

Welcher Nutzen lässt sich durch Technologie-Roadmapping realisieren?

Untersuchung am Fallbeispiel der 2005 gemeinsam von VDI/VDE-GMA und NAMUR erarbeiteten „Technologie-Roadmap Prozess-Sensoren 2005-2015“.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Abele
German University in Cairo
Al Tagamoa Al Khames
11835 New Cairo City, Ägypten
E-Mail: thomas.abele@tim-consulting.eu

Dr. Ulrich Kaiser
Endress+Hauser Consult AG
Kägenstr. 2, CH 4153 Reinach, Schweiz
Tel.: +41 (0)617157714
E-Mail: ulrich.kaiser@holding.endress.com

Dipl.-Ing. Dieter Westerkamp
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
VDI-Platz 1; 40468 Düsseldorf
Tel.: +49 (0) 211/6214-227, Fax: +49 (0) 211/6214-161
E-Mail: westerkamp@vdi.de

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel untersucht am Beispiel der 2005 erstellten branchenübergreifenden Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2005-2015“, inwieweit die sich durch eine Roadmap erwarteten Ziele realisieren lassen. Im Rahmen einer breit angelegten Analyse (u. a. Bibliometrie) wurde die Verwendung der Roadmap in Veröffentlichungen, als Grundlage konkreter Produktentwicklungen und im Rahmen von Forschungsprojekten (Ausschreibungen, Anträge) untersucht. Die Ergebnisse werden aus zwei Perspektiven dargestellt: Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für

- das Technologie-Roadmapping sowie
- die Anwender und Hersteller von Prozess-Sensorik.

Schlüsselwörter

Technologie-Roadmap, Prozess-Sensoren, Verbände, NAMUR, VDI/VDE-Gesellschaft
Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die branchenübergreifende Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2005-2015“ wurde 2005 in einem gemeinsamen Projekt der Organisationen NAMUR und VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) unter Mitwirkung der Unternehmen ABB, Bayer Technology Services, Degussa, Endress+Hauser, Sanofi Aventis und Siemens sowie dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA erarbeitet.

Die Überarbeitung der Roadmap im Jahre 2009 bietet den Anlass, die bisher erreichten Ergebnisse und damit an einem konkreten Fallbeispiel generell den Nutzen von Technologie-Roadmaps zu überprüfen.

2 Technologie-Roadmap

2.1 Einordnung

In der Literatur findet sich neben dem Begriff „Technologie-Roadmap“ bzw. „Technologie-Roadmapping“, welche vor allem in der englischen und neueren deutschsprachigen Literatur verwendet wird, bei den ‚klassischen‘ Ansätzen auch der Begriff „Technologiekalender“ [vgl. Möh02, Wes86].

In Abhängigkeit von den Bezugsobjekten, den verfolgten Zielen, Interessengruppen etc. lassen sich zahlreiche Formen der Technologie-Roadmap unterscheiden [Möh02, S. 1]. Neben Ansätzen, welche eine reine Prognose zukünftiger technologischer Entwicklungen vornehmen, kann für viele Ansätze auch der wichtige Aspekt „Integration von Produkt- und Technologiestrategie“ hervorgehoben werden [Vin99, S. 18].

Nach Spath [Spa08, S. 28] lassen sich vier unterschiedliche Arten von Technologie-Roadmaps unterscheiden:

- 1) interne Technologie-Roadmap zur Darstellung von internen Technologieprojekten,
- 2) Produkt-Roadmap,
- 3) externe Technologie-Roadmap, welche Technologie-Evolutionspläne zur Unterstützung der Langzeitplanung darstellen sowie
- 4) Markt- und Umwelt-Roadmap, um Markt- und Kundeneinflüsse, wie Trends, Kundenverhalten etc. abzubilden.

Die Technologie-Roadmap Prozess-Sensoren kann man als eine Mischform aus Markt- und Technologie-Roadmap auffassen. Es wurde dabei versucht, branchenübergreifend ein konsistentes Zukunftsbild bzw. Zukunftsszenario für die Entwicklung einer Branche zu erarbeiten. Dieser Ansatz wird gerade im englischsprachigen Raum sowie in Asien

massiv durch Organisationen und Verbände sowie Regierungsinstitutionen verfolgt [vgl. oV10a].

