

RISIKO, AKZEPTANZ UND AKZEPTABILITÄT.
WAS MAN VON DER GENTECHNOLOGIE
ÜBER DIE NANOTECHNOLOGIE LERNEN KANN

Niels Gottschalk-Mazouz, Stuttgart

erscheint in: P.
Koslowski (Hg.),
*Mensch-Maschine-
Hybride. Transformationsprozesse des Wirtschaftens und ihre ethische Relevanz*, Freiburg: Alber, S. 171-187

1. Einleitung

Nanotechnologie beschäftigt sich mit Strukturen, die in mindestens einer Dimension nur zwischen einem und hundert Nanometern groß sind, wobei ein einzelnes Atom bereits etwa ein Nanometer groß ist. Infolge dessen können Nanomaterialien eine um ein Vielfaches größere Oberfläche als ein gleich schwerer normal großer Körper haben, und anders oder stärker chemisch reagieren als ein normal großer Körper oder andere neue, teils unerwartete chemische, mechanische, optische und elektrische Eigenschaften zeigen. Manche Autoren feiern die Nanotechnologie als konzeptionelle Revolution, andere sehen in ihr nur die „logische“ Folge einer weiteren Miniaturisierung in verschiedenen Domänen. Die Erwartungen an diese Technologie sind jedenfalls immens, auch wenn es bisher nur recht wenige marktreife Anwendungen gibt.

In Folge einer solchen Miniaturisierung wird eine Verschmelzung verschiedener Technologiebereiche erwartet. Unter dem Kürzel *NBIC* wird eine baldige Verschmelzung von Nano-, Bio- und Informationstechnologie mit der Kognitionswissenschaft diskutiert. Etwas vorsichtiger ist auch von zunächst *NB* die Rede, Nanobiotechnologie, dem das *NBIC* später nachfolgen werde. Zwischen der Nano- und der Biotechnologie, und hier vor allem der Gentechnologie, scheint es in der Tat eine Reihe von Gemeinsamkeiten zu geben, die diese Erwartung plausibel macht: Einerseits überlappen sich einige der zentralen Forschungsthemen und –methoden („metabolic engineering“; „molecular farming“), andererseits bestehen (dies gilt nun auch für *IC*) Übereinstimmungen im Innovationsumfeld (Komplementarität von Startups, Global Playern und der Wissenschaft). Inhalte, Methoden und Kontext passen also bereits zusammen. Zudem sind beides relativ neue Risikofelder, auf denen sich die breite Öffentlichkeit erst noch eine ganze Menge Wissen aneignen musste und muss, um mitdiskutieren zu können.

Über die Risiken der Gentechnologie wurde und wird vergleichsweise intensiv öffentlich diskutiert. Die öffentliche Diskussion um Risiken der Nanotechnologie hat demgegenüber noch kaum begonnen. Wenn man jedenfalls auch nur einer der beiden Thesen folgt, d.h. annimmt, dass die Nano- mit der

Biotechnologie zumindest teilweise verschmilzt *oder* dass die Biotechnologie mit der Nanotechnologie wenigstens strukturell vergleichbar ist, scheint die Frage sinnvoll, was aus der Biotechnologie-Diskussion übertragbar ist auf die Nanotechnologie bzw. auf eine eventuelle entstehende NB-Technologie: Welche Faktoren bestimmen unsere Akzeptanz dieser Technologien? Der folgende Text zerfällt in zwei Teile, einen Blick zurück auf die Biotechnologie und einen Blick nach vorn auf die Nanotechnologie. Sein regionaler Fokus liegt dabei auf Europa, und dort vor allem auf Deutschland und Großbritannien.

2. Der Blick zurück: Biotechnologie

Manch ein Leser wird denken, dass die Biotechnologie aus ganz bestimmten Gründen als problematisch angesehen wurde, die für die Nanotechnologie so nicht zutreffen: Etwa, dass man Leben verändert, sich „an der heiligen Grenze“ (so titelte einmal DER SPIEGEL) zu schaffen macht. Oder, dass die geschaffenen künstlichen Lebewesen sich vermehren, von ihnen evtl. ausgehende Risiken also exponentiell anwachsen. Doch wurde die Biotechnologie tatsächlich vor allem deshalb abgelehnt, weil sie als unnatürlich gilt (d.h. aus bestimmten Wertorientierungen heraus) bzw. weil bestimmte exponentielle Risiken im Vordergrund stehen? Es hat in den letzten beiden Jahrzehnten eine Vielzahl von Untersuchungen gegeben, welche Faktoren tatsächlich die Akzeptanz (oder Ablehnung) der Biotechnologie leiten. Um zu verallgemeinerbaren Ergebnissen zu gelangen, mussten die Hypothesen sehr viel abstrakter formuliert werden als sie es in diesem Absatz eingangs wurden. Dadurch konnten dann aber auch verschiedene Technologien verglichen werden.

2.1 Eine empirische Überprüfung der Akzeptanz-Theorien

Es ist in der Risikodiskussion inzwischen üblich, fünf verschiedene Perspektiven einer Risikoanalyse zu unterscheiden: Die technische Risikoanalyse sowie ökonomische, psychologische, soziologische und kulturelle Perspektiven. An den letzten drei Perspektiven lässt sich ablesen, dass auch „weiche“ Faktoren eine Rolle spielen können. Zur Plausibilität der Wirksamkeit weicher wie harter Faktoren wurden ganz verschiedene, teils hypothetische Theorien entwickelt:

- Stigmatheorien
- Wertorientierungs- und Kulturtheorien
- Psychometrische Theorien
- Vertrauensatheorien

Stigma-Theorien (z. B. Gregory et al. 1995) gehen davon aus, dass bestimmte – besonders von den Massenmedien gerne bediente – visuelle Stimuli oder Etiketten besondere Abwehrreaktionen auslösen. Wertorientierungstheorien versuchen Risikoeinstellungen nach individuellen Orientierungen zu unterscheiden wie Materialisten/Postmaterialisten (Inglehart 1998) oder komplexeren Schemata, die z. B. „systemkritische, kulturpessimistische Alternative“, „technokratisch-liberale Aufstiegsorientierte“ und noch vier weitere Charaktere ansetzen (wie Zwick 1998). Kulturtheorien versuchen dasselbe mit „kulturellen Prototypen“ wie etwa hierarchischen, individualistischen, egalitären und fatalistischen Typen (Dake 1992). Psychometrische Theorien (Slovic 1992) fassen quantitative und qualitative Risikomerkmale zusammen, wie z. B. zu erwartete Nutzen- und Schadenseffekte, Vertrauensatheorien (Siegrist 2001) verweisen auf die Einstellung zu den wesentlichen gesellschaftlichen Akteuren; beide werden weiter unten noch genauer erklärt.

2.2 Eine empirische Überprüfung der Akzeptanz-Theorien

Eine der wenigen Untersuchungen, die methodisch ausgefeilt genug sind, um diese Theorien empirisch zu testen, ist die „Risikostudie Baden-Württemberg“ von 2001, durchgeführt von der damals noch bestehenden Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg und dem Institut für Soziologie der Universität Stuttgart (Zwick & Renn 2002). Darin wurden die oben aufgezählten Theorien, erweitert um die Faktorenbündel „persönliche Dispositionen“ und „Soziodemographie“, auf ihren Erklärungswert der Akzeptanz der folgenden Risiken untersucht: Kernenergie, Mobiltelefonie, Klimawandel, BSE, Genveränderte Nahrungsmittel, Rauchen.

Prädiktoren	Risk					
	Kernkraft	Mobiltelefonie	Klimawandel	BSE	Genfood	Rauchen
Stigma	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Socio-Demographie	0%	0%	0%	3%	0%	0%
Persönlichkeitsdisposition	0%	0%	≈8%	0%	0%	32%
Wertorientierungen	5%	6%	≈8%	0%	0%	0%
Institutionenvertrauen	9%	13%	1%	8%	29%	0%
Psychometrie	42%	23%	13%	33%	26%	15%
Σ erklärte Varianz	56%	42%	30%	44%	55%	47%

Abbildung 1: Tatsächlicher Erklärungswert verschiedener in der Literatur vorgeschlagener Risikoakzeptanz-Prädiktoren, bestimmt per multivariater Regressionsanalyse in Baden-Württemberg im Jahre 2001 (Quelle: Zwick & Renn 2002, S. 94).

Im Rahmen der genannten Studie wurden 1508 Interviews mit in Baden-Württemberg wohnenden Personen über 16 Jahren geführt, wobei die Gruppe zufällig ausgewählt und an die offiziellen Bevölkerungsstatistiken angepasst wurde. Die Ergebnisse sind teilweise überraschend (s. Abb. 1): *Stigmatheorie* und *Soziodemographie* sind demnach fast völlig vernachlässigbar. *Persönliche Dispositionen* erklären nur beim Rauchen viel (wer Raucher ist, akzeptiert auch die Risiken). *Wertorientierungen* allein erklären nur bei Kernenergie und Mobilfunk ein wenig, und zusammen mit Dispositionen (dies wurde dort nicht getrennt erhoben) beim Klimawandel immerhin ein wenig. *Vertrauen* hat einen relativ hohen Erklärungswert bei Kernenergie, Mobilfunk und BSE, bei Genveränderten Nahrungsmitteln sogar den höchsten Wert, erklärt aber so gut wie nichts beim Klimawandel und beim Rauchen. *Psychometrie* schließlich hat einen sehr hohen, bei Klimawandel und Rauchen immerhin noch einen relativ hohen Erklärungswert.

Bevor wir das weiter diskutieren, zunächst zu anderen Faktoren, denen ein Einfluss auf die Akzeptanz einer Technologie zugeschrieben worden ist, für die aber in der Baden-Württemberg-Studie keine Hinweise auf einen Einfluss gefunden werden konnte. Die bekanntesten von ihnen betreffen das *Wissen* um die fragliche Technologie und *kulturell verschiedene Hintergründe*. Der Einfluss von kulturellen Faktoren insgesamt (vgl. Tabelle 1, dort unter Wertorientierungen subsumiert) ist gering. Der Einfluss interkultureller Unterschiede konnte auch in anderen Studien relativiert werden (Renn et al. 2000): Es ist nicht so sehr der Unterschied zwischen den Kulturen, sondern innerhalb der Kulturen, der den größeren Einfluss auf die Risikoakzeptanz hat (salopp gesagt sind sich zwei Banker oder Ingenieure verschiedener Kulturkreise näher als ein Banker und ein Bauer innerhalb eines Kulturkreises).

Die für den Vergleich mit der Nanotechnologie wichtigsten Risiken dürften gemäß der Ausgangshypothese dieses Textes die mit Gentechnologie und vielleicht auch noch mit Informationstechnologie verbundenen sein. Bei diesen zeigt sich, dass Vertrauen und Psychometrie die Schlüsselfaktoren der Akzeptanz sind. *Ich möchte deshalb die These vertreten, dass Vertrauen und Psychometrie die Schlüsselfaktoren der Akzeptanz der Nanotechnologie sein dürften*. Betrachten wir diese beiden daher nun genauer.

2.3 Psychometrische Faktoren und Vertrauen: Ein genauerer Blick

Psychometrie setzt sich aus verschiedenen Einzelfaktoren zusammen:

- Subjektiv wahrgenommene individuelle Bedrohung, individueller Nutzen sowie Nutzen-Bedrohungs-Balance
- Gesellschaftliche Schäden und Katastrophenpotenziale, gesellschaftliche Nutzenpotenziale sowie deren Balance
- Faire Verteilung von Nutzen und Risiken
- Freiwilligkeit der Risikoübernahme, subjektive Steuerbarkeit des Risikos

- Grad der individuellen und gesellschaftlichen Kontrolle über das Risiko
Vertrauen ist in dieser Studie definiert als wahrgenommene Performanz von Institutionen bei Risikomanagement und -kommunikation. Es geht also nicht um Glaubwürdigkeit in dem Sinne, dass Menschen einer Person oder Institution etwas zutrauen (in der Zukunft), ihr blind vertrauen o. ä., sondern um das Ergebnis von Erfahrungen, die Menschen mit diesen Institutionen gemacht haben oder von denen ihnen über die Medien berichtet wurde. In der Baden-Württemberg-Studie wird Vertrauen explizit als ein Faktor genannt, der dann die Risikoakzeptanz entscheidend prägt (vgl. Zwick & Renn 2002, S. 141f.), wenn es sich um neue Risiken handelt (gentechnisch veränderte Lebensmittel; Mobilfunkstrahlung) und wenn der Eindruck besteht, dass es überhaupt Institutionen gibt, die das Risiko prinzipiell adressieren können (daher der geringe Einfluss von Vertrauen beim Klimawandel).

Dass die Psychometrie durchgängig einen großen bis sehr großen Einfluss hat, überrascht nur wenig. Denn in der Liste dessen, was sich dahinter verbirgt (s. o.), sind gerade diejenigen Faktoren enthalten, die die Höhe sowie evtl. unangenehme Arten und Weisen von Bedrohungen kennzeichnen und deren Relation zu möglichen Nutzeffekten. Es scheint, so gesehen, völlig klar, dass sich die Risikoakzeptanz von subjektiv rationalen Individuen durch psychometrische Faktoren gut erklären lassen sollten. Die Frage: „Finden Sie Technologie xy akzeptabel, von der Sie uns schon gesagt haben, dass Sie sie höchst bedrohlich finden, vor allem für Sie selbst (aber auch für viele andere), dass sie katastrophale Schäden hervorrufen kann, dass ihr möglicher Nutzen kaum erkennbar ist, dass durch sie einige wenige profitieren und viele verlieren werden, dass man sich ihr individuell nicht wird verweigern können und dass sie weder steuerbar oder kontrollierbar ist?“ würden nicht wenige Interviewpartner nicht nur mit einem „Nein!“ beantworten, sondern mit einem: „Das habe ich doch damit schon gesagt!“ Eher schon ist es erstaunlich, dass die Psychometrie die Akzeptanz nicht insgesamt noch stärker prägt und dass sie bei einigen Risiken eine deutlich geringere Rolle spielt. Beim Rauchen wird man vielleicht sagen, hier handeln die Menschen eben irrational, beim Klimawandel könnte man dies höchstens so erklären, dass die meisten Menschen keine Alternative zu ihm sehen. In beiden Fällen würde es sich um eine Akzeptanz unter Zwang handeln, seien es psychisch-soziale Zwänge (Sucht usw.) oder ökonomisch-weltpolitische Zwänge.

Der bei neuen Risiken große Einfluss von Vertrauen ist demgegenüber möglicherweise eher überraschend, gerade auch angesichts des geringen Erklärungswerts der anderen Faktoren, die eigentlich mindestens ebenso nahe liegend sind (Soziodemographie, Wertorientierungen, Wissen usw.). Um zu verstehen, wie „Vertrauen“ funktioniert, sollte man sich genauer ansehen, wie dieser Faktor sich zusammensetzt und wie er sich verändert hat.

2.4 Akzeptanzveränderungen über die Zeit

Zur näheren Diskussion des Faktors Vertrauen möchte ich die groß angelegten Eurobarometer-Studien hinzuziehen. Zunächst ist interessant zu beobachten, wie sich die Akzeptanz von verschiedenen Technologien über die Zeit verändert hat, insbesondere die Biotechnologie.

Die Abb. 2 präsentiert Zahlen aus Großbritannien, für die Biotechnologie auch aus der EU im Durchschnitt und aus Deutschland. Uns interessieren im Moment nur die Zahlen für die Biotechnologie: In Großbritannien gab es in den Neunziger Jahren eine ausgiebige öffentliche Debatte über die Biotechnologie, vor allem über gentechnisch veränderte Lebensmittel, nachdem die Industrie in diesem Land als erstem in Europa mit solchen Lebensmitteln auf den Markt drängte. Die Auswirkungen auf die Akzeptanz dieser Technologie waren beträchtlich.

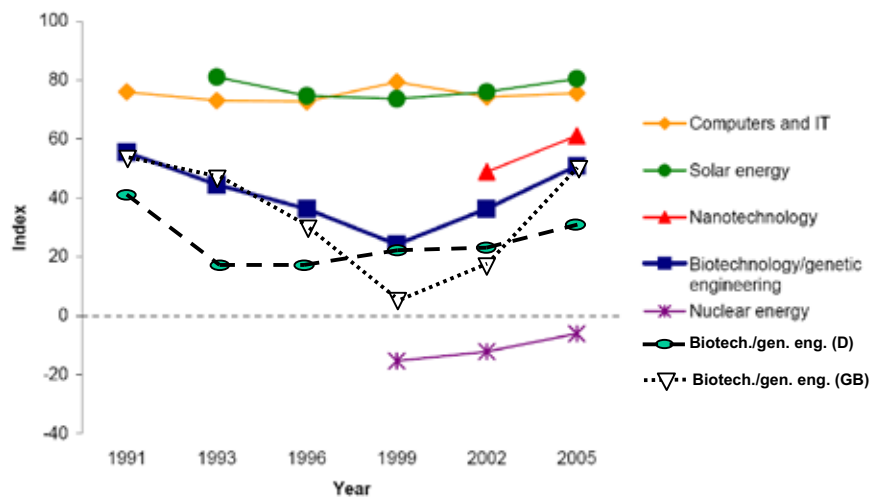


Abbildung 2: Zustimmung zu ausgewählten Technologien in der EU (unbezeichnet), Deutschland (D) und Großbritannien (GB). (Quelle: Gaskell et al. 2006, S. 12f.). Der Indexwert ist unter Ausschluss der „don't know“-Antworten gebildet nach der Formel: $(\%improve - \%makeworse) / (\%improve + \%makeworse + \%noeffect)$.

Die Akzeptanz der Biotechnologie zeigt Mitte/Ende der neunziger Jahre einen Einbruch, ist danach aber wieder angestiegen. Wenn man die These zugrunde legt, dass Psychometrie und Vertrauen die wichtigsten erklärenden Faktoren für die Akzeptanz der Biotechnologie sind, dann müsste der Anstieg durch Veränderungen in einem oder beiden dieser Faktoren erklärt werden können.

2.5 Akzeptanzzuwachs und Vertrauenszuwachs

Für GB lässt sich das weiter klären: Tatsächlich zeigt der Faktor Psychometrie nur kleine Veränderungen, die Gruppe derjenigen nämlich, in deren Augen die Nachteile der Biotechnologie klar überwiegen („opposition group“), schrumpft etwas zugunsten der Gruppe derjenigen, die eine Ambivalenz sehen („tradeoff group“) (Gaskell et al. 2003, S. 12f.). „Vertrauen“ hingegen zeigt deutliche Veränderungen im fraglichen Zeitraum (ebd., S. 15), und zwar unter einer ähnlichen Definition wie in der Baden-Württemberg-Studie (dort war es wahrgenommene Performanz von Institutionen), nämlich bezogen auf Institutionen als „doing a good job for society“ (vs. „doing a bad job for society“): An Vertrauen eingebüsst haben kampagnenführende Umweltgruppen, Geschäfte und die Medien. Wachsendes Vertrauen fasste die britische Bevölkerung zu Ärzten, Bauern, der Industrie und der Regierung. Insgesamt gesehen hat das Vertrauen in die handelnden Akteure auf dem Feld der Biotechnologie zwischen 1999 und 2002 deutlich zugenommen. Industrie und Regierung werden 2002, anders als 1999, von mehr Befragten ein „doing a good job“ attestiert als ein „doing a bad job“. Industrie und Regierung sind deshalb besonders wichtig, da deren wahrgenommene Performanz in der Baden-Württemberg-Studie den Vertrauenseinfluss auf die Akzeptanz insgesamt entscheidend bestimmt hat (Zwick & Renn 2002, S. 137) und da der in GB beobachtete Vorzeichenwechsel auch für den Rest der EU typisch war (Gaskell et al. 2003, S. 15). Absolut gesehen liegen Ärzte, Verbraucherorganisationen und (trotz deutlicher Verluste) Bauern vorne, auch dem Einzelhandel und Umweltorganisationen wird noch mit relativ viel Vertrauen begegnet.

Ich würde, angesichts der Ergebnisse dieser beiden Studien, die These aufstellen, *dass die wieder ansteigende Akzeptanz der Biotechnologie in GB seit Mitte der neunziger Jahre vor allem auf (wieder) wachsendem Vertrauen basiert, und zwar insbesondere gegenüber den zuletzt genannten Gruppen (Ärzte, Bauern, vor allem aber Industrie und Regierung)*. Ich halte die Vermutung für legitim, dass im restlichen Europa ähnliche Prozesse abgelaufen sind (oder abgelaufen wären, wenn man sich dort um eine Markteinführung gentechnischer Produkte bemüht hätte).

2.6 Akzeptanz und Akzeptabilität

Wie verhalten sich die empirischen Befunde der Studie zu ethischen Überlegungen zur Akzeptabilität von Risiken (vgl. z. B. Gottschalk-Mazouz 2002 oder Hansson 2003)? Akzeptanz ist eine empirische Größe, während Akzeptabilität eine normative Größe ist, die von der Kraft des besseren Arguments abhängt. In Überlegungen zur Akzeptabilität geht es darum, für welche Faktoren es legitim und rational ist, dass sie einen Unterschied machen. Hierzu würden weder eine Stigmatisierung noch die Demographie gehören, wohl aber die

Psychometrischen Faktoren und die wahrgenommene Performanz von Institutionen („Vertrauen“). Auf bestimmte Elemente der Psychometrie beziehen sich z. B. der Utilitarismus (gesellschaftliche Nutzen-Bedrohungs-Bilanz), der Kontraktualismus (individuelle Bilanz, Freiwilligkeit), deontologische Theorien (Nutzen-Bedrohungs-Verteilung, Freiwilligkeit) und Klugheitsethiken (Grad der Kontrolle). Institutionenperformanzbezogene Aspekte werden vor allem von institutionellen Ethiken hervorgehoben.

Meine These ist daher, grob gesagt: *Akzeptanz und Akzeptabilität sind hier weitgehend kongruent*; die wohlüberlegten Argumentationen der philosophischen Ethiker führen grosso modo auf gerade die Kriterien, die auch die faktische Akzeptanz leiten.

2.7 Ethisch legitimes Vertrauensmanagement

Die herkömmliche Vertrauensrhetorik hat einen deutlich negativen Beiklang. Formeln wie „Vertrauen Sie mir doch!“ oder „Vertrauen Sie mir etwa nicht?“ appellieren häufig genug an ein intuitiv aufgebrachtes Vertrauensgefühl. Politiker wollen durch symbolische Politik das Vertrauen der Bevölkerung erwerben, wollen erreichen, dass man ihnen blind vertraut, ihnen „Vertrauen schenkt“, einen „Vertrauensvorschuss entgegenbringt“ o. ä. Versteht man Vertrauen in diesem Sinne, würde es darauf zielen, die tatsächliche Adressierung von Risiken bzw. den Aufbau von institutionellen Strukturen der Risikoadressierung ersetzen. Vertrauensmanagement in diesem Sinne zu betreiben, soweit das überhaupt möglich ist (vgl. den Beitrag von Oliver Siemoneit in diesem Band) wäre ethisch illegitim und, angesichts der tatsächlichen Akzeptanzfaktoren, langfristig wenig erfolgversprechend.

Um all das geht es beim hier diskutierten Vertrauensbegriff aber nicht. Meine These ist daher: *Vertrauen im Sinne wahrgenommener Performanz lässt sich managen, und dies ist gleichzeitig ethisch legitim*. Institutionen lassen sich aufbauen, ihre Funktionsfähigkeit lässt sich durch transparente Strukturen sichtbar machen und an konkreten Fällen unter Beweis stellen. PR- und Diskursstrategien können das unterstützen, aber nur dann mit Erfolg, wenn es auch eine reale institutionelle Basis gibt.

3. Der Blick nach vorn: Nanotechnologie

Oben wurde für eine strukturelle Vergleichbarkeit von Gen- und Nanotechnologie argumentiert. In mehrerlei Hinsicht gleicht die Situation der öffentlichen Debatte derjenigen zu Beginn der Entwicklung der Gentechnologie in den

siebziger und frühen achtziger Jahren. Zwar wurde eine öffentliche Diskussion um Visionen geführt und um das angeblich immense Potenzial dieser Technologie. Doch hat diese die meisten EU-Bürger nicht erreicht, denn noch immer wissen nur recht wenige, was Nanotechnologie genau ist und was an ihr interessant sein sollte (European Commission 2001, S. 25 bzw. S. 12; vgl. Gaskell et al. 2006, S. 10). Der in Abb. 1 gezeigte EU-Akzeptanzindex für Nanotechnologie (s. o.) bezieht die don't-knows nicht mit ein, spiegelt also die Haltungen derjenigen, die sich irgendeine Meinung gebildet haben. Er lag zwar 2002 wie 2005 etwas höher als je der für Biotechnologie, ist aber weit entfernt von demjenigen von Computern oder Solarzellen. In den USA ist die Akzeptanz der Nanotechnologie interessanterweise niedriger als in der EU, während die der Biotechnologie dort höher ist als hier (Gaskell et al. 2006, S. 7).

