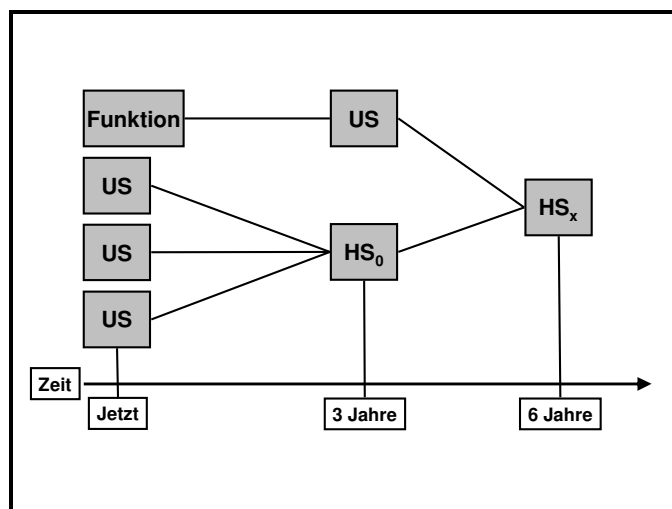


Abbildung 26: Beispiel einer Roadmap

Will man eine Funktion in ein anders Untersystem integrieren, wie im Fall *c* beschrieben, kann es unter Umständen dazu kommen, dass ein neues Produkt viel später auf den Markt gelangt, als ein vergleichbares Konkurrenzprodukt. Dies wird zur Folge haben, dass die Konkurrenz bereits schon den Markt an sich gebunden hat.

In vielen Fällen wird es vorkommen, dass für die gewünschte Funktion kein Untersystem auf dem Markt existiert. Der Vorteil hierbei ist, dass ein Unternehmen ein Zwischenprodukt auf den Markt bringen kann, um die Einführung von hochwertigeren Produkten vorzubereiten. D.h. ein Unternehmen sichert sich damit unter Umständen den Markt vor einem Konkurrenzprodukt.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Eine Aufgabe des Technologiemanagements ist die Schaffung, Steuerung und Weiterentwicklung von neuen Technologien, um die Zukunft eines Unternehmens vorzubereiten. Der Prozess des Technologiemanagements beschäftigt sich mit der Technologiefrüherkennung, Festlegung der Technologiestrategie, Implementierung des Vorhabens sowie der Technologiekontrolle. Der Focus dieser Arbeit lag hierbei im Bereich der Technologiefrüherkennung. In der Phase der Technologiefrüherkennung gibt es betriebswirtschaftliche sowie auch volkswirtschaftliche Maßnahmen, welche zum Erkennen von neuen Technologien eingesetzt werden. Die Technologiefrühaufklärung ist eine Maßnahme, welche von Unternehmen eingesetzt wird, um nach neuen Technologien zu forschen. Die Technologieprognose und Technologievorausschau orientiert sich an der Gesamtwirtschaft. Volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Erscheinungen werden durch die Technologiewirkungsanalyse und Innovations- und Technikanalyse behandelt. Das Roadmapping ist in der Technologiefrühaufklärung eine wirkungsvolle Methode, um neue Technologien zu prognostizieren und dessen Potenzial zu beschreiben. Die Notwendigkeit der Technologiefrühaufklärung begründet sich alleine aus der Tatsache heraus, dass Unternehmen nicht den Anschluss an neuartige Technologien verlieren dürfen. Nach einer Untersuchung von *Lichtenthaler* werden bis zu 50 verschiedene Methoden in der Technologiefrühaufklärung eingesetzt. Diese Methoden unterscheiden sich hauptsächlich in ihrem Zeithorizont und in der Gewinnung von quantitativen oder qualitativen Ergebnissen. Das Hauptziel der Unternehmen, welche Methoden zur Technologiefrüherkennung einsetzen, liegen im Wesentlichen darin, technologische Verbesserungen zu erreichen, technologisches Wissen zu generieren sowie einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Mitkonkurrenten zu erhalten.

Roadmapping zeigt neben der Prognose und Potenzialeinschätzungen von neuen Produkten, Dienstleistungen und Technologien auch den Weg dorthin auf und visualisiert diesen. Neben den sieben unterschiedlichen Typen von Roadmaps ging die Arbeit näher auf das kombinierte Produkt- und Technologie-Roadmapping ein. Unterschieden werden diese beiden Roadmaptypen dadurch, dass das Produkt-Roadmapping sich an den Bedürfnissen des Marktes orientiert und das Technologie-Roadmapping an der Wissenschaft zur Entwicklung neuer Technologien. Laut *Abele et*

al. wird das Produkt- und Technologie-Roadmapping in der Literatur häufig als Einheit betrachtet. Aufgrund des langen Zeithorizontes von 15 Jahren kann das Technologie-Roadmapping als ein strategisches Instrument für Unternehmen gesehen werden. Die Grenze des Technologie-Roadmapping liegt darin, dass es keine technologischen Durchbrüche sowie wissenschaftliche Entdeckungen vorhersagen kann. Erst nachdem diese Grenze durchbrochen wurde, kann Roadmapping wieder eine sichere Vorausschau ermöglichen. Die am meisten eingesetzten Methoden im Roadmapping sind die Portfoliotechnik und die Szenarioanalyse.

TRIZ ist eine Methode, welche systematisch Innovationen provozieren kann. Es wird eingesetzt, wenn die Lösung kein Kompromiss darstellen soll. Die Methode beruht auf dem Prinzip der Analogiebildung und funktioniert dadurch, dass Erkenntnisse und Lösungen aus anderen Fach- und Wissenschaftsbereichen zur Lösung eines Problems eingesetzt werden können. *Altschuller*, der Begründer von TRIZ, hat Werkzeuge entwickelt, welche in ihrer Vorgehensweise eine bestimmte Systematik, Wissen, Analogie und Vision aufweisen. Aufgrund der Erfahrungen sowie des Wissens aus unzähligen Patenten bietet TRIZ ein hohes Potential für den Erfinder.

Als mögliche Schnittstelle zwischen Roadmapping und TRIZ werden die Entwicklungsmuster technischer Systeme und die S-Kurvenanalyse gesehen. Die S-Kurvenanalyse gibt den Stand einer Technologie auf der S-Kurve wieder. Anschließend können anhand der Entwicklungsmuster technischer Systeme neue Produkte, Dienstleistungen oder Technologien vorhergesagt werden. Danach können die Ergebnisse konkretisiert und quantifiziert in einer Roadmap festgelegt werden. TRIZ ist eine unterstützende Methode für das Technologie-Roadmapping. Es sorgt dafür, dass Produkte, Dienstleistungen oder Technologien qualitativ Ergebnisse liefern, welche durch das Roadmapping anschließend weiter konkretisiert und quantifiziert werden.

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen Leitfaden zu entwickeln, der das Roadmapping mit TRIZ verknüpft. Es wurde ein Leitfaden entwickelt, der in sechs Arbeitsschritten abläuft. Im Leitfaden wurden zwei verschiedenen Fälle betrachtet: Unternehmen, welche im Rahmen einer Erweiterungsinvestition (Branchenspezifische Technologie-Roadmap) ihr vorhandenes Technologiepotential ausbauen wollen und

Unternehmen, welche im Rahmen einer Gründungsinvestition (Branchenfremde Technologie-Roadmap) in einen neuen Markt eintreten möchten.

Der Unterschied, des in Kapitel 5.1 beschriebenen Ansatzes, zu der Vorgehensweise von *Grawatsch* und *Möhrle* liegt darin, dass es sich in erster Linie um einen Leitfaden handelt und dieser pragmatisch und schnell von „jedermann“ eingesetzt werden kann. Der Leitfaden kommt ohne komplexe Methoden aus. Bei Bedarf können einzelne Methoden in den Leitfaden eingebracht werden. Hauptziel des Leitfadens ist es, einen aktuellen Überblick über eine Technologie zu geben und die Richtung, in welche sich die Technologie entwickeln könnte. Ein weiterer Unterschied des Leitfadens zu Methode von *Grawatsch* liegt ferner darin, dass *Grawatsch* sein Hauptaugenmerk auf die Potentialbestimmung einer Technologie richtet. Eine vollständige Potentialbestimmung muss nicht immer durchgeführt werden. Beim Auffinden von neuen Technologiefeldern ist ein grober Überblick über den Stand der Technik und ein grober Ausblick in die Zukunft der Technologie ausreichend. Auf diese Weise können Unternehmen mehrere Technologiefelder in kurzer Zeit analysieren.

Ein Problem, welches beim Einsatz des Leitfadens auftritt, ist die Bewertung von Ergebnissen. So wird es beispielsweise in der quantitativen Patent- und Literaturrecherche schwierig sein, die Innovationshöhe eines untersuchten Systems detailliert zu beschreiben. Ein Vorschlag wäre es, ein einfaches Kennzahlensystem für die Bewertung einzusetzen.

Der Leitfaden wurde eigenes im Rahmen dieser Arbeit entwickelt. Er hat sich in der Praxis noch nicht bewährt. In einer weiterführenden Arbeit sollte die praktische Anwendung des Leitfadens überprüft werden. Das Ziel der vorliegenden Arbeit, einen Leitfaden zu entwickeln, in welchem die beiden Methoden TRIZ und Roadmapping miteinander verknüpft werden, wurde erreicht. Es entstand ein einfacher und unkomplizierter Leitfaden, welcher eine pragmatische und systematische Struktur besitzt. Er ist in der Lage, eine schnelle Generierung von Ergebnissen zu erreichen und kann dadurch einen schnellen Überblick über eine untersuchte Technologie geben.

Literatur

- [1] Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten: Technologie-Roadmaps, Düsseldorf: Symposion Publishing 2005
- [2] Baron, Waldemar; Luther, Wolfgang; Zweck, Axel: Innovations- und Technik-analyse– Chancen und Barrieren betrieblicher Integration, 1. Auflage, Frankfurt/Main: Campus Verlag 2003
- [3] Behrens, Stefan: Möglichkeiten der Unterstützung von strategischer Geschäftsfeldplanung und Technologieplanung durch Roadmapping, Berlin: Logos-Verlag, 2003
- [4] Behrens, Stefan; Specht, Dieter: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmaps, München: Springer-Verlag 2005, S. 141-160
- [5] Böhm, Eike; Schöpf, Hans-Joachim: Technologiemanagement in der Automobil-industrie, in Zahn, Erich (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1995, S.841-859
- [6] Braun, Frank; Zahn Erich: Identifikation und Bewertung zukünftiger Technik-trends – Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung, in: VDI-Technologiezentrum (Hrsg.): Technologiefrühaufklärung, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1992, S.3-15
- [7] Bullinger: Einführung in das Technologiemanagement, in: Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten: Technologie-Roadmaps, Düsseldorf: Symposion Publishing 2005
- [8] Bürgel, Dietmar; Reger, Guido; Ackel-Zakour, René: Technologie Früherkennung in internationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmaps, München: Springer-Verlag 2005, S. 27-53
- [9] Cuhls, Kerstin; Möhrle, Martin G.: Unternehmensstrategische Auswertung der Delphi- Berichte, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmaps, München: Springer-Verlag 2005, S.103-130
- [10] Geschka, Horst; Schaufele, Jochen; Claudia, Zimmer: Explorative Technologie-Roadmaps – Eine Methodik zur Erkundung technologischer Entwicklungslinien

- und Potenziale, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmaps, München: Springer-Verlag 2005, S. 161-184
- [11] Geschka, Horst: Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage, in Zahn, Erich (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement, Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1995, S.623-644
- [12] Gimpel, Bernd; Herb, Thilo; Herb, Rolf: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ, München: Hanser-Verlag, 2000
- [13] Gimpel, Bernd; Herb, Thilo: TRIZ-Erfinden mit System, TRIZ-online 2002, Online im Internet: www.triz-online.magazin.de
- [14] Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung, Aachen: Techn. Hochschule, Diss, 2005
- [15] Gundlach, Carsten; Nähler, Horst (Hrsg.): Innovation mit TRIZ-Konzepte, Werkzeuge, Praxisanwendungen, Düsseldorf: Symposion Publishing, 2006
- [16] Herb, Rolf; Herb, Thilo; Kohnhauser, Veit: Der systematische Weg zur Innovation, Landsberg/ Lech: mi, Verl., Moderne Industrie, 2000
- [17] Klein, Bernd: TRIZ/ TIPS – Methodik des erfinderischen Problemlösens, München- Wien: Oldenbourg-Verlag, 2002
- [18] Kohn, Stefan: Technologiemanagement-Patentrecherche, Online im Internet unter [URL:http://www.innovationsmanagement.de/technologiemanagement/patentrecherche.html](http://www.innovationsmanagement.de/technologiemanagement/patentrecherche.html) (25.2.2007)
- [19] Laube, Thorsten; Abele, Thomas; Sihn, Wilfried: Mit Produkt- und Produktionstechnologie-Roadmaps die virtuelle Zukunft vorbereiten, in: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 98. Jg., 2003, Heft 6, S. 276-278
- [20] Lichtenthaler, Eckhard: Methoden der Technologiefrüherkennung und Kriterien zu ihre Auswahl, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmaps, München: Springer-Verlag 2005, S. 55-80
- [21] Linde, Hansjürgen; Herr, Gunther, Rehklau Andreas: WOIS – Widerspruchs orientierte Innovationsstrategien, in: 7. WOIS Innovations Symposium, Coburg 2005
- [22] Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Grundlagen des Technologie-Roadmappig, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmaps, München: Springer- Verlag 2005, S. 2-11

- [23] Möhrle, Martin G.: TRIZ basiertes Technologie-Roadmapping, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmaps, München: Springer-Verlag 2005, S. 185-203
- [24] Orloff, Michael A.: Grundlagen der klassischen TRIZ, 2. Aufl., München: Springer Verlag 2004
- [25] Pannenbäcker, Tilo: Methodisches Erfinden im Unternehmen, 1. Auflage, München: Gabler-Verlag, 2001
- [26] Specht, G.; Beckmann, C.: F&E-Management, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1996, in: Grawatsch, Markus: TRIZ basierte Technologie-Früherkennung, Aachen: Techn. Hochschule, Diss, 2005
- [27] Stübinger, Mathias; Apfelbacher, Werner; Reiners-Kröncke, Werner: Sozialmanagement 1: Zielfindung und Problemlösung, Köln: Fortis Verlag FH GmbH, 1999
- [28] Terninko, John; Zusaman, Alla; Zlotin, Boris; Herb, Rolf (Hrsg.): TRIZ, Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt: Ideen produzieren, Nischen besetzen, Märkte gewinnen, Dt. Übers. Rolf Herb, Landsberg/ Lech: mi, Verlag Moderne Industrie, 1998
- [29] TriSolver Consulting: TRIZ Innovationstechnologie–Produktentwicklung und Problemlösung, Hannover: TriSolver, 2002
- [30] Wildemann, Horst; Roadmapping, Leitfaden zur Planung und Erschließung von Zukunftspotentialen im Unternehmen, 3. Auflage, München: TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG 2005
- [31] Wolfrum, Bernd: Strategisches Technologiemanagement, Wiesbaden: Gabler-Verlag, 1991
- [32] Zobel, Dietmar: TRIZ für alle, Renningen: Expert-Verlag, 2005

Anhang

Anhang A

40 Innovationsprinzipien

7. Zerlegung	8. Prinzip des Durcheilens
9. Abtrennung	10. Umwandlung von Schädlichem in Nützlichem
11. Örtliche Qualität	12. Rückkopplung (Feedback)
13. Asymmetrie	14. Prinzip des „Vermittlers“
15. Kopplung	16. Selbstbedienung
17. Universalität	18. Kopieren
19. Integration	20. Billige Kurzlebigkeit anstelle teurer Langlebigkeit
21. Gegengewicht	22. Ersetzen des mechanischen Systems
23. Vorherige Gegenwirkung	24. Anwendung von Pneumo- und Hydrokonstruktionen
25. Vorherige Wirkung	26. Anwendung biegsamer Hüllen und dünner Folien
27. Prinzip des „vorher untergelegten Kissens“ (Vorbeugemaßnahmen)	28. Verwendung poröser Werkstoffe
29. Äquipotentialität	30. Farbveränderung
31. Funktionsumkehr (Inversion)	32. Gleichartigkeit (Homogenität)
33. Kugelhähnlichkeit (Sphäroidalität)	34. Beseitigung und Regenerierung der Teile
35. Dynamisierung	36. Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften
37. Partielle oder überschüssige Wirkung	38. Anwendung der Phasenübergänge
39. Übergang zu anderen Dimensionen	40. Anwendung der Wärmeausdehnung
41. Ausnutzung mechanischer Schwingungen	42. Anwendung starker Oxidationsmittel
43. Periodische Wirkung	44. Anwendung eines trägen Mediums
45. Kontinuität der nützlichen Wirkung	46. Anwendung von Verbundwerkstoffen

Anhang B

Innovations-Checkliste

1. Information über das Hauptsystem und dessen Umfeld
 - 1.1. Systembezeichnung
 - 1.2. Primäre nützliche Funktion des Systems
2. Derzeitige Systemstruktur
3. Arbeitsweise des Systems
4. System-Umfeld
 - 4.1. Gleichberechtigte Systeme:
 - 4.1.1. Interagieren mit dem System (positiv, negativ)
 - 4.1.2. Könnten möglicherweise interagieren
 - 4.2. Übersystem und natürliche Umgebung
5. Detailinformationen zum Problem
 - 5.1. Angestrebte Verbesserung
 - 5.2. Wünschenswerte Systemstruktur
 - 5.3. Zu eliminierender Nachteil (Primäre Schädliche Funktion)
 - 5.4. Wirkweise des Nachteils
 - 5.5. Entwicklungsgeschichte von Problem und Lösungsversuchen
6. Grenzen der Systemänderungen
7. Analoge Lösungsansätze

Anhang C

Eidesstattliche Erklärung

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Coburg, den 28. März 2007

René Ruffer