2.2 Projekt „Technologie-Roadmap Prozess-Sensoren 2005-2015“

Die chemische einschließlich der pharmazeutischen Industrie trägt mit mehr als 440.000 Beschäftigten, welche 2008 einen Umsatz von mehr als 176 Mrd. Euro erwirtschafteten [oV09, S. 32 und 50] maßgeblich zur Beschäftigung in Deutschland bei. Mit den jährlich über 8 Milliarden Euro Ausgaben für Forschung und Entwicklung gehört die chemische Industrie zu den innovativsten und forschungsintensivsten Branchen des verarbeitenden Gewerbes [oV09, S. 90].

Da ohne Sensorik die Automatisierung von Prozessen und das Betreiben von Anlagen nicht möglich ist, ist es erforderlich, die Messtechnik trotz ihres hohen Reifegrades ständig weiterzuentwickeln.

Auf Basis verschiedener Vorüberlegungen wurden von den Verbänden NAMUR (Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie) und GMA (VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik) 2005 beschlossen, unter der Projektleitung des Fraunhofer-IPA eine gemeinsame Technologie-Roadmap für „Prozess-Sensoren“ zu erarbeiten, an der sich führende Unternehmen der chemischen Industrie (Bayer Technology Services, Sanofi Aventis, Degussa) und namhafte Unternehmen der Automatisierungstechnik (ABB, Siemens, Endress+Hauser) in Deutschland beteiligten.

Mit der Erstellung der Technologie-Roadmap wurden folgende Ziele verfolgt:

- 1) Zusammenbringen von Technologie- und Marktsicht,
- 2) Aufzeigen des Bedarfes an neuer Sensorik,
- 3) Einfluss auf die Lenkung von Fördermitteln sowie
- 4) Vorbereitung auf zu erwartende Entwicklungen, Rahmenbedingungen und Richtlinien im Themengebiet Prozess-Sensoren für die chemische Industrie.

2.2.1 Vorgehen zur Erstellung der Technologie-Roadmap

Die Erarbeitung der Technologie-Roadmap erfolgte in regelmäßigen Arbeitssitzungen über einen Zeitraum von ca. einem Jahr und endete im Mai 2005.

Die grundlegende Philosophie des Fachkonzeptes war es, ausgehend vom „Kunden“, das heißt den chemischen und pharmazeutischen Produzenten, den Bedarf und in einem zweiten Schritt mögliche Lösungsmöglichkeiten gemeinsam zu entwickeln.

In dem beschriebenen Projekt konnten nicht alle Branchen der Prozesstechnik einbezogen werden, weshalb der Fokus auf die Chemie und Pharmazie als Schwerpunkte gelegt

wurde. Diese beiden Branchen werden auf Anwenderseite durch die Mitgliedsfirmen der NAMUR gut abgedeckt.

Mit Blick auf die Anlagen der chemischen-pharmazeutischen Industrie wurden in einem weiteren Schritt die verfahrenstechnischen Anlagen ausgewählt, da bei ihnen der größte Bedarf an neuer Sensorik und Messtechnik bestand. Aus den möglichen Teilanlagen einer verfahrenstechnischen Anlage wurden schließlich durch die Fachexperten der Arbeitsgruppe aus 7 Verfahrensschritten und 54 Subprozessen als Betrachtungsgegenstand 4 Verfahrensschritte und 7 Subprozesse mit höchster Bedeutung für die Entwicklung von Prozess-Sensoren ausgewählt (Subprozesse stellten dabei eine Untergliederung von Verfahrensschritten dar).

2.2.2 Ergebnis

Die Grundlage aller Auswertungen war die Generierung von sogenannten **Anforderungsblättern** für die identifizierten Messaufgaben. Darin wurden neben den Anforderungen mögliche technische Lösungswege inkl. einer Abschätzung, bis wann mit einer Lösung gerechnet werden kann, beschrieben. Darüber hinaus wurde die Messaufgabe bzgl. Anwendungshäufigkeit und Nutzen sowie die Lösung bzgl. ihres Innovationsgrades bewertet.

Als zweites wesentliches Ergebnis wurden mittels der **Übersichtstabelle Technologie-Roadmap** über die Anforderungsblätter hinweg die zukünftig wichtigsten technischen Messverfahren identifiziert, das heißt Verfahren, welche auch für mehrere Messaufgaben in Frage kamen. Für diese Verfahren wurde zudem der erwartete Zeitpunkt ihrer möglichen Verfügbarkeit abgeschätzt (vgl. Bild 2-1).

	Verfahren	Forschungs- ansatz / Stan- dardisierung	Zeitliche Einordnung (Jahr 20xx)											
			05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
1	IR-Verfahren	ST				→								
2	IR-Verfahren orts aufgelöst	GF							→					
3	Prozess-GC								→					
4	Prozess-Bio-Chromatograph						→							
5	Prozess-Immunoassayanalyser	ST, JV								→				
6	Bio-Chip	GF												→
7	Bragg-Fasergitter für räumlich verteilte Temperaturmessung								→					
8	Tomographie mit Ultraschall und/oder Mikrowellen	JV									→			
9	Energie- und kommunikationsautonomes Sensorelement	JV, ST												→
10	Massenspektroskopie								→					
11	Laserverfahren	GF							→					
12	Elektrochemische Impedanz Spektroskopie	GF									→			
13	Raman Spektroskopie										→			

Legende: GF: Grundlagenforschung z. B. an Universitäten, JV: gemeinsame Forschung in der Industrie, ST: Standardisierungsinitiativen.

Bild 2-1: Übersichtstabelle Technologie-Roadmap [Abe05, S. 48.]

Um die Technologie-Roadmap noch griffiger zu machen, wurden abschließend acht weiterführende Thesen, welche provokant die zum Teil sehr detailliert erarbeiteten Ergebnisse interpretierten bzw. deuteten, formuliert. Beispielhaft sei hier z. B. These IV „Es sind Informationen über die räumliche Verteilung von Prozessdaten gewünscht.“ genannt [Abe05, S. 31].

Über die inhaltlichen, Prozess-Sensoren-bezogenen Ergebnisse hinaus wurde auch der komplette **Prozess der Erstellung** der Ergebnisse, wie z. B. die intern definierten Spielregeln, detailliert veröffentlicht.

3 Vorgehen der Untersuchung

Im Jahr 2009 erfolgte eine Überarbeitung der ursprünglichen Roadmap mit dem Ziel, die Aktualität der Ergebnisse zu überprüfen und das aktuelle Versorgungspotential in Bezug auf Sensortechnik abzufragen. Durch die Aufnahme der konkreten Anforderungen von mehr als 100 chemischen Produktionsbetrieben europaweit, erfolgte durch das Konzept der Überarbeitung im Wesentlichen eine Validierung der Ergebnisse von 2005 [Gas09, S. 7].

Diese Überarbeitung bot den Anlass, die bisher erreichten Ergebnisse und damit an einem Fallbeispiel den generellen Nutzen von Technologie-Roadmaps zu überprüfen. Im Rahmen einer breit angelegten Analyse wurde die Verwendung der Roadmap im Rahmen von Veröffentlichungen, im Rahmen von Forschungsaufufen und -anträgen sowie als Startpunkt zur konkreten Sensorentwicklung untersucht. Dabei wurden neben öffentlich zugänglichen Quellen, wie Datenbanken etc., auch die Teilnehmer an der Erstellung der Roadmap abgefragt [vgl. Rit09].

3.1 Veröffentlichungen und Präsentationen

Unter Veröffentlichungen und Präsentationen werden im Folgenden Aufsätze in Fachjournalen, Konferenzbeiträge als auch Dissertationen, welche sich inhaltlich mit der Roadmap beschäftigen oder sich auf sie beziehen etc. verstanden. Nicht berücksichtigt wurden jedoch z. B. redaktionelle Hinweise auf die Erstellung der Roadmap in Fachzeitschriften.

Neben der persönlichen Abfrage der Projektmitglieder wurden hier gängige Datenbanken und Suchmaschinen verwendet: Emerald, genios, EBSCO, springerlink, google scholar, google, bing etc. Zudem wurden Programme entsprechender Konferenzen etc. herangezogen.

Der Umstand, dass mit der Zeit trotz der Verwendung unterschiedlicher Datenbanken, kaum neue Artikel identifiziert werden konnten, deutet darauf hin, dass zumindest ein guter Überblick über die Verwendung im Rahmen von Veröffentlichungen gewonnen werden konnte.

3.2 Lehre

Die Identifizierung des Impacts der Roadmap im Rahmen der Lehre stellt sich dagegen als deutlich schwieriger heraus, da ein Großteil z. B. der Vorlesungsskripte nur per Passwort geschützt über das Internet an Studenten verteilt werden, eine Abfrage aller in Frage kommenden Lehrstühle im In- und Ausland jedoch zu umfangreich gewesen wäre. Hier ist also nur ein Einblick in das wie, nicht jedoch mit Bezug auf die Häufigkeit der Verwendung möglich.

3.3 Forschung

Indikatoren für den Einfluss auf die Forschungslandschaft stellt z. B. der Bezug auf die Roadmap im Rahmen von Forschungsaufufen oder durch die Verwendung in Projektanträgen dar. Neben der Abfrage der ursprünglichen Projektmitglieder können auch hier nur einzelne Hinweise auf die Verwendung über Plattformen von Forschungsträgern oder häufig üblichen Internetauftritten von Forschungsprojekten gewonnen werden.

3.4 Sensorentwicklung

Die Untersuchung der auf Basis der Roadmap konkret erfolgten Sensorentwicklung der drei beteiligten Unternehmen ermöglicht es, zu analysieren, inwieweit die von Anwender- und Herstellerexperten prognostizierten Zeiträume unter- bzw. überboten wurde. Entwicklungen von an der Roadmap-Erstellung unbeteiligten Unternehmen wurden nicht betrachtet, da sich hier die Motivation der Entwicklung nicht eindeutig identifizieren lässt.

4 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden aus zwei Perspektiven dargestellt: Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen für

1. das Technologie-Roadmapping sowie
2. die Anwender und Hersteller von Prozess-Sensorik.

Die genannten Zielsetzungen unterscheiden sich dabei erheblich sowohl in Bezug auf ihre generelle Bewertbarkeit, das heißt, welche Bewertungskriterien lassen sich wie erheben, als auch in Bezug auf die im Rahmen des Fallbeispiels tatsächlich erzielten Ergebnisse.

4.1 Veröffentlichungen und Präsentationen

Für die Zeitspanne von 2005 bis 2010 konnten 53 Fachveröffentlichungen und 16 Präsentationen von Fachkonferenzen identifiziert werden, welche sich inhaltlich mit der Roadmap beschäftigen bzw. sich auf sie beziehen und als Quelle eindeutig ausweisen. Wie bereits angemerkt, wurden redaktionelle Hinweise auf das Erscheinen der Roadmap nicht mitberücksichtigt.

Unterscheidet man die Veröffentlichungen, inwieweit sie Bezug auf den fachlichen, Sensor-bezogenen Inhalt nehmen oder sich mit dem in dem Roadmap-Abschlussbericht ebenfalls detailliert beschriebenen Prozess im Rahmen des Technologiemanagements beschäftigen, fällt auf, dass die Roadmap nahezu ausschließlich inhaltsbezogen aufgenommen wurde.