Man kann also sagen: Relativ viele Menschen haben sich noch keine Meinung gebildet, und diejenigen, die sich eine Meinung gebildet haben, sind nur verhalten positiv eingestellt. Wohin wird sich die öffentliche Meinung entwickeln? Ich möchte das zunächst kurz skizzieren und im Folgenden dann näher ausführen.

Betrachten wir zunächst, wie sich die psychometrischen Faktoren verändern könnten. Anhaltspunkte dazu könnten wissenschaftliche Studien oder Fokusgruppen geben, die beide eine Vorläuferfunktion für die öffentliche Meinung haben können. Wissenschaftliche Studien weisen zwar auf erhebliche Chancen und Nutzenerwartungen hin, wenn diese auch für den Endverbraucher nicht immer direkt erkennbar sind. Sie weisen aber auch, und das schon seit Längerem und von der Öffentlichkeit bisher noch so gut wie unbeachtet, auf erhebliche Risikopotenziale hin (d.h. auf mögliche Risiken, von denen einige sich als konkret bestehende Risiken herausstellen könnten) sowie darauf, dass viele Risikofragen schlicht noch ungeklärt sind. Auch in Fokusgruppen, in denen Normalbürger mit Experten über die Nanotechnologie diskutieren und sich ein fundiertes Urteil bilden konnten, wurden die Chancen letztlich nur noch knapp höher als die Risiken gewichtet (Rey 2006, S. 38) und eine nicht vorhandene Produktkennzeichnung scharf kritisiert (ebd., S. 22f.). Schließlich zeigen vergleichende Untersuchungen, dass trotz eines Anstieg der positiven Berichterstattung in den Medien der Anteil der Befragten sinkt, die mehr Chancen als Risiken erwarten, und dass der Anteil der Verbraucher mit einer ambivalenten Einstellung seit 2004 stetig steigt, sowohl in den USA als auch in Europa (so zusammenfassend Grobe 2006, S. 46).

Betrachten wir nun das Institutionenvertrauen. In denselben wissenschaftlichen Studien, die die Risikopotenziale herausgestellt haben, werden unzureichende institutionelle Vorkehrungen zu ihrer Adressierung beklagt. Vertraut werden derzeit der Wissenschaft, bürgernahe Nichtregierungsorganisationen und dem Konsumentenschutz, nicht jedoch Industrie und Wirtschaft, teils werden offen verstärkte Kontroll- und Regulierungsbemühungen angemahnt, das zeigt auch die Fokusgruppenarbeit (ebd., S. 6). Tatsächlich wirksame Risikomanagement-Institutionen sind also entweder nicht ausreichend

vorhanden oder in den Augen der Öffentlichkeit nicht gut genug erkennbar, gerade nicht in den sensiblen Bereichen Industrie und Regierung.

Gleichzeitig kommen die ersten Endverbraucherprodukte bereits auf den Markt. Nanotechnologie ist bei ganz verschiedenen Produkten mit im Spiel, die gegenwärtig zusammen ein Marktvolumen von 100 Mrd. \$ haben sollen: „Paints; Fuel cells, Batteries; Fuel additives; Catalysts; Components in transistors; Sources of lasers and lighting; Lubricants; Integrated circuitry; Medical implants; Machine ceramics; Water purification and remediation; Military battle suits; Self-cleaning windows; Sunscreens and cosmetics; Explosives, propellants and pyrotechnics; Disinfectants; Abrasives; Food additives“ (IRGC 2006, 21f.). Diese Liste mag zunächst beeindrucken, für den Endverbraucher sind die erkennbaren Vorteile dieser Nano-Produkte jedoch häufig genug gering bis nicht vorhanden: „Tomatenketchup wird dickflüssig durch Siliziumdioxid, Salz und Streukäse bleibt dank Nanotechnik rieselfähig, und Schokolade bleibt durch Titandioxid-Beschichtung länger haltbar.“ (Grosser 2007) Revolutionäre Entwicklungen lesen sich anders. Zudem wurde nur wenige Sätze zuvor der Leser informiert, dass das eigentlich harmlose Titandioxid in Nanogröße in Tierversuchen als krebserregend erkannt worden sei. Dieselbe Substanz übrigens, welches als Nanopartikel in Sonnenschutzmitteln die Innovation eines hohen Schutzfaktors ohne störende weiße Schlieren möglich macht, dabei aber bei Markteinführung unter Verdacht stand, auch über die Haut vom menschlichen Körper aufgenommen werden zu können (vgl. Swiss Re 2004, S. 18f.), was zumindest für verletzte Haut ist auch heute noch nicht ausgeschlossen werden kann. Beim ungekennzeichneten Einsatz von Nanotechnologie in Lebensmitteln und Kosmetik – zwei hochsensiblen Bereichen, in denen viele Menschen gar keine oder wenigstens keine künstlichen Zusatzstoffe wünschen – erleben wir also etwas, das in der Gentechnologie-Diskussion kritisch als experimentelle „Freisetzung direkt in den menschlichen Körper“ bezeichnet worden ist.

Ich halte die gegenwärtige Situation insgesamt für prekär. Einige Aspekte dessen sollen nun näher ausgeführt werden.

3.1 Unstrittige Risikopotenziale

Niemand behauptet ernsthaft, Nanopartikel seien ungefährlich. Vielmehr ist wissenschaftlich inzwischen gut bekannt (und theoretisch zu erwarten), dass solche Partikel u. a. durch ihr größeres Volumen/Oberfläche-Verhältnis sich in ihren chemischen Eigenschaften vom makroskopischen Stoff („bulk material“) teils deutlich unterscheiden (vgl. Swiss Re 2004). Sie reagieren typischerweise anders und stärker. C-60-Nanomoleküle (die sog. „buckyballs“) töten Zellen, manche Nanoröhrchen ähneln Asbestfasern. Nanoteilchen können über die Haut und die Lunge aufgenommen werden, gelangen in die Blutbahn, durchqueren die Blut-Hirn-Schranke und womöglich auch die Plazenta. Sie sind zu

klein, um von der Körperabwehr erkannt zu werden, sie können Krebs erregen und das Erbgut verändern. Und sie sind typischerweise hochgradig persistent, mobil und pervasiv, ihre Freisetzung ist daher praktisch irreversibel und akkumulative Langzeiteffekte sind möglich.

An Risikopotenzialen besteht also kein Mangel. Diese Potenziale sind im Großen und Ganzen auch seit Jahren bekannt (IRGC 2006, S. 42 ff.). Es gibt jedoch weder Transparenz- noch Kennzeichnungs- oder Monitoringpflichten, und es gibt nicht einmal international gültige Standardisierungsrichtlinien der nanotechnologischen Substanzen und Stoffe. Vor allem jedoch wird kaum Risikoforschung betrieben. Dass über *konkrete* Risiken nicht viel bekannt ist, kann somit auch nicht verwundern und ist kein Anlass zur Entwarnung. Auf diese unbefriedigende Situation wurde immer wieder verwiesen (vgl. IRGC 2006), es wird regelmäßig festgestellt: „Der Stand der Forschung im Hinblick auf potenzielle Umwelt- und Gesundheitswirkungen nanotechnologischer Verfahren und Produkte sollte weiter verbessert werden. Die dafür notwendigen Forschungsanstrengungen sind dringend erforderlich, da sich aus dem fehlenden Wissen um die Umwelt- und Gesundheitsfolgen Hemmnisse für die Markteinführung von nanoskalaren Produkten ergeben könnten.“ (BSI 2007, S. 167). Nicht nur deshalb, möchte ich hinzufügen. Und, dass die Themenbereiche Datenschutz, Privatheit und Überwachung, von Sicherheit (Terrorismus), von Gerechtigkeit im Zugang z. B. zu Wissen, Materialien und Medikamenten und schließlich kulturelle Fragen z. B. durch Hybridisierungstendenzen (Mensch oder Maschine) ebenfalls diskussionsbedürftig wären.

3.2 Defizitäre Visionsdebatte

In der Öffentlichkeit wird das jedoch kaum zur Kenntnis genommen. Diese wurde nur sporadisch durch eine Visionsdebatte erregt (vgl. Schirmmacher 2001): Einige extreme Szenarien fanden ihren Weg in die Medienöffentlichkeit, und die Nanowissenschaftler versuchten dem zu begegnen mit dem Nachweis, dass diese Szenarien in absehbarer Zeit, oder auch prinzipiell, nicht realisierbar seien. Sicher waren diese Szenarien Extreme: So war in ihnen von der Lösung aller Medizin-, Umwelt- und Ressourcenprobleme die Rede, von Transhumanismus usw., vom „diamond age“, von die Menschheit bedrohenden intelligenten Nanoschwärmen („prey“) und dem „grey goo“ als Nano-Analogon zum Wärmetod des Universums. Doch verfehlt die Machbarkeitsriposte gerade das wesentliche Element von Visionsdebatten, denn am Anfang der Entwicklungsphase einer Technologie ist ja nicht klar, was genau wann geht und was nicht. Gerade deshalb geht es darum, wozu das Ganze dienen *könnte*, wo uns das hinführen *könnte*, wozu das gut sein *könnte* und wozu nicht. Hochfliegende Erwartungen und Träume genauso wie Schwarzmalerei gehören in so einer Debatte dazu, sie motivieren die beteiligten Akteure genauso wie konkrete Anwendungsvorstellungen. Die Visionsdebatte ist deshalb

so wichtig, weil in ihr die Motivationen der beteiligten Akteure stabilisiert werden, ihre Ideen, Ziele, und ihre Terminologie: Der ganze Denk- und Handlungsrahmen wird so (normativ) festgelegt. Gleichzeitig wird das Image einer Technologie geprägt. Und die Gesellschaft diskutiert letztlich nicht über eine technische Frage, sondern darüber, welche Art von Zukunft sie anstreben will (also eine genuin politische Frage). Diese Debatten waren schon immer medial vermittelt, über Romane, Fernsehen, Internet usw., was erforderlich macht, dass sich die Akteure auf die Ebene des Feuilleton etc. begeben. Im Zuge solcher Visionsdebatten, wenn es sie denn geben würde, würden auch die oben angesprochenen kritischen Themenbereiche eingehend bearbeitet können.

Aufklärung und Information der Öffentlichkeit über die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Nanotechnologie allein dürften hingegen, ähnlich wie schon bei Atom- und Gentechnik, keine Auswirkungen auf die Akzeptanz haben. Denn es hat sich gezeigt, dass das Ausmaß des Wissens um eine Technologie keinen Erklärungswert für ihre Akzeptanz hat. Das heißt nicht, dass Wissensvermittlung sinnlos ist, nur kann der Erwerb technisch-naturwissenschaftlichen Wissens um eine Technologie die Meinungsbildung höchstens begleiten, nicht aber leiten oder bestimmen. Und Visionsdebatten weder ersetzen noch beenden.

3.3 Institutionelle Defizite

Wie oben beschrieben fehlt für ein nachhaltiges Institutionenvertrauen entweder die reale Basis, d. h. es fehlen entweder Institutionen, die mit Nanotechnologie hinreichend intensiv befasst sind und denen man vertrauen könnte, oder diese sind öffentlich nicht hinreichend erkennbar. Ich glaube, eine Mischung von beidem ist derzeit der Fall. Erste Schritte einer institutionellen Verankerung der Adressierung von Risikopotenzialen gibt es zwar. In den USA wird wie beim *Human Genome Project* auch ein Teil der Forschungsgelder für die Erforschung von *Ethical, Legal and Social Implications* bereitgestellt (aber kaum abgerufen). Der Rückversicherer *Swiss Re* engagiert sich im *International Risk Governance Council*, einem internationalen Schrittmacher in der Risikomanagement-Diskussion, und führt ein *Center for Global Dialogue*. Im *International Council On Nanotechnology (ICON)* arbeiten Industrie, Wissenschaft und Regulierer zusammen an Richtlinien. In Deutschland gibt es das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), eine zwischen den Ressorts abgestimmte Forschungsstrategie sowie eine interministerielle Nanokommission, die sich unter Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und desjenigen für Umwelt mit Risikofragen, einer Verbesserung des Dialogs zwischen Stakeholdern und Bürgern sowie ausgewählten, gewünschten Anwendungsfeldern (z. B. Medizin) beschäftigt. Als Anfang 2006 das Badezimmerversiegelungsspray „Magic Nano“ bei über 100 Personen in Deutschland Gesundheitsschäden hervorgerufen hatte und Presseberichte u. a.

des *Economist* und der *Washington Post* eine Risikodebatte auslösten, hat das BfR reagiert und konnte schließlich nachweisen, dass das fragliche Produkt gar keine Nanopartikel enthält (Pressemitteilung 12/2006 vom 26.5.06).

Behörden wie Industrie zeigen sich auch für Dialogveranstaltungen aufgeschlossen. Großbritannien veranstaltete 2005 in der Tradition der *Science Courts* eine groß angelegte „NanoJury“ unter Einbezug von Experten und Laien als Geschworenen, die Schweiz in etwas kleinerem Rahmen ein „Publifocus“-Dialogverfahren, auch in Deutschland gab es 2004 einen zweitägigen „Nanotech-Dialog“ und Ende 2006 eine „Verbraucherkonferenz“ zur Nanotechnologie in Lebensmitteln, Kosmetika und Textilien (einen aktuellen Überblick gibt z. B. die Stiftung Risiko-Dialog auf <http://www.risiko-dialog.ch/Themen/Nano/nano%20Veranstaltungen.htm>). Kritische Stimmen werden dabei nicht generell ausgeblendet. So ist z. B. Ende 2006 eine Internetplattform des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, der Hessischen Hochschulen und von Industrieverbänden eingerichtet worden, die u. a. kritische Studien von NGOs neutral zusammenfasst und verlinkt (<http://www.nanotech-hessen.de/infoplattform-nanorisiken/>). Offenbar haben Regierung wie Industrie aus der Gentechnologiedebatte gelernt, dass sie die Meinung von Öffentlichkeit und Umweltgruppen/NGOs nicht einfach ignorieren, sondern lieber vorausschauend sensible Punkte identifizieren und Risikopotenziale vermeiden sollten (vgl. Grobe 2006, S. 47). Bereits damals wurden vereinzelt Dialogverfahren veranstaltet (vgl. z. B. Gottschalk & Elstner 1997), jedoch meist erst in Reaktion auf bereits manifeste Akzeptanzprobleme. Das scheint jetzt anders zu sein.

Doch ist all diese Kommunikation bisher relativ unverbindlich, folgenlos und öffentlich wenig beachtet geblieben. Im wesentlichen gelten z. B. die alten Richtlinien auch für die – in seinen Eigenschaften teils völlig unterschiedlichen – Nanopartikel eines Stoffes (Swiss Re 2004, S. 36). Allein die wirksame Überprüfung der Toxizität von nanoskaligen Stoffen würde nach Ansicht der Experten eine umfassende Einzelfallbewertung der Behörden in Kooperation mit den Unternehmen erfordern (so Grobe et al. 2007, S. 11, als Ergebnis eines Expertendelphis), die es derzeit so nicht gibt. Die Europäische Kommission hat nun vorgeschlagen, ein interdisziplinäres, unabhängiges Fachgremium zur laufenden Beurteilung und zur frühzeitigen Abschätzung möglicher Folgen der Nanotechnologie einzurichten (so BSI 2007, S. 167), das auch Begleitforschung koordinieren und einen Diskurs von Öffentlichkeit und Stakeholdern katalysieren soll sowie die Notwendigkeit einer umfassenden Regulierung (in einem Nanotechnologiegesetz, analog zum Gentechnikgesetz, sei es auf EU- oder nationaler Ebene) bzw. der Erweiterung bestehender Regulierungen klären soll, bis hin zu einem möglichen Moratorium, wie es in der EU bis 2004 gegenüber gentechnisch veränderten Produkten bestand. Doch egal ob man nun eher der Erweiterung bestehender Regulierungen in den Nanobereich hinein zuneigt oder Nanotechnologie lieber umfassend eigens reguliert sähe: bisher gibt es offenbar zu große Defizite als dass von einer hinreichend

wirksamen Regulierung oder gar von einem wirksamen Risikomanagement insgesamt die Rede sein könnte.

Solange aber vorhandene Risikopotenziale von den Akteuren kaum wirksam adressiert werden, die Akteure nicht hinreichend bereit oder nicht in der Lage sind, Risiken aktiv zu identifizieren und Institutionen zu schaffen oder bestehende zu modifizieren, so dass ein effektives Risikomanagement sichtbar werden kann, solange hat die Nanotechnologie eine unklare Zukunft. Es reicht bereits ein größerer Unfall, um die genannten institutionellen Defizite öffentlich bekannt zu machen und die derzeit verbreitete Unkenntnis bzw. noch positive Grundstimmung in der Bevölkerung zu kippen. Die bisherigen Kommunikationsprozesse könnten dann schnell als bloße PR-Maßnahmen und Substitute oder Simulationen wirksamer Regulierung erscheinen. Ist das Institutionenvertrauen erst einmal beschädigt, werden die psychometrischen Faktoren allein die Akzeptanz m. E. nicht sicherstellen können: Zu unklar sind die direkten Vorteile für den Verbraucher, zu wenig individuell kontrollierbar sind die Risiken, wenn eine Kennzeichnung fehlt, und zu groß sind die Unbekannten (hinter denen erhebliche Risikopotenziale stehen) – wenn man genauer hinsieht (was man nach ersten negativen Erfahrungen wohl tun wird). Es wird dann m. E. vor allem darauf ankommen, ob die Nanotechnologie als Ganze diskreditiert erscheinen wird oder ob eine Differenzierung in Anwendungsfelder – wie bei der Gentechnologie in rote, grüne und weiße, z. B. – dem partiell entgegenwirken kann. Schließlich ist die Nanotechnologie intern vielfältig genug, als fortschreitende Miniaturisierung auf ganz verschiedenen Technikfeldern, um eine solche Differenzierung zuzulassen. Der Hype um Nano wäre dann jedenfalls endgültig dahin und die Nanotechnologie eine „ganz normale“, ambivalente Technologie geworden: Ein Weg, den – ob nun plötzlich aufgrund eines Unfalls oder nach und nach auch so – bisher noch jede der vielen Technologien genommen hat, die uns als revolutionär und universell heilsbringend gepriesen wurden.

4. Fazit

Nanotechnologie ist mit Gentechnologie strukturell vergleichbar: Forschungsthemen und -methoden sowie das Innovationsumfeld überlappen bzw. ähneln sich. Auch wenn sich Chancen und Risiken dieser Technologien im Einzelnen unterschiedlich darstellen, dürfte ihre Akzeptanz im wesentlichen von denselben Faktoren geleitet sein: Die Akzeptanz der Gentechnologie hängt vor allem von psychometrischen Faktoren (wie z. B. Nutzen- und Risikoerwartungen überhaupt) und – typisch für neue Risiken – vom institutionellen Vertrauen ab. Noch ist der Kenntnisstand zur Nanotechnologie in der Öffentlichkeit ziemlich

gering. Die bestehenden Zustimmungsraten sind daher nicht sehr aussagekräftig. Unter denjenigen, die etwas über Nanotechnologie wissen, ist die Grundstimmung derzeit verhalten positiv. Ob psychometrische Faktoren und Institutionenvertrauen diese positive Grundstimmung werden auf Dauer tragen und stabilisieren können, scheint mir jedoch nicht ausgemacht. Es bestehen wissenschaftlich unbestrittene erhebliche Risikopotenziale. Und es fehlen als hinreichend effektiv ansehbare Institutionen des Risikomanagements und der Risikokommunikation. Entweder nach und nach oder durch einen größeren Unfall auch sehr schnell könnte das öffentlich deutlich werden. Daher ist die Entwicklung der Akzeptanz der Nanotechnologie, und damit vielleicht auch die Zukunft dieser Technologie, zumindest in so sensiblen Bereichen wie Lebensmitteln, meiner Meinung nach völlig offen.*

Bibliographie

- BSI (2007): *Nanotechnologie*. Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik.
- Dake, Karl (1992): "Myths of Nature: Culture and the Social Construction of Risk". In: *Journal of Social Issues* **48** (2), S. 21-37.
- European Commission (2001): *Europeans, science and technology (Eurobarometer 55.2)*. Brüssel: European Commission.
- Gaskell, George; Allum, Nick; Bauer, Martin; Jackson, Jonathan; Howard, Susan; Lindsey, Nicola (2003): *Ambivalent GM nation? Public attitudes to biotechnology in the UK, 1991-2002. Life Sciences in European Society Report*. London: LSE.
- Gaskell, George; Stares, Sally; Allansdottir, Agnes; Allum, Nick; Corchero, Cristina; Fischler, Claude; Hampel, Jürgen; Jackson, Jonathan; Kronberger, Nicole; Mejlgaard, Niels; Revuelta, Gemma; Schreiner, Camilla; Torgersen, Helge; Wagner, Wolfgang (2006): *Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and Trends. Final report on Eurobarometer 64.3 to the European Commission's Directorate-General for Research*. Brüssel: European Commission.
- Gottschalk, Niels; Elstner, Marcus (1997): "Technik und Politik: Überlegungen zu einer innovativen Technikgestaltung in partizipativen Verfahren". In: Marcus Elstner (Hg.): *Gentechnik, Ethik und Gesellschaft*, Heidelberg etc., S. 143-179.
- Gottschalk-Mazouz, Niels (2002): "Risiko". In: Marcus Düwell, Christoph Hübert-

* Ich danke Marcus Elstner (Braunschweig) und Nina Grobe (Stuttgart) für wertvolle Hinweise, auch wenn ich nicht denke, dass sie die hier vorgetragenen Einschätzungen alle teilen werden.

- hal, Micha H. Werner (Hg.): *Handbuch Ethik*, Stuttgart: Metzler, S. 485-491.
- Gregory, Robin; Flynn, James; Slovic, Paul (1995): "Technological Stigma". In: *American Scientist* **86**, S. 220-223.
- Grobe, Antje (2006): "Harmonie auf Zeit. Nanotechnologie im Dialog". In: *Politische Ökologie* (101), S. 46-49.
- Grobe, Antje; Jäger, Alexander; Riede, Milena; Schetula, Viola; Veller, Michael; Zimmer, René (2007): "Experten-Delphi zu Risiken nanotechnologischer Anwendungen in den Bereichen Lebensmittel, kosmetische Erzeugnisse und Verbraucherprodukte". In: *Umweltmedizinischer Informationsdienst* (1), S. 10-13.
- Grosser, Elke (2007): "Schöne neue Nano-Welt? Nanotechnologie verändert unser Leben". In: *findefuchs. Magazin für Eltern und Kinder*. (5), S. 21.
- Hansson, Sven Ove (2003): "Ethical criteria of risk acceptance". In: *Erkenntnis* **59**, S. 291-309.
- Inglehart, Ronald (1998): *Modernisierung und Postmodernisierung*. Frankfurt a. M.: Campus.
- IRGC (2006): *Nanotechnology Risk Governance. Whitepaper #2 of the International Risk Governance Council*. Genf: IRGC.
- Rey, Lucienne (2006): *Nanotechnologien in der Schweiz: Herausforderungen erkannt. Bericht zum Dialogverfahren publifocus 'Nanotechnologien und ihre Bedeutung für Gesundheit und Umwelt'*. Bern: Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung beim Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat.
- Schirmacher, Frank (Hg.) (2001): *Die Darwin-AG. Wie Nanotechnologie, Biotechnologie und Computer den neuen Menschen träumen*. Köln: Kiepenheuer & Witsch.
- Siegrist, Michael (2001): *Die Bedeutung von Vertrauen bei der Wahrnehmung und Bewertung von Risiken (=Arbeitsbericht 197 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg)*. Stuttgart: AfTA-BW.
- Slovic, Paul (1992): "Perception of Risk: Reflections on the Psychometric Paradigm". In: Sheldon Krimsky, Dominic Golding (Hg.): *Social Theories of Risk*, Westport (Connecticut): Praeger, S. 117-152.
- Swiss Re (2004): *Nanotechnology: Small Matter, Many Unknowns (Risk Perception Series, Swiss Reinsurance Company)*. Zürich: Swiss Reinsurance Company.
- Zwick, Michael M. (1998): *Wertorientierungen und Technikeinstellungen im Prozeß gesellschaftlicher Modernisierung. Das Beispiel Gentechnik. (=Arbeitsbericht 106 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg)*. Stuttgart: AfTA-BW.
- Zwick, Michael M.; Renn, Ortwin (Hg.) (2002): *Wahrnehmung und Bewertung von Risiken. Ergebnisse des »Risikosurvey Baden-Württemberg 2001« (=Arbeitsbericht 202 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg)*. Stuttgart: AfTA-BW.