

## Roadmapping als eine Erweiterung des „Methoden-Werkzeugkastens“ der Technikfolgenabschätzung?

von Ulrich Fiedeler, Torsten Fleischer, Michael Decker, ITAS

**Bei der Untersuchung von Emerging Technologies wie „Nanotechnologie“ sieht sich die Technikfolgenabschätzung vor methodische Herausforderungen gestellt. Der noch frühe Entwicklungsstand der Technologie – häufig eher Forschung als Technologie – und das damit einhergehende Unwissen ihrer zukünftigen Ausprägung erschwert die systematische Erarbeitung gesellschaftlich relevanter Folgen ihres Einsatzes. Um nicht in reine Spekulation abzugleiten, muss eine fundierte Vorstellung von Anwendungen dieser Technologie erarbeitet werden. Daher wird in diesem Beitrag untersucht, inwiefern Roadmapping sich als geeignetes Instrument erweist, eine Brücke zwischen Forschung und Anwendung zu schlagen und somit existierende Anwendungskonzepte auf eine solide Basis zu stellen. Roadmapping dient in diesem Zusammenhang als eine Voruntersuchung, die die folgende Reflexion der wissenschaftlichen, ökonomischen und gesellschaftlichen Auswirkungen der neuen Technologie erst ermöglicht.**

### 1 Einleitung

Ein Problem, welches die Technikfolgenabschätzung seit ihrem Beginn begleitet, ist die Frage, bei welchem Entwicklungsstand der Technik sie einsetzen sollte. Ist eine Technik vollständig ausgereift und wird sie schon seit längerem angewandt, so können die Folgen dieser Technik gut studiert und oft auch mit Zahlen belegt werden. Andererseits lässt sich ihre Entwicklung dann kaum noch beeinflussen. Erkannte schädliche Auswirkungen können nur mit erheblichem finanziellen Aufwand und zeitlicher Verzögerung verhindert bzw. begrenzt werden. Befindet sich jedoch eine Technik in einem frühen Entwicklungsstand, in dem ihre möglichen Anwendungen und die mit ihr verbundenen Herstellungsverfahren noch weitgehend unbestimmt sind, dann können zwar Modifikationen mit vergleichsweise ge-

ringen Widerständen umgesetzt werden, belastbare Aussagen über ihre gesellschaftlichen und umweltbezogenen Auswirkungen lassen sich jedoch kaum machen.

Obwohl den Nanotechniken (NT)<sup>1</sup> von vielen Experten ein bedeutender Einfluss auf die zukünftigen gesellschaftlichen Entwicklungen zugeschrieben wird, bestehen diese größten Teils nur in Form von Forschungsvorhaben und Produktideen, deren Realisierungsmöglichkeiten z. T. jedoch noch vollständig ungewiss sind. Will man zum heutigen Zeitpunkt bereits Aussagen zu den ökonomischen und ökologischen Folgen dieser Nanotechniken machen, findet man sich auf der einen Seite des oben erwähnten Dilemmas wieder. Auf Grund des frühen Entwicklungsstandes gibt es keine fundierten Zahlen und Erfahrungen, auf denen die Abschätzung der Folgen der Nanotechniken basieren könnten. Meistens gibt es noch nicht einmal eine Vorstellung, für welche Produkte die unter der Bezeichnung Nanotechnologie betriebene Forschung einmal verwendet werden könnte. Von einem Prototyp-Stadium, das oft als Voraussetzung für das oben beschriebene Analyseziel angesehen wird, ist man häufig noch weit entfernt.

Neben diesem sehr frühen Entwicklungsstand erschwert ein weiteres Charakteristikum der Nanotechnologie die Erforschung ihrer Folgen: Sie ist eine „enabling technology“. Das bedeutet, dass nicht die Nanotechnologie selbst das Produkt ist, welches von dem Nutzer angewendet wird, sondern dass sie die Funktionalität eines Produktes erweitert (z. B. die Entspiegelung von Kunststoffgläsern) oder erst ermöglicht (wie z. B. transparente Keramik). Das bedeutet aber auch, dass ein und dieselbe Nanotechnologie in verschiedenen Produkten zum Einsatz kommen kann, die wiederum für ganz unterschiedlichen Anwendungen dienen. Ein klassisches Beispiel für eine „enabling technology“ ist die Halbleitertechnik. Unter anderem ist genau diese Tatsache, dass Nanotechnologie eine „enabling technology“ ist, die Ursache, warum sie von einigen Experten als eine Schlüsseltechnologie angesehen wird.

Wenn es also stimmt, dass sich die Nanotechnologie noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium befindet, dann muss man zunächst fragen, warum man überhaupt versuchen sollte, schon jetzt ihre gesellschaftlichen, ökonomi-

schen und ökologischen Wirkungen abzuschätzen. Zum einen gibt es viele, die diesen Techniken das Potenzial zusprechen, Bahn brechende Veränderungen hervorzurufen, die sich nahezu auf alle Lebensbereiche erstrecken werden. Da auch Reflexionsprozesse einen gewissen zeitlichen und analytischen Vorlauf benötigen (siehe den Beitrag von Armin Grunwald in diesem Schwerpunkt), ist man hier gut beraten, mit deren Vorbereitung und Umsetzung rechtzeitig zu beginnen. Zweitens wird derzeit bereits viel Geld unter diesem Namen für Forschung ausgegeben. Technikfolgenabschätzung könnte hier Entscheidungshilfen für die Forschungspolitik liefern und Strategiefindung unterstützen. Und drittens hat parallel zu den Preisungen der Nanotechnologie (ganz nach dem Motto: Wo viel Licht ist, da ist eben auch viel Schatten) bereits eine Debatte über deren Risiken eingesetzt. Auch hierzu werden von der Technikfolgenabschätzung fundierte Beiträge erwartet.

Beide Merkmale der Nanotechnologie, der vergleichsweise frühe Entwicklungsstand und ihr funktionsgebender Charakter, führen auf ein gemeinsames Problem bei der Abschätzung der Folgen dieser Technik: ihre Nutzungskontexte sind nicht bekannt. Die Kenntnis des Zusammenhangs, in dem ein Produkt oder ein technisches Verfahren angewendet wird, ist jedoch die notwendige Voraussetzung, um wichtige Implikationen einer Technik beurteilen zu können. Hier zeigt sich, dass Technik eben nicht nur die technische Umsetzung von Forschungsergebnissen ist, sondern ihre Folgenanalyse die Einheit aus technischem Artefakt und Anwender betrachten muss. Technik kann nicht losgelöst vom gesellschaftlichen Gesamtsystem betrachtet werden (MacKenzie und Wajcman 1985). So kann erst analysiert werden, ob z. B. der Nutzer mit den Bestandteilen des Produktes in Kontakt kommt, ob bei der Verwendung Stoffe in die Umwelt gelangen, die eine Gefahr für Pflanzen, Tiere und Menschen darstellen oder ob die Nutzung mit den weithin akzeptierten ethischen Vorstellungen in Konflikt gerät, wenn eine hinreichend konkrete Vorstellung von einem Produkt, einer Anwendung oder einem Verfahren existiert.

Die Rolle der Nanotechnologie als funktionsgebende Technik bringt es mit sich, dass die damit verbundenen Entwicklungen in der Regel keinen unmittelbaren Produktbezug haben.

Vielmehr bedarf es für viele technische Anwendungen weiterer Verarbeitungs- und Integrationschritte, um nanotechnologiebasierte Komponenten in ein funktionales – und dann mit den Mitteln und für die Ziele der TA analysierbares – System einzubinden. Diese Schritte liegen in der Regel weder unmittelbar auf der Hand noch sind sie problemlos technisch umsetzbar. Mit ihnen sind häufig weitere Entwicklungsanstrengungen – die üblicherweise nicht der Nanotechnologie zugerechnet werden – verbunden, welche ihrerseits eine wesentliche Rolle für die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit der Anwendungsvision spielen können. Mit anderen Worten: Es ist ein Zusammenhang herzustellen zwischen den „Nanotechnologie“-FuE-Aktivitäten und den Anwendungsvisionen, auf die diese Aktivitäten zielen.

## 2 Die Methodik des „Roadmapping“ als möglicher Ansatz

Für diese Zwecke bietet es sich an, die unter dem Begriff „roadmapping“<sup>2</sup> diskutierten Verfahren einer Überprüfung auf ihre Verwendbarkeit zu unterziehen. Dabei ist der Begriff zunächst schillernd. Nach Kostoff und Schaller (2001) bezeichnet „road map“ generisch „a layout of paths or routes that exists (or could exist) in some particular geographical space. ... (It) serves as a traveler's tool that provides essential understanding, proximity, direction, and some degree of certainty in travel planning“.

Für unsere Zwecke kann man Roadmapping als einen Oberbegriff für eine Gruppe von Verfahren verstehen, die als Strukturierungs- und Entscheidungshilfen für Strategieentwurf und -planung in Organisationen, die an der Entwicklung von Wissenschaft und Technik teilnehmen oder von ihr abhängen, dienen sollen. Inzwischen sind verschiedene Formen von Roadmaps ausgearbeitet worden, über die wir im Folgenden einen kurzen Überblick geben wollen. Für eine detailliertere Diskussion von „Roadmaps“, ihrer Reichweite, Ziele, Methoden und Zeithorizonte verweisen wir auf Kostoff and Schaller (2001) oder Da Costa et al. (2003).

Als Keimzelle der Entwicklung gilt das „Technology Roadmapping“, das ursprünglich als eine Methode der strategischen Technologieplanung innerhalb eines Unternehmens entwickelt worden ist (Groenveld 1997). Aus-

gangspunkt war die Tatsache, dass die Investitionskosten für die Entwicklung neuer Produkte in steigendem Maße zu den Gesamtkosten der Produktion beitragen. Ursachen hierfür waren die zunehmende Komplexität der Produkte, aber auch die Verkürzung der Produktzyklen und damit verbunden die Verkürzung der Amortisationszeit. Um Fehlentwicklungen zu minimieren, müssen daher die Bedürfnisse des Kunden bzw. des Marktes bereits während der Entwicklungsphase in das Produkt einfließen. Roadmapping dient hier also als eine Methode, die Marktnachfrage mit dem technischen Können des Unternehmens zu verbinden.

Darauf aufbauend wurde eine Vielzahl von weiteren Konzepten des Roadmappings erarbeitet. Als Beispiele seien hier das Produkt-Roadmap (*Motorola*), Industrie-Roadmap (*SIA*), Branchen-Roadmap (*Roadmap der Chemischen Industrie*) und das Projekt- oder Themenspezifische Roadmap (*Israel*) genannt. Ein Produkt-Roadmap untersucht die Bedingungen und Voraussetzungen, die nötig sind, ein neues Produkt bis zur Marktreife zu entwickeln. Während dieser Ansatz sich auf ein einzelnes Unternehmen bezieht, sind bei einem Industrie-Roadmap die unternehmensübergreifenden Produktentwicklungen Untersuchungsgegenstand. Hier geht es darum aufzuzeigen, was die einzelnen Unternehmen zur Weiterentwicklung eines Industriezweiges beitragen können. Das bekannteste Beispiel eines Industrie-Roadmaps ist die regelmäßig aktualisierte „International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)“, die auf eine Initiative der Semiconductor Industry Association zurückgeht und darum auch als SIA-Roadmap bekannt ist. Untersuchungsgegenstand eines Roadmap können aber auch politische Ziele sein. Auch hier geht man vom Status quo aus und versucht, die Schritte und ihre Voraussetzungen aufzuzeigen, die nötig sind um ein – hier politisches – Ziel zu erreichen.

Während selbstverständlich die verschiedenen Untersuchungsgegenstände ganz verschiedene Fragen aufwerfen, so besitzt der Prozess des Roadmappings auch eine Zahl von Gemeinsamkeiten. So wird in der Regel in der Anfangsphase eine Vision des Ziels festgelegt, gegebenenfalls zuvor auch erst noch entwickelt. Diese stellt zunächst den Ausgangspunkt der Untersuchung dar. Ausgehend hiervon und von der

Analyse der bestehenden Situation bzw. der vorgefundenen Bedingungen werden dann verschiedene mögliche Umsetzungswege identifiziert und auf ihre Machbarkeit hin untersucht. Es werden entscheidende Hindernisse benannt und eine Prognose bezüglich Zeitraum und Aufwand für deren Überwindung entwickelt. Dadurch wird die „Ziel-Vision“ im Laufe der Untersuchung konkretisiert, ggf. auch modifiziert, und Strategien für deren Realisierung erarbeitet. Charakteristisch für das Roadmapping ist, dass diese Untersuchungen unter Einbeziehung möglichst aller beteiligten Institutionen, Abteilungen oder Personen erarbeitet werden. Ziel ist es, das Wissen derjenigen, die bei der Realisierung des Produkts bzw. des politischen Ziels eine Rolle spielen, frühzeitig in den Entwurf mit einzubeziehen.

### 3 Roadmapping als Bestandteil von TA zur Nanotechnologie

Wie bereits beschrieben, kann man sich in erster Näherung, dem Namen entsprechend, ein Roadmap in Analogie zu einer Straßenkarte als einen Plan vorstellen, der verschiedene Wege aufzeigt, von einem Ausgangspunkt startend ein Ziel zu erreichen. In diese Karte sind die Hindernisse eingezeichnet, die auf den verschiedenen Wegen zum Ziel überwunden oder umgangen werden müssen. Für den Bereich der Nanotechnologie bedeutet dies, dass mittels der Methode des Roadmappings eine Verknüpfung zwischen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und deren möglicher technischer Anwendung in Form eines Produktes oder eines Verfahrens hergestellt werden soll. Erst dadurch können nanotechnologiebezogene Entwicklungen mit für TA zugänglichen und interessanten Analysegegenständen in Beziehung gesetzt werden. Insofern ist dies eine essentielle Voraussetzung für umfassendere TA-Untersuchungen zu vielen Nanotechniken und für die Belastbarkeit von Aussagen aus Potenzial- und Folgeanalysen zur Nanotechnologie.

Die derzeit kursierenden Verknüpfungen von Forschung mit einer möglichen Anwendung basieren meist darauf, dass recht willkürlich und intuitiv eine Eigenschaft oder eine formale Analogie des untersuchten Objektes herausgegriffen wird und auf Grund dieser dem Objekt ein (gewaltiges) technisches Potenzial

zugesprochen wird. So führt beispielsweise die Tatsache, dass der Elektronentransport innerhalb von Kohlenstoff-Nanoröhren weitgehend verlustfrei vonstatten geht, zu der Vorstellung, dass Kohlenstoff-Nanoröhren einen wichtigen Beitrag zur Lösung des Energieproblems leisten könnten (Smalley 2003). Vor diesem Hintergrund soll das Verfahren des Roadmapping zu einer fundierteren Verknüpfung von Forschung und Anwendung beitragen, die es dann auch ermöglicht, gesellschaftliche Konsequenzen dieser Anwendung (und ihrer Herstellung) auf einer solideren analytischen Basis zu erörtern. Damit soll das Roadmapping auch dazu dienen, berechnete Erwartungen von übertriebenen Hoffnungen zu unterscheiden. Durch die fundierte Analyse des Potenzials einer Anwendung besteht aber auch die Möglichkeit, dass auf diese Weise wichtige (kritische) Technologien identifiziert werden könnten.

Neben der Validierung der Verknüpfung von Forschung mit einer Anwendung soll das Roadmapping aber auch dazu dienen, einzelne Gebiete im breiten Feld der Nanotechniken zu kartieren und zu strukturieren. Dies betrifft sowohl die Thematik als auch den Zeithorizont der verschiedenen Ansätze, die unter dem Begriff der Nanotechnologie verfolgt werden. Dabei wollen wir hier ausdrücklich erwähnen, dass es in dem von uns anvisiertem Projekt nicht darum gehen kann, eine vollständige Übersicht über alle nanotechnologischen Entwicklungen – ein Nanotechnologie-Roadmap – zu entwickeln. Dies dürfte schon an der Unschärfe des Begriffs Nanotechnologie scheitern (siehe auch Decker et al. in diesem Schwerpunkt). Vielmehr könnte ein solches Unterfangen helfen, Verknüpfungen zwischen Gebieten oder Verzweigungen, die von nanotechnischen Entwicklungen zu verschiedenen Produkten führen, aufzudecken und so nach und nach größere Teile des technischen Möglichkeitsraumes zu strukturieren.

#### **4 Wie könnte ein solcher Prozess aussehen?**

Während in den vorherigen Abschnitten versucht worden ist, eine allgemeine Übersicht zu geben, sollen nun im Folgenden erste Überlegungen für einen konkreten Roadmapping-Prozess als methodische Vorleistung für eine Technikfolgenabschätzung vorgestellt werden.

Dabei wurden erprobte methodische Ansätze für Produkt- und Technologie-Roadmapping zugrunde gelegt, diese – mit der Perspektive eines Unternehmens entwickelten – Konzepte jedoch für unsere Zwecke modifiziert.

Produkt-Roadmapping ist dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Erstellung der Roadmap, des Roadmappings, eine Verknüpfung von Kundennachfrage und technischer Expertise des Unternehmens erstellt wird. Für eine Forschungsinstitution sieht die Analyse des „Marktes“ naturgemäß etwa anders aus. Grundsätzlich lassen sich natürlich auch hier Verfahren zur Identifikation von Entwicklungszielen und der Bestimmung ihrer (gesellschaftlichen) Relevanz denken. Dies frühzeitig in einen Prozess integrieren zu wollen, der zunächst darauf gerichtet ist, fundierte Grundlagen für eine Verknüpfung von Anwendungsvisionen mit Forschungsvorhaben zu erarbeiten, birgt aber unseres Erachtens die Gefahr, diesen von Anbeginn zu überfrachten. Aus diesem Grunde soll zunächst darauf verzichtet und vielmehr darauf gebaut werden, aus den existierenden – angestrebten oder als Leitvision dienenden – Entwicklungszielen ein geeignetes auswählen oder quasi normativ setzen zu können. Dieses kann – ähnlich der Produktvision – insofern visionär sein, als dass z. B. für deren Umsetzung noch umfangreiche Forschungsfragen zu lösen sind oder die für die Fragestellung benötigte experimentelle Genauigkeit derzeit noch nicht erreichbar ist.

Ist ein solches Ziel gefunden und spezifiziert, werden die technischen Voraussetzungen ermittelt, die zu seiner Realisierung erforderlich sind. Im nächsten Schritt wird – einem Backcasting-Ansatz vergleichbar – untersucht, welche Entwicklungsschritte benötigt würden, um dieses zu erreichen. Dabei gilt es, zu identifizieren

- was mit welcher Spezifikation noch entwickelt werden muss,
- mit welchen Schwierigkeiten zu rechnen ist und wie diese überwunden werden können,
- mit welchem Zeithorizont dies realisierbar erscheint und welche Aufwendungen dafür ggf. zu erwarten sind,
- ob es Problemstellungen gibt, für die mit dem bisherigen Wissensstand keine Lösung zu erzielen ist („red bricks“) und

- ob Alternativen zu den anvisierten Lösungen oder Pfaden existieren.

Dabei bedient sich der konkrete Roadmapping-Prozess vieler etablierter Methoden, die die Kommunikation aller wissenschaftlicher Disziplinen beziehungsweise aller Beteiligten ermöglichen, wie Expertenworkshops oder Experteninterviews, SWOT-Analyse, Zukunftswerkstätten oder Szenariobuilding. An der Erarbeitung des Roadmaps sollen zunächst möglichst alle von der Thematik berührten Bereiche einer Institution, gegebenenfalls auch Externe, beteiligt werden. Somit dienen der Roadmapping-Prozess sowie das erstellte Roadmap nicht nur der Strukturierung und Strategiefindung, sondern auch der internen Kommunikation über Entwicklungsziele und -bedingungen.

Mögliche Hindernisse bei der Erreichung des Ziels können technischer, ökonomischer, rechtlicher, ethischer oder sozialer Art sein. Da beispielsweise eine rechtliche Regulierung eine technische Veränderung zur Folge haben kann, die dann wiederum ökonomische Folgen mit sich bringt, ist es entscheidend, eine interdisziplinäre Kommunikation zu erreichen. Eine solche Forderung entsteht auch aus dem Charakter von Nanotechnologie selbst, die als interdisziplinäre Forschung anzusehen ist, in die physikalische, chemische, biologische und ingenieurwissenschaftliche Aspekte einfließen. Die diskursive und fachbereichsübergreifende (*crossfunctional*) Methode des Roadmapping bietet den beteiligten Forschern die Möglichkeit, Teams zu bilden, wissenschaftliche und technische, aber auch wirtschaftliche Fragestellungen zu diskutieren und eventuelle Folgen dimensionen zu identifizieren und ggf. schon in frühen Entwicklungsphasen einer Technik zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang besteht eine wichtige Aufgabe des Koordinators des Roadmapping-Projekts darin, als Organisator wissenschaftlicher Diskussionsplattformen zu agieren.

## 5 Zusammenfassung

Es ist unsere Hoffnung, dass ein erfolgreicher Roadmapping-Prozess für alle Beteiligten als nützlich und erkenntnisbringend ist. Für die TA liegt dies im Ansatz auf der Hand:

- die Verknüpfung von Themen der nanotechnologiebezogenen Forschung und Entwicklung mit konkreten Ideen für Anwendungen und Produkte herzustellen und so einen Bezug zwischen „Nano“, „Technik“ und „Folgenabschätzung“ herstellen zu können,
- das breite Feld der Nanotechnologie zu strukturieren (sowohl thematisch als auch was den Zeithorizont der Entwicklungen angeht) und
- kommunikative Aufgaben von Technikfolgenabschätzung zu Nanotechnologie besser bedienen zu können.

Da erst über die Produkte und Anwendungen die Forschungsaktivitäten der Einschätzung ihrer ökologischen und gesellschaftlichen Folgen zugänglich werden, ist diese Verknüpfung zwischen Forschung und Produkt oder Verfahren essenziell für die Technikfolgenabschätzung einer sich noch in den Anfängen befindlichen Technologie.

Aber auch den beteiligten Wissenschaftlern und Entwicklern sowie den durch sie vertretenen Institutionen sollte aus dem Ansatz ein Zugewinn erwachsen:

- Es besteht ein Bedarf zu erkennen, was die relevanten Forschungsfragen sind. Diese Relevanz kann sich durchaus auf die Realisierung von neuen Produkten beziehen. Bei der Ermittlung der Relevanz müssen die gleichen Probleme gelöst werden, die auch zu überwinden sind, wenn innerhalb eines Unternehmens entschieden werden soll, für welche Produktentwicklung die zur Verfügung stehenden Ressourcen eingesetzt werden sollen. Das heißt, eine komplexe Struktur von Zusammenhängen muss transparent gemacht werden und die verschiedenen Unsicherheiten der zu erwartenden Entwicklungen müssen bewertet werden.
- Der *einzelne* Wissenschaftler ist mit dem Herausfinden der relevanten Forschungsfragen oft überfordert. Für diese Bewertung benötigt er den transdisziplinären Austausch, insbesondere um die für die kommerzielle Umsetzung relevanten Parameter erkennen zu können. Letzteres ist umso wichtiger, je näher der Forschungsgegenstand an die Realisierung eines Produkts heranreicht. Ergebnis eines Roadmappings könnte auch das Entdecken neuer Anwen-

dungsfelder für die eigenen Forschungsergebnisse sein, also die Relevanz der eigenen Forschungsergebnisse für derzeit noch offene Fragen, die in anderen Bereichen die Weiterentwicklung von Produkten hemmt.

- Die Analyse des eigenen Portfolios und ihr Zuschnitt auf die angestrebten Forschungsaktivitäten versprechen einen effektiveren Einsatz von Ressourcen.

## Kontakt

Dr. Ulrich Fiedeler  
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe  
Tel.: +49 (0) 72 47 / 82 – 46 44  
Fax: +49 (0) 72 47 / 82 – 60 45  
E-Mail: [fiedeler@itas.fzk.de](mailto:fiedeler@itas.fzk.de)  
Internet: <http://www.itas.fzk.de>

## Anmerkungen

- 1) Es erscheint uns wenig sinnvoll, gegen eine in den sprachlichen Alltag eingedrungene Semantik „anschreiben“ zu wollen und vernünftigerweise *generell* eher von „Nanotechniken“ zu reden. Wir bleiben im Folgenden bei der Benennung des gesamten Gegenstandsbereiches bei der eingeführten Terminologie.
- 2) Während ein Roadmap das – meist grafisch aufgearbeitete – Ergebnis bezeichnet, wird mit Roadmapping der gesamte Prozess der Erstellung dieses Roadmaps bezeichnet. Der Begriff Roadmapping betont also mehr den Prozesscharakter des Erstellens, während der Ausdruck Roadmap die Betonung auf das Ergebnis legt.

«

## Literatur

*Da Costa, O.; Boden, M.; Punie Y.; Zappacosta, M.*, 2003: Science and Technology Roadmapping: From Industry to Public Policy. IPTS Report Vol. 73(2003)

*Galvin, R.*, 1998: Science Roadmaps. In: Science 280(1998) No. 5365, p. 803

*Groenveld, P.*, 1997: Roadmapping Integrates Business and Technology. Research Technology Management, September

*Kostoff, R.N.; Schaller, R.R.*, 2001: Science and Technology Roadmaps. In: IEEE Transactions on Engineering Mgmt. 48(2001)2, pp.132-143

*MacKenzie, D.; Wajcman, J. (eds.)*, 1985: The Social Shaping of Technology: How the Refrigerator Got Its Hum. Milton Keynes: Open University Press

*Smalley, R.*, 2003: Nanotechnology, Energy and People. Speech at the MIT Enterprise Forum, Houston, January 22, 2003. Transkript <http://smalley.rice.edu/Presentations/Transcript%20MIT%20Forum%20RES%20edit.doc>