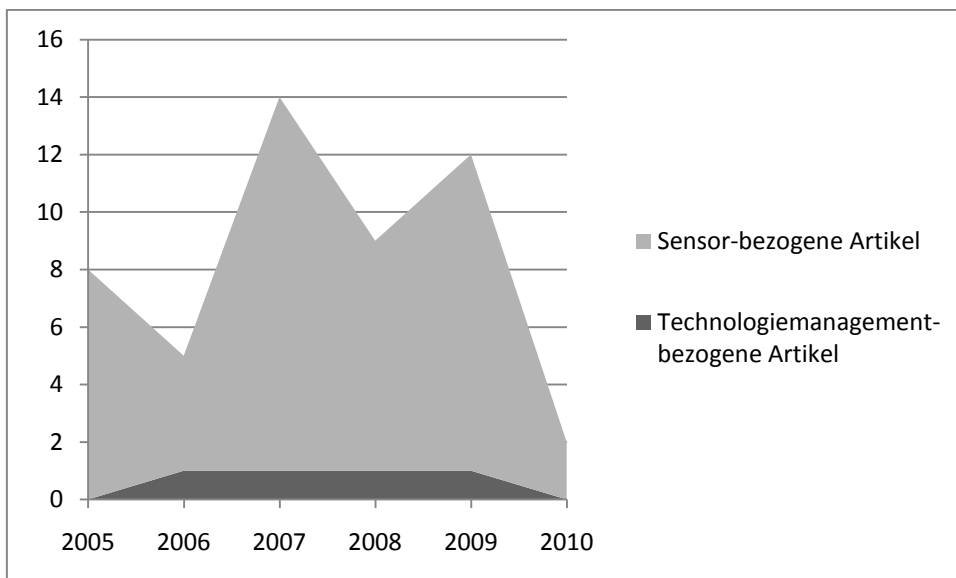


Bild 4-1: Anzahl Veröffentlichungen nach Fachdisziplin

Stellt man sich die Frage, inwieweit die Roadmap nur innerhalb des Arbeitskreises, im Folgenden Core Team genannt, weiterverwendet wurde, lässt sich kein einheitliches Bild gewinnen. Präsentationen, welche z. B. auf der NAMUR-Jahresversammlung 2007 gehalten wurden, wurden zahlenmäßig stark von den Teilnehmern des Core Teams dominiert.

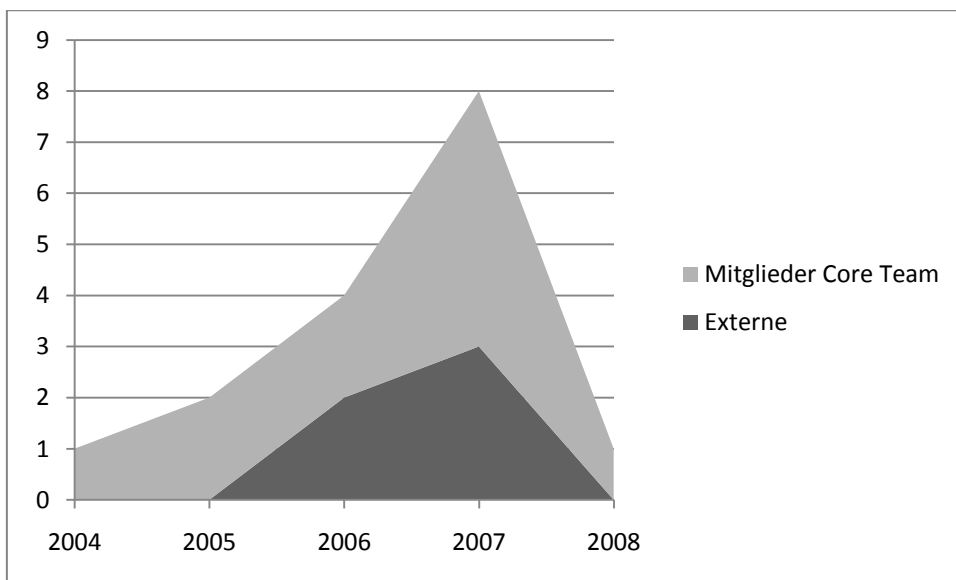


Bild 4-2: Anzahl Präsentationen nach Autor

Anders sieht es jedoch bei Veröffentlichungen in Fachjournalen etc. auf. Hier lässt sich deutlich erkennen, dass der überwiegende Anteil der Autoren Nicht-Core Team Mitglieder darstellen und somit die Ergebnisse in einer größeren Breite Verwendung in der Branche gefunden haben und zum Abgleich von Technologie- und Marktsicht beitragen.

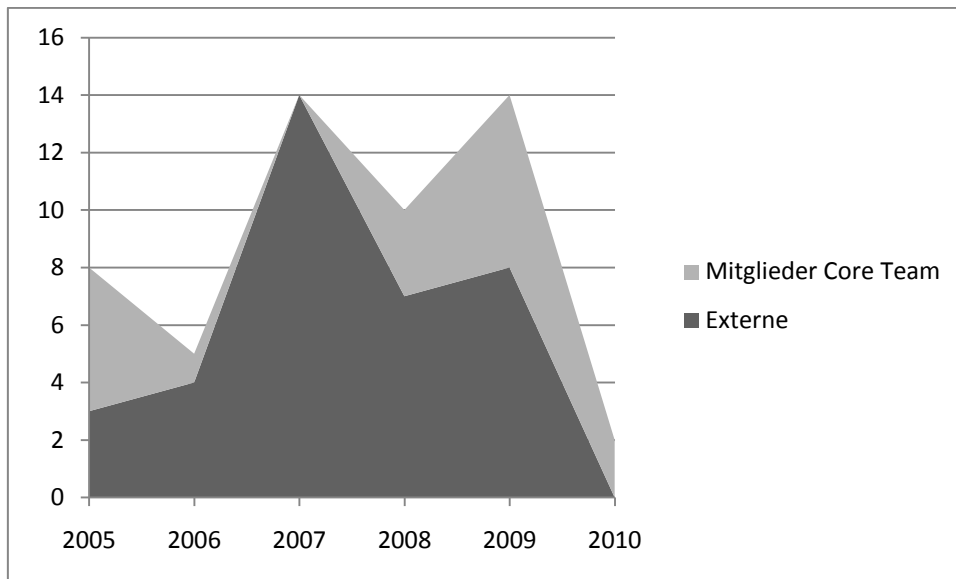


Bild 4-3: Anzahl Veröffentlichungen nach Autor

Über die Veröffentlichungen und Präsentationen hinaus, wurden drei Dissertationen mit Bezug auf die Roadmap identifiziert, eine mit inhaltlichem Bezug, zwei mit Verweis auf den Prozess von Mitgliedern des Core Teams.

4.2 Lehre

Aufgrund der beschriebenen Schwierigkeiten bei der Datenerhebung und den dabei identifizierten einzelnen Quellen, wie z. B. die Verwendung an der Universität Dortmund [Bau05], kann kein abschließendes Bild bzgl. der Verwendung der Roadmap in der Lehre gezeichnet werden.

4.3 Forschung

Auch die Erhebung von Forschungsanträgen und -aufrufen kann aufgrund der z. T. nicht-öffentlichen Informationen nur ein Schlaglicht auf die Thematik werfen. Im Rahmen der Datenerhebung konnten keine Ausschreibungen identifiziert werden, welche explizit auf die Roadmap Bezug nehmen, jedoch vier laufende bzw. abgeschlossene Projekte, welche z. B. in der Projektbeschreibung bzw. -motivation explizit Bezug auf die Roadmap nehmen (vgl. hierzu z. B. das BMBF Verbundprojekt PIMMS: Mikro-Massenspektrometer für die chemische und pharmazeutische Prozessindustrie [ov10b]).

4.4 Sensorentwicklung

Wie sieht es nun mit der Marktverfügbarkeit der in der Roadmap prognostizierten Prozesssensoren aus? Die Bewertbarkeit des Erreichens der Ziele der Roadmap in dieser Kategorie sollte eigentlich sehr hoch eingeschätzt werden können, da die Teilnehmerun-

ternehmen ja direkt befragt werden konnten und diese Unternehmen einen sehr grossen Marktanteil abdecken. Die Bewertbarkeit muss aber aus den folgenden zwei Gründen geringer eingeschätzt werden: Die Transparenz über noch in Entwicklung stehenden oder sogar noch beforschten Produkten ist verständlicherweise sehr gering; von einem Unternehmen haben wir zumindest eine Anzahl von Projekten genannt bekommen. Zum anderen sind seit dem Erscheinen der Roadmap neue Produkte im Markt kommuniziert worden, für die die Umsetzungsentscheidung bereits weit vor der Veröffentlichung der Roadmap getroffen wurde, aber thematisch die Ziele der Roadmap erfüllen. Daher kann die Bewertbarkeit nur als mittelmässig eingeschätzt werden.

Die Termine in der Roadmap für die Marktverfügbarkeit der einzelnen Technologien und Produkte wurden aus der Schätzung des jeweiligen Zeitbedarfs ab sofort bestimmt. In der Realität liegen aber vorher noch grosse Abwicklungszeiten für Markterkundungen, Planungen und Machbarkeitsstudien. Dazu kann eine nachrangige Priorisierung weitere Verzögerungen bewirken. Dies erklärt, warum viele von den bereits erfolgten Markteinführungen erst später passierten als in der Roadmap prognostiziert.

Um die Wirksamkeit der Roadmap besser bewerten zu können, müssen wir auch die Inkubation neuer Produkte in den Anwendermarkt betrachten und nicht nur die Marktverfügbarkeit eines Produktes. Diese Inkubationszeit bis das neue Produkt eine Verbreitung in der Anwenderindustrie findet, ist davon abhängig, wieweit technische Schnittstellen, die verfahrenstechnische Anlage selbst oder sogar Prozesse angepasst werden müssen. Hier kann man vielleicht die drei folgenden Kategorien anwenden:

Produktverbesserung: ein Nachfolgeprodukt ist so weit leistungsfähiger, als dass es jetzt Anforderungen der Roadmap erfüllen kann. Hier wird die Inkubationszeit sehr kurz sein, da nur geringe Anpassungen auf der Anwenderseite nötig sind. Beispiel: Erhöhte Auflösung eines optischen Analysegerätes, welches jetzt die Anforderungen an Stofftrennung erfüllt.

Produkterweiterung: Nachfolgeprodukt mit der Fähigkeit einen neuen Parameter zu messen unter Beibehaltung aller Schnittstellen. Hierzu muss der neue Parameter in den Prozess integriert werden, aber ohne neue Schnittstellen. Beispiel: Nutzung des technischen Prinzips einer Grenzstandsmessung für die Messung der stofflichen Dichte.

Neues Verfahren: Neuer Prozesssensor mit neuen Parametern, neuen Schnittstellen mit Anpassungsnotwendigkeiten an die verfahrenstechnische Anlage. Hier wird die Marktinkubation sehr lange Zeit beanspruchen.

Die Teilnehmer haben mehr als 15 Markteinführungen von Produkten im Sinne der Roadmap gemeldet sowie in einem Fall mehr als 10 noch laufende Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Es besteht Grund anzunehmen, dass es in den anderen Teilnehmerunternehmen noch ähnlich viele sind. Ein mit einem für die Anforderungen der Roadmap speziell entwickeltem neuem Spektrometerkonzept ausgestattetem neues Ana-

lysegerät wurde 2008 mit dem renommierten Innovationspreis R&D 100 ausgezeichnet. Wir können weitere Innovationen erwarten.

Insgesamt bewerten wir die Wirksamkeit der Roadmap als sehr hoch, wenn auch der erforderliche Zeitbedarf größer sein wird, als in der Roadmap prognostiziert.

5 Bewertung und Zusammenfassung

Motivation der vorliegenden Untersuchung war es, die Realisierung der ursprünglich definierten Roadmap-Ziele (vgl. Kap 2.2) und damit auch die Wirksamkeit der Roadmap-Methode an sich am Fallbeispiel zu untersuchen.

Aufgrund der unterschiedlichen Art der erhobenen Daten, welche sich z. T. deutlich bezüglich ihrer Erhebbarkeit unterscheiden, lässt sich in Folge auch z. T. nur schwer die Wirksamkeit überprüfen. Die folgende Tabelle kann damit auch nur eine persönliche Einschätzung der Autoren diesbezüglich wiedergeben.

	Einschätzung der Bewertbarkeit der Zielerreichung	Einschätzung Wirksamkeit der Roadmap
(Zusammenbringen von Technologie- und Marktsicht durch) Veröffentlichungen/ Präsentationen	↗	↗
Lehre	↘	↘
Forschung	↘	→
Sensorentwicklung (nur für beteiligte Unternehmen)	→	↑
Legende	↑ sehr gut ↗ gut → mittelmäßig ↘ schlecht ↓ sehr schlecht	↑ sehr hoch ↗ hoch → mittelmäßig ↘ niedrig ↓ sehr niedrig

Bild 5-1: Bewertbarkeit und Wirksamkeit

Aus Sicht der Verbände NAMUR und VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) lässt sich konstatieren, dass ein Großteil der ursprünglichen Ziele erreicht wurde. Die Technologie- und Marktsicht konnte auch über den Rahmen der Roadmap durch Veröffentlichungen, Präsentationen etc. zusammengebracht werden. Es wurden bereits konkrete Sensoren entwickelt, welche den Bedarf der Industrie erfüllen.

Mit Blick auf das Thema Forschungsförderung und Einfluss auf die Lehre kann man jedoch schließen, dass hier zum Transfer weitere unterstützende Maßnahmen erforderlich gewesen wären.

Für die Fragestellung des Nutzens von Technologie-Roadmaps im Allgemeinen kann geschlossen werden, dass die vorliegende Untersuchung zumindest erste Hinweise liefert, dass sich die durch eine Roadmap-Erstellung vorgenommenen Ziele erreichen können und damit die Technologie-Roadmap ein geeignetes Instrument zur Technologieplanung darstellt.

Literaturverzeichnis

- [Abe05] Abele, Thomas; Drathen, Hasso; Kaiser, Ulrich; Laube, Thorsten; Westerkamp, Dieter: Technologie-Roadmap: Prozess-Sensoren 2005-2015, <http://imperia5.vdi-online.de/imperia/md/content/gma2/Roadmap-Abschluss1.pdf>, 2005.
- [Bau05] Baumbach, Jörg-Ingo: Chemische Prozessanalytik: Einführung, Universität Dortmund, 2005.
- [Gas09] Gasch, Armin Gasch; Kaiser, Ulrich; Kloska, Michael; Maiwald, Michael; Matalla, Norbert; Morr, Wolfgang; Panzke, Ralf; Stieler, Stefan; Westerkamp, Dieter: Prozess-Sensoren 2015+: Technologie-Roadmap für Prozess-Sensoren in der chemisch-pharmazeutischen Industrie, http://www.namur.de/fileadmin/media/News/Prozess-Sensoren_2015.pdf, 2009.
- [Möh02] Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Einführung in das Technologie-Roadmapping, in: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmapping : Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen, Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Tokio, Springer, 2002, S. 1-15.
- [oV09] o. V.: Chemiewirtschaft in Zahlen 2009, Verband der Chemischen Industrie e. V., Frankfurt, September 2009.
- [oV10a] o. V.: Technology Roadmaps, Industry Canada, URL: <http://www.ic.gc.ca/eic/site/trm-crt.nsf/eng/home>, 19.6.2010.
- [oV10b] o. V.: PIMMS: Mikro- Massenspektrometer für die chemische und pharmazeutische Prozessindustrie, URL: http://www.produktionsforschung.de/PFT/verbundprojekte/vp/index.htm?VP_ID=2546, 14.6.2010.
- [Rit09] Rittberger, Marc: Bibliometrie – Zitatanalyse, URL: www.inf-wiss.uni-konstanz.de/CURR/summer01/ia/infometrie.pdf, 03.09.2009.
- [Spa08] Spath, Dieter: Technologiemanagement, Skript Vorlesung Technologiemanagement Wintersemester 2008/09, Vorlesung 3, Universität Stuttgart, 3.11.2008.
- [Vin99] Vinkemeier, Rainer: Roadmapping als Instrument für strategisches Innovationsmanagement, in: technologie & management, 48. Jahrgang, H. 3, 1999, S. 18-22.
- [Wes86] Westkämper, E.: Strategische Investitionsplanung mit Hilfe eines Technologiekalenders, in: Wildemann, H. (Hrsg.): Strategische Investitionsplanung für neue Technologien in der Produktion, gfmt, München, 1986, S. 143-182.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Thomas Abele war nach seinem Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Karlsruhe (TH) sowie der University of Massachusetts in Boston als Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart tätig. Seine Promotion schloss er 2006 an der Universität Stuttgart zum Thema »Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements« ab." 2005 wechselte er in die Unternehmensentwicklung der Alfred Kärcher GmbH & Co. KG und war dort zuletzt als stv. und operativ leitender Bereichsleiter Corporate Development u. a. für die Weiterentwicklung des Technologiemanagements und Business Development-Projekte verantwortlich. Seit September 2009 ist er als Professor für Technologie- und Innovationsmanagement an der German University in Cairo tätig. Thomas Abele ist zudem Geschäftsführer der TIM CONSULTING, welche Beratung, Audits und Schulungen im Bereich des Technologie- und Innovationsmanagement anbietet.

Dr. Ulrich Kaiser ist als gelernter Physiker mit Schwerpunkt Festkörper-Analysetechnik seit 1985 berufstätig in der industriellen Produktentwicklung mit Schwerpunkt Mess- und Analysetechnik. Er verfügt über mehr als 15 Jahre Erfahrung als Entwicklungsleiter in verschiedenen Unternehmen. Seit 9 Jahren ist er bei Endress+Hauser tätig. Zuerst als Entwicklungsleiter im Bereich Durchflussmessung, seit 2003 als Director Technology in der Konzernholding im Stab des Technikvorstands. Seine Hauptaufgaben umfassen dabei die Themen Technologie-Prozesse, Innovation und Konzernplattformen.

Dipl.-Ing. Dieter Westerkamp studierte bis 1993 Mess- und Regelungstechnik an der Universität Hannover. Anschließend absolvierte er ein Jahr als Trainee bei der AEG Aktiengesellschaft. Nach mehreren Jahren Berufserfahrung in der Projektierung und Projektleitung bei der Errichtung von automatisierungstechnischen Anlagen wechselte er 1998 zum Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI). Dort ist er seit 2001 Mitglied der Bereichsleitung „Technik und Wissenschaft“ und seit 2002 Geschäftsführer der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA).