

IZT

Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung
Institute for Futures Studies and Technology Assessment

**Integriertes Technologie-Roadmapping
zur Unterstützung nachhaltigkeits-
orientierter Innovationsprozesse**

Siegfried Behrendt, Lorenz Erdmann

Werkstattbericht Nr. 84

Endbericht
des Projektes
Innovationspfade für eine nachhaltige Informationsgesellschaft
im Rahmen der
Sozial-ökologischen Forschung (SÖF) des BMBF
07IFS03A

Berlin, Oktober 2006

ISBN 978-3-929173-84-0

© 2006 **IZT**

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

(WerkstattBerichte / IZT, Institut für Zukunftsstudien und
Technologiebewertung ; Nr. 84)

ISBN 978-3-929173-84-0

© 2006 **IZT** by Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Printed in Germany

Kurzfassung

Im Projekt „Innovationspfade für eine nachhaltige Informationsgesellschaft“, das im Rahmen der sozial-ökologischen Forschung vom BMBF (unter dem Kennzeichen 07IFS03A) gefördert wurde, wurde das Instrument des Roadmapping mit Blick auf eine innovationsstrategische und forschungspolitische Nachhaltigkeitsorientierung weiterentwickelt. Roadmapping ist ein bewährtes und zunehmend verbreitetes Instrument der Technologiefrüherkennung. Das Roadmapping fokussiert bis dato allerdings in erster Linie auf Technologien und ist in der Praxis weitestgehend technologiegetrieben. Sozio-ökonomische und sozial-ökologische Zusammenhänge spielen vielfach eine untergeordnete Rolle. Als Ergebnis werden häufig Technikbilder produziert, die aufgrund der fehlenden sozio-ökonomischen bzw. sozial-ökologischen Einbettung autistisch wirken und sich am technisch Machbaren orientieren. Zur Behebung dieses Defizits wurde ein neues Konzept vorgelegt: eine „Integrated Roadmap“. Sie zielt darauf ab, gesellschaftliche Bedarfe und Kundenbedürfnisse sowie Nebenfolgen und Risiken frühzeitig in Innovationsprozesse einzubeziehen.

Abstract

In the project „Innovation Paths for a Sustainable Information Society” the Institute for Futures Studies and Technology Assessment (IZT) further developed the roadmapping method. IZT extended the method to include aspects of sustainable development at the level of innovation strategy and at the level of research politics. The project was funded by the German Federal Ministry of Education and Research in the context of the socio-ecological research program (research number 07IFS03A).

Roadmapping is an already established and increasingly applied foresight tool. It has been mainly used to foster technology-driven product and service developments. However, in most roadmapping projects socio-economic and socio-ecological aspects play only a minor role. The resulting technology pictures are often restricted, focused on technological feasibility and lacking the socio-ecological context.

In the current project IZT developed a new concept to overcome the existing deficiencies: the concept of “integrated roadmapping”. The aim of integrated roadmapping is to integrate societal needs, customers needs and the assessment of risks and side effects in the innovation process at an early stage.

Inhalt

Kurzfassung.....	3
Abstract.....	4
Inhalt.....	5
1. Ausgangslage: Dominanz technologisch verkürzter Sichtweisen.....	6
2. Zielsetzung und Vorgehensweise.....	9
3. Roadmapping als Instrument in Innovationsprozessen.....	13
3.1. Definitionen: Was ist Roadmapping?.....	13
3.2. Roadmap-Typen.....	14
3.3. Forschung zum Foresight-Instrument des Roadmapping.....	19
4. Roadmaps mit Umwelt- und Nachhaltigkeitsbezug.....	24
4.1. Fallstudie „NIK“.....	25
4.2. Fallstudie “Japan SIS Project”.....	27
4.3. Fallstudie “iNEMI”.....	29
5. Integrated Roadmapping: ein neues Konzept.....	34
5.1. Anforderungen.....	34
5.2. Ansätze für ein nachhaltigkeitsorientiertes Roadmapping.....	35
5.3. Schritte zur Erstellung einer nachhaltigkeitsorientierten Roadmap.....	38
6. Praxistest: Integrierte Technologie-Roadmap Automation 2015+.....	43
7. Was kann das nachhaltigkeitsorientierte Roadmapping leisten? Möglichkeiten und Grenzen.....	46
8. Literatur.....	48

1. Ausgangslage: Dominanz technologisch verkürzter Sichtweisen

Produktinnovationen und Strategien zu ihrer Umsetzung werden in den Unternehmen entwickelt. Dabei sind nach wie vor Ingenieursfantasien maßgeblich, die die Zukunft aus der Sicht des technisch Machbaren entlang von Technologie- und Produktlinien beschreiben. Prognosen für Produkte oder Dienstleistungen im Sektor Information und Kommunikation waren oft überoptimistisch (wie im Falle BTX, HDTV oder UMTS) oder sie krankten daran, dass die Chancen scheinbar rückständiger Produkte unterschätzt wurden (wie im Falle von Fax, Internet oder Flachbildschirmen). Neben einem dezidierten Zweckoptimismus, der der Durchsetzung von bestimmten Produkten dienen sollte, ist eine weitere Ursache für Fehlprognosen in einer Überschätzung des Technology push bei gleichzeitiger Unterschätzung der weichen, sozialen, politischen und ökologischen Faktoren, von kulturellen und sozialen Rahmenbedingungen und Trends zu sehen. Die hohe Unsicherheit wird auch aus den weit differierenden Angaben unterschiedlicher Abschätzungen für ein- und denselben Sektor deutlich. Die Einbeziehung sozialer Kontexte in Innovationsprozessen findet erst langsam statt und noch selten wird die Frage aufgeworfen, für welche gesellschaftlichen Aufgaben und sozioökonomischen Trends die zur Verfügung stehenden Technologieoptionen einen Beitrag leisten können und sollen.

Angesichts immer kürzer werdenden Produkt- und Innovationszyklen entziehen sich Innovationen immer deutlicher einer technologisch verkürzten Sichtweise und einem eng verstandenen unternehmerischen Kontext (Burmeister/Neef 2003). Das Ergebnis von Innovationsprozessen ist weitgehend offen und der Erfolg kaum abseh- bzw. planbar. Dies erfordert im Unternehmen funktionsübergreifende Sichtweisen und Zuständigkeiten, eine neue Verteilung der Ressourcen und eine Neuausrichtung der Innovationsabläufe. Unter den Bedingungen globaler Märkte, zunehmender Arbeitsdifferenzierung, sich verkürzender Innovationszyklen bei gleichzeitig steigenden Aufwendungen für Forschung und Entwicklung sowie der hohen Komplexität sozialer, ökonomischer und ökologischer Prozesse ist Innovationsfähigkeit vor allem auch dadurch charakterisiert, dass die Unternehmen in der Lage sind, langfristige Ziele zu formulieren und über längere Zeiträume hinweg durchzusetzen. Die Einbeziehung sozialer Kontexte in Innovationsprozesse findet erst langsam statt und noch selten wird die Frage aufgeworfen, für welche gesellschaftlichen Aufgaben und sozioökonomischen Herausforderungen die zur Verfügung stehenden Technologieoptionen einen Beitrag leisten können und sollen. Die in der ITK-Wirtschaft verfolgte Vision des „Pervasive Computing“ und damit der Durchdringung des Alltags mit elektronischen Komponenten, die immer und überall eingeschaltet und weitgehend drahtlos vernetzt sind, wirft Fragen nach Chancen und Risiken

sowie möglichen unerwünschten Nebenfolgen dieser Technologie auf. Wachsende Technikabhängigkeit, Kontrolle über neue Medien, Schutz der Privatsphäre und nicht geklärte Folgen für Umwelt und Gesundheit sind neue, bisher wenig berücksichtigte Herausforderungen für das Innovationsmanagement in Unternehmen der ITK-Wirtschaft.

Vor diesem Hintergrund stellt sich für Unternehmen der Informationstechnik und Telekommunikation die Frage nach geeigneten Instrumenten, Methoden und Akteurskooperationen zur Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in ihre technologie-, produkt- und systembezogenen Innovationsprozesse. Bei der Früherkennung von Chancen und Risiken sowie der Identifikation, Bewertung und Selektion von Technologien bedienen sich die Unternehmen der Informations- und Telekommunikationswirtschaft eines breiten Spektrums unterschiedlicher Instrumente. Markt- und Trendforschung sind fester Bestandteil der Unternehmensstrategie und von hoher geschäftspolitischer Bedeutung. Die Umfeldanalyse ist hier nicht auf einmalige Projekte beschränkt, sondern findet kontinuierlich statt und ist bei großen Unternehmen fester Bestandteil des strategischen Dialogs mit regionalen und globalen Unternehmenseinheiten. Verbreitete Methoden und Instrumente sind Gesprächszirkel, Brainstorming, Expertenbefragungen, Trendextrapolation, Szenariotechniken, Portfolioanalyse und Technologie-Roadmaps. Qualitative Methoden, insbesondere die Szenariotechnik mit ihren eher unscharfen Zukunftsbildern und alternativen Entwicklungsverläufen gewinnt gegenüber quantitativen Methoden im Innovationsmanagement zunehmend an Bedeutung.

Weitere Instrumente, die eingesetzt werden, sind beispielsweise Mind mapping, Delphi-Methode, Kosten-Nutzen-Analysen, Nutzwertanalyse, Risikoanalyse und Risk-assessment. Im Bereich der Marktbeobachtung reicht das Spektrum von gängigen Kundenbefragungen, Produkttests bis hin zu Formen der Kundenintegration, etwa auf der Basis von Lead-user-Workshops. Die Integration von Kunden steht erst am Anfang. Es dominieren klassische Marktforschungsinstrumente (Marktbefragungen, online Befragungen etc.). Es wird aber verstärkt nach neuen Methoden und Instrumenten der Kundenintegration gesucht. Speziell zur Klärung ökologischer Fragen kommen vielfach Ökobilanzen oder ähnliche Methoden (zum Beispiel der Kumulierter Primärenergieaufwand KEA) zum Einsatz. Diese werden in der Regel ex ante eingesetzt, d. h. wenn das Produkt oder die Dienstleistung bereits entwickelt und/oder am Markt ist. Ihre Anwendung erfolgt deshalb meistens in Umwelt- und Nachhaltigkeitsabteilungen. In frühen Innovationsprozessen kommen ökologische Analyse- und Bewertungsinstrumente (Ökobilanz, Ökoeffizienzanalyse etc.) bis dato kaum zum Einsatz. Mit Blick auf ein Nachhaltigkeitsmanagement, das auf Unternehmenserfolg, umfassenden Umwelt- und Ressourcenschutz und soziale Verantwortung zum integralen Bestandteil der wirtschaftlichen Tätigkeiten (triple sustainability) abzielt, wurde in den letzten Jahren eine

erhebliche Anzahl neuer Instrumente und strategischer Innovationsansätze entwickelt. Dazu gehören beispielsweise die Instrumente Product Sustainability Assessment (PROSA) oder Sustainable Value Added (SVA.). Teilweise sind sie mehr oder weniger stark auf einzelne Institute, die diese entwickelt haben beschränkt, und werden kaum weitergehend eingesetzt, was ein wesentliches Hemmnis bei ihrer Verbreitung darstellt.

Tabelle 1-1: Instrumente im Innovationsprozess

Innovationsprozess	Sensibilisierung	Generierung	Selektion	Realisierung
Merkmale	Auslöser z.B. Umfeldveränderungen, Schocks	Ideengewinnung	Bewertung Auswahl	Projektpläne Prototypen Tests Proliferation
Instrumente	Gesprächszirkel Szenariotechniken Trendanalyse Sustainable value added Roadmap	Gesprächszirkel Brainstorming Mind map Delphi-Methode Leaduser-Workshop Kundenbefragung Roadmap	Expertenbefragung Portfolioanalyse Ökobilanz Ökoeffizienz-Analyse Nutzwertanalyse Risk-assessment Product Sustainable Assessment Roadmap	Kosten-Nutzen-Analyse Ökobilanz Produkttests Sustainable Benchmarking Roadmap

Quelle: eigene Darstellung

2. Zielsetzung und Vorgehensweise

Die vorliegende Studie fokussiert auf das weit verbreitete Roadmapping, das von Unternehmen, Verbänden und öffentlichen Einrichtungen zur Technologiefrüherkennung eingesetzt wird, und zielt auf die Frage wie das etablierte Instrument für eine Nachhaltigkeitsorientierung in frühen Phasen von Innovationsprozessen speziell für den Bereich der ITK fruchtbar gemacht werden kann. Gegenüber integrativen Instrumenten, die im wesentlichen von den Forschungseinrichtungen angewendet werden, ergibt sich hier der Vorteil hoher Anschlussfähigkeit an bestehende dominante Routinen und Logiken im Innovationsmanagement.

Leitfragen im Einzelnen sind:

- Inwieweit wird das Nachhaltigkeitskonzept in frühen Phasen von Innovationsprozessen der Produkt- und Dienstleistungsgenerierung in der IKT-Branche aufgegriffen und welche Bedeutung hat es?
- Wie lässt sich das Instrument des Roadmappings nutzbar machen, um sozial-ökologische Herausforderungen im Innovationsprozess berücksichtigen zu können?
- Wie können mit Hilfe des Roadmappings technologische Antworten auf sozio-ökonomische und sozial-ökologische Herausforderungen und Trends gefunden werden?
- Wie lassen sich angemessen Nachhaltigkeitschancen, Nebenfolgen von Technologien und Risiken systematisch identifizieren und selektieren?
- Welche Möglichkeiten gibt es, Experten, Anwender und Stakeholder in die Erstellung der Roadmap zu integrieren?
- Wie kann eine Integrated Roadmap durch neue institutionelle Arrangements zwischen Unternehmen, Verbänden, Wissenschaft und Politik unterstützt werden?

Die Weiterentwicklung des Roadmappings stützt sich auf folgende Bausteine:

Status-quo-Analyse: Die Status-quo-Analyse erfasst den derzeitigen Einsatz des Roadmappings als Instrument in Innovationsprozessen. Sie beruht im wesentlichen auf einer Literaturlauswertung.

Befragung von Unternehmen der ITK-Wirtschaft: In Kooperation mit dem Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (Bitkom) wurde eine Umfrage zur Bedeutung des Nachhaltigkeits-Leitbildes für die IKT-Wirtschaft durchgeführt.

Screening und Fallanalysen in EU, Japan und USA: Neben einer Übersicht über neue Akteurskooperationen zur Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in frühen Phasen von Innovationsprozessen der ITK wurden Fallanalysen in USA und Japan durchgeführt, die auf die Frage fokussieren, wie eine integrierte Roadmap durch neue Akteurskooperationen unterstützt werden kann.

Auswertung von internationalen Konferenzen: Die Diskurse zu ITK, Zukunft und Gesellschaft finden insbesondere im Umfeld von Konferenzen statt, an denen Vertreter aus Politik, Wissenschaft, Unternehmen und Zivilgesellschaft teilnehmen. Das IZT hat folgenden Konferenzen verfolgt:

- 2nd Dialogue on Science „Pervasive Computing“ 15.-17. Oktober 2003 in Engelberg (Schweiz)
- World Summit on the Information Society (WSIS) 10.-12. Dezember 2003 in Genf (Schweiz)
- New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods 13.-15. Mai 2004 in Sevilla (Spanien)
- Electronics Goes Green 2004+ 6.-8. September 2004 in Berlin (Deutschland)
- In the long run 18.-19. Oktober 2004 in Berlin (Deutschland)

Die Auswertung dieser internationalen Konferenzen gibt wertvolle Aufschlüsse über thematische Schwerpunkte und Methoden der Langfristplanung der global handelnden IKT-Unternehmen.

Integrated Roadmap – Entwicklung eines neuen Konzeptes: Mit Blick auf die Erweiterung der Technologie-Roadmap um eine Nachhaltigkeitsorientierung wurde ein Ansatz entwickelt, mit dessen Hilfe gesellschaftliche Bedarfe und Kundenbedürfnisse frühzeitig einbezogen werden können. Die Erstellung der Roadmap besteht aus einem mehrstufigen Prozess, der mit der Eingrenzung des Suchfeldes beginnt über die Identifikation von Wertschöpfungsmöglichkeiten und Herausforderungen in die Definition von Meilensteinen, Empfehlungen und Aktivitäten mündet.

Praxistest: Die Integrated Roadmap wurde in einem Praxisversuch erfolgreich eingesetzt, getestet und weiterentwickelt. Der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie (ZVEI) hat das IZT mit der Erarbeitung einer integrierten Roadmap „Automation 2015+“ beauftragt. Ausgangspunkt und Hintergrund sind die sich maßgeblich verändernden Innovationsbedingungen. Für die Unternehmen der Automation bringen diese Veränderungen

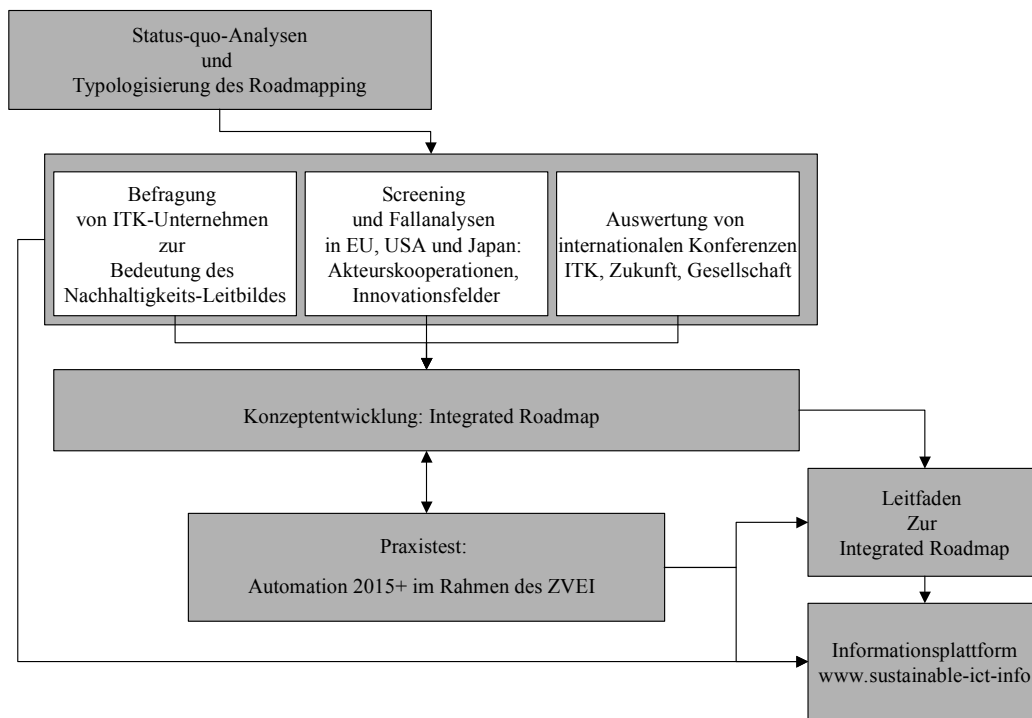
deutlich vergrößerte Unsicherheiten, zugleich aber auch neue Chancen mit sich. Im Zuge dieser Dynamik sehen sich die betroffenen Unternehmen mit einer Reihe von Herausforderungen und offenen Fragen konfrontiert. Mit Hilfe der weiterentwickelten Roadmap-Methode konnten Entwicklungsperspektiven der Automation im Kontext künftiger Kundenanforderungen aufgezeigt, technologische Antworten auf sozio-ökonomische Trends und gesellschaftliche Zukunftsherausforderungen identifiziert und sozial-ökologisches Orientierungswissen für die strategische Gestaltung von Innovationsfeldern bereitgestellt werden.

Leitfaden: Speziell für Unternehmen, Unternehmenskooperationen und Verbände wurde ein Leitfaden zur Erstellung einer „Integrated Roadmap“ verfasst. Darin werden die Roadmap-Schritte im Einzelnen erläutert. Der Leitfaden macht außerdem auf Hürden aufmerksam, die bei einer „Integrated Roadmap“ auftreten und zeigt Möglichkeiten zu ihrer Überwindung auf. Schließlich werden praktische Tipps gegeben.

Informationsplattform: Unter www.sustainable-ict.info wurde eine Informationsplattform eingerichtet. Sie bietet weitergehende und aktuelle Informationen zur nachhaltigen Informationsgesellschaft, die für Erstellung einer „Integrated Roadmap“ nützlich und hilfreich sind.

Abbildung 2-1 zeigt die Bausteine dieser Studie mit ihrer Funktion und ihren Abhängigkeiten.

Abbildung 2-1: Vorgehensweise



Die folgenden Ausführungen fassen die Kernergebnisse der Studie zusammen. Teilarbeiten, wie z.B. Befragungsergebnisse, Fallanalysen oder die Auswertung von internationalen Konferenzen, sind in einem Anlagenband zu finden.

3. Roadmapping als Instrument in Innovationsprozessen

Roadmaps sind ein Instrument der Forschungs- und Entwicklungsplanung und können dort den intuitiv-strukturierten Suchverfahren zugeordnet werden (Specht/Behrens 2002). Die Bedeutung des Roadmapping besteht in der Bündelung vieler Einzelthemen, dem Identifizieren von Handlungsoptionen und dem Setzen von Prioritäten. Der Hauptnutzen liegt in der Bereitstellung mittel- bzw. langfristigen Orientierungswissens für unternehmerische und/oder politische Akteure. Mit der Weiterentwicklung des Konzeptes seit Mitte der 80er Jahre findet das Konzept immer stärkere Anwendung bei Unternehmen und Branchenverbänden, wo es darum geht, gemeinsame, unternehmensübergreifende Technologie-Ziele zu entwickeln, bis zur Forschungs- und Entwicklungspolitik, wo Roadmaps zur Fundierung von Forschungsprogrammen eingesetzt werden.

3.1. Definitionen: Was ist Roadmapping?

Es wurden verschiedene Definitionen für Roadmapping vorgelegt (da Costa et. al. 2003, Kostoff 2002). Sie sind teilweise wenig präzise, teilweise wird der Begriff sehr spezifisch verwendet. Zur Präzisierung und Abgrenzung lassen sich einige besondere Merkmale identifizieren, die für das Roadmapping charakteristisch sind und es von anderen Instrumenten und Methoden (Delphi, Szenario-Technik, Innovations- und Technikanalyse etc.) unterscheiden.

- Systematische Erfassung, Bündelung und Bewertung von Entwicklungspfaden durch Abstimmung divergierender Meinungen und Erwartungen in gruppenspezifischen Prozessen.
- Roadmaps liefern Darstellungen über den Stand der Produkte, der Technik oder Technologien in einem Innovationskontext zu einem bestimmten Zeitpunkt und über die Art, Geschwindigkeit und Richtung möglicher Forschungs- und Technologieentwicklungen. Somit sind Roadmaps ein Vorausschauinstrument (Foresight).
- Ausgeprägter Anwendungsbezug: Das Roadmapping soll die Identifikation konkreter Handlungsoptionen in einem spezifischen Handlungskontext ermöglichen. Als solches ist eine Roadmap (wörtlich Straßenkarte) ein Planungswerkzeug für die Gestaltung von Innovationsprozessen: „ein Reisebegleiter, der essentielle Kenntnisse, Nähe, Richtung und einen gewissen Grad an Sicherheit bei der Reiseplanung bietet“ (Kostoff 2002).
- Roadmaps sind durch einen Instrumentenmix gekennzeichnet. Um zukünftige Entwicklungen beschreiben und bewerten zu können, wird auf verschiedene andere

bewährte Instrumente zurückgegriffen, darunter die Szenario-Technik und die Delphi-Methode. Dies erlaubt die Bündelung verschiedener Zugänge zu komplexen Handlungsfeldern.

- Schließlich ist der Erstellung von Roadmaps die Form der Visualisierung gemeinsam. In der Regel visualisiert eine Roadmap einen zweidimensionalen Suchraum, der durch eine horizontale Objekt-Achse (Technologien, Produkte, Dienstleistungen) und eine vertikale Zeit-Achse dargestellt wird (Specht/Behrens 2002:88).

Vor diesem Hintergrund wird Roadmap wie folgt definiert:

Roadmapping bezeichnet einen Suchprozess, der Darstellungen über den Stand der Produkte, der Technik oder der Technologien in einem Innovationskontext zu einem bestimmten Zeitpunkt und über die Art, Geschwindigkeit und Richtung möglicher Forschungs- und Technologieentwicklungen liefert, mögliche Herausforderungen bündelt und in Aktivitäten, Anforderungen und Meilensteine überführt.

3.2. Roadmap-Typen

In Anlehnung an da Costa (2002) lassen sich vier verschiedene Typen des Roadmappings unterscheiden:

- Unternehmensspezifische Roadmaps,
- Branchenbezogene Roadmaps,
- Problemorientierte Roadmaps und
- Forschungs- und Entwicklungs-Roadmaps für die Politik.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen diesen Typen lassen sich anhand von sieben Aspekten (da Costa 2002) festmachen:

- Gegenstand und Umfang des Suchfeldes,
- Initiative und Durchführung des Roadmappings,
- Nutzerkreis: Zielgruppe und Nutzer der Roadmap,
- Ziele, die mit dem Roadmapping verfolgt werden,
- Methoden: der Methodenmix für das Identifizieren, Analysieren und Bewerten von Entwicklungsverläufen,

- Dominante Orientierungslogik: technologie- oder problemorientiert; eine oder mehrere Zukünfte, deskriptive oder normative Zukunftsbilder,
- Zeithorizont: Zeitraum zwischen Status quo und den zugrundegelegten Visionen.

Die folgende Tabelle fasst die Typologie zusammen. Wie allen Typologien gibt es Überschneidungen zwischen den verschiedenen Typen, anhand der Aspekte lassen sich aber hinreichende Differenzierungsmerkmale identifizieren.

Tabelle 1: Typologisierung des Roadmappings

<i>Aspekte</i>	<i>Unternehmensspezifisches Roadmapping</i>	<i>Branchen-bezogenes Roadmapping</i>	<i>Problemorientiertes Roadmapping</i>	<i>Forschungspolitische Roadmaps</i>
Suchraum	Produkt, Produktfamilie, Technologien	Technologischer Sektor	Ermöglichung von Technologien für ein bestimmtes Ziel	breite F&E-Bereiche z.B. ITK, Ambient Intelligence
Initiative	einzelnes Unternehmen	Konsortium von Unternehmen, nationale Industrien bis hin zu internationalen Industriezweigen, staatliche Stellen, private Beratungsfirmen	staatliche Stellen, wissenschaftliche Einrichtungen, die initiativ oder unterstützend innerhalb von Akteurskooperationen agieren	Think tanks, staatliche Einrichtungen, fachöffentliche Foren
Nutzung	innerhalb des Unternehmens	im Konsortium, andere Stakeholder	Unternehmen teilweise aus verschiedenen Branchen, die gemeinsames Interesse an Problemlösungen haben, andere Stakeholder	politische Entscheidungsträger, andere Stakeholder, Unternehmen
Ziele	Optimierung von F&E-Entscheidungen, strategische Planung für die Entwicklung neuer Produkte	Höhere Wettbewerbsfähigkeit durch gemeinsame Technologiefrüherkennung in der Vorwettbewerbphase	Begegnung von gesellschaftlichen und marktlichen Herausforderungen	Unterstützung von Forschungsprogrammen, Gewährleistung ihrer gesellschaftlichen Relevanz
<i>Aspekte</i>	<i>Unternehmensspezifisches Roadmapping</i>	<i>Branchen-bezogenes Roadmapping</i>	<i>Problemorientiertes Roadmapping</i>	<i>Forschungspolitische Roadmaps</i>
Methoden	Zusammenstellen technischer Dokumentationen, Extrapolation, Szenariotechniken, interne Workshops	Workshops mit Industriefachleuten/wissenschaftlichen Experten, Expertenbefragungen	Workshops mit Experten und Stakeholdern, Szenariotechniken, teilweise Delphi-Methode	Workshops mit Experten und Stakeholdern, fachöffentliche Konferenzen, Internet Chats
Orientierungslogik	Technologietrieben/marktinduziert deskriptiv oder normativ	Technologiegetrieben, Vorhersage und normativ: Was wird passieren? Was soll getan werden?	Problemorientiert, vorausschauend mit Blick auf gesellschaftliche Herausforderungen	Technologie-, problemgetrieben, mehrere mögliche Zukünfte, F&E-Gestaltung
Zeithorizont	Kurzfristig, normalerweise bis 5 Jahre	Mittelfristig, normalerweise 5 bis 10 Jahre	Normalerweise längerfristig bis zu 20 Jahre, kann aber je nach Problemstellung auch kurzfristig sein	Normalerweise 10 bis 20 Jahre

Quelle: in Anlehnung an da Costa 2002

Unternehmensspezifisches Roadmapping

Beim unternehmensspezifischen Roadmapping steht ein bedarfsgesteuerter Planungsprozess für eine bessere Bestimmung, Auswahl und Entwicklung technologischer Optionen zur Deckung bestimmter Produkt- oder Technologiebedarfe im Mittelpunkt. Die Roadmap identifiziert (für

eine Anzahl von Produkten und Technologieoptionen) die entscheidenden Systemanforderungen, Sollwerte für die Produkt- und Prozessleistung sowie die technologischen Optionen und Meilensteine zum Erreichen dieser Werte (da Costa 2002). Unternehmensspezifische Roadmaps führen zu Darstellungen der Zukunft für Produkte, Produktfamilien oder Technologien, wobei ökonomisch relevante Ebenen integriert und die technologischen Kompetenzen mit den Geschäftszielen verknüpft werden. Der Zeithorizont ist bei unternehmensspezifischen Roadmaps in der Regel eher kurzfristig und reicht normalerweise von 2 bis 4 Jahren. Die Vorausschau und die Identifikation von Meilensteinen basiert üblicherweise auf einer Extrapolation von gegenwärtigen, meist technologischen Trends. Verschiedene mögliche Zukünfte werden in der Regel nicht betrachtet. Die Roadmap-Ergebnisse werden normalerweise unternehmensintern verwendet und werden nicht veröffentlicht. Vereinfachte Roadmaps werden nicht selten im Rahmen des Marketing eingesetzt, so beispielsweise um auf künftige neue Technologien (z.B. elektronisches Papier oder Smart Label) aufmerksam zu machen.

Branchenbezogene Roadmaps

Auf industrieller Ebene werden seit den 90er Jahren verstärkt branchenbezogene Roadmaps entwickelt. Die Kernmotivation ist, dass eine Branche „langfristig wettbewerbsfähiger wird, wenn F&E-Investitionen und –Ergebnisse in der Vorwettbewerbphase geteilt und gemeinsame Technologiestandards und –plattformen geschaffen werden“ (da Costa 2002). Für die beteiligten Unternehmen dienen sie sowohl als ein Informations- als auch als ein Strategieplanungsinstrument zur Entwicklung, Organisation und Präsentation von Informationen über Anforderungen, Herausforderungen und Meilensteine entlang eines oder mehrerer technologischer Entwicklungspfade.

Branchenbezogene Roadmaps werden durch Firmenkonsortien erstellt. Häufig sind Unternehmensberatungen beteiligt, die als neutrale Moderatoren, den Prozess steuern. Teilweise sind staatliche Einrichtungen beteiligt mit dem Ziel, die nationale Wettbewerbsfähigkeit der Industrie zu stärken. Technologie-Forschungseinrichtungen sind insbesondere involviert, wenn es um längerfristige technologische Entwicklungen (emerging technologies) geht. In der Regel sind für die Erstellung branchenbezogener Roadmaps erhebliche Mittel notwendig, die von einer größeren Anzahl von Firmen geteilt oder einem Verband zur Verfügung gestellt werden. Gegenüber dem unternehmensspezifischen Roadmapping sind die Zeithorizonte bei branchenbezogenen Roadmaps normalerweise größer und liegen zwischen 5 und 10 Jahren. Es können aber auch längere Zeithorizonte vorkommen.

Ein bekanntes Beispiel für eine branchenbezogene Industrie-Roadmap ist die erstmals 1992 in den USA entwickelte „National Technology Roadmap for Semiconductors“ (NTRS). Sie dient als weltweiter Bezugsrahmen für die Halbleiterindustrie. Seit 1999 wird die Roadmap als „The International Technology Roadmap for Semiconductors“ (ITRS) veröffentlicht. Die Funktion dieser Roadmap ist es, technische Hürden und Herausforderungen aufzuzeigen, mit denen die Halbleiterindustrie in den folgenden 15 Jahren konfrontiert ist. Vergleichbare Roadmaps wurden von dem europäischen Verband „European Design and Automation Association“ (EDAA 1998) und von „Micro-Electronics Development for European Applications“ (MEDEA 2000) erstellt, die verschiedene Technologien umfassen und auf Produktionsverfahren für bestimmte Industriebereiche ausgerichtet sind (da Costa 2002).

Problemorientierte Roadmaps

Problemorientierte Roadmaps zielen darauf, technologieübergreifende Probleme oder Herausforderungen und ihre Konsequenzen für Unternehmen zu identifizieren. Der Grundgedanke ist hier, dass Innovationen zunehmend einen multidisziplinären und multisektoralen Charakter (da Costa 2002) aufweisen und in einem sozio-ökonomischen Kontext stehen. Der methodische Ansatz setzt bei einer Herausforderung oder bei einem Ziel an und richtet sich auf die Identifikation und Rückverfolgung der Entwicklungspfade. Bei den Zielen kann es sich um Objekte oder Applikationen (z.B. smartes Haus), funktionale Ziele (z.B. Verringerung von Umweltbelastungen, Erhöhung von Qualitätsansprüchen) oder Wettbewerbsziele handeln (da Costa 2002). Der Zeithorizont ist normalerweise vergleichsweise lang und umfasst bis zu 20 Jahre. Oftmals sind an diesem Roadmap-Typ staatliche Stellen beteiligt, häufig werden sie auch von staatlichen Einrichtungen initiiert und koordiniert (da Costa 2002).

Als Beispiel lässt sich die DOE Environmental Restoration and Waste Management in Revised Roadmap (1993) anführen, auch die verschiedenen Roadmaps der Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC) lassen sich diesem Typ zuordnen. Die „Embedded Systems Roadmap 2002“ ist ein weiteres Beispiel. Sie bezieht verschiedene andere Technologie-Roadmaps (ITRS, MEDEA, ITEA etc.) mit ein und verknüpft verschiedene wissenschaftliche Zugänge und Expertenmeinungen zur Darstellung technologischer Entwicklungslinien für eingebettete Systeme.

Forschungs- und Entwicklungs-Roadmaps für die Politik

Seit Mitte der 90er Jahre haben verschiedene Wissenschafts- und Beratungseinrichtungen versucht, die Roadmapping-Methode für die Gestaltung und Ausrichtung der Forschungs- und Technologiepolitik anzupassen und nutzbar zu machen. Dieser Ansatz fokussiert darauf,

technologische Entwicklungen in den Kontext politischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Herausforderungen zu stellen, um daraus langfristige Forschungsbedarfe zu identifizieren und Prioritäten ableiten zu können.

Beispielhaft sind die Roadmap-Aktivitäten des Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) der EU-Commission, das in Kooperation mit dem European Science and Technology Observatory (ESTO) eine Roadmap zur „Ambient Intelligence“ im Alltag ([Aml@Life](#)) entwickelt hat. Die Roadmap zielt auf Vertrauen genießende und universelle Zugänge zu neuen Technologien der Ambient Intelligence im Kontext von Alltagshandlungen. Eine andere Roadmap des IPTS bezieht sich auf die „Gesundheitsvorsorge im Kontext einer alternden Gesellschaft“, untersucht werden wahrscheinliche Technologiepfade zur wirksamen Gesundheitsversorgung in einer alternden und pluralen europäischen Gesellschaft. Ein weiteres Beispiel ist das von der EU finanzierte Projekt „Enabling users for Distance-working & Organisational Mobility using Ambient Intelligence Networks (eu-DOMAIN). Ziel ist es, Menschen, Geräte, Gebäude und Informationsinhalte in einem offenen, flexiblen und „intelligenten“ Netzwerk zu verbinden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das methodische Vorgehen beim Roadmapping bisher kaum formalisiert ist. Abgesehen von einigen wenigen generalisierbaren Schritten überwiegen anwendungsspezifische Lösungen für die Erstellung der Roadmap. Auch für die Einbeziehung weiterer methodischer Hilfsmittel gibt es keine allgemeingültigen Lösungen, jedoch ist hier der Szenariotechnik, der Expertenbefragung und der Durchführung von moderierten Gruppendiskussionen besondere Bedeutung zuzumessen.

3.3. Forschung zum Foresight-Instrument des Roadmapping

Die Forschung zum Foresight-Instrument des Roadmapping entwickelt sich seit einigen Jahren sehr dynamisch. Es gibt inzwischen eine Fülle an Fachartikeln, die das Verfahren und die Ergebnisse einzelner Roadmaps dokumentieren. Nur selten werden die Erfolgsbedingungen und alternative Möglichkeiten im Roadmapping-Prozess reflektiert. In der Regel haben die Fachartikel deshalb eher idiografischen Charakter, als dass sie verallgemeinerbare Rückschlüsse in Bezug auf ein erfolgreiches nachhaltigkeitsorientiertes Roadmapping ermöglichen.

In der jüngeren Forschungsliteratur sind jedoch einige Forschungszweige erkennbar, die für die Entwicklung einer Methodologie für ein integriertes nachhaltigkeitsorientiertes Roadmapping wichtige Aufschlüsse geben:

Empirische Untersuchungen zu den Erfolgsbedingungen und Effekten von Roadmapping

Die in den letzten Jahren sprunghaft gestiegene Zahl an dokumentierten Roadmapping-Prozessen bietet inzwischen einen hinreichend großen Fundus an Material, um die Erfolgsbedingungen von Roadmapping-Prozessen identifizieren und ansatzweise auch ihre Effekte abschätzen zu können. Insbesondere zu den hier vorrangig interessierenden Unternehmens – und Branchenroadmaps gibt es erste breitere empirische Untersuchungen.

Bürgel et al. (2005) haben Verfahren zur Technologie-Früherkennung, darunter auch Roadmapping, in 21 *Unternehmen* der drei Sektoren Telekommunikation/Netzbetreiber, Computer/Elektronik/Energie/Luftfahrt sowie Chemie/Pharma untersucht. Zu den übergreifenden Motiven für die Technologiefrüherkennung gehören insbesondere das Entdecken, Verstehen und Realisieren von Gebieten, die für das Unternehmen neu sind. Dazu sind sowohl unternehmensintern als auch extern in Netzwerken Lernprozesse erforderlich. Schlüsselfaktor ist die Verbesserung der Kommunikation zwischen Konzernforschung und Geschäftsbereichen zur Generierung einer konsistenten Forschungsstrategie. Bemängelt wird u.a. dass die Firmen stand alone Lösungen entwickeln müssten anstatt über geeignete Schnittstellen auf nationale Basisdaten zurückgreifen zu können, wie dies z.B. in Japan durch das Ministry of International Trade and Industry (MITI) ermöglicht wird.

de Laet (2004) untersucht in seiner Abhandlung die Wirksamkeit von *Branchen-Roadmaps* anhand einer vergleichenden Analyse von 80 Branchen-Roadmaps aus den USA, Kanada und Japan. Im Gegensatz zu Europa liegen hier viel längere Erfahrungszeiträume vor. Folgende kritische Faktoren hat de Laet vor, während und nach dem Technologie-Roadmapping ausgemacht:

Vorbereitungsphase:

- Die Roadmap muss in eine breitere Strategie eingebettet werden.
- Auf vorhandene soziale Infrastruktur, z.B. Unternehmensverbände, und Netzwerke ist aufzubauen.
- Über die Dringlichkeit des Roadmappings muss bei den Beteiligten Einvernehmen herrschen.

- Commitment und Einbindung hochrangiger Entscheidungsträger ist zwingend erforderlich.
- Die Durchführenden des Roadmapping-Prozesses sollten in der Lage sein, die strategischen Herausforderungen der Industrie oder des Gebietes frühzeitig identifizieren zu können.
- ***Industry Leadership und Ownership maximieren in der Regel den Effekt der Branchen-Roadmap auf die Branche selbst. Klare Schnittstellen zu anderen Entscheidungsträgern sind zu definieren.***

Implementierungsphase:

- Ein fixes Format ist für eine strategische Roadmap nicht zielführend. Wichtig ist jedoch, dass es einen grob definierten Prozess mit klaren Meilensteinen und Ergebnissen gibt. Allerdings sollte hinreichend Flexibilität zur Änderung der Ziele, z.B. während eines Workshops, vorhanden sein.
- Ein guter Prozessmoderator sollte eingebunden werden, da ein zügiges Roadmapping die wichtigen Akteure eher am Projekt interessiert halten kann.
- Die Handelnden sollten offen für neue Handelnde, Ideen und Ansätze sein.
- Die Finanzierung ist zu regeln.

Follow-up Prozess:

- Die Möglichkeit für Iterationsschritte, im Sinne von kontinuierlicher Fortschreibung, sollte untersucht werden.
- Das Monitoring der Implementierung und die Evaluation der Ergebnisse sollte verpflichtend sein.

Auch wenn die Erfolgsfaktoren teilweise durchaus kontrovers gesehen werden, z.B. Industry Leadership, so spiegeln sie zumindest wichtige zu beachtende Punkte im Design von Roadmapping Prozessen wider.

Fortentwicklung des Roadmappings hin zu komplexeren und offeneren Verfahren

Das klassische Technologie-Roadmapping mit seiner dominierenden Technologieperspektive hat in stark technologiegetriebenen Gebieten wie z.B. der Halbleitertechnik weiterhin seinen Platz. Die aus der Technikfolgenabschätzung stammenden Diskussionen über Chancen und Risiken neuer Technologien sowie die wachsende Bedeutung problemzentrierter Suchprozesse im Innovationsgeschehen erfordern jedoch neue Sichtweisen.

Folgende drei Forschungslinien sind hier von vorrangigem Interesse:

Die Notwendigkeit nach integrierten Sichtweisen wird zunehmend erkannt. Im Vordergrund steht die **komplementäre Sichtweise von Technologien und Produkten**. Specht und Behrens (2005) schlagen zwei zunächst unabhängige Roadmapanalysen vor. Die Produkt-Roadmap soll den Marktsog abbilden, die Technologie-Roadmap den Technologie-Push. Anschließend sollen mittels einer Produkt/Technologie-Verknüpfung die Technologie- und Produkt-Roadmaps auf Vollständigkeit und Konsistenz untersucht werden. Die Produkt/Technologie-Verknüpfung erfolgt durch eine Aufspaltung des Produktes in seine Funktionen, die Zuordnung der Technologien zu Funktionen im Produkt und ihre anschließende graphische Repräsentation. Auch Nippa und Labriola (2005) stellen ein Verfahren vor, bei dem parallel eine Technologie- und eine Produkt-Roadmap erstellt und anschließend synthetisiert und synchronisiert werden. Sie rücken die zeitliche Perspektive in den Vordergrund, was Anpassungen, z.B. die Beschleunigung einer Technologieentwicklung, nach sich ziehen kann.

In der internationalen Forschungsliteratur wird der **Wissensintegration** im Roadmapping-Prozess breiter Platz gewidmet. Phaal et al. (2004) zum Beispiel konzeptualisieren den Roadmapping Prozess als Integrationsaufgabe, die technologische Wissensbestände und Marktwissen zusammenzuführen hat. Im Unternehmen selbst erfordert das Roadmapping den Wissensaustausch zwischen verschiedenen Abteilungen, deren Vernetzung und die Erarbeitung gemeinsamer Visionen. Die Multiorganisationsperspektive liefert in der Regel eher einen gemeinsamen Rahmen für den Sektor, was entweder zu übergeordneten unkritischen oder aber zu hart verhandelten konkreteren Aussagen führt. Petrick und Echols (2004) führen die Fallstudie Motorola aus. Innerhalb des Unternehmens erarbeiten einzelne Unternehmensbereiche individuell Roadmaps, die mit Software-Unterstützung zu einer Art Meta-Roadmap zur Kommunikation mit Lieferanten und Kunden überführt werden. Die Informationsflüsse laufen auch anders herum: So werden die Roadmap-Informationen der Supply Chain direkt in die interne softwaregestützte Technologie- und Produktentwicklungsroadmap integriert.

Etablierte Roadmaps suggerieren meist ein deterministisches Zukunftsbild. Aus dem Gebiet der Zukunftsforschung heraus wird das Instrument des Roadmappings zunehmend im Hinblick auf **multiple Zukunftsperspektiven** geöffnet. Lizaso und Reger (2004) z.B. verbinden das Roadmapping mit dem Szenarioansatz. Verschiedene Visionen und Leitbilder können mit Hilfe eines grafischen Verfahrens in die Ausgestaltung der Roadmap eingebunden werden. Geschka et al. (2005) heben die Bedeutung verschiedener Umfeldszenarien für die Technologieentwicklung hervor, wobei auch gravierende Trendbrüche („Wild Cards“) im Hinblick auf Konsequenzen für die Technologieentwicklung untersucht werden.

Zwischenfazit

Das klassische Technologie-Roadmapping entwickelt sich von einem linearen Technologieplanungsinstrument hin zu einem komplexeren, offeneren strategischen Instrument für einzelne Unternehmen und Branchen. Die dazu erforderlichen Integrationsansätze sind allerdings meist auf die Technologie- und Produktsicht verengt, die zudem erst nach separater Erstellung synthetisiert werden. Aus Sicht einer nachhaltigen Entwicklung ist es jedoch erforderlich, gesellschaftliche Zukunftsbedarfe und mögliche Risiken selbst zum Ausgangspunkt des Roadmappings zu machen und von Anfang des Roadmapping Prozesses an in die Roadmap-Generierung zu integrieren.

Die spezifische Stärke des Roadmappings ist die grafische Repräsentierung auf der Zeitskala und die damit verbundene einfache Kommunizierbarkeit. Die Rolle der Prozessmoderation und die spezifischen Anforderungen an interdisziplinäre Projektarbeit werden jedoch zu wenig thematisiert und in ihrer Bedeutung unterschätzt. Ein integriertes Roadmapping ist ein sozialer Prozess, bei dem im Gegensatz zum klassischen Technologie-Roadmapping weiche Faktoren wie kommunikative Kompetenz, Vertrauen und Offenheit an Bedeutung gewinnen.

4. Roadmaps mit Umwelt- und Nachhaltigkeitsbezug

Roadmaps, die die Umweltprobleme oder Nachhaltigkeitsaspekte in den Mittelpunkt rücken, gibt es bisher nur wenige. In den USA wurde die Methode des Roadmapping erstmals zu Beginn der 1990 Jahre auf Umweltfragen angewendet. Ein „Vorreiter“ ist hier die Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC), die eine Roadmap zum Thema "Environmental Consciousness: A Strategic Competitiveness Issue for the Electronics and Computer Industry" vorlegte. Inzwischen existieren in den USA zahlreiche Technologieroadmaps, die neben ihren technologischen Kernthemen auch Umweltaspekte behandeln. In Japan hat das MITI Roadmaps für innovative Elektronikkonzepte angestoßen, deren Ziel ist es, technologische Optionen zu bleifreien Loten, halogenfreie Schaltungen und der Wiederverwendung von Elektronikkomponenten zu eröffnen. Auf Weltebene hat u.a. der internationale Industrieverband der Halbleiterhersteller (World Council of Semiconductors) im Rahmen seiner Roadmap zur Entwicklung der Halbleitertechnologien auch langfristige Ziele zur Senkung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (PFCs) und zur Senkung des Energieverbrauchs formuliert.

Erst in neuerer Zeit wurden verschiedene Roadmaps im Bereich der ITK entwickelt, die sich über reine Umweltfragen hinaus breiter an sozio-ökonomischen Anforderungen orientieren oder sich mit dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung auseinandersetzen. Hervorzuheben sind insbesondere:

- „New Partnerships for Sustainable Development in a Knowledge Economy“ (Neskey): Die Roadmap entwirft eine Agenda für Forschung und Aktivitäten mit Blick auf eine nachhaltige Entwicklung in der Wissensgesellschaft.
- „Strategic Action for a Sustainable & Information Age“ (SASKIA): Im Mittelpunkt steht eine Forschungs- und Entwicklungspolitik auf EU-Ebene zur nachhaltigkeitsorientierten Gestaltung der Informationsgesellschaft .
- „Japan Sustainable Information Society Project“ (SIS): Es handelt sich um eine strategisch ausgerichtete Roadmap (ITK bis 2015) mit dem Ziel, die Teilnahme Japans an internationalen Initiativen zur nachhaltigen Informationsgesellschaft zu fördern.
- „Nachhaltigkeit in der Informations- und Kommunikationstechnik“ (NIK): Es handelt sich um eine Innovationsinitiative. Der Schwerpunkt lag auf der Erstellung einer Roadmap für eine nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnik.

- International Electronics Manufacturing Initiative iNEMI unternimmt regelmäßig Roadmapping-Aktivitäten mit Umweltbezug. Einerseits nehmen Vertreter von Unternehmen aus Bereichen Environment, Health und Safety teil, andererseits werden Umweltthemen bei Antizipation zukünftiger Technologien und von Geschäftsanforderungen regelmäßig aufgegriffen.

Im folgenden werden Fallstudienresultate zu NIK, SIS und iNEMI vorgestellt.

4.1. Fallstudie „NIK“

Wie lassen sich die Entwicklungen zur Informationsgesellschaft mit den Herausforderungen des nachhaltigen Wirtschaftens verknüpfen – sowohl strategisch für die gesamte Branche als auch ganz praktisch im einzelnen Unternehmen? Unter dieser ambitionierten Fragestellung begann 2001 ein Dialogprozess zwischen Vertretern aus Wirtschaft, Politik und Forschung, der von der Bundesregierung über das Bundesministerium für Bildung und Forschung initiiert wurde und 2003 in eine Roadmap mündete.

Die Ergebnisse der Initiative stießen auf eine große Resonanz. Dies ist nicht nur daran festzumachen, dass sich eine Vielzahl von Unternehmen aktiv am Dialogprojekt beteiligt hat. Vielmehr konnten für ausgewählte Innovationsfelder (Mobilkommunikation, Displays etc.) Innovationskorridore und Maßnahmen gemeinsam mit der Wirtschaft erarbeitet werden und darüber hinaus eine Reihe von konkreten Initiativen (z.B. Weiterentwicklung der Greenbook-Initiative der Telekommunikationsbranche) angestoßen werden. Ein besonderer Erfolg ist die Aktivierung der für die Branche wichtigen Industrieverbände. So ordnet der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien derzeit seine Aktivitäten im Umweltbereich neu. Damit will der Verband den zunehmend wichtiger werdenden Themen "Internationale Umweltpolitik" und "Nachhaltigkeit" Rechnung tragen. Erstmals versteht das Deutsche Flachdisplay Forum Nachhaltigkeit als Chance und Herausforderung für Unternehmen im Flachdisplaymarkt.

Exemplarisch illustriert das folgende Schaubild für das Innovationsfeld Displays die Gestaltungsziele, die im Rahmen einer begleitenden Fokusgruppe entwickelt und mit Maßnahmen umgesetzt wurden. In der Fokusgruppe "Displays" waren neben dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), das den Roadmap-Prozess moderiert und wissenschaftlich unterstützt hat, die Firmen Schott Glas, LG Philips Displays, Sharp, Sony und Merck sowie das mittelständische Recyclingunternehmen Griag vertreten. Temporär beteiligt waren der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM), das Deutsche Flachdisplay-Forum (DFF), das Umweltbundesamt sowie die Recyclingfirmen Vicor und Mirec.

Abbildung 1: Gestaltungsziele der Roadmap Displays

Handlungsfeld	Roadmap	Gestaltungsziele
CRT		Verdopplung des Altglasanteils in der Konusglasschmelze
		10.000 Mischglas, 20.000 t Konusglas, 50.000 t Schirmglas
		Open-loop-Pfade gemäß modifizierter LAGA
LCD		Kennzeichnung Hg-haltiger Komponenten
		Verringerung von Hg auf 3mg/Leuchtröhre
		Anschub:F+E zum LCD-Recycling
		Kommunikation der Umweltvorteile
Neue Flachdisplay-technologien		Design for Environment im F+E-Prozess
Zeitraum	2003 2004 2005 2006 2007 2012	

Quelle: Behrendt/Erdmann 2004

LAGA: Länderarbeitsgemeinschaft Abfall; Hg: Quecksilber; CRT: Cathode Ray Tube; LCD: Liquid Crystal Displays

Was lässt sich aus dem NIK-Projekt lernen?

Die Ergebnisse des NIK-Projektes lassen keinen Zweifel, dass das Innovationsinstrument Roadmap zu positiven Ergebnissen führen kann. Neben der Ingangsetzung eines intensiven Dialogprozesses über die Chancen und Risiken nachhaltiger Unternehmensstrategien, ist vor allem die Motivation der beteiligten Unternehmen zu nennen, die mittel- und langfristigen Möglichkeiten zu nutzen, frühzeitig in Kooperation mit der Wissenschaft einen Orientierungsrahmen für Innovationen in Richtung Nachhaltigkeit zu schaffen. Weiterhin ist für die Unternehmen wichtig, frühzeitig mit der Politik und den Interessenverbänden Forderungen zur Nachhaltigkeit von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen zu erörtern und abzustimmen. Wichtig ist auch die Bündelung bisher isoliert angegangener Einzelthemen und das Setzen von Prioritäten gemeinsam mit Unternehmen verschiedener Branchen und Akteuren aus Politik und Verbänden. Auf diese Weise wird ein Klima des Vertrauens geschaffen, ohne das ein solches kooperatives Vorgehen nicht denkbar ist.

Eine Gefahr ist, sich in endlosen Debatten über die Dimensionen von Nachhaltigkeit und deren Gewichtung zu verlieren. Um diese zu vermeiden, verständigte man sich im NIK-Projekt auf ein breites Nachhaltigkeitsverständnis, das sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale

Anforderungen berücksichtigt ("triple sustainability"). Gleichwohl wurde die Arena durch die "ökologische Tür" betreten", nach und nach wurden aber weitere Dimensionen problemorientiert hinzugenommen. Relevant für den Erfolg ist außerdem, dass mit einer solchen Roadmap nicht nur nachhaltigkeitsbezogene Herausforderungen und strategischen Leitlinien, sondern besonders auch konkrete Ziele und Maßnahmen entwickelt werden, die perspektivisch für alle Beteiligten nachvollziehbare Zeithorizonte zur Umsetzung konkreter Zukunftsperspektiven bieten. Die Grenzen sind dort, wo Zuständigkeiten von Unternehmen aufgrund der internationalen Märkte und Verflechtungen der IKT-Industrie nicht in Deutschland liegen, sondern in anderen Ländern. Dies macht Abstimmungsprozesse schwieriger und schränkt mögliche Handlungsspielräume ein. So hat die Fokusgruppe Displays eine Initiative zum Recycling von Flachdisplays (LCD) angestoßen. Auf diese Weise sollte dem Trend wachsender Verkaufszahlen für LCDs, die zeitversetzt zunehmende Abfallströme erwarten lassen, frühzeitig Rechnung getragen werden. Dabei ist die Bereitschaft der Unternehmen zur Bereitstellung von Finanzmitteln und Infrastruktur für proaktive Maßnahmen deutlich geworden, die der Gesetzgeber so eng nicht fordert. Trotz dieses Engagements der Unternehmen konnte die Initiative nicht starten, was auf die Konzentration der Aktivitäten einiger Mutterkonzerne auf Ostasien zurückzuführen ist. Grenzen sind auch beim Zeithorizont zu sehen. Die Ziele und Maßnahmen konnten für einen Zeitraum von etwa drei Jahren konkret und teilweise auch quantitativ gefasst werden. Jenseits des mittelfristigen Planungshorizontes von ca. 3-5 Jahren steigt die Unsicherheit rapide an, womit auch die Möglichkeit der Verständigung auf Ziele und Maßnahmen sinkt. Der Langfristperspektive wird in der NIK-Roadmap deshalb eher als Langfristoption Rechnung getragen. Nach dem der Dialogprozess erfolgreich angestoßen und in erste Initiativen und Projekte überführt werden konnte, stellt sich nun die Aufgabe, diesen Prozess auf nationaler und internationaler Ebene weiterzuführen.

4.2. Fallstudie "Japan SIS Project"

Das Japan Sustainable Information Society (SIS) Project wurde 2004 begonnen. Das zweiphasige Projekt wird von führenden japanischen IKT-Unternehmen getragen. Das Sekretariat liegt bei E-Square, einem nachhaltigkeitsorientierten Consulting-Unternehmen.

In der ersten Projektphase (1. April 2004 – 31. März 2005) nahmen die zehn Unternehmen Fujitsu, Fuji Xerox, Hitachi, Media-Tec Isshin, Mitsubishi Electric, NEC, Nihon Unisys, NTT, Panasonic und Toshiba sowie das Ministry for Economy, Trade and Industry (METI) teil.

Die anschließende zweite Projektphase fand ohne das METI statt und wurde von den sechs Unternehmen Fujitsu, Fuji Xerox, Media-Tec Isshin, Mitsubishi Electric, Nihon Unisys und NTT getragen.

In der ersten Phase steuerten die Unternehmen und das METI Projektmittel bei, in der zweiten Phase nur die verbliebenen Unternehmen.

Hauptziel des Projektes ist die Erstellung, Veröffentlichung und Empfehlung einer strategischen Roadmap 2015 in einem kooperativen Verfahren. Neben der Untersuchung von Geschäftsmöglichkeiten durch nachhaltige IKT gehört auch die Förderung der Teilnehme Japans an internationalen Initiativen zu nachhaltiger IKT (global, Asien, andere Länder) zu den Kernanliegen des Projektes.

Der Roadmapping – Prozess

Der Roadmapping Prozess begann mit einer Bestandsaufnahme und Auswertung anderer Roadmapping-Aktivitäten, darunter auch des Projektes Nachhaltigkeit in der Informations- und Kommunikationstechnik (NIK). Darauf aufbauend wurde ein dichter Roadmapping-Zeitplan entworfen, der insbesondere auch die Einbindung internationaler Experten vorgesehen hat.

Im Zentrum der ersten Phase stand neben der Information, die Entwicklung von gemeinsamen Visionen. Die konkreten Visionen, wie IKT zu nachhaltiger Entwicklung beitragen kann, wurden in vier potenziellen Bereichen verortet:

Tabelle 4-1: Vision 2015 des Japan SIS Projects

<i>Visionsbereiche</i>	<i>Themen</i>
1. Globale Gemeinschaft	Globale e-Waste Initiative IKT Initiativen für nachhaltige Entwicklung in Asien Globale Nachhaltigkeitserziehung
2. Leben & Lebensstile	Lokale Produzenten-Konsumenten Netzwerke Telearbeit und e-Learning Hochleistungsdesign für Gebäudemanagement und Stadtplanung
3. Arbeit & Geschäftsmodelle	Öko-Innovationen in der IKT-Industrie Nachhaltiges Supply Chain Management und Resource Pooling Innovative Geschäftsmodelle
4. Gesellschaft & Infrastruktur	Nationales Ressourcen-Managementsystem Erneuerbare Energien Austauschsystem Zukunfts-Community Entwicklungsmodelle durch IKT

Das formulieren gemeinsamer Visionen, wie IKT 2015 zu nachhaltiger Entwicklung betragen kann, nahm mehr Projektressourcen als erwartet in Anspruch. Die Abstimmungsprozesse erwiesen sich als zeitaufwändig und angesichts unterschiedlicher Interessenlagen auch als schwierig. Insgesamt traf sich die Gruppe zehn Mal. Die Kooperation zwischen METI und den Unternehmen in der ersten Phase ist nach europäischen Maßstäben gering ausgeprägt. Aber auch die Repräsentierung der KMU gelang angesichts des Fehlens eines entsprechenden IKT-Unternehmensverbandes nicht. Eine japanische Besonderheit ist die große Resonanz auch des Japan SIS Projektes auf Umweltmessen.

Die zweite Phase dient der strategischen Szenario-Planung und weiteren Spezifizierung der Visionen.

Die konkreter gefasste Rolle der IKT in den Visionen dient als Ausgangspunkt für die Erarbeitung unternehmerischer Kommunikationsstrategien. Der Roadmap-Entwurf wurde in Stakeholder-Dialogen mit IKT-Nutzern und NGOs diskutiert.

Trotz des Fehlens von METI sind Empfehlungen für die u-Japan Policy erarbeitet worden. Die u-Japan Policy zielt darauf ab, bis 2010 eine Ubiquitous Network Society zu realisieren.

In der strategischen Szenario-Planung sind Treiber sowie erforderliche Aktivitäten und Policies ermittelt worden.

Insgesamt lassen sich die Roadmapping Aktivitäten im Japan SIS Project nur schwer bewerten. Zum einen liegt dies an der mangelnden Auskunftsfreude der direkt Beteiligten, zum anderen werden die Ergebnisse nur auf japanisch in rudimentärer Form veröffentlicht. Dies gilt insbesondere für die nur exklusiv von den Unternehmen genutzten Ergebnisse der zweiten Phase.

Die Nachhaltigkeitsorientierung

Eine Roadmap im engeren Sinne mit konkreten Zielmarken und Meilensteinen ist zwar nicht gelungen, der Fokus auf die Ausarbeitung von nachhaltigkeitsorientierten Visionen ist jedoch herausragend. Viele andere Roadmapping-Prozesse tun sich schwer in der Formulierung von ambitionierten Visionen und verharren meist bei vorsichtiger Trendextrapolation. Hier sind zwölf nachhaltigkeitsrelevante Themen mit einem hohen Lösungsbeitragspotential durch IKT ausgearbeitet worden, die ein breites Spektrum abdecken. Eine Untersetzung mit Indikatoren bleibt allerdings einer potenziellen dritten Phase vorbehalten.

Fazit

Der qualitativ hochwertige Roadmapping-Ansatz leidet ein wenig unter seiner limitierten Kommunikation. Nichtsdestotrotz ist die Bereitschaft japanischer Unternehmen, proaktiv an der Ausgestaltung von Visionen für eine nachhaltige IKT mitzuwirken, hervorzuheben.

4.3. Fallstudie “iNEMI”

Die International Electronics Manufacturing Initiative (iNEMI) ging am 1.1.2005 aus der seit 1994 in den USA aktiven National Electronics Manufacturing Initiative (NEMI) hervor. Die Initiative hat den Charakter eines mitgliederfinanzierten Verbandes der Elektronik-herstellenden Unternehmen. Rund 300 Individuen aus 200 Unternehmen, darunter alle Top-Unternehmen der

Elektronikbranche aus den USA, und Vertreter aus Wissenschaft, Politik und Verbänden gehören iNEMI an.

Das Ziel der Initiative ist die Sicherung und der Ausbau der globalen Führerschaft der US-basierten Elektronikindustrie einschließlich der Unternehmen der vorgelagerten Supply Chain, wie z.B. Bauelemente-Hersteller. Zu den Hauptaktivitäten von iNEMI gehört die gemeinsame Antizipation zukünftiger Technologien und von Geschäftsanforderungen sowie die Entwicklung von Handlungsstrategien.

Der Roadmapping - Prozess

Die erste Roadmap im Rahmen von NEMI entstand auf Initiative der Regierung und zwar für das Gebiet der Verteidigungsforschung mit Mitteln der National Science Foundation (NSF). Wichtige Maßgabe war die zukünftige Bedarfsseite als Ausgangspunkt für die gemeinsame Antizipation zukünftiger Technologien zu nehmen.

iNEMI unternimmt regelmäßig Roadmapping-Aktivitäten im Turnus von zwei bis drei Jahren (u.a. 2002, 2004, 2007). Am aktuellen Roadmapping-Prozess selbst nehmen gut 70 Personen teil. Viele davon stammen aus den Unternehmensbereichen Environment, Health und Safety (EHS), da die EU-Richtlinie on Energy Using Products (EuP) zahlreiche neue Umweltauflagen an die Technologieentwicklung in der Elektronikindustrie mit sich bringen wird. Darüber hinaus sind insbesondere die Wissenschaft und Handelsorganisationen vertreten.

Das Roadmapping Verfahren von iNEMI basiert auf einem fruchtbaren Wechselspiel von derzeit fünf so genannten Product Emulator Groups (PEGs) und neunzehn Technology Working Groups (TWGs).

Tabelle 4-2: iNEMI 2007 Product Emulator Groups (PEGs)

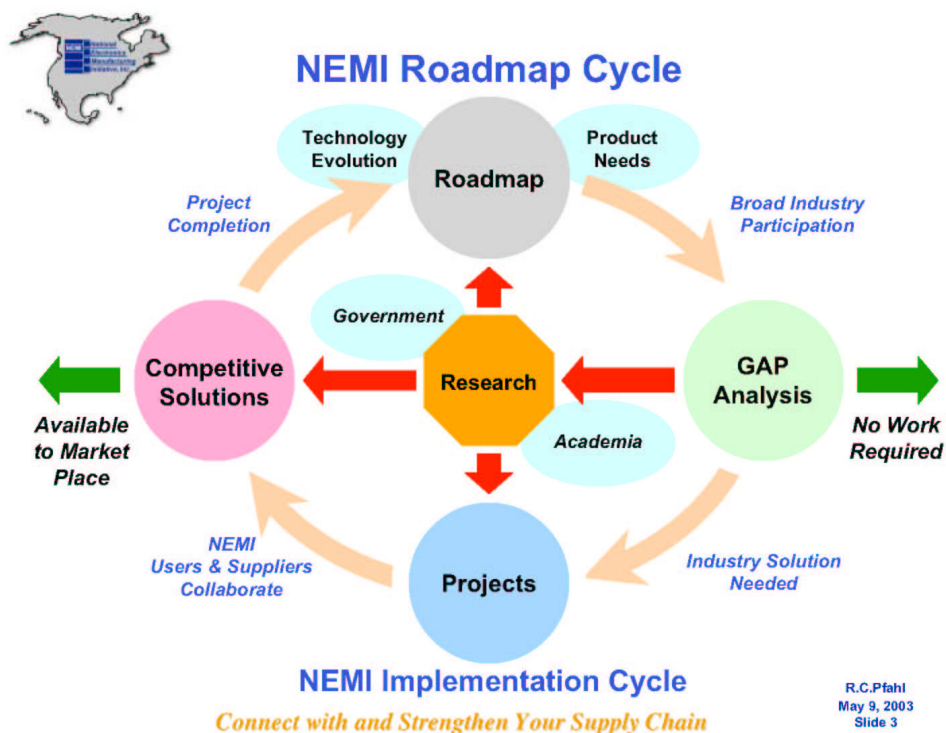
Emulatoren	Merkmale
1. Raumfahrt /Verteidigung	Produkte, die in extremer Umwelt betrieben werden
2. Automotive	Produkte, die in einer Automobilumgebung betrieben werden
3. Consumer / Portable	Konsumentenprodukte für den Massenmarkt, bei denen der Preis der wichtigste Treiber ist
4. Medizinische Produkte	Produkte, die in einer hochgradig zuverlässigen Umgebung arbeiten müssen
5. Bürosysteme/ Große Businesssysteme / Kommunikationssysteme	Produkte, die oft auf maximale Leistungsfähigkeit zielen mit einer Kostenbegrenzung von einigen tausend US-\$ oder keiner Kostenbegrenzung

Die PEGs formulieren zunächst zukünftige Anforderungen für Produkte in verschiedenen Produktgruppen aus ökonomischer und funktionaler Perspektive. Diese werden in

Innovationsworkshops generiert, ohne die technische Machbarkeit zu berücksichtigen. In den TWGs wird dann versucht, die technische Machbarkeit zu prüfen und Entwicklungsbedarfe darzustellen. Die von konkreten Technologien möglichst losgelöste Arbeit der PEGs soll damit in den TWGs auch visionäre Technologiewechsel als Zielsetzung auslösen können. Der Zeithorizont ist 10 Jahre. 19 TWGs, darunter z.B. Produktlebenszyklus-Informationsmanagement, umweltbewusste Elektronik und Sensoren, sind im iNEMI 2007 Roadmapping Prozess aktiv.

Die Roadmap selbst beinhaltet die klassischen Komponenten Defizitanalyse, Priorisierung und Ableitung von Strategien. Eher untypisch ist die Durchführung von ein bis zwei konkreten Projekten, deren Notwendigkeit in der Roadmap ergründet wurde. Beispiele sind die Forcierung der Entwicklung von bromfreien Leiterplatten, Training von KMUs oder Vorarbeiten in Richtung Standardisierung. Der gesamte Roadmap-Zyklus von iNEMI bzw. NEMI ist in folgender Abbildung veranschaulicht.

Abbildung 4-1: NEMI Roadmap Cycle



Quelle: iNemi

Zu den Besonderheiten des iNEMI-Roadmapping-Prozesses gehören die kombinierte Bedarfsanalyse und Technologieentwicklung, die Regelmäßigkeit sowie die Breite hinsichtlich

der Anwendungsfelder und Technologien. Das Verfahren kann als etabliert und professionell bezeichnet werden. Insbesondere Unvereinbarkeiten und fehlendes Anfangsverständnis im Zusammenspiel zwischen PEGs und TWGs stellen sich im Roadmapping-Prozess meist als sehr inspirierend heraus. Ein praktisches Problem ist des öfteren die Besetzung der PEGs und TWGs. So fand sich für die iNEMI 2007 Roadmap im Gegensatz zur iNEMI 2004 Roadmap bislang kein Verantwortlicher für eine TWG Displays.

Die Nachhaltigkeitsorientierung

Bei den Umweltthemen stand in der iNEMI Roadmap 2004 die Frage der WEEE/ROHS-Kompatibilität im Vordergrund. Die Sinnhaftigkeit einzelner Strategien wird aber von iNEMI teilweise als kritisch angesehen: z.B. beim Einsatz von Recyclingkunststoffen mit bromierten Flammschutzmitteln oder die Senkung des Bleigehaltes im Lot auf „Null“.

Andere, noch wichtigere Themen mussten deshalb aufgeschoben werden, darunter - freiwillige Initiativen zur Reduktion des Energieverbrauchs, Life Cycle Assessment (LCA) für Mobilfunk der 2. und 3. Generation, auch I-Pods, Eco-Design und die ökologisch-ökonomische Bewertung der Datenübertragung mittels Kupferkabel, Funk oder Glasfaseroptik.

Die aus Umweltsicht brisantesten Themen Supply Chain Management, Energie und Zukunftsmärkte sind aus Sicht von iNEMI bis heute ebenfalls nur unzureichend adressiert. Forschungs- und Handlungsbedarf wird insbesondere auch in mehr belastbaren LCAs gesehen, um nicht voreilige Schlüsse für die Regulierung zu ziehen.

Das Roadmapping-Verfahren ist insgesamt weit ausgereift. Trotz breiter Stakeholder-Orientierung bedarf es eher neuer Impulse, um neue Sichtweisen und innovative Ansätze zu generieren. Auch das Zusammenspiel zwischen ökonomischen, technischen, individuellen und gesellschaftlichen Faktoren ist aus Nachhaltigkeitssicht nicht ausreichend gewürdigt.

Internationalisierung

Die Elektronikindustrie und ihre Zulieferer sind bereits in hohem Maße in die Weltwirtschaft integriert. Die Kernaufgabe von iNEMI, die gemeinsame Antizipation zukünftiger Technologien und von Geschäftsanforderungen sowie die Entwicklung von Handlungsstrategien, kann deshalb nur in internationaler Perspektive bewerkstelligt werden. Entwicklungs- und Produktionsschwerpunkte der Elektronikindustrie liegen vorwiegend in der Triade USA, Europa und Japan, erweitert um Südkorea, Taiwan und China. Das globale Innovationssystem für Elektronik weist regionalspezifische Besonderheiten auf. Einige Beispiele sollen dies illustrieren:

Das Innovationssystem in den USA folgt weitgehend dem Unabhängigkeits- und Individualitätsparadigma: Die Regierung unterstützt vor allem die Wissenschaft in Bezug auf die Ausbildung einzelner. Zwischen Unternehmen und staatlichen Einrichtungen kommt es auch in Bezug auf nachhaltige Entwicklung nur selten zur Zusammenarbeit.

Das Innovationssystem in Japan ist durch eine engere Bindung von staatlichen Einrichtungen und Unternehmen gekennzeichnet, und deshalb als Kooperationsparadigma beschreibbar. Die staatliche Einrichtung New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO) führt z.B. Energie-Studien gemeinsam mit der Industrie durch. Gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsbedarfe der Industrie werden z.B. in eine wissenschaftliche Sprache übersetzt, die in der staatlichen Forschungspolitik ihren Wiederhall finden.

In der europäischen Union ist der regulative Druck ein starker Treiber im Innovationssystem. Die WEEE- und RoHS-Richtlinien haben weltweit zu Neuorientierungen in der Gestaltung von Elektronikprodukten geführt. Die sich anbahnende EuP-Richtlinie ist auch in der iNEMI-Roadmap 2007 schwerpunktmäßig adressiert. Die europäische Nachhaltigkeitspolitik und Forschungspolitik ist an Public Private Partnerships und am Integrationsgedanken orientiert.

iNEMI betreibt seit kurzem eine Internationalisierung seiner Aktivitäten. In der ersten Stufe sollen Mitglieder aus der EU und der japanische Dachverband akquiriert werden. Später sollen auch Südkorea, Taiwan und China anvisiert werden. Als Schlüsselfrage für ein globales Roadmapping schält sich immer mehr die Überwindung konzeptioneller und mentaler Barrieren heraus. Dazu zählen z.B. unterschiedliche Arbeitsweisen, in Japan haben Roadmaps z.B. vorwiegend den Charakter von Extrapolationen der Unternehmenspläne, es stellen sich aber insbesondere auch Fragen des Vertrauens.

Fazit

Der qualitativ hochwertiger Branchendialog zum Roadmapping beschreitet mit der Internationalisierung einen interessanten Weg, dessen Nachhaltigkeitsorientierung allerdings stark ausbaufähig ist. Für den Einfluss der iNEMI Roadmap auf die Unternehmenspolitik - das Dilemma „strategisches versus taktisches Verhalten“ – liefert aber auch das iNEMI-Roadmapping noch keine klaren Antworten.

5. Integrated Roadmapping: ein neues Konzept

Insgesamt sind die Ergebnisse der bisher vorliegenden nachhaltigkeitsorientierten Roadmaps sehr unterschiedlicher Qualität. Teilweise liegen sehr allgemeine Ergebnisse vor. Andererseits konnten konkrete Zielmarken definiert werden, die praktisch relevant wurden. Bisher ist es erst in Ansätzen gelungen dem integrativen Anspruch des Nachhaltigkeitspostulates (triple sustainability) gerecht zu werden und gleichzeitig das Interesse des Innovationsmanagements in den Firmen der ITK zu finden. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Aufgabe nach einer geeigneten Erweiterung bzw. Modifikation der Roadmap-Methode für eine Unterstützung von nachhaltigkeitsorientierten Innovationsprozessen im Bereich der ITK.

5.1. Anforderungen

Soll über eine technikzentrierte, mehr oder weniger eindimensionale Betrachtung hinausgegangen werden und sollen darüber hinaus konkrete und praktische Ergebnisse erbracht werden, muss die Roadmap mehrere Anforderungen erfüllen:

- Erstens muss die Roadmap bezüglich des Umfangs der betrachteten Bereiche ein genügend großen Rahmen bieten, der die Komplexität übergeordneter Trends und Entwicklungen in ihrem Wirkungsgefüge abbildet und eine Orientierung (Auslöser, Triebkräfte, Veränderungsdynamik bei Märkten, Lebensstilen und Technologien etc.) bietet.
- Zweitens ist den komplexen Umwelten, der Unsicherheit von Trendaussagen und ungewissen Handlungsfolgen durch eine Komplexitätsreduktion entsprechend Rechnung zu tragen. Hierzu müssen Schwerpunkte gesetzt werden, um konkrete und über ohnehin bekannte Herausforderungen (Geschäftsfelder, Potenziale, Standardisierungsfragen etc.) der ITK hinausgehende Einsichten gewinnen zu können. Auf diese Fokusthemen, die wichtige Teilbereiche abdecken, müssen die verfügbaren Ressourcen mit Priorität konzentriert werden, weil dort konkrete Umsetzungen am ehesten erreichbar sind.
- Drittens stellt ein nachhaltigkeitsorientiertes Roadmapping besondere Anforderungen an die Komplexität von Systembetrachtungen, an die Abschätzung ökologischer und sozialer Wirkungen und den Umgang mit auftretenden Konflikten zwischen ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Zielsetzungen. Da unter Bedingungen hoher Unsicherheit möglichst konkrete Aktivitäten aus Roadmaps abzuleiten sind, sind Expertenbefragungen (Unternehmen, Kunden, Wissenschaft),

Szenario- und Modellierungstechniken als Strategien des „(Nicht)-Wissensmanagements“ zu nutzen, um Zukunftsbilder und Korridore möglicher Entwicklungen identifizieren zu können.

- Viertens stellt die Integration von Kunden und anderen Stakeholdern besondere Anforderungen an leistungsfähige Dialogstrukturen. Dies betrifft auch die Frage, welche künftigen Bedarfe und Bedürfnisse existieren könnten, die sich naturgemäß nicht vorhersehen lassen.
- Fünftens muss der unmittelbare und spätere Nutzen eines erweiterten Roadmapping deutlich und praxisnah vermittelbar sein. Sozio-ökonomische Zukunftsbilder müssen konkrete, neue Geschäftsmöglichkeiten oder Forschungsfelder sichtbar machen oder in Meilensteine, Aktivitäten und Maßnahmen für unternehmerisches bzw. politisches Handeln überführt werden können. Es geht um die Klärung der Frage: Welche Innovationen können eine Schlüsselposition auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit in der Wirtschaft einnehmen?

5.2. Ansätze für ein nachhaltigkeitsorientiertes Roadmapping

Die Integration von Nachhaltigkeitsanforderungen, gesellschaftlichen Bedarfen und Kundenbedürfnissen im Roadmapping kann über verschiedene Zugänge erfolgen. Dabei kann auf bereits bestehende und teilweise etablierte Methoden zurückgegriffen werden.

Tabelle 2: Ansätze im Vergleich

<i>Ansatz</i>	<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>
Sozio-ökonomische und sozial-ökologische Trend- und Bedarfsanalyse	Kann an bestehende Vorgehensweisen im Innovationsmanagement anknüpfen	Inhärente Unsicherheit von Trendaussagen Selektivität der ausgewählten Trends Ambivalenz von Trends bezüglich ihrer Nachhaltigkeitspotenziale
Leitbild Assessment	Synchronisation von technischen Machbarkeits- und soziokulturellen Wünschbarkeitsvorstellungen	Selektion sozial-ökologischer/soziokultureller Leitbilder Operationalisierbarkeit von Leitbildern
Bedürfnisfeldanalyse	Erfassung zusammenhängender Entwicklungsprozesse mit Bezug auf Nutzungskontexte, Anforderungen etc.	Selektivität von Trends Erfassbarkeit von Kundenanforderungen
Anwender-/Stakeholder-Integration	Ideengenerierung und –bewertung Risikominimierung	Hoher Aufwand Auswahl der Stakeholder selektiv Anreize zur Teilnahme
Innovative Technikfolgenabschätzung und -bewertung	Frühzeitige Problemerkennung	Bewertung noch unscharfer Technologien und Nutzungskontexte

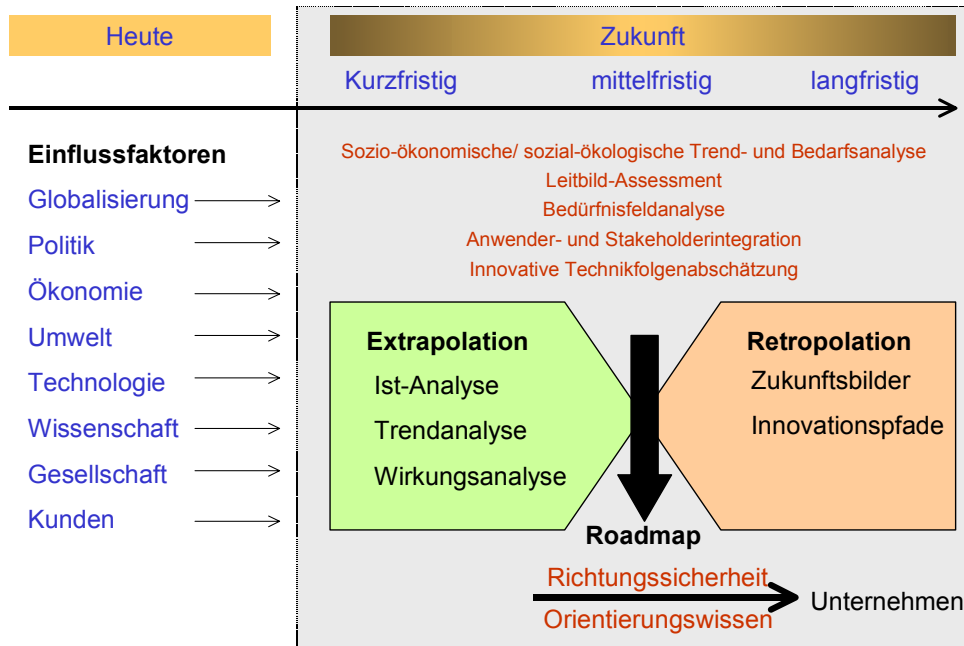
- Fokus auf sozio-ökonomische bzw. sozial-ökologische Trends und Herausforderungen: Das Roadmapping fokussiert auf sozio-ökonomische bzw. sozialökologische Trends und Herausforderungen (z.B. Klimawandel, soziale Disparitäten in Entwicklungsländern, Zunahme der Weltbevölkerung, Ressourcennutzung) und fragt nach Lösungsbeiträgen durch ITK.
- Leitbild Assessment: Das Roadmapping stellt Leitbilder ins Zentrum und nimmt ein Leitbild Assessment vor, das als Grundlage für die Ableitung von unternehmerischen Herausforderungen und neuen Geschäftsmöglichkeiten dient. Mit Blick darauf geht es bei diesem Zugang im Roadmapping darum, gegenüber der bisher dominanten Orientierung an Technikleitbildern, sozial-ökologische Leitbilder gegenüberzustellen und einen Perspektivenwechsel vorzunehmen. Neben dem „Meta“-Leitbild Nachhaltige Entwicklung werden eine Reihe von sozialen und ökologischen Leitbildern seit längerem diskutiert. Dabei geht es vor allem um Prinzipien der Ethik, wie soziale Gerechtigkeit, gesellschaftliche Verantwortung (global compact, corporate social responsibility) und des ökologischen Wirtschaftens, insbesondere Dematerialisierung (Faktor 4/10), Kreislaufwirtschaft und Industrial Ecology.
- Bedürfnisfeldbezogener Ansatz: Kerngedanke dieses Ansatzes ist es, Grundbedürfnisse, die in verschiedenen Lebensbereichen eine Rolle spielen,

zusammenzufassen und damit Fragen der Bedarfs- und Bedürfnisentwicklung in ihrem Kontext erfassen und mit Blick auf mögliche neue Anwendungen der ITK analysieren zu können. Dieser Zugang fokussiert auf die menschliche Bedürfnisbefriedigung, die mit unterschiedlichen Mitteln der ITK unterstützt werden kann. Die Aufteilung in Bedürfnisfelder (z.B. Wohnen, Ernährung) erlaubt es, Anwendungen, bei denen sich ähnliche Anforderungen stellen, besser zusammenzufassen ohne die Betrachtung zu sehr von der Seite der Technologie auf deren Push zu konzentrieren.

- Integration von Stakeholdern: Neben der (üblichen) Befragung von Experten bzw. Einbeziehung von Experten in Rahmen von Workshops werden weitere Stakeholder in den Roadmappingprozess eingebunden. Die Einbeziehung von Akteuren aus gesellschaftlichen Praxisbereichen erhöht den Gehalt an Zukunftswissen, die Phantasie und Kreativität bei der Erstellung von Zukunftsbildern und führt insbesondere die (für eine Nachhaltige Entwicklung) wichtigen Aspekte der Wünschbarkeit, Gestaltbarkeit und Umsetzung in den Innovationsprozess (Kreibich 1995).
- Innovative Technikfolgenabschätzung und -bewertung: Einbindung der Frage, welche technologischen Entwicklungen mit welchen Risiken behaftet sind. Die Grundidee besteht darin, möglichst von der ersten Erfindungsidee bis zur Vorbereitung einer technischen Neuerung die Ergebnisse der Technikfolgenforschung einzuspeisen. Somit bietet es sich an, möglichst frühzeitig, bevor die Projekte eine Eigendynamik erlangen und später (insbesondere aus Kostengründen) nicht mehr oder kaum noch revidiert oder modifiziert werden können, negative Effekte als Vermeidungsziele in das Roadmapping mit aufzunehmen (Kreibich 1990; Steinmüller et.al. 1999). Dies hätte den Vorteil, dass sie „schon in frühen Stadien der technischen Entwicklung wirksam werden können und zudem am Ort des umfangreichsten technologischen Wissens erfolgen.“ (Mehl 2001:112f)

Die verschiedenen Zugänge zur Integration von gesellschaftlichen Bedarfen und Kundenbedürfnissen überlappen sich, schließen sich aber nicht aus, sondern bieten verschiedene Sichtweisen und ermöglichen auf diese Weise einen Perspektivenwechsel beim Roadmapping.

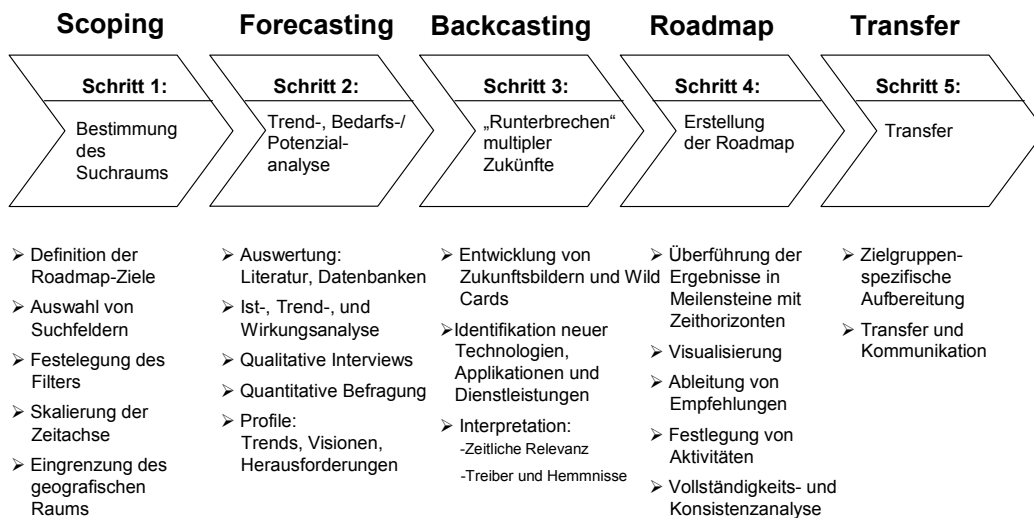
Abbildung 5-1: Nachhaltigkeitsorientiertes Roadmapping – die Methode



5.3. Schritte zur Erstellung einer nachhaltigkeitsorientierten Roadmap

Mit Blick auf die Erweiterung der Technologie-Roadmap um eine Nachhaltigkeitsorientierung wird im folgenden ein Ansatz vorgestellt, mit dessen Hilfe gesellschaftliche Bedarfe und Kundenbedürfnisse frühzeitig einbezogen werden können. Das methodische Grundgerüst lehnt sich an übliche Vorgehensweisen des Technologie-Roadmappings an. Die Erstellung der Roadmap besteht aus einem mehrstufigen Prozess, der mit der Eingrenzung des Suchfeldes beginnt und über Identifikation von Wertschöpfungsmöglichkeiten und Herausforderungen in der Festlegung von Meilensteinen und Aktivitäten endet. Die genannten Ansätze sind in das Grundgerüst des Roadmappings an mehreren Stellen einzubinden. Die dazu notwendigen Schritte zur Erstellung der Roadmap sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

Abbildung 5-2: Schritte zur Erstellung der Roadmap



Scoping: Bestimmung des Suchraums – Zielbestimmung und Systemabgrenzung

Zu Beginn muss der Suchraum vernünftig abgegrenzt sein. Er bestimmt die Referenzpunkte für die Bewertung und Selektion von Innovationsrichtungen und Technologien. Dies geschieht mittels eines Filters, der entsprechend den spezifischen Anforderungen die nicht relevanten Felder und Parameter ausblendet. Dazu müssen zuerst die Aufgabenstellung und die Ziele der Roadmap bestimmt werden. Ein wichtiger Teil der Suchfeldabgrenzung ist die Festlegung eines Filters, nach dem bedarfs- und potenzialseitige Ausprägungen von Entwicklungen identifiziert und beurteilt werden sollen. In der Regel wird die bedarfsseitige Umwelt durch den Markt definiert und die potenzialseitige Umwelt durch die Forschung und Entwicklung in Technologie-Roadmaps abgedeckt (Möhrle 2002: 95). Mit Blick auf eine frühzeitige Steuerung von Nachhaltigkeitseffekten reicht die Analyse von Marktsog und Technologiedruck nicht aus, vielmehr ist die Einbeziehung weiterer Push- und Pull-Faktoren notwendig, um frühzeitig nicht-intendierte gesundheitliche, ökologische oder soziale Nebenfolgen sowie nutzerbedingte Nachhaltigkeitseffekte identifizieren und steuern zu können.

Dazu gehört insbesondere (Fichter/Kiehne 2004)

- die Beachtung rechtlicher Entwicklungen, gesellschaftlicher Leitbilder und von Visionen proaktiver Unternehmen,
- die Frage nach Lösungsbeiträgen von Technologien zur Bewältigung sozio-ökonomischer Trends und gesellschaftlicher Herausforderungen,
- das Suchfeld nicht nur auf Technologien oder Produkte, sondern die Frage nach Nutzungs- und Funktionssystemen in den Vordergrund zu rücken,
- neue Technologien und Applikationen über ihren Lebensweg analysiert und bewertet werden.

Forecasting: Trend-, Bedarfs- und Potenzialanalyse

Die Vorausschau möglicher Entwicklungen (Forecasting) hat die Aufgabe relevante Veränderungspotenziale zu identifizieren. Dies ist mit einer bloßen Analyse und Fortschreibung von Trends, wie sie häufig bei Technologie-Roadmaps zu finden ist, weder belastbar zu bewältigen noch hinsichtlich neuer Herausforderungen und Möglichkeiten der Technologie- und Produktentwicklung angemessen zu befruchten. Um zu tragfähigen Ergebnissen zu gelangen, müssen Methoden eingesetzt und miteinander verknüpft werden, die dreierlei erlauben

- erstens die Analyse der Ausgangsbedingungen,
- die Identifizierung relevanter Trends und deren Wirksamkeit im Zeitverlauf und
- drittens die Exploration von Veränderungspotenzialen.

Zur Erfüllung dieser Anforderungen ist ein mehrstufiges Vorgehen zweckmäßig. Dabei gibt es keine Patentlösungen, vielmehr wird der Methodenmix (z.B. Experteninterviews, Delphi-Befragung) situativ jeweils den spezifischen Anforderungen an die Roadmap angepasst werden müssen. Von besonderer Bedeutung ist jedoch die Einbeziehung von Experten, Anwendern und Stakeholdern an dieser Stelle. Deren Suche und Integration ist keineswegs trivial, sondern stellt für das Roadmapping eine Herausforderung dar. Die Auswahl muss gewissen Kriterien genügen (z.B. Themenabdeckung, Fachkompetenz, Visionskompetenz, strategische Bedeutung), ansonsten besteht die Gefahr, dass nicht richtungssichere, sondern eher beliebige Aussagen und Beurteilungen generiert werden.

Backcasting: „Runterbrechen“ multipler Zukünfte

Dieser Schritt zielt darauf, neue Technologien, Anwendungen und Märkte und damit verbundene Chancen und Anforderungen zu identifizieren. Dabei nimmt die Sensibilisierung,

Inspiration, reflexive Selektion der am Roadmapping-Prozess beteiligten Akteure und die Frage nach der Richtungssicherheit einen breiten Raum ein. Mit Blick auf Push- und Pull-Faktoren (rechtliche Entwicklungen, individuelle Bedürfnisse, gesellschaftliche Bedarfe etc.) sind technologische Antworten und Lösungsbeiträge zu identifizieren („Anforderungsroadmap“). Dazu ist es zweckmäßig verschiedene Zukunftsbilder auf der Basis der Bedarfs- und Potenzialanalyse zu generieren. Zukunftsbilder stellen eine kohärente Bündelung von Trends, Visionen und Leitbildern dar. Zukunftsbilder sind etablierte Werkzeuge der Zukunftsforschung und Technikfolgenabschätzung. Bilder der Zukunft können mit Hilfe von Szenarien dargestellt werden. Szenarien unterstützen die diskursive Klärung von Gestaltungs- und Handlungsmöglichkeiten und bilden ein besseres Verständnis ihrer strategischen Implikationen heraus. Mit Blick auf Nachhaltigkeitsanforderungen etwa des Klima- und Ressourcenschutzes kommt es nicht nur auf die Darstellung wahrscheinlicher Entwicklungen (im Sinne der Vorhersage) an. Von Bedeutung ist vielmehr die Formulierung möglicher, wünschenswerter oder auch unerwünschter Zukunftsbilder. Dabei ist großer Wert auf die Gestaltbarkeit der Entwicklungen zu legen. Mit alternativen Szenarien lassen sich durch die besondere Betonung einzelner Zieldeterminanten Zukunftsbilder entwickeln, die in verschiedenen Szenarien jeweils spezifische Chancen und Risiken besonders herausarbeiten und alternative Handlungskorridore untersuchen. Um Herausforderungen für Zielgruppen der Roadmap zu identifizieren, ist die enge Kopplung von Szenario und Diskurs mit relevanten Akteuren von entscheidender Bedeutung. Die Zukunftsbilder sind im Rahmen des Backcasting einer Auswirkungsanalyse zu unterziehen. Dies geschieht am besten mit Hilfe von gruppenbasierten Methoden wie moderierte Experten-Workshops, Leaduser-Workshops und Zukunftswerkstätten. Daraus ergeben sich Chancen für effektivere Austauschbeziehungen, die weit über Marktsignale und Technologieprognosen hinausgehen und Risiken identifizieren helfen können.

Erstellung der Roadmap

Im vierten Schritt des Roadmapping-Prozesses werden die Ergebnisse der Analyse und Bewertung verdichtet und in Meilensteine, Aktivitäten und Empfehlungen überführt. Die Entwicklung von Produkten, Technologien und Nutzungssystemen ist auf einem Zeitstrahl übersichtlich darzustellen. An die Roadmapgenerierung schließt sich ein Review des Prozesses an. Die Aufgabe des Reviews ist es, festzustellen, ob alle relevanten Entwicklungsverläufe berücksichtigt werden konnten, die Einschätzung der Innovationsobjekte in sachlicher und zeitlicher Hinsicht plausibel begründet ist und die Annahmen und Bewertungen nachvollziehbar für interne und externe Nutzer der Roadmap sind (Möhrle 2002). Im Rahmen des Reviews werden Unsicherheiten identifiziert und transparent gemacht. Dabei müssen die Datenbasis, die Datenqualität, die Verarbeitungsschritte und Aussagefähigkeit der Ergebnisse

(z.B. in Bandbreiten) genau dargelegt werden. Auf diese Weise soll vor allem bei der Anwendung Fehlnutzungen begegnet werden, wie sie vielfach von der Prognostik her bekannt sind (Kreibich 2005). Insbesondere ist zu verhindern, dass Genauigkeit und Relevanz von Zukunftsaussagen nur vorgetäuscht wird.

Transfer

Roadmaps, sollen sie nicht ohne Folgen bleiben, sondern in Innovationspolitik und –management wirksam werden, müssen deshalb mit operativen Aktivitäten (Vinkemeier 2002) verknüpft werden.

6. Praxistest: Integrierte Technologie-Roadmap Automation 2015+

Ein erstes Testfeld für die neue Methode war die Erstellung einer integrierten Roadmap zur Automation für den Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie (ZVEI). Ausgangspunkt und Hintergrund des Roadmap-Projektes sind die sich maßgeblich verändernden Innovationsbedingungen für Unternehmen der Automatisierungstechnik: Welche Technologiefelder und welche sozio-kulturellen Trends werden in den nächsten Jahren wichtig für die Automatisierungstechnik? Welche Lösungsbeiträge kann die Automatisierungs-, Mess- und Regelungstechnik zu gesellschaftlichen Aufgaben leisten? Wo liegen Zukunftsmärkte und welche neuen Anforderungen ergeben sich daraus für die Automatisierungsbranche? In welche Richtung werden sich die Anwenderbranchen entwickeln? Zeichnen sich neue Technologien und Geschäftsmöglichkeiten ab? Ergeben sich neue Qualifizierungsanforderungen und -bedarfe? Welche Standardisierungsherausforderungen zeichnen sich ab? Wie sollen sich die Unternehmen auf mögliche Optionen und neue Risiken einstellen?

Die integrierte Roadmap Automation 2015+ liefert auf diese Fragen Antworten und Einsichten. Mit Blick auf diese Veränderungsdynamik zielte die Roadmap darauf,

- Entwicklungsperspektiven der Automation im Kontext künftiger Kundenanforderungen aufzuzeigen,
- technologische Antworten auf sozio-ökonomische Trends und gesellschaftliche Zukunftsherausforderungen zu identifizieren und
- strategisches Orientierungswissen für die Automatisierungsbranche und für Verbandstätigkeiten des ZVEI bereitzustellen.

Zeitlich erstreckt sich diese Roadmap auf einen Zeithorizont bis 2015+. Thematisch wurde der Fokus auf folgende Anwendungsfelder gelegt, wobei andere Anwendungsfelder in ähnlicher Form betrachtet werden können:

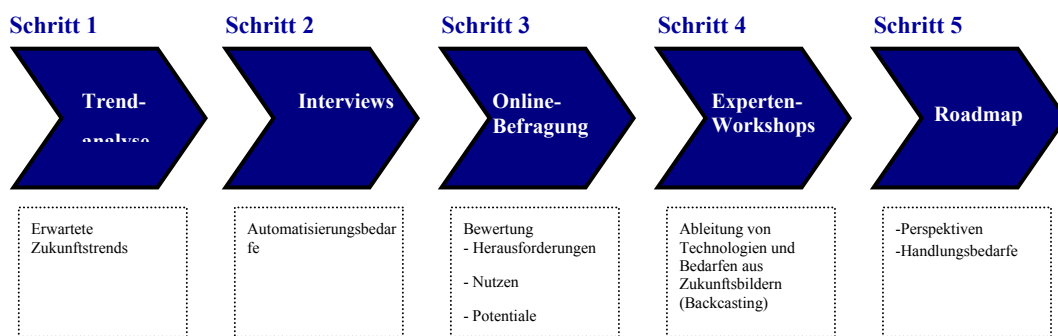
- Automobilproduktion,
- Nahrungs- und Genussmittelindustrie,
- Energieerzeugung und –verteilung,
- Schienentransport-Infrastruktur,
- Wasser und Abwasser.

Darüber hinaus enthält die Roadmap auch übergreifende Herausforderungen.

Anders als bei bisherigen Roadmaps im Bereich der Automation stand die Suche nach technologischen Antworten auf sozio-ökonomische Trends und gesellschaftlichen Herausforderungen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Methode einer Integrierten Roadmap von den Prozessbeteiligten als sehr fruchtbar eingestuft wird. Die Schwierigkeiten bestanden zunächst darin, gesellschaftliche Herausforderungen und sozio-ökonomische Megatrends auf konkrete Handlungsfelder für den Einsatz von Automatisierungstechnik herunterzubrechen. Ihr Einfluss auf die Automatisierungstechnik lässt sich nicht in einfachen Ursache-Wirkungs-Beziehungen ableiten, vielmehr handelt es um komplex miteinander verwobene Prozesse. Oft bestehen über die Auswirkungen Unsicherheiten. Diese Unschärfen können auf größere Schwankungen innerhalb der Trends, dem Vorhandensein von Gegentrends oder veränderte Rahmenbedingungen zurückzuführen sein. Im Extremfall können diese Unschärfen in Trendbrüche (wild cards) münden.

Vor diesem Hintergrund war es notwendig sich auf ausgewählte Anwenderfelder bzw. Marktsegmente zu konzentrieren. Für diese konnten Zukunftstrends spezifiziert, daraus resultierende Automatisierungsbedarfe identifiziert sowie Handlungsbedarfe abgeleitet werden. Die Herleitung der Automatisierungsbedarfe erfolgte aus vergleichsweise stabilen mittel- und langfristigen Trends. Neben der Konzentration auf handlungsrelevante Felder war für das Gelingen der Roadmap die Einbindung von Anwendern und Experten ein wichtiger Faktor. Dies geschah auf mehreren Ebenen: Interviews mit Anwendern und Experten, Online-Befragung der Hersteller von Automationstechnik sowie Anwender-Hersteller-Workshops.

Abbildung 6-1: Vorgehensweise bei der Erstellung der Roadmap



So eigneten sich im vorliegenden Fall ausgewählte Experteninterviews in Unternehmen und Forschungseinrichtungen zur Bewertung von Zukunftstrends und Identifizierung von Automatisierungsbedarfen. Diese Form der Bedarfsermittlung beruht auf qualitativen Einschätzungen der befragten Experten und ist als erste Beurteilung zu interpretieren. Sie stellt

deshalb ein Zwischenschritt bei der Erstellung der Roadmap dar. Um die gewonnenen Ergebnisse auf ein breiteres Fundament zu heben, hat sich eine Online-Befragung unter Herstellern der Automatisierungstechnik als zweckmäßig erwiesen. Die Online-Umfrage hatte die Aufgabe, mögliche strategische Herausforderungen für die Automationsbranche sowie den Nutzen und das Marktpotenzial der ermittelten Technologien und Services quantitativ zu fundieren. Vor diesem Hintergrund konnte mit Hilfe der Expertenbefragung eine Reihe von Automatisierungsbedarfen ermittelt werden. Es handelt sich dabei um vorwiegend kurz- bis mittelfristige Bedarfe, die sich eher an vorhandenen oder der nächsten Generation von Produkten, Anlagen oder Systemen orientieren.

Um in langfristiger Perspektive Automatisierungsbedarfe und Herausforderungen identifizieren und vor allem präzisieren zu können, reichen Experteninterviews nicht aus. Als zweckmäßig erwies sich die Durchführung von Workshops, an denen sowohl Hersteller als auch Anwender teilnehmen. Im Mittelpunkt standen Zukunftsbilder und Wild Cards. Während Zukunftsbilder eine kohärente Bündelung von Trends, Visionen und Leitbildern dar stellen sind Wild Cards Denkwerkzeug, die antizipierend versuchen, eine Antwort auf die Frage zu geben: Was bestimmte Trendbrüche (z.B. drastisch steigende Energiepreise) bedeuten? Die Workshops haben hier deutlich gezeigt, dass „Extrem“-Szenarien die diskursive Klärung von Gestaltungs- und Handlungsmöglichkeiten unterstützen und ein besseres Verständnis ihrer strategischen Implikationen herausbilden. Dabei ist großer Wert auf die Gestaltbarkeit der Entwicklungen zu legen. Wichtig ist auch die Bündelung isolierter Themen und das Setzen von Prioritäten und die Überführung in Meilensteine und in eine überschaubare Anzahl von handlungsleitenden Empfehlungen. Auf diese Weise wurde ein Rahmen geschaffen, in dem es eine intelligente Vernetzung und Kommunikation zwischen Technologieentwicklern und –anwendern ermöglichte.

7. Was kann das nachhaltigkeitsorientierte Roadmapping leisten? Möglichkeiten und Grenzen

Das Roadmapping fokussiert bis dato in erster Linie auf Technologien und ist in der Praxis weitestgehend technologiegetrieben. Sozio-ökonomische und sozial-ökologische Zusammenhänge spielen vielfach eine untergeordnete Rolle. Als Ergebnis werden häufig Technikbilder produziert, die aufgrund der fehlenden sozio-ökonomischen bzw. sozial-ökologischen Einbettung autistisch wirken. Eine frühzeitige Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeitsaspekten hilft aber Unsicherheiten bei Technologieentwicklung, Markteinführung und Geschäfts- und Erlösmodellen zu minimieren, die ökologische Richtungssicherheit zu erhöhen und ist letztlich ein Erfolgsfaktor bei der Einführung neuer Technologien. Voraussetzung dazu ist, dass die bisher für Roadmaps typische Verengung auf das technologisch Machbare um Schnittstellen zu Nachhaltigkeitsfragen ergänzt wird. Dies kann einerseits durch eine Fokussierung des Suchfilters auf nachhaltige Schlüsselinnovationen erfolgen. Darunter sind Innovationsfelder zu verstehen, die ein erhebliches Potenzial für eine nachhaltige Entwicklung erkennen lassen, wie beispielsweise virtuelle Kraftwerke, elektronisches Papier oder produktbegleitende Informationssysteme auf der Basis von Funkchips (so genannten RFIDs) (Behrendt et.al. 2005). Es liegt also nahe, für solche Schrittmacher- und Schlüsseltechnologien spezifische Roadmaps zu entwickeln, mit denen die Erschließung nachhaltiger Zukunftsmärkte interaktiv mit zentralen Akteuren unterstützt werden kann.

Andererseits – und dies dürfte mit dem vorherrschenden Innovationsmanagement in den Unternehmen am ehesten kompatibel und andockbar sein – geht es darum, Nachhaltigkeitsprinzipien und –dimensionen als „Leitplanken“ eines Suchkorridors und –filters in dem Roadmappingprozess mitlaufen zu lassen, das heißt situativ an passenden Stellen zu integrieren. Dabei muss die Vorgehensweise den Besonderheiten der Technologiefrüherkennung und –bewertung Rechnung tragen, die (insbesondere im Bereich der ITK) durch starke Dynamik, Unsicherheit, Vernetzung und mangelnde Quantifizierbarkeit gekennzeichnet ist. Als erschwerend kommt hinzu, dass die Interpretation vieler Nachhaltigkeitschancen und –risiken normativ-ethische Bewertungen fordert. Die Schwierigkeit besteht zudem darin, dass sich die Folgen noch unscharfer Technologien und der späteren Nutzungskontexte einer fundierten Bewertung weitestgehend entziehen, insbesondere dann, wenn es sich um breite Suchfelder zur Identifikation und Selektion von Technologien und damit verbundenen Herausforderungen handelt. Eine enge Verknüpfung mit den (bisher teilweise von

Unternehmen wenig zur Kenntnis genommen) Ergebnissen der internationalen „Foresight“-Forschung (und deren Datenbanken) ist deshalb eine wesentliche Voraussetzung, um überhaupt ansatzweise auf das dazu notwendige Wissen zugreifen zu können.

Gerade für die Nachhaltigkeitsorientierung scheint eine relativ offene Methode am geeignetsten, die die verschiedenen Unternehmensbereiche und Akteure miteinander verknüpft, gleichzeitig einen Lernprozess unter den Beteiligten auslöst und langfristig angelegt ist. Das Roadmapping schafft (unter bestimmten Bedingungen) dafür den notwendigen Rahmen, in dem es eine intelligente Vernetzung und Kommunikation zwischen Wissensträgern sowie eine Wissensintegration ermöglicht.

Wesentliche Erfolgsfaktoren sind:

- Einbindung eines unabhängigen Prozessmoderators mit Nachhaltigkeitskompetenz
- Bestimmung von Suchfeldern für Nachhaltigkeitsinnovationen
- Einbindung engagierter Branchenexperten und hochrangiger Entscheidungsträger
- Anwender- und Expertenintegration
- Generierung von Wissen aus verschiedenen Blickwinkeln
- Einsatz von Zukunftsbildern und Wild Cards im Umgang mit Unsicherheiten bei der Bewertung von Trends und Entwicklungsverläufen
- Berücksichtigung möglicher Nebenfolgen und Risiken
- Nutzung verschiedener Visualisierungsformen als Kommunikationsinstrument
- Öffnung des Roadmappings gegenüber Stakeholdern
- Aktiver und zielgruppenorientierter Transfer der Roadmapergebnisse.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass mit dem Roadmapping ein bewährtes und zunehmend verbreitetes Instrument zur Erzeugung von Orientierungswissen bei der Technologiefrüherkennung zur Verfügung steht, das –wie erste Beispiele belegen- in erweiterter Form zur innovationsstrategischen und forschungspolitischen Nachhaltigkeitsorientierung fruchtbar gemacht werden kann. Das Konzept wurde in Kooperation mit dem Fachverband Automation im ZVEI erfolgreich eingesetzt. Für die Branche der Automation liegt eine Integrierte Technologie-Roadmap vor, die auch für andere Branchen und Technologiefelder als Referenz genutzt werden kann.

8. Literatur

Behrendt, S.; Erdmann, L.: Roadmap Displays - Neuorientierungen für Umweltschutzstrategien, Berlin 2004, online verfügbar unter: <http://www.izt.de> (Stand: Dezember 2005)

Behrendt, S.; Erdmann, L.: Roadmap für eine nachhaltige IuK-Technik, in: Fiff Kommunikation, 4/2004, S. 35-39

Behrendt, S.; Henseling, C.; Fichter, K.; Bierter, W.: Chancenpotenziale für nachhaltige Produktnutzungssysteme im E-Business, IZT Werkstattbericht, Nr. 71, Berlin 2005

Bürgel et al. 2005: Bürgel, H.D.; Reger, G.; Ackel-Zakour, R.: Technologie-Früherkennung in multinationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: „Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen“, Hrsg.: Möhrle, M.G. und Isenmann, R.; 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

Burmeister, K.; Neef, Andreas: Innovate – don't imitate, in : Politische Ökologie, Innovationen – Neugier und Nachhaltigkeit, August 2003, S. 11-14

Da Costa, O.; Boden, M.; Punie, Y.; Zappacosta, M.: Wissenschafts- und Technologie-Roadmapping, 2002, online verfügbar unter: <http://www.jrc.es/iptsreport/vol73/german/MET2G736.htm> (August 2005)

de Laat 2004: de Laat, B.: Conditions for effectiveness of Technology roadmapping – a cross-sectional analysis of 80 different roadmapping exercises. In: “Proceedings of the EU-US Seminar on New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods”; Seville, 13-14-May 2004

EDAA European Design and Automation Association: System Design Technology ‘Europe’s road to the future, 1998

Erdmann, L. et al: The future impact of ICTs on environmental sustainability. European Commission. Directorate-General Joint Research Centre Technical Report EUR 21384. August 2004. www.jrc.es

EU-DOMAIN: Enabling users for Distance-working & Organisational Mobility using Ambient Intelligence Networks, 2004-2007, online verfügbar unter: <http://www.eu-domain.eu.com/>, (Stand: Januar 2005)

Fichter, K.: Modelle der Kundenintegration im Innovationsprozess - Möglichkeiten und Grenzen der Integration von Verbrauchern in Innovationsprozesse für nachhaltige Produkte und Produktnutzungen in der Internetökonomie, IZT Werkstattbericht Nr. 75, Berlin 2005

Fichter, K.; Kiehne, D.-O.: Trendmonitoring im Szenario-Management, im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes novanet – Innovationen in der Internetökonomie, Stuttgart, Juni 2004

Geschka et al. 2005: Geschka, H.; Schauffele, J.; Zimmer, C.: Explorative Technologie-Roadmaps – Eine Methodik zur Erkundung technologischer Entwicklungslinien und Potenziale. In: „Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen“, Hrsg.: Möhrle, M.G. und Isenmann, R.; 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

Hilty, L; Behrendt, S.; Erdmann, L. et. al. 2003: Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft - Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt, TA Swiss Bern 2003

Kostoff, R.N.; Schaller, R.R.: Science and Technology Roadmap, IEEE Transactions on Engineering, 2002

Kreibich, R.: Die Rolle der Zukunftsforschung bei der Gestaltung von Zukünften, in: de Haan, G. (Hg.): Zukunftsforschung heute, erscheint demnächst, Berlin 2006

Kreibich, R.: Technikbewertung, Ökobilanzierung und Technikgestaltung, in: Stephan Bröchler, Georg Simonis, Karsten Sundermann (Hg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, 3 Bände, S. 813-835

Kreibich, R.: Zukunftsforschung, in: Tietz, Bruno; Köhler, Richard; Zentes, Joachim (Hg.): Handwörterbuch des Marketings, 2. Aufl., Stuttgart 1995

Kreibich, R.; Schlaffer, A.; Trapp, C.: Zukunftsforschung in Unternehmen, Werkstattbericht Nr. 33 des Sekretariats für Zukunftsforschung, Gelsenkirchen 2002

Lizaso und Reger 2004: Scenario-based roadmapping - a conceptual view. In: “Proceedings of the EU-US Seminar on New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods”; Seville, 13-14- May 2004

Lizaso, F.; Reger, G.: Scenario-based Roadmapping – A Conceptual View, Paper Accepted at the EU-US Scientific Seminar on New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, 13-14 May, 2004, Seville, Spain

MCC Microelectronics and Computer Technology Corporation: 1996 Electronics Industry Environmental Roadmap, Austin TX 1996

MEDEA Micro-Electronics Development for European Applications: Design Automation Solutions for Europe, 2000

Mehl, F.; Komplexe Bewertung - Zur ethischen Grundlegung der Technikbewertungen – Technikphilosophie Bd. 4, 2001

Möhrle, M.G.; Isenmann, R.: Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. „2., wesentlich erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2005

NESKEY New Partnerships for Sustainable Development in a Knowledge Economy, 2003, online verfügbar unter: http://neskey.com/Road%20Map/Road_Map.htm (Stand: Dezember 2005)

Nippa und Labriola 2005: Nippa, M.; Labriola, F.: Roadmapping als Planungsmethode im Rahmen eines situationsgerechten Time-to-Market management. In „Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen“, Hrsg.: Möhrle, M.G. und Isenmann, R.; 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

Petrick und Echols 2004: Petrick, I.J.; A.E. Echols: Technology roadmapping in review: A toll for making sustainable new product decisions. In “Technological Forecasting & Social Change” 71 (2004) 81-100

Petrick, I.J.; Echols, A. E.: Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions, in: Technological Forecasting & Social Change 71, 2004, S. 81-100

Phaal et al. 2004: Phaal, R.; Farrukh, C.J.P.; Probert, D.R.: Technology roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. In: “Technological Forecasting & Social Change” 71 (2004) 5-26

SASKIA Strategic Action for a Sustainable Knowledge & Information Age, 2003, online verfügbar unter: <http://www.cordis.lu/ist/ka2/rmapsocioeco.html> (Stand: Dezember 2005)

SIS Japan Sustainable Society Project, 2005, online verfügbar unter: <http://www.japansis.jp/english/english.html> (Stand: Dezember 2005)

Specht und Behrens 2005: Specht, D.; Behrens, S.: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement 2005 und die Personalbedarfsplanung. In: „Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen“, Hrsg.: Möhrle, M.G. und Isenmann, R.; 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005

Specht, D.; Behrens, S.: Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement und die Personalbedarfsplanung, in: Möhrle, M.G.; Isenmann, R.:

Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen, Berlin Heidelberg 2002, S.85-104

Steinmüller, K.; Tacke, K.; Tschiedel, R.: Innovationsorientierte Technikfolgenabschätzung, in: Stephan Bröchler, Georg Simonis, Karsten Sundermann (Hg.): Handbuch Technikfolgenabschätzung, 3 Bände, S. 129-146

Vinkemeier, R.: Gesamtkonzept zur langfristigen Steuerung von Innovationen – Die Balanced Innovation Card im Zusammenspiel mit Roadmaps, in: Möhrle, M.G.; Isenmann, R.: Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen, Berlin Heidelberg 2002, S. 193-222

WSC Semiconductor Council: ITRS International Technology Roadmap for Semiconductors, aktuelle Roadmap online verfügbar unter: <http://www.semiconductorcouncil.org> (Stand: August 2005)