



Beilage zur Wochenzeitung

**Das Parlament**

13. Oktober 2003

# Aus Politik und Zeitgeschichte

**3** Natascha Adamowsky *Essay*

---

**Totale Vernetzung – totale Verstrickung?**

**6** Marc Langheinrich/Friedemann Mattern

---

**Digitalisierung des Alltags**

Was ist Pervasive Computing?

**13** Siegfried Behrendt/Lorenz M. Hilty/Lorenz Erdmann

---

**Nachhaltigkeit und Vorsorge – Anforderungen  
der Digitalisierung an das politische System**

**21** Gerd Pasch

---

**Digitalisierung der Medien**

**26** Mathias Schulenburg

---

**Erkundungen in der Nanowelt**

**35** Franz Büllingen

---

**„Elektrosmog“ durch Mobilfunk?**

Akzeptanz und Risiko im Licht der öffentlichen Debatte



Herausgegeben von  
der Bundeszentrale  
für politische Bildung  
Adenauerallee 86  
53113 Bonn.

*Redaktion:*

Dr. Katharina Belwe  
Hans-Georg Golz (verantwortlich  
für diese Ausgabe)  
Dr. Ludwig Watzal  
Hans G. Bauer  
Telefon: (0 18 88) 5 15-0

*Internet:*

[www.das-parlament.de](http://www.das-parlament.de)  
E-Mail: [apuz@bpb.de](mailto:apuz@bpb.de)

*Druck:*

Frankfurter Societäts-Druckerei GmbH,  
60268 Frankfurt am Main

*Vertrieb und Leserservice:*

Die Vertriebsabteilung  
der Wochenzeitung **Das Parlament**,  
Frankenallee 71 – 81,  
60327 Frankfurt am Main,  
Telefon (0 69) 75 01-42 53,  
Telefax (0 69) 75 01-45 02,  
E-Mail: [parlament@fsd.de](mailto:parlament@fsd.de),  
nimmt entgegen:

- Nachforderungen der Beilage  
**Aus Politik und Zeitgeschichte**
- Abonnementsbestellungen der  
Wochenzeitung **Das Parlament**  
einschließlich Beilage zum Preis  
von Euro 9,57 vierteljährlich,  
Jahresvorzugspreis Euro 34,90  
einschließlich Mehrwertsteuer;  
Kündigung drei Wochen vor Ablauf  
des Berechnungszeitraumes;
- Bestellungen von Sammel-  
mappen für die Beilage  
zum Preis von Euro 3,58  
zuzüglich Verpackungskosten,  
Portokosten und Mehrwertsteuer.

Die Veröffentlichungen  
in der Beilage

**Aus Politik und Zeitgeschichte**  
stellen keine Meinungsäußerung  
des Herausgebers dar;  
sie dienen lediglich der  
Unterrichtung und Urteilsbildung.  
Für Unterrichtszwecke dürfen  
Kopien in Klassensatzstärke  
hergestellt werden.

ISSN 0479-611 X

## Editorial

■ Die Digitalisierung hat den Alltag erfasst. Die Speicherscheibe DVD, Digitalkameras, Mobiltelefone oder Navigationssysteme in Kraftfahrzeugen gehören bereits wie selbstverständlich zum Lebensumfeld. Bei der 44. Internationalen Funkausstellung in Berlin Ende August 2003 setzte die Unterhaltungs- und Kommunikationsindustrie große Hoffnungen auf den „digitalen Quantensprung“. Eine durch digitale Technik drahtlos vernetzte Produktwelt soll endlich die Konjunkturwende einleiten.

■ Ende Januar fand im Paderborner „Heinz Nixdorf MuseumsForum“ eine Modenschau der besonderen Art statt: Die Models führten „Wearables“ vor, „intelligente“ Kleidung von morgen. Eine Jacke etwa verfügt über Sensoren, die je nach Klima für Kühlung oder aber zusätzlichen Kälteschutz sorgen. Eine italienische Designerin hat ein Abendkleid entwickelt, das mit elektronisch steuerbaren Massagepads ausgestattet ist. Die Bauhaus Universität Weimar präsentierte neben „digital jewellery“ ein Telefon-Headset, das seinen Strom aus den Kopfbewegungen des Trägers bezieht. Mode verschmilzt mit Laptops oder CD-Playern. „Wearables“ sind nur ein spektakuläres Beispiel für die umfassende Digitalisierung des Alltags. In der Militärtechnik etwa experimentieren Wissenschaftler mit „intelligentem Staub“: winzige Siliziumchips, die als „Mini-Roboter“ Luft- und Wasserverschmutzung erkennen und vor Biowaffen warnen können.

■ Die Verwendung von Informationstechnologie in Alltagsgegenständen avanciert zur Revolution des 21. Jahrhunderts. Führt man sich die gesellschaftlichen und politischen Implikationen vor Augen, wird klar, dass diese technische Entwicklung über ein schier unglaubliches Potential verfügt. Ganze Volkswirtschaften könnten ins Hintertreffen geraten, wenn

versäumt wird, rechtzeitig Vorkehrungen zu treffen.

■ Neben Chancen lauern Gefahren, vor allem hinsichtlich der Datensicherheit. Wenn Computersysteme beginnen, sich „selbständig“ zu vernetzen und drahtlos Informationen auszutauschen, ist Vorsicht geboten. Eine Technik, deren Ziel es ist, alltägliche Gegenstände mit „Intelligenz“ auszustatten, ist in ihrer Janusköpfigkeit ein exzellentes Beispiel für die Dialektik der Aufklärung. Damit die fortschreitende Entzauberung der Welt nicht neuen Technikmythen Tür und Tor öffnet, ist eine fundierte Technikfolgenabschätzung unerlässlich, die auf Elemente der traditionellen Ethik zurückgreift.

■ Nach einem einleitenden kulturwissenschaftlichen Essay liefern zwei Beiträge, die am Institut für Pervasive Computing der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich bzw. am Institut für Zukunftstudien und Technologiebewertung Berlin entstanden, Basisinformationen. Es werden Szenarien der technologischen und gesellschaftlichen Entwicklung beschrieben. Ein Spezialgebiet der fortschreitenden Mikroelektronik und Kommunikationstechnik ist die Digitalisierung der Medien, die vertraute Berufsbilder grundlegend verändert hat. In den Kleinstwelten der Nanotechnologie, in denen sich Innovationen im millionsten Teil eines Millimeters vollziehen, liegt vielleicht der Kern der gegenwärtigen technologischen Revolution.

■ Die öffentliche Kommunikation über die Digitalisierung des Alltags am Beispiel „Elektrosmog“ durch Mobilfunknutzung belegt, dass Aufklärung vonnöten ist, soll sich die Debatte nicht in irrationaler Angstbewältigung erschöpfen. Das wäre gleichbedeutend mit dem Verzicht, die kaum aufzuhaltende technologische Entwicklung verantwortlich und für den demokratischen Rechtsstaat verträglich gestalten zu wollen.

Hans-Georg Golz ■

## Totale Vernetzung – totale Verstrickung?

*Ubiquitous computing*, so heißt es, sei die Vision einer unsichtbaren, allgegenwärtigen und umfassend vernetzten Computerwelt.<sup>1</sup> Kleine *smarte* Alltagsdinge stehen auf dem Programm, die ihren Benutzern wie von Zauberhand das Leben erleichtern sollen. Was zunächst so paradiesisch klingt, könnte sich jedoch schnell als bloßer Exzess des Machbaren erweisen. Immerhin verspricht *ubiquitous computing* nichts weniger, als *alle* Dinge auf der Welt elektronisch aufzurüsten und unsichtbar miteinander zu vernetzen. Was aber wäre von einer solchen Welt zu halten?

Um von vornherein Missverständnisse zu vermeiden: Natürlich ist es interessant, dass es winzige *smarte* Labels gibt, die drahtlos Daten austauschen können. Abgesehen von einigen Sinn-Inseln der Anwendung jedoch, z. B. im medizinischen Bereich oder bei der Unternehmenslogistik, überrascht eine Durchsicht der Forschungsliteratur durch die Vagheit der angebotenen Visionen. Vorsichtig könnte man fragen, warum es gleich die ganze Welt sein muss, wenn erkennbar gute Ideen eher rar gesät sind?

Für eine konstruktive Debatte wäre zu überlegen, ob die Abwesenheit tragfähiger Zukunftsentwürfe nicht auch als Ausdruck eines Problems interpretiert werden könnte. Denkbar wäre etwa, dass die Vision einer total vernetzten Welt von Erwartungen motiviert ist, die nicht vereinbar sind mit dem modernen zweckrationalen Nutzenkalkül. Für eine solche These würden Metaphern und Bilder sprechen, die in den Forschungsprojekten wie semantische Fremdkörper auftauchen: Zauberei, Intuition oder eben auch Allgegenwart und Unsichtbarkeit. Solche Bruchstücke sind problematisch, weil sie dazu führen können, dass das technische Vorhaben nicht in der ursprünglich oder eigentlich gewünschten Weise realisiert wird. Zu bedenken wäre etwa, dass – anders als bei Zauberei – aus moderner Technik nichts herauskommt, was vorher nicht in sie hineingelegt wurde. Stark vereinfacht gesagt: *Smart* gelabelten Socken entspringen zunächst weder die

versprochenen neuen Lebensqualitäten noch die prognostizierten Freiheitsgrade. Wird Technik solchermaßen zum Fetisch stilisiert, sind Enttäuschungen programmiert.

Wie könnte das Leben in einer Welt *smarter* Alltagsdinge aussehen? Das wird nicht zuletzt von dem Projekt abhängen, das sich am Schluss durchsetzt, und davon, wie dabei Inhalt und Form der Vernetzung und der vernetzten Dinge gestaltet werden. Form und Inhalt aber nehmen bereits Gestalt an, während wir heute darüber reden. Diesem Reden über *ubiquitous computing*, seinen Metaphern und impliziten Visionen werden die weiteren Ausführungen nachgehen.

Die leitenden Fragen sind sehr einfach: Was ist das für ein Projekt? Was kann man über technische Entwürfe sagen, welche die komplette Vernetzung der Welt planen? Nicht die Dinge selbst also stehen zur Disposition und schon gar nicht ihre Zukunft, sondern wie und was heute über sie geredet wird.

---

### Die Vision: Allgegenwart und Unsichtbarkeit

---

Das Konzept des *ubiquitous computing* sieht vor, kleinste Computerprozessoren und mikroelektronische Sensoren in jeden Alltagsgegenstand zu integrieren. Bemerkenswert ist, dass für diesen Vorgang die Begriffe „Allgegenwart“ und „Unsichtbarkeit“ verwendet werden: Den Wunsch nach Allgegenwart haben westliche Kulturen bislang vorzugsweise in der Gestalt Gottes formuliert; der Wunsch nach Unsichtbarkeit technischer Funktionsweisen hingegen ist ein alter Trick magisch-artistischer Praktiken. Was aber haben metaphysisches Denken und magische Vorstellungen in computerwissenschaftlichen Technikvisionen verloren?

#### **Totalität und technische Ganzheit**

Die Vision eines Lebens in einer Welt *smarter* Alltagsdinge besteht aus zwei Seiten. Die Vorderseite sieht eine ganz neue Verbindung zwischen Mensch und Umwelt, realer und virtueller Welt vor: Die Umwelt wird *smart*, unterstützt uns auf ganz neue Art und Weise, indem sie uns überall und jederzeit mit relevanten Informationen versorgt. Weder ist

<sup>1</sup> Vgl. ausführlich Friedemann Mattern, Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing, in: ders. (Hrsg.), Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt, Berlin-Heidelberg 2003. *Anm. der Red.*: vgl. auch den Beitrag von Friedemann Mattern und Marc Langheinrich in diesem Heft.

jedoch klar, was mit *smart* tatsächlich gemeint ist, noch, worin die Relevanz der vielen Informationen bestehen könnte. Deutlich jedoch ist, dass diese *Smartness* überall herrschen und dafür sorgen soll, dass ein irgendwie intuitives Einverständnis und Verstehen zwischen dem Einzelnen und den Dingen der Umwelt herrscht. Die Frage ist jedoch, ob man mit der Implementierung einer vollautomatisch funktionierenden Umwelt tatsächlich beziehungsreiche Formen schaffen kann, die es einem ermöglichen, ein Leben in lebendigen Zusammenhängen zu führen. Bislang klingt die Lösung, dazu alle Dinge irgendwie *smart* zu machen und mit einer globalen intuitiv reagierenden Datenhülle zu vernetzen, nicht überzeugend. Auch ist nicht zu sehen, inwiefern der Wunsch, „überall“ und „jederzeit“ „mit allen Dingen“ kommunizieren zu können, auf eine so häufig angekündigte Verbesserung der Lebensqualität hinauslaufen sollte.

Die Komponente Qualität ist in dieser Gleichung noch gar nicht enthalten. Überspitzt gesagt: Man liest von Goldhamstern, die nicht mehr verloren gehen, Tiefkühlpizzen, die ihre Garzeit der Mikrowelle mitteilen, und Teddybären, die für die abwesenden Eltern das Leben der Kleinen filmen. Warum das die komplette Verschmelzung der Welt mit einem digitalen Code erfordert, erscheint ebensowenig plausibel wie der Vorschlag, dass vernachlässigte Haustiere, Tiefkühlkost oder abwesende Eltern nachhaltig etwas mit verbesserter Lebensqualität zu tun haben könnten. Nichtsdestoweniger scheint man bereits in den Startlöchern zu stehen, um eine Welle der Anpassung um den Globus rollen zu lassen. Es ist damit zu rechnen, dass im Zuge eines solchen Technisierungsschubs „ganzheitlich“ mit „einheitlich“ verwechselt wird. Denn damit die kleinen Chips auch alle und überall ihre Daten untereinander austauschen können, muss eine flächendeckende Topographie des Digitalen entwickelt werden. Ein ganzheitlicher, „intuitiver“ Zusammenhang mit der Umwelt jedoch oder gar eine Verbesserung der Lebensqualität geht damit weder einher noch läuft es darauf hinaus. Die Welt ist hinterher lediglich umfassend genormt und elektronisch standardisiert.

Mit dieser Normung und Standardisierung aller Lebensbereiche ist die Kehrseite der Vorstellung einer Allgegenwart von Computern verbunden: Die Welt wird zu einem gigantischen transhumanen, selbstreproduktiven System, das von Einzelwillen wie -körpern unabhängig funktioniert. Im Prinzip tut das jedes technische System,<sup>2</sup> der vor-

liegende Entwurf ist jedoch in seiner Selbstbezüglichkeit von außergewöhnlicher Radikalität. Konflikte und Spannungen sind vor allem dadurch zu erwarten, dass die Organisation menschlicher Gesellschaften konstitutiv auf Intersubjektivität angelegt ist. *Ubiquitous computing* entwirft demgegenüber eine Welt, in deren Logik jeder Datentransfer „Kommunikation“ heißt und nur in Gestalt einer Kommunikation zwischen Dingen stattfinden kann. In einem solchen Weltmodell kommt der Mensch nur als Datenträger vor, nicht als komplexes menschliches Wesen.

### **Verschwinden und unsichtbarer Zusammenhang als Effekt der Magie**

In vielen Passagen über *ubiquitous computing*-Anwendungen wird versprochen, dass die neue Technik uns nachhaltig verzaubern werde. Die neuen Möglichkeiten werden beschrieben in einer Rhetorik des Magischen. So heißt es, dass der Nutzer den Eindruck haben werde, die Gegenstände selbst könnten ihm Informationen zufunkeln. Man liest, dass die Dinge „neugierig“ seien, sich „Sorgen“ machten, vor allem aber, dass sie nichts anderes anstrebten, als immerzu zu Diensten zu sein.<sup>3</sup> Dieses animistische Bekenntnis zur absoluten Weltkontrolle per Zauberhand aber ist der Kern dessen, was seit der Antike als hermetische Tradition, als Magie bezeichnet wird.

Der entscheidende Punkt dieser historischen Parallele für die Debatte liegt darin, die Hintergründe solcher Selbstverortungen zu erkunden und dabei nicht voreilig Konventionen zu erliegen, beispielsweise dem modernen gesellschaftlichen Verständnis einer Unvereinbarkeit von Technik und Magie. Diese Unvereinbarkeit ist jedoch keinem unveränderlichen Merkmal der Technik geschuldet, sondern Ergebnis historischer Entwicklungen.

Jahrtausendlang galt technisches Erzeugen wesentlich als magische Operation. Der Techniker wurde als jemand gedacht, der um die Geheimnisse der Natur weiß und sie zu manipulieren versteht. Technische und magische Praktiken galten als zwei gleichberechtigte Seiten der Naturbeeinflussung.<sup>4</sup> Noch für die Naturmagier im 16. Jahrhundert bildeten sie ein gemeinsames Projekt, nämlich die

ler, Orientierung Kulturwissenschaft. Was sie kann, was sie will, Reinbek 2000, S. 173–175.

3 Für eine Reihe von Beispielen siehe z.B. Jürgen Bohn/Vlad Coroama/ Marc Langheinrich/ Friedemann Mattern/ Michael Rohs (2002), Allgegenwart und Verschwinden des Computers. Leben in einer Welt smarterer Alltagsdinge, <http://www.inf.ethz.ch/vs/publ/papers/allvercom.pdf>.

4 Vgl. H. Böhme u. a. (Anm. 2), S. 170.

2 Zu einer kulturwissenschaftlichen Reflexion technischer Systeme vgl. Hartmut Böhme/ Peter Matussek/ Lothar Mül-

Kräfte der Natur gemäß ihren im Kosmos verankerten Gesetzmäßigkeiten und Eigenschaften dem eigenen Einfluss zu unterwerfen. Erst mit dem Ende der Renaissance beginnt sich ein neuzeitlich-naturwissenschaftliches Technikverständnis durchzusetzen, das diese Allianz beenden wird.<sup>5</sup>

Im Zuge der Industrialisierung und einer sich formierenden säkularen, wissenschaftlichen Zivilisation wurde der Zusammenhang von technischen und magischen Praktiken als zwei Seiten der Naturbeeinflussung endgültig aufgelöst. Verbindungen von Magie und Technik nahmen zum einen den Weg in die industriell geprägte Unterhaltungs- und Zerstreungskultur, zum anderen begann man sich fortschrittlich an „Wundern der Technik“ zu berauschen. Diese neuen Technikwunder aber sind in das wissenschaftlich-ökonomische Weltbild der Moderne eingeschlossen. In ihnen ist kein Platz mehr für den Techniker als bewundertem Magus. Der Techniker wird nurmehr eingestellt als Personal, um das technisch Machbare zu bearbeiten.

Die Beziehungen zwischen Technik und Gesellschaft unterliegen einem historischen Wandel. Unser Technikverständnis ist veränderbar. Dies ist deshalb wichtig zu betonen, weil man so die Referenz der *ubiquitous computing*-Autoren auf magische Praktiken nicht als technikfremde Verfehlung lesen muss. Wenn etwas auch anders sein könnte, kann man das, was von der derzeitigen Norm abweicht, anders bewerten. Es ist dann nicht notwendig falsch, sondern vielleicht nur falsch ausgedrückt. Man kann es auf Alternativen befragen und das Neue in ihm suchen.

Vor diesem Hintergrund könnte man das Experiment wagen, den Rekurs auf Wunder und Magie in *ubiquitous computing*-Papieren als Signal eines Dissenses aufzufassen, als eine Absage an etablierte Zweck-Mittel-Rahmungen, die derzeit für Technikentwicklungen vorgesehen sind. Für ein solches Experiment spräche die nicht einmal bahnbrechende Erkenntnis, dass Zweck-Mittel-Dispositive die Phantasie nicht unbedingt beflügeln. So könnte es sich als durchaus produktiv erweisen, die magischen Versatzstücke in *ubiquitous computing*-Visionen beim Wort zu nehmen und sich auf das intellektuelle Abenteuer einer modernen Verbindung von Technik und Magie einzulassen. Ein Gedankenexperiment zu modernen Allianzen von Technik und Magie könnte auf ganz neue Zugänge zum *ubiquitous computing*-Projekt stoßen. Neue

<sup>5</sup> Eine umfassende Darstellung dieses Zusammenhangs gibt Morris Berman, *Wiederverzauberung der Welt*, Reinbek 1985; insbes. Kapitel 3 und 4.

Ideen zum Performativ-Wirkkräftigen der neuen Computermedien könnten dabei entstehen, vielleicht wären dem Netz der Netze auch epistemologische Qualitäten abzugewinnen oder neue Formen von Teilnahme und Kooperation.

Selbst wenn sich am Schluss herausstellen sollte, dass die Ideenwelt der Magie ein Holzweg war, wird die Dynamik des einmal freigesetzten Denkens sich kaum wieder einfangen lassen. Zumindest wäre dies ein Weg, es furchtlos mit jener monströsen Welt aufzunehmen, die in *ubiquitous computing* lediglich eine weitere universale Sprache des Geldes sieht. Jeder von der neuen Technik inspirierte Gestalter oder Konstrukteur sollte daher Gelegenheit haben, alle Register seiner Vorstellungskraft zu ziehen. Es ist in keiner Weise einsichtig, warum es gerade für die Entwicklung der avanciertesten Techniken ungewöhnlich sein sollte, in Zusammenhängen zu denken oder den Wunsch zu haben, etwas wirklich Atemberaubendes hervorzubringen.

---

## Zu welchem Ende?

---

Die eingangs gestellte Frage bleibt unbeantwortet: Zu welchem Ende betreiben wir diesen Aufwand eigentlich? Aus den Berichten geht hervor, dass es um Arbeits- und Zeitersparnis geht, um eine bequeme Welt mit mehr Lebensqualität. Ist damit ein modernes Paradies gemeint, in dem uns alle Wünsche von den Augen abgelesen werden, damit wir vergnügliche Symbiosen von Sinn und Sinnlichkeit erfinden können? Das aber wäre ein altes Projekt: die Befreiung des Menschen von aller Mühsal und allem Naturzwang und seine Entlassung in die Utopie des *Homo ludens*.

Ob man mit dieser Utopie gut beraten ist? Solange die Gesellschaft so wenig für den Spieler aus Fleisch und Blut übrig hat, ist dies zu bezweifeln. Zwar ist die Abwesenheit des Vergnüglichen und Spielerischen aus dem modernen Technikdiskurs kein Erfordernis der Technik selbst, doch ist die Reduzierung des Technikbegriffes auf Nutzen und Effizienz nach wie vor ein Stützpfiler der westlichen Vorstellungswelt. Technische Szenarien, die danach trachteten, das Vergnügliche und Berückende zu fördern, müssten überhaupt erst neu erfinden, was in einem anspruchsvollen Sinn unter Vergnügen zu verstehen sei. Keine technische Disziplin muss sich allerdings davon abhalten lassen. Es steht ihr frei, im Spiel eine Verbindung zu der ihr eigenen Ästhetik zu suchen.

## Digitalisierung des Alltags

### Was ist Pervasive Computing?

Am 4. April 2003 sah sich der Modehersteller Benetton genötigt, mit einer Pressemitteilung eine schnell eskalierende Situation zu entschärfen: So seien bisher noch keine elektronischen „smart labels“ in Benetton-Artikel integriert, ebenso wenig habe das Unternehmen schon endgültig über einen zukünftigen Einsatz dieser Technologie entschieden.

Was war geschehen? Kurz nachdem der Bekleidungsriese Mitte März angekündigt hatte, die Artikel seiner Sisley-Marke in praktisch unsichtbarer Weise mit elektronischen Etiketten auszustatten, brach ein unerwarteter medialer Sturm der Entrüstung über ihm los. Eine gegen Supermarktkundenkarten agierende Bürgerrechtsgruppe<sup>1</sup> rief umgehend zum Boykott sämtlicher Benetton-Produkte auf, da die in den Stoffen eingewobenen „smart labels“ nicht nur das Speichern von Information (wie Produktcode, Kaufpreis oder Verkaufsdatum) erlauben, sondern diese mittels geeigneter Lesegeräte auch auf Distanzen von mehreren Metern ohne Wissen der Käuferinnen und Käufer unbemerkt ausgelesen werden können und so in den Augen ihrer Gegner eine umfassende, für den Konsumenten unsichtbare Überwachung erlauben.

Benetton ist nicht die einzige Firma, die in den letzten Monaten durch den Einsatz derartiger Technologien im Einzelhandel auf sich aufmerksam machte. Jüngst berichtete „Der Spiegel“<sup>2</sup> von „schlau“ Regalen der britischen Supermarktkette Tesco, die das Personal alarmieren und die Überwachungskamera aktivieren, wenn ihnen zur gleichen Zeit mehr als drei Päckchen besonders diebstahlgefährdeter Rasierklingen entnommen werden. Ein positives Presseecho fand der neue „Flagship Store“ von Prada in New York. Dort erlauben die an den Artikeln angebrachten „smart labels“ den Displays in den eleganten Anproberräumen das automatische Abspielen individueller

Videoclips mit Modellen, welche die entsprechenden Kleider vorführen, sowie – als Kaufanregung – die Darstellung dazu passender Accessoires.

Ähnlich, wenn auch etwas profaner, geht es im Ende April 2003 eröffneten „Supermarkt der Zukunft“<sup>3</sup> im niederrheinischen Rheinberg zu: Ein im Einkaufswagen integrierter Bordcomputer begrüßt die Kunden mit Namen und persönlichem Einkaufszettel, während ein Navigationssystem beim Suchen in den Regalreihen behilflich ist. Da die Kunden noch jeweils den Strichcode eines Produktes beim Einlegen in den Einkaufswagen einscannen müssen, um dann an der Kasse sofort die Gesamtsumme der Einkäufe präsentiert zu bekommen, planen die Betreiber bereits den großflächigen Einsatz eben jener „smart labels“, um mit einer Vielzahl von Erfassungsgaräten an Kassen, Einkaufswagen und Regalen nicht nur das Bezahlen vollends zu automatisieren, sondern im selben Schritt auch die Regal- und Lagerhaltung zu optimieren und rationalisieren.

Supermarktregale, die bei Bedarf Nachschub aus dem Lager ordern, oder „intelligente Kleider“, die mit Umkleidekabinen kommunizieren, sind Vorboten einer Zukunft, in der kleinste Computerprozessoren und mikroelektronische Sensoren in nahezu beliebigen Alltagsgegenstände integriert sind und diesen ein „smarter“ Verhalten ermöglichen. Auch wenn es sich bei den aufgeführten Beispielen lediglich um Machbarkeitsstudien und erste Prototypen handelt, so sind sie doch ein Zeichen für die Absicht der Industrie, die Vision vom „Pervasive Computing“<sup>4</sup> in naher Zukunft Wirklichkeit werden zu lassen, in der smarte Dinge ihre Umgebung erfassen und mit anderen smarten Dingen Informationen austauschen, um dadurch Nutzer bei der Bewältigung ihrer Aufgaben auf eine neue, intuitive Art zu unterstützen.

Nicht nur Kritiker solcher Zukunftstechnologien merken an, dass die Auswirkungen einer derart tief in unser Alltagsleben eingreifenden Entwick-

*Dieser Beitrag beruht in Teilen auf früheren Veröffentlichungen der Autoren.*

1 Vgl. [www.nocards.org](http://www.nocards.org).

2 Vgl. Verräterische Etiketten, in: Der Spiegel Nr. 31 vom 28. 7. 2003, S. 146.

3 Vgl. David Strohm, Die Testkunden sind fasziniert, in: Neue Zürcher Zeitung am Sonntag vom 11. 5. 2003, S. 49.

4 Dt. etwa „alles durchdringende Informationsverarbeitung“.

lung bisher noch kaum abzusehen sind: Wenn gewöhnliche Gegenstände „wissen“, wo sie sich gerade befinden, welche anderen Dinge oder Personen in der Nähe sind, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah und sie das anderen Gegenständen mitteilen können, dann dürfte dies größere wirtschaftliche und soziale Konsequenzen haben und damit letztendlich ein Politikum werden.

---

## Die schleichende technische Revolution

---

Das noch junge Gebiet des Pervasive Computing hat seine Wurzeln in den bahnbrechenden Arbeiten von Mark Weiser, der bis zu seinem frühen Tod 1999 als leitender Wissenschaftler am Xerox-Forschungszentrum im Silicon Valley tätig war. Basierend auf seinen Entwicklungen propagierte er schon 1991 in seinem visionären Artikel „The Computer for the 21st Century“<sup>5</sup> den allgegenwärtigen Computer, der unsichtbar und unaufdringlich den Menschen bei seinen Tätigkeiten unterstützt und ihn von lästigen Routineaufgaben weitestgehend befreit. Dabei sah Weiser Technik als reines Mittel zum Zweck, die in den Hintergrund treten soll, um eine Konzentration auf die Sache an sich zu ermöglichen. So solle der Computer als sichtbares Gerät nach Weisers Auffassung verschwinden, dessen informationsverarbeitende Funktionalität aber überall verfügbar sein. Weiser verwendete hierfür den Begriff „Ubiquitous Computing“ und verband damit eine idealistische und humanzentrierte Technikvision, die sich erst in der weiteren Zukunft realisieren lassen sollte.

Mit einer stärker pragmatischen Akzentuierung hat die Industrie dafür inzwischen den Begriff „Pervasive Computing“ geprägt: Auch hier geht es um die überall eindringende und allgegenwärtige Informationsverarbeitung, allerdings mit dem primären Ziel, diese durch die Verwendung vorhandener Mobile-Computing-Technologien schon kurzfristig nutzbar zu machen. Als Reaktion auf die US-amerikanisch geprägte Szene um diese beiden Begriffe ist in Europa der Terminus „Ambient Intelligence“ entstanden, der zusätzlich auch Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion und der künstlichen Intelligenz umfasst. In vielerlei Hinsicht bleibt allerdings die Unterscheidung zwischen den drei Begriffen eher akademisch.

Gemeinsam ist allen das Ziel einer nachhaltigen Unterstützung des Menschen sowie einer durchgängigen Optimierung wirtschaftlicher Prozesse durch eine Vielzahl von in die Umgebung eingebrachten Mikroprozessoren und Sensoren.

Obwohl unsere Gesellschaft nach den intensiven Debatten um Kernenergie und Volkszählungsdaten gelernt hat, mittels politischen Dialogs und aktiver Technikfolgenabschätzung den Einsatz neuartiger Technologien so weit wie möglich sozialverträglich zu gestalten, ist so etwas im Bereich des Pervasive Computing – wenn man von der Elektrosmog-Debatte beim Mobilfunk absieht<sup>6</sup> – noch nicht zu beobachten; die Perspektiven des Pervasive Computing scheinen die breite Bevölkerung kaum zu beunruhigen. Dies mag an den beinahe homöopathischen Dosen liegen, mit denen sich der Einzelne schrittweise an die Vision des Pervasive Computing herantastet: Anstelle Aufmerksamkeit erregender staatlicher Großprojekte gibt es „smarte“ Krankenkassenkarten, Lokalisierungssysteme für gestohlene Autos und entlaufene Haustiere sowie Mobiltelefone mit integriertem Notizbuch, Kamera, Terminplaner und MP3-Player. Für Betroffenheit oder kollektive Aufgeregtheit scheint dies alles kaum geeignet. Dabei vermag langfristig gesehen Pervasive Computing unser Leben in ähnlich nachhaltiger Weise zu beeinflussen wie etwa die Kernenergie oder Biotechnologie, jedenfalls weit stärker als das diesbezüglich oft im Rampenlicht stehende Internet mit seinem Potential zum Guten (e-Government, e-Health, e-Learning) wie Schlechten (digitale Spaltung, Kinderpornographie, illegales Glücksspiel).

Ein Grund für die eher „schleichend“ daher kommende Revolution liegt sicherlich in der sanften, aber stetigen Innovation der Mikroelektronik und Informatik, die seit Jahren immer billigere und leistungsfähigere PCs und Internet-Services möglich macht, aber kaum im öffentlichen Bewusstsein präsent ist. Die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologie in Alltagsprozesse schreitet fast unmerklich in so kleinen Schritten voran, dass man sich oft erst bei Ausfall der entsprechenden Funktion bewusst wird, dass mechanische Prozesse inzwischen mit Informationstechnologie erweitert, wenn nicht sogar ganz durch sie ersetzt wurden. Wie im nächsten Kapitel beschrieben, ist es aber gerade diese Vielzahl von kleinen technischen Fortschritten, die zusammengenommen den Übergang vom vertrauten PC, also dem

5 In: Scientific American, 265 (1991) 3, S. 94–104.

6 *Anm. der Red.:* Vgl. dazu den Beitrag von Franz Büllingen in diesem Heft.

„Personal Computing“, hin zum viel umfassenderen Pervasive Computing möglich macht.<sup>7</sup>

---

## Technologien des Pervasive Computing

---

Die treibende Kraft hinter dem stetigen technischen Fortschritt im Bereich des Pervasive Computing ist der langfristige Trend der Mikroelektronik: Mit erstaunlicher Präzision gilt das bereits Mitte der sechziger Jahre beschriebene Moore'sche Gesetz,<sup>8</sup> welches besagt, dass sich die Verarbeitungsleistung von Computern etwa alle 18 Monate verdoppelt. Eine ähnlich hohe Effizienzsteigerung ist auch für einige andere Technologieparameter wie Kommunikationsbandbreite oder Speicherkapazität zu beobachten;<sup>9</sup> umgekehrt ausgedrückt fällt mit der Zeit bei gleicher Leistungsfähigkeit der Preis für mikroelektronisch realisierte Funktionalität radikal. Da diese Trends weiter anhalten, dürfte Computerleistung bald quasi im Überfluss vorhanden sein. Die nach Gebrauch wertlosen Telefonchipkarten oder die als Ersatz für Strichcode-Etiketten dienenden und kurz vor der Masseneinführung stehenden „smart labels“ sind erste Hinweise auf die zu erwartenden Myriaden von „Wegwerfcomputern“.

Doch nicht nur die Mikroelektronik trägt zur Allgegenwart und zum gleichzeitigen „Verschwinden“ des Computers bei: Aus dem Bereich der Materialwissenschaft kommen Entwicklungen, die den Computern der Zukunft eine gänzlich andere äußere Form geben können oder sogar dafür sorgen, dass Computer auch äußerlich nicht mehr als solche wahrgenommen werden, weil sie vollständig mit der Umgebung verschmelzen. Hier wären unter anderem lichtemittierende Polymere zu nennen, die Displays aus dünnen und hochflexiblen Plastikfolien ermöglichen und dadurch nahezu

beliebige Oberflächen (z. B. Windschutzscheiben, Preisschilder auf Warenregalen, aber auch Milchtüten oder Müslipackungen) in dynamische Anzeigetafeln verwandeln können. Laserprojektionen aus einer Brille direkt auf die Retina stellen eine weitere gegenwärtig untersuchte Möglichkeit zur Substitution klassischer Ausgabemedien von Computern dar. Ferner wird an „elektronischer Tinte“ und „smart paper“ gearbeitet, welche Papier und Stift zum vollwertigen, interaktiven und hochmobilen Ein- und Ausgabemedium mit einer uns wohl vertrauten Nutzungsschnittstelle erheben – die Bedeutung für die Praxis, wenn Papier quasi zum Computer wird oder umgekehrt der Computer sich als Papier materialisiert, kann kaum hoch genug eingeschätzt werden.

Immer wichtiger werden auch Ergebnisse der Mikrosystemtechnik und Nanotechnik. Sie führen beispielsweise zu kleinsten Sensoren, welche unterschiedlichste Parameter der Umwelt verarbeiten. Neuere Sensoren können nicht nur auf Licht, Beschleunigung, Temperatur etc. reagieren, sondern auch Gase und Flüssigkeiten analysieren oder sogar gewisse Muster (z. B. Fingerabdrücke oder Gesichtsformen) erkennen. Eine interessante Entwicklung in dieser Hinsicht stellen Funkensensoren dar, die ohne explizite Energieversorgung ihre Messwerte einige Meter weit melden können – die nötige Energie dazu bezieht ein solcher Sensor aus seiner Umgebung, indem er z. B. mit Mikrowellen bestrahlt wird oder Materialien nutzt, die Energie aus Temperatur- und Druckänderung erzeugen.

Ohne eigene Energieversorgung funktionieren auch die bereits erwähnten „smart labels“. Diese sind nur wenige Quadratmillimeter groß, oft dünner als ein Blatt Papier und kosten derzeit mit fallender Tendenz zwischen zehn Cent und einem Euro pro Stück. In gewisser Weise handelt es sich bei dieser Technik um eine Weiterentwicklung der bekannten Diebstahlsicherungen und Türschlössen von Kaufhäusern. Allerdings geht es hier nicht mehr nur um eine binäre Information („bezahlt/gestohlen“), sondern es können „durch die Luft“ innerhalb von Millisekunden und bis zu einer Distanz von einigen wenigen Metern einige hundert Zeichen gespeichert und ausgelesen werden. Interessant an solchen fernabfragbaren elektronischen Markern ist, dass sich dadurch Objekte eindeutig identifizieren und auf diese Weise mit spezifischen Daten im Internet verknüpfen lassen. Wenn Gegenstände aus der Ferne eindeutig erkannt und mit Information behaftet werden können, eröffnet dies Anwendungsmöglichkeiten, die weit über den ursprünglichen Zweck der automati-

---

7 Vgl. u. a. Friedemann Mattern, Vom Verschwinden des Computers. Die Vision des Ubiquitous Computing, in: ders. (Hrsg.), Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt, Berlin 2003, S. 1–41; Uwe Hansmann/Lothar Merk/Martin S. Nicklous/Thomas Stober, Pervasive Computing Handbook, Berlin 2001; Jochen Burkhardt/Horst Henn/Stefan Hepper/Klaus Rindtorff/Thomas Schäck, Pervasive Computing – Technologien und Architektur mobiler Internetanwendungen, München 2001.

8 Vgl. Gordon Moore, Cramming More Components onto Integrated Circuits, in: Electronics, 38 (1965), S. 114–117.

9 Die Kosten für die Speicherung von einem Megabyte Daten gingen in den letzten zwei Jahrzehnten von ca. 100 Euro auf einige Zehntel Cent zurück und liegen nun weit unter dem Preis von Papier als Speichermedium.

sierten Lagerhaltung oder des kassenlosen Supermarkts hinausgehen.

So lässt sich damit in gewisser Weise z. B. eine Kommunikation mit Alltagsdingen realisieren. Dazu stelle man sich vor, dass gewöhnliche Gegenstände wie Möbel, Arzneimittel, Kleider oder Spielzeug mit einem „smart label“ versehen sind, das eine jeweils spezifische Internetadresse gespeichert hat. Kann man diese Adresse dann mit einem handlichen Gerät in Stiftform auslesen, indem man damit auf den Gegenstand zeigt, so kann dieser „Zauberstift“ von sich aus, ohne weitere Zuhilfenahme des anvisierten Gegenstandes, die entsprechende Information über das Mobilnetz aus dem Internet besorgen und anzeigen. Für den Nutzenden entsteht so der Eindruck, als habe ihm der Gegenstand selbst eine Information „zugefunkt“. Bei der Information kann es sich beispielsweise um eine Gebrauchsanweisung handeln, um ein Kochrezept für ein Fertiggericht oder um den Beipackzettel eines Arzneimittels. Was im Einzelnen angezeigt wird, mag vom „Kontext“ abhängen, also etwa davon, ob der Nutzer ein guter Kunde ist und viel für das Produkt bezahlt hat, ob er über oder unter 18 Jahre alt ist, welche Sprache er spricht, wo er sich gerade befindet – vielleicht auch davon, ob er das richtige Parteibuch besitzt.

Große Fortschritte werden auch auf dem Gebiet der drahtlosen Kommunikation erzielt. Interessant sind vor allem neuere Kommunikationstechniken im Nahbereich, die sehr wenig Energie benötigen und im Vergleich zu heutigen Handys viel kleinere und billigere Bauformen ermöglichen. Der Preis der winzigen Kommunikationsmodule liegt bei wenigen Euro und dürfte schnell weiter fallen. Ebenso intensiv wird an verbesserten Möglichkeiten zur Positionsbestimmung mobiler Objekte gearbeitet. Neben einer Erhöhung der Genauigkeit (derzeit ca. zehn Meter beim GPS-System) besteht das Ziel vor allem in einer Verkleinerung der Geräte. Module zur Ortsbestimmung werden schon bald nur noch etwa die Größe von Kreditkarten haben. Dies verspricht gleichzeitig faszinierende und erschreckende Möglichkeiten: Gebrauchsgegenstände können kaum mehr verloren gehen, da sie jederzeit selbst wissen, wo sie sind, und diese Information bei Bedarf an das Mobiltelefon ihres Besitzers funken, und durch in Kleidung eingenähte Lokalisierungssensoren kann selbst im größten Gedränge kein Kind mehr abhanden kommen.

Fasst man die genannten Technikrends und Entwicklungen zusammen – kleinste und preiswerte Prozessoren mit integrierten Sensoren und draht-

loser Kommunikationsfähigkeit, flexible Displays auf Polymerbasis, elektronisches Papier, Anheften von Information an Alltagsgegenstände, Fernidentifikation von Dingen, präzise Lokalisierung von Gegenständen, feinmaschige Überwachung durch Netze autonomer Funksensoren –, so wird deutlich, dass damit die technischen Grundlagen für eine skurril anmutende Welt gelegt sind: eine Welt der Alltagsdinge, die sich in gewisser Weise „smart“ verhalten, da sie sich ihrer Position und ihres Zustandes (heiß, kalt, im Dunkeln, in Bewegung) „bewusst“ sind, und mit denen wir unter Umständen sogar kommunizieren können.

---

## Anwendungsbereiche

---

Viele zunächst absurd klingende Ideen werden als Anwendungsgebiete für die Techniken des Pervasive Computing genannt – angefangen vom Fertiggericht, das Rezeptvorschläge (und Werbung) auf die Kühlschranktür projiziert, bis hin zur „smarten“ Unterwäsche, die kritische, vom individuellen Normalfall abweichende Vitalparameter dem Hausarzt weitermeldet. Generell scheint das Potenzial hinsichtlich sinnvoller Anwendungen jedoch groß, wenn Gegenstände miteinander kooperieren können und über Funk Zugriff auf externe Datenbanken oder im Internet gespeicherte Information haben bzw. jeden passenden Internet-basierten Service nutzen können. So gewinnt offenbar ein automatischer Rasensprenger nicht nur durch eine Vernetzung mit Feuchtigkeitssensoren im Boden an Effizienz, sondern auch durch die im Internet kostenlos erhältliche Wetterprognose. Jenseits spezifischer Anwendungsmöglichkeiten mögen langfristig gesehen Infrastrukturen und Services rund um smarte Dinge (einschließlich Maßnahmen, um dem in einer solchen Umgebung erhöhten Bedürfnis nach Sicherheit und Datenschutz gerecht zu werden) vielleicht sogar einmal eine ganze Industrie beschäftigen, analog den heutigen Konzernen im klassischen Telekommunikations- und Energiesektor.

Die treibende Kraft bei der Verbreitung von Pervasive-Computing-Technologien wird anfänglich sicherlich weniger im individuellen als vielmehr im großindustriellen Bereich zu finden sein. Ein Beispiel stellt die Logistik dar: Bei der Lagerverwaltung und beim Lieferkettenmanagement können aufgrund des großen Warenvolumens bereits kleinste Optimierungen erhebliche Einsparungen mit sich bringen. So haben Firmen wie Gillette

schon Großaufträge für „smart labels“ platziert, die sie auf Paletten, Kartons und schließlich einzelnen Produktverpackungen anbringen wollen, um eine lückenlose Lieferkette hinweg sicherzustellen. Mittels passender Lesegeräte an Hochregallagern und Laderampen können Zustand und Ort von Gütern weitgehend ohne menschliche Intervention direkt in betriebliche Informationssysteme übernommen werden.<sup>10</sup> Für manche Güter lohnt es sich sogar, die oben beschriebenen kommunikationsfähigen Miniatursensoren einzusetzen, um in kürzester Zeit über transportbedingte Schäden (z. B. durch zu hohe Temperaturen oder zu starke Erschütterungen) informiert zu werden und so in der Lage zu sein, rechtzeitig Ersatz zu beschaffen, vielleicht sogar noch bevor die unbrauchbar gewordene Ware am Bestimmungsort eintrifft.

Im Bereich des Umweltmonitorings wird in jüngster Zeit die Eignung drahtloser Sensornetze erkundet. Dabei wird eine große Zahl kleinster und sich spontan vernetzender Sensoren in die Umwelt (z. B. in waldbrandgefährdeten Gebieten) eingebracht. Durch den großflächigen Einsatz der hochgradig miniaturisierten und energiearmen Sensoren, die ihre Messwerte – zumindest über kurze Distanzen – funkbasiert übermitteln können, wird es möglich, Phänomene mit bisher nie da gewesener Genauigkeit zu beobachten. Indem viele solche preiswerte Sensoren in physische Strukturen wie Brücken, Straßen oder Wasserleitungssysteme integriert werden, erhält man zukünftig auch dichte Überwachungsnetze für vielfältige weitere Zwecke (z. B. Verkehrsoptimierung oder präventive Wartungsarbeiten). Durch die geringe Größe und dadurch, dass keine physische Infrastruktur (Verkabelung, Stromanschlüsse etc.) benötigt wird, kann die Instrumentierung in flexibler und nahezu „unsichtbarer“ Weise geschehen – eine natürlich auch für militärische Zwecke hochinteressante Eigenschaft.

Im Automobilssektor werden Pervasive-Computing-Technologien bereits zunehmend angewandt, da das Auto als Hochpreisprodukt nicht nur genügend Spielraum im Kostenbereich bietet, sondern unter der Karosserie sowohl reichlich Platz als auch eine leistungsstarke Stromversorgung aufweist.<sup>11</sup> Schon heute werden Limousinen der Oberklasse oft mit fahrzeugspezifischen Kommunikati-

onsdiensten ausgestattet, die es dem Auto erlauben, sich selbständig mit Notfall- oder Sicherheitsdiensten in Verbindung zu setzen, um bei einem Unfall (sobald z. B. ein Auslösen der Airbags festgestellt wird) oder bei Diebstahl die eigene Position umgehend zu melden. Für die nächste Fahrzeuggeneration sind bereits Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsdienste in Planung, die beispielsweise mit Hilfe von Navigationssystem und Tachometer selbständig Staus feststellen und mittels Temperaturfühler und Traktions-Sensoren Glatteis erkennen und dies an alle nachfolgenden Fahrzeuge weitermelden. Selbst direkte Eingriffe wie Notbremssysteme zur Verhinderung von Auffahrunfällen sind nicht länger tabu. Gerade im Zusammenhang mit den jüngsten Bestrebungen der EU, die Zahl der Verkehrstoten drastisch zu reduzieren, dürften smarte Automobile, die es „besser wissen“ als ihre Fahrer und so beispielsweise die Höchstgeschwindigkeit oder den Mindestabstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen automatisch an die Verkehrslage anpassen, leicht das Gefallen der Gesetzgeber finden.

Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld stellt der Heimbereich dar. Aber auch wenn die ersten „smart homes“ bereits von Pionierfamilien bezogen wurden, so bedeutet dies noch nicht, dass deren Internet-Kühlschränke und -Waschmaschinen bald Einzug in den Durchschnittshaushalt finden werden. Sinnvoller erscheint der Einsatz von Pervasive-Computing-Techniken zunächst in den Bereichen Klimakontrolle und Sicherheit. Mit Sensoren innerhalb und außerhalb des Hauses kann das Heizungssystem seine Leistung unmittelbar an die tatsächlichen Bedürfnisse anpassen und beispielsweise auf Nachtbetrieb umschalten, sobald es im Wohnzimmer dunkel wird und die Nachttischlampe im Schlafzimmer eingeschaltet wird. In etwas weiterer Ferne sind hier sogar Systeme denkbar, die mit dem Auto der Bewohner konspirieren, um zu erfahren, ob mit ihrer baldigen Rückkehr zu rechnen ist. In jedem Fall dürfte einem großflächigen Einsatz solcher Systeme in Ein- und Mehrfamilienhäusern zunächst eine Verbreitung in Nutz- und Gewerbeflächen vorausgehen. Dies ist auch im Sicherheitsbereich der Fall, wo schon heute in vielen Bürohäusern der klassische Schlüssel durch die Chipkarte abgelöst wurde und bereits der Einsatz biometrischer Verfahren – also Zugang per Fingerabdruck, Stimmanalyse oder Iris-Scan – vorbereitet wird.

Auch im Leasinggeschäft und bei Strategien für die Preisgestaltung könnten mit Sensoren und Kommunikationsmöglichkeiten ausgestattete Alltagsgegenstände neue Möglichkeiten eröffnen.

<sup>10</sup> Vgl. Elgar Fleisch/Markus Dierkes, Betriebswirtschaftliche Anwendungen des Ubiquitous Computing, in: F. Matern (Hrsg.) (Anm. 7), S. 143–157.

<sup>11</sup> Vgl. Ralf-Guido Herrtwich, Fahrzeuge am Netz, in: ebd., S. 63–83.

Viele Gegenstände mögen sich nämlich für das Pay-per-Use als Alternative zum Kaufen eignen, vorausgesetzt, es kann festgestellt werden, wie oft, beziehungsweise wie intensiv, die Nutzung erfolgt – etwas, das bislang eigentlich nur beim Telefonieren, beim Stromverbrauch und bald auch bei der Straßenmaut machbar ist. Ein erprobtes Beispiel sind dynamische Autoversicherungsprämien: Kriterien wie die Fahrweise des Halters, ob dieser das Auto auch anderen überlässt, die Tageszeiten, zu denen das Auto benutzt wird, sowie die Gegenden, in denen geparkt wird, bestimmen die Prämie. Auch wenn dieses Beispiel auf Testmärkten in den USA erfolgreich war – generell wird sich noch zeigen müssen, inwieweit die Kunden so etwas mitmachen wollen, denn es ist sicherlich nicht jedermanns Sache, einer neuen Art des Lehnswesens Vorschub zu leisten und sich von einem Serviceprovider abhängig zu machen, der die Nutzung eines smarten Gegenstandes begrenzt und nach komplexen Preisstrategien einzeln abrechnet. Eine „flat rate“ durch klassischen Kauf und Besitz einer Sache mit dem dadurch erworbenen Anspruch auf unbeschränkten Gebrauch kann in vielen Fällen attraktiver wirken.

Viele weitere Anwendungsgebiete „schlauer“ und kommunizierender Alltagsdinge sind denkbar. Generell beruhen die Grenzen ihres Einsatzes weniger auf technischen Aspekten, sondern sind vielmehr ökonomischer (Geschäftsmodelle, Standards, Amortisation der Infrastruktur, Kosten des Informationszugriffs etc.) oder sogar rechtlicher und moralischer Art (Was darf der Gegenstand wem verraten und was darf er sich merken?). Auch wenn schlaue Produkte für den Endverbraucher heute noch weitgehend Zukunftsmusik sind: Mittel- und langfristig dürften die diversen Techniken des Pervasive Computing in ihrem Zusammenspiel allgemein eine große wirtschaftliche Bedeutung erlangen. Und sind die Grundtechniken und zugehörigen Infrastrukturen dann erst einmal für höherpreisige Dienste eingeführt, könnten bald darauf auch viele andere und eher banale Gegenstände – Fertiggerichte, Möbelstücke, Spielzeuge – ganz selbstverständlich das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Durchführung ihrer Aufgaben einbeziehen, auch wenn sich die Nutzerinnen und Nutzer dieses Umstands gar nicht bewusst sind. Denn natürlich sind nicht nur Menschen an Information über Gegenstände interessiert, sondern ebenso die schlauen Dinge selbst: Eine Mülltonne mag beispielsweise sehr „neugierig“ auf die Recyclingfähigkeit ihres Inhaltes sein, ein Arztschrank um die Verträglichkeit seiner Medikamente und deren Haltbarkeit „besorgt“ sein.

---

## Auswirkungen

---

Eine mit smarten Dingen bevölkerte Welt dürfte anders aussehen, als wir sie uns zunächst vorstellen oder wünschen. Implementiert man keine neuen „Anstandsregeln“, könnte z. B. die Kunst des Verführens zum Kauf eine neue Hochform erreichen,<sup>12</sup> indem smarte Produkte in subtiler Form für sich selbst oder, im Sinne des Cross-Marketings, für ihre „Freunde“ werben. So könnte z. B. ein smarterer Kühlschrank Kochrezepte zu den in ihm gelagerten Waren liefern und eine Vertrauensbasis zum Konsumenten aufbauen, indem er in gefälliger Weise über Ursprung und Inhaltsstoffe der Lebensmittel Auskunft gibt. Gleichzeitig kann er dann aber als Co-Branding-Maßnahme jedes Mal Bonuspunkte vergeben, wenn Tiefkühlprodukte einer bestimmten Marke, die er empfiehlt, darin aufbewahrt werden. Und warum sollte er nicht – vielleicht gegen weitere Bonuspunkte – die Essgewohnheiten weitermelden, um ein individuelles Marketing zu ermöglichen? In jedem Fall können smarte Produkte die Customer-Relationship-Systeme der Produzenten, Verkäufer und Dienstleister mit mehr und präziseren Informationen versorgen, so dass nicht nur ein zielgruppengenaues, sondern sogar ein käufergenaues One-to-One-Marketing möglich wird – u. U. mit personenbezogener Preisdifferenzierung, bei der jedem Konsument ein individueller Preis genannt wird.<sup>13</sup>

Langfristig ergeben sich durch die Anwendungsbreite des Pervasive Computing viele spannende Herausforderungen auch im regulatorischen Bereich. Wenn in Zukunft beispielsweise vernetzte und „elektronisch aufgewertete“ Alltagsdinge Information von sich geben, physische Dinge also quasi selbst zu Medien werden, dann stellt sich die Frage, wer eigentlich über den Inhalt bestimmen darf und wer die Objektivität und Richtigkeit von „Aussagen“ smarterer Objekte und Produkte garantiert. Genauso wichtig scheint es jedoch auch, den Aspekt im Auge zu behalten, welche Kartelle, Monopole oder Machtkonzentrationen sich durch die Verlängerung des Internets in die Alltagswelt

---

12 Vgl. Jürgen Bohn/Vlad Coroama/Marc Langheinrich/Friedemann Mattern/Michael Rohs, Allgegenwart und Verschwinden des Computers. Leben in einer Welt smarterer Alltagsdinge, in: Ralf Grötzer (Hrsg.), Privat! Kontrollierte Freiheit in einer vernetzten Welt, Hannover 2003, S. 195–245.

13 Vgl. Bernd Skiera/Martin Spann, Preisdifferenzierung im Internet, in: Marcus Schögel/Torsten Tomczak/Christian Belz (Hrsg.), Roadm@p to E-Business. Wie Unternehmen das Internet erfolgreich nutzen, St. Gallen 2002, S. 270–284.

hinein herausbilden könnten und wie dies in einer demokratischen Gesellschaft moderiert werden kann.

Viele weitere Problembereiche eröffnen sich bei der zunehmenden Informatisierung der Welt, so beispielsweise die Zuverlässigkeit: Funktionieren etwa viele herkömmliche Dinge (Türschlösser, Fotoapparate, Schreibstifte, Autos, Geldscheine etc.) nur noch dann ordnungsgemäß, wenn von diesen aus Online-Zugriff auf das Internet oder eine vergleichbare Infrastruktur besteht, dann entsteht eine große Abhängigkeit von diesen Systemen und der zugrunde liegenden Technik. Wenn diese versagt, wofür es unterschiedliche Gründe – Entwurfsfehler, Materialdefekte, Sabotage, Überlastung, Naturkatastrophen, Krisensituationen etc. – geben kann, dann kann sich dies gleich in globaler Hinsicht katastrophal auswirken. Ist das korrekte Funktionieren der informationstechnischen Infrastruktur überlebenswichtig für die Gesellschaft und den Einzelnen, müssen nicht nur geeignete Sicherungsmechanismen vorgesehen werden, sondern Systeme sollten von vornherein im Bewusstsein dieser Verantwortung entworfen werden.

Vor allem aber ist dem Schutz der Privatsphäre besondere Beachtung zu schenken.<sup>14</sup> Denn sollten sich smarte Umgebungen und „schlaue“ Alltagsgegenstände durchsetzen, wäre im Unterschied zu heute mit dem Ausschalten des PCs keineswegs auch die elektronische Datensammlung beendet: Smarte Gegenstände und sensorbestückte Umgebungen wären fast immer aktiv und würden eine Unmenge von Daten sammeln, um den Nutzern sinnvolle (und weniger sinnvolle) Dienste anbieten zu können.

Werden aber beispielsweise mit Sensornetzen nicht Ökosysteme oder Verkehrssysteme überwacht, sondern in indirekter oder gar direkter Weise Menschen, dann zieht eine solche einfach anzuwendende und nahezu unsichtbare Technik massive gesellschaftliche Probleme nach sich. Es könnte damit die delikate Balance von Freiheit und Sicherheit aus dem Gleichgewicht gebracht

<sup>14</sup> Vgl. Marc Langheinrich/ Friedemann Mattern, Wenn der Computer verschwindet. Was Datenschutz und Sicherheit in einer Welt intelligenter Alltagsdinge bedeuten, in: *digma*. Zeitschrift für Datenrecht und Informationssicherheit, 2 (2002) 3, S. 138–142.

werden, weil die qualitativen und quantitativen Möglichkeiten zur Überwachung derart ausgeweitet werden, dass auch Bereiche erfasst werden, die einem dauerhaften und unauffälligen Monitoring bisher nicht zugänglich waren. Nicht zuletzt lassen die jüngsten weltweiten Maßnahmen zur Terrorismusbekämpfung erahnen, dass sich unter Umständen leicht ein gesellschaftlicher Konsens finden lässt, individuelle Freiheiten einer mittels detaillierter Überwachung geschaffenen „sicheren“ Umwelt zu opfern.

---

## Fazit

---

Der Technologietrend zeigt eindeutig in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt. Die Auswirkungen von Mikroelektronik und Informatik betreffen daher immer größere Teilbereiche des täglichen Lebens. Langfristig zeichnen sich positive wie negative Konsequenzen ab: Durch massiv in die Umwelt eingebrachte Miniatursensoren lassen sich ökologische Effekte wesentlich besser als bisher ermitteln und kontrollieren, analog gilt dies auch für gesundheitlich relevante Parameter, die in unaufdringlicher Weise direkt am Körper gemessen werden können.

Andererseits könnte sich allein schon durch die umfassende Überwachungsmöglichkeit, welche die Technik im weitesten Sinne bietet, das politische und wirtschaftliche Machtgefüge verschieben. Neue Geschäftsmodelle könnten eine stärkere Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Technik und damit eine höhere Anfälligkeit im Krisenfall begründen. Nicht zuletzt besteht die Gefahr, dass wir das Vertrauen in eine kaum mehr durchschaubare, allzu smarte Umgebung verlieren und so grundlegend unsere Einstellung zu der uns umgebenden Welt ändern.

In seinen Konsequenzen hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung, aber auch der Abhängigkeit von einer sicheren IT-Infrastruktur und den Fragen der Sozialverträglichkeit zu Ende gedacht, dürfte die Vorstellung einer von Informationstechnik im wahrsten Sinne des Wortes durchdrungenen Welt über kurz oder lang gesellschaftliche und ökonomische Brisanz erhalten und so dem Pervasive Computing auch eine politische Dimension verleihen.

# Nachhaltigkeit und Vorsorge – Anforderungen der Digitalisierung an das politische System

„Pervasive Computing“ ist eine zukünftige Anwendungsform von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT), die durch Miniaturisierung und Einbettung von Mikroelektronik in andere Objekte sowie ihre Vernetzung und Allgegenwart im Alltag gekennzeichnet ist. Anders als die meisten heutigen ICT-Produkte werden Komponenten des Pervasive Computing mit Sensoren ausgestattet sein, über die sie ihre Umgebung erfassen, ohne dass der Benutzer dies aktiv veranlasst.

Eine so weitgehende Vision der alltäglichen Durchdringung mit mikroelektronischen Komponenten, die immer und überall eingeschaltet und weitgehend drahtlos vernetzt sind, wirft Fragen nach möglichen unerwünschten Folgen dieser Technologie auf. Den erwarteten Vorteilen sind die teilweise ungeklärten Risiken gegenüberzustellen, die in der Verwirklichung dieser Technologievision liegen. Bei der Abwägung von Chancen und Risiken stellt sich die Grundfrage der Technikethik: „Mit welcher Technik wollen wir in welcher Welt leben?“ Aus dem Blickwinkel einer prospektiven Technikgestaltung muss gefragt werden: „Wie lassen sich positive Gestaltungsansätze gezielt nutzen und ausbauen?“ Diese Fragen können nur im gesellschaftlichen Diskurs beantwortet werden.

Bereits die Identifikation und Unterscheidung von Chancen und Risiken setzt die Orientierung an Wertgrundlagen voraus und kann nicht innerhalb der Wissenschaft allein entschieden werden. Eine Studie<sup>1</sup>, welche die Autoren im Auftrag des schweizerischen Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS) durchgeführt haben,

1 Vgl. Lorenz M. Hilty/Siegfried Behrendt u. a. Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft. Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt, hrsg. vom Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS), Bern 2003 (TA 46/2003). Die Studie wurde von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA, St. Gallen) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT, Berlin) und weiteren Kooperationspartnern 2002/2003 erstellt und wird im September 2003 veröffentlicht. Bezugsquelle: TA-SWISS, Birkenweg 61, CH-3003 Bern, Tel. +41-31-3229963, E-Mail: ta@swtr.admin.ch.

stützt sich bei der Abschätzung von Chancen und Risiken von Pervasive Computing auf die Prinzipien der traditionellen Ethik (Achtung der Menschenwürde, Fürsorgeprinzip und Gerechtigkeit), ergänzt um das Vorsorgeprinzip und die Leitidee „Nachhaltige Entwicklung“. Das Vorsorgeprinzip dient dem Umgang mit Risiken in Situationen, in denen keine akute Gefährdung gegeben ist. Es hat den Zweck, auch solche Risiken zu minimieren, die sich möglicherweise erst langfristig manifestieren, und Freiräume für zukünftige Entwicklungen zu erhalten. Das Leitbild „Nachhaltige Entwicklung“ besagt, dass sowohl die intra- als auch die intergenerationelle Gerechtigkeit Ziele der gesellschaftlichen Entwicklung sein sollen.

Ziel dieses Beitrags ist es, mögliche Risiken des Pervasive Computing im Kontext des Vorsorgeprinzips und des Leitbildes der Nachhaltigen Entwicklung und den sich daraus ergebenden politischen Handlungsbedarf aufzuzeigen.

---

## Wie manifestiert sich Pervasive Computing?

---

Die Miniaturisierung der Mikroelektronik wird voraussichtlich noch etwa zehn Jahre ohne Technologiebruch voranschreiten. Sie ist eine wesentliche Triebkraft für die Realisierung der Vision „Pervasive Computing“. Eine entscheidende Rolle wird die weitere Entwicklung der drahtlosen Vernetzung durch Mobilfunk, aber auch durch lokale Netzwerke spielen. Pervasive Computing wird sich nur dann auf breiter Basis durchsetzen, wenn Fortschritte im Bereich der Benutzerschnittstellen gemacht werden, etwa bei der Steuerung durch gesprochene Sprache. Eine wesentliche Neuerung gegenüber der heute verbreiteten ICT ist die Kontextsensitivität: Die Komponenten reagieren auf ihre Umgebung und können daher auch ohne Anforderung durch den Benutzer aktiv werden. Im Softwarebereich werden so genannte Agententechnologien an Bedeutung gewinnen. Dabei delegiert der Benutzer Entscheidungen an Programme,

**Tabelle 1: Drei Szenarien nach Durchdringungs- und Vernetzungsgrad**

„zurückhaltend“	„mittel“	„hightech“
Hemmnisse überwiegen (z. B. zur Wahrung des Datenschutzes); hoher Durchdringungsgrad in wenigen Bereichen (z. B. Auto); niedriger Durchdringungsgrad in anderen Bereichen des täglichen Lebens wie z. B. „wearables“ und „smart home“; schwache Medienkonvergenz.	Durchdringung des Alltags mit „smarten“ Gegenständen; drahtlose Local Area Networks (W-LANs); „smart home“ beginnt sich durchzusetzen; breiter Einsatz elektronischer Etiketten („smart labels“); weitgehende Medienkonvergenz.	Hoher Durchdringungsgrad in allen Bereichen des täglichen Lebens (z. B. breiter Einsatz von „wearables“); Computertechnik wird allgegenwärtig und weitgehend unsichtbar; heute visionäre Techniken setzen sich durch; weitgehende Substitution von Printmedien durch digitale Medien.

weil er den Informationsfluss selbst nicht mehr bewältigen kann.

Mit Blick auf Anwendungen sind verschiedene Entwicklungen und Ausprägungen des Pervasive Computing denkbar, die sich im Durchdringungs- und Vernetzungsgrad „intelligenter Geräte“ und „smarter Gegenstände“ im Alltag unterscheiden. Sie werden im Folgenden in drei Szenarien für den Zeitraum bis 2012 beschrieben (vgl. *Tabelle 1*).

**Szenario 1: Zurückhaltendes Szenario**

In diesem Szenario überwiegen die hemmenden Einflussfaktoren. Zwar werden technische Voraussetzungen für einen ortsunabhängigen Zugang zu Informationen geschaffen, der Markt für Inhalte und Dienste entwickelt sich aber nur langsam. Ausschlaggebend ist die eingeschränkte Benutzbarkeit der Technologie: schlecht lesbare Displays, umständliche Handhabung, lange Wartezeiten beim Download von Daten und komplizierte Sicherheitsabfragen (Vergessen der vielen Kennwörter). Sicherheitsaspekte und Datenschutzfragen gewinnen an Brisanz. Die Verbreitung der Funktechnologien verschärft die Diskussion um den „Elektrosmog“ und bremst die Entwicklung.

Angesichts dieser Hemmnisse bleibt der Versuch erfolglos, das Internet für alltägliche Geräte und Gegenstände nutzbar zu machen und hausinterne Netze zu einem Massenmarkt zu entwickeln. Viele Technologieanwendungen werden vom Nutzer kaum akzeptiert, da diese keine echte Entlastung mit sich bringen, sondern wie beim „smart home“ eher den alltäglichen Koordinationsaufwand für eine auch 2012 nicht autonom funktionierende Technik vergrößern. Ein Massenmarkt für Pervasive Computing entwickelt sich nur auf wenigen Feldern, so im Automobilbereich. Während der gewerbliche Bereich, einhergehend mit dem Trend zu flexibleren Arbeitsformen, einige Möglichkeiten des Pervasive Computing gezielt nutzt, bleibt

der Durchdringungs- und Vernetzungsgrad im privaten Alltag gering.

**Szenario 2: Mittleres Szenario**

Mit diesem Szenario versuchen wir auf der Basis von Marktabschätzungen und Expertenmeinungen eine möglichst wahrscheinliche Entwicklung des Pervasive Computing zu beschreiben. Der Computer in seiner heutigen Form verliert seine Dominanz. Hinzu treten neuartige, mobile Geräte ebenso wie stationäre Internetanschlüsse in Haushaltsgeräten. Neben der Konvergenz verschiedener Technologien der Telekommunikation, Informationsverarbeitung und der Medien findet eine Weiterentwicklung des Internets statt. Spezielle Gateways ermöglichen eine Vernetzung der Haushaltsgeräte über das Internet. Handys werden als Vorboten und Indikatoren des Vordringens mobiler Computertechnik in viele Alltagsbereiche betrachtet. Die Marktsegmentierung orientiert sich an drei Gruppen von mobilen Endgeräten: Geräte, die wie die heutigen Handys eher der Sprachkommunikation dienen, solche die als „mobile Büros“ im Wesentlichen den Umgang mit Dokumenten unterstützen sowie Geräte, die in erster Linie für Videos und Spiele genutzt werden. Zwar gibt es auch multifunktionale Geräte, die „alles“ können, aber sie bleiben in ihrer Qualität hinter den zielgruppenorientierten Geräten zurück.

Parallel zur Durchdringung des Marktes mit mobilen Endgeräten findet eine Durchdringung mit „smarten“ Gegenständen statt. Diese haben zum Beispiel Zugang zum Internet und/oder kommunizieren über Wireless Local Area Networks (W-LANs)<sup>2</sup> und sollen das Alltagshandeln des Nutzers

<sup>2</sup> Drahtloses Computernetzwerk im Lokalbereich, mit dem typischerweise alle Endgeräte innerhalb eines Gebäudes erreicht werden.

unterstützen. Vor allem junge Erwachsene eignen sich diese neuen Technologien als Pioniere an („early adopters“). Multimedia wird für sie zum Lifestyle-Element, das nahtlos in eine „Always-on“-Kommunikationskultur einfließt.

Neben dem Verkehrssektor, auf dem Pervasive Computing stark vordringt, von sicherheitsbezogenen Anwendungen bis hin zu intermodalen Mobilitätsdiensten, sind insbesondere Geschäftsverbindungen, die Arbeitswelt, die Mediennutzung und die Medizin von den Umwälzungen betroffen. Erhebliche Veränderungen sind auch durch die Verbilligung elektronischer Etiketten („smart labels“) zu erwarten. Haupteinsatzbereiche liegen zunächst in der Automatisierung der Lagerhaltung und Optimierung von Wertschöpfungsketten, wodurch Kosten erheblich reduziert werden. Allmählich setzen sich kassenlose Supermärkte durch. Die Zugangskontrolle zum öffentlichen Nahverkehr mit Transpondern<sup>3</sup> ersetzt ab ca. 2005 die herkömmlichen Fahrscheinsysteme. Der Leihverkehr in Bibliotheken und Videotheken wird großflächig auf „smart labels“ umgestellt. In Teilbereichen werden Transponder auch zur Lokalisierung von Menschen (Kinder, Pflegebedürftige) und Gegenständen (z. B. Ortung von Fahrrädern bei Diebstahl) eingesetzt.

### Szenario 3: Hightech-Szenario

In diesem Szenario dringen autonome elektronische Systeme in alle Lebensbereiche vor. Hemmnisse werden nahezu vollständig überwunden. Computertechnik wird allgegenwärtig und zugleich unsichtbar. Die heute von den Entwicklungsabteilungen und Forschungslabors der Industrie angekündigten Technologien werden bis 2012 Wirklichkeit. „Always on“, „anytime“ und „anywhere wireless“ sind die Kennzeichen dieses Entwicklungspfades. Er steht nicht nur für eine technische Entwicklung, sondern für eine neue Erfahrungswelt, die von einer weitgehenden Verschmelzung von realem und virtuellem Raum geprägt ist. Die „digitale Aura“ umgibt und begleitet den Benutzer im Alltag. Der Computer verschmilzt mit der Kleidung zum „wearable“, einem individuell auf den Träger ausgerichteten System. Mobile Berufe sind hier eine erste Zielgruppe. Sie übernehmen die Vorreiterrolle. Von hier aus werden auch breitere Zielgruppen erschlossen.

<sup>3</sup> Zusammenziehung der Worte Transmitter und Responder: Datenspeicher, dessen Inhalt über kurze Distanz drahtlos abgefragt und verändert werden kann.

Miniaturisierung und Preisverfall der Mikroelektronik sind so weit fortgeschritten, dass sich in nahezu jedem Alltagsgegenstand, vom Sessel über die Verpackung bis zum Salztreuer, ein Chip befindet. Ein Server vernetzt und organisiert „intelligente“ Geräte und Gegenstände im Haushalt: Heizung, PC, Waschmaschine, Kleidungsstücke, Kaffeemaschine, Kaffeetassen usw. Ermöglicht wird dies durch Funktechnologien wie Bluetooth<sup>4</sup>, W-LAN, UMTS<sup>5</sup> und/oder neue Funktechnologien, die sich derzeit in der Entwicklung befinden. Die vierte Mobilfunkgeneration soll noch höhere Übertragungsgeschwindigkeiten zulassen.<sup>6</sup> „Smart labels“ erlauben eine Identifikation praktisch aller Produkte. Diese zeichnen außerdem ihre eigene Historie auf. Dadurch wird die Wirtschaft revolutioniert: „Smart labels“ ermöglichen einen durchgängigen Informationsfluss vom Rohstoffhersteller über den Handel bis hin zum Entsorger. „Intelligente Produkte“ liefern den Herstellern wichtige Informationen über deren Nutzungszustand. Versicherer müssen nicht mehr fürchten, dass versicherte Güter (z. B. Kunstwerke) verloren gehen. Sie können jederzeit identifiziert und lokalisiert werden. In der Medizin werden elektronische Implantate bei Risikogruppen zur Routine. Mikrochips unter der Haut speichern Informationen; für Gelähmte kommen Chips zur Überbrückung von verletzten Stellen des Nervensystems und computergesteuerte Prothesen auf den Markt.

Viele Anwendungen sind kontextsensitiv und stellen sich auf den jeweiligen Nutzer ein. „Intelligente Agenten“ helfen die Vielfalt multimedialer Daten im Alltag zu verarbeiten. Über Netze werden viele Dienste zur passiven oder aktiven Unterstützung der Benutzer automatisch bereitgestellt. Der Benutzer wird zunehmend als Entscheidungsträger umgangen. Begleitet wird dieser Prozess vom Verschwinden kommunikationsfreier Räume. Offline sein ist die Ausnahme.

<sup>4</sup> Funkstandard im Ultrahochfrequenzbereich, mit der sich mobile Geräte untereinander drahtlos verbinden lassen. Im Gegensatz zu Infrarot-Schnittstellen (wie bei der TV-Fernbedienung) ist kein Sichtkontakt erforderlich.

<sup>5</sup> Universal Mobile Telecommunications System, europäische Variante der Mobilfunksysteme der dritten Generation 3G. Neben dem Telefondienst ermöglicht UMTS die Bereitstellung von Multimediadiensten (Daten, Bild, Ton) mit vergleichsweise hohen Übertragungsraten.

<sup>6</sup> Weiterentwicklung der dritten Generation im Mobilfunkstandard (UMTS) zur vierten (4G). Möglich sind damit noch höhere Datengeschwindigkeiten. Ziel ist die vollständige Integration von Mobil- und Festnetztechniken und die Standardisierung der Dienstfunktionen.

**Tabelle 2: Veränderungspotenziale von Pervasive Computing im Vergleich zur heutigen Anwendungsform von ICT in ethisch relevanten Problemfeldern**

Problemfeld	Veränderungspotenzial von Pervasive Computing	Gründe
Datenschutz („privacy“)	sehr hoch	Ein höherer Vernetzungsgrad führt zu Allgegenwart, Unsichtbarkeit und Kontextsensitivität (Sensoren).
Sicherheit („security“)	sehr hoch	Höhere Abhängigkeit, höherer Vernetzungsgrad (Verletzlichkeit der Netze) und höhere Komplexität beeinflussen die Sicherheit.
unbeherrschte Komplexität („unmastered complexity“)	sehr hoch	Höherer Vernetzungsgrad, neue Funktionen und dezentrale Strukturen führen zu höherer Komplexität.
freie Meinungsäußerung („free speech“)	gering	Der Schritt zum Internet war entscheidend, Pervasive Computing fügt dem nichts Wesentliches hinzu.
geistiges Eigentum („intellectual property“)	gering	Der Schritt zu Digitalisierung und Internet/WWW war entscheidend, Pervasive Computing setzt nur den Trend fort.
digitale Spaltung („digital divide“)	hoch	Benutzerschnittstellen und Verbreitung von ICT werden sich durch Pervasive Computing verändern.
Ausbildung („education“)	gering	Es stellen sich die gleichen Fragen wie heute bei der Rolle von PC und Internet als Lernmittel.
Gleichstellung der Geschlechter („gender issues“)	mittel	Eine höhere Ortsunabhängigkeit von Aktivitäten erleichtert z. B. die Verbindung von Beruf und Familie.
kulturelle Diversität („cultural diversity“)	gering	Der Schritt zum Internet war entscheidend, Pervasive Computing fügt dem nichts Wesentliches hinzu.
kulturelles Erbe („cultural heritage“)	gering	Der Schritt zur Digitalisierung war entscheidend, Pervasive Computing fügt dem nichts Wesentliches hinzu.
Abhängigkeit & Vertrauen („dependability & trust“)	sehr hoch	Durch eine höhere Durchdringung des Alltags und höhere Komplexität nimmt die Nachprüfbarkeit stark ab.
Nachhaltigkeit in der Informationsgesellschaft („sustainability in the information society“)	hoch	Ein hohes Dematerialisierungspotenzial kann durch Pervasive Computing freigesetzt werden.

Quelle: Lorenz M. Hilty/Siegfried Behrendt et al., Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft. Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt, hrsg. vom Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS), Bern 2003 (TA 46/2003).

## Ethische Aspekte der Digitalisierung

Auch wenn nicht klar gesagt werden kann, wie der Digitalisierungsgrad in Zukunft verlaufen wird, werfen alle Szenarien doch ethische Fragen auf. Sie stehen im Zusammenhang mit einer Reihe von Problemfeldern der Informationsgesellschaft, die seit längerem diskutiert werden. Dabei geht es vor allem um die Prinzipien der traditionellen Ethik, die durch bestimmte Anwendungen von ICT tangiert sind: Achtung der Menschenwürde, Fürsorge, soziale Gerechtigkeit.

Es sind fünf Themen, die aufgrund ihrer ethischen Implikationen und ihres Konfliktpotenzials in die-

sen Diskussionen immer wiederkehren: 1. Datenschutz („privacy“): Wo endet die Freiheit des Einzelnen, Daten zu sammeln, im Konflikt mit dem Recht auf informationelle Selbstbestimmung (das sich aus dem Autonomieprinzip ableitet)? 2. Sicherheit („security“): Welches Niveau an Sicherheit eines Informatiksystems muss garantiert werden können, damit es verantwortbar ist, das System einzusetzen? Wer ist für Sicherheitsmängel verantwortlich? Ist es ein krimineller Akt oder ein Dienst an der Gesellschaft, Sicherheitsmängel aufzuspüren und publik zu machen? 3. Unbeherrschte Komplexität („unmastered complexity“)<sup>7</sup>: Bei

<sup>7</sup> Der Ausdruck „unmastered complexity“ wurde von Edsger W. Dijkstra geprägt: Selected Writings on Computing:

komplexen, insbesondere bei verteilten Informatiksystemen ist es in der Regel nicht möglich, bestimmte Eigenschaften dieser Systeme formal zu garantieren. Resultiert aus der zunehmenden Abhängigkeit von solchen Systemen ein Verlust der Verantwortbarkeit von Entscheidungen („Inkontinenzproblem“)? 4. Freie Meinungsäußerung („free speech“): Wo stößt das Recht auf freie Meinungsäußerung bei der Nutzung elektronischer Medien an Grenzen, weil es mit anderen Grundrechten in Konflikt kommt? Darf oder soll es eine Zensur von Inhalten des Internet geben? 5. Geistiges Eigentum („intellectual property“): Wo verläuft die Grenze zwischen Information als öffentlichem Gut, das aus Gründen der sozialen Gerechtigkeit jedem zugänglich sein muss, und geistigem Eigentum, über das ein Eigentümer autonom verfügen kann?

Weitere Probleme der Informationsgesellschaft mit ethischen Implikationen werden erst seit wenigen Jahren oder noch nicht in vergleichbarer Breite diskutiert.<sup>8</sup> 1. Digitale Spaltung („digital divide“): Es besteht eine Gefährdung der sozialen Gerechtigkeit in der Spaltung der Gesellschaft in Personen, die Zugang zur Informationsgesellschaft haben, und Ausgeschlossene, z. B. Haushalte mit niedrigem Einkommen, ältere Menschen, Behinderte (auch als „global digital divide“, als Gefälle zwischen Nord und Süd). 2. Ausbildung („education“): Der Ausbildungsprozess wird durch ICT-Einsatz und dessen Folgen für die soziale Gerechtigkeit grundlegend verändert. 3. Gleichstellung der Geschlechter („gender issues“): Wie verändert die Anwendung von ICT am Arbeitsplatz und im Privatleben die soziale Gerechtigkeit zwischen den Geschlechtern? 4. Kulturelle Diversität („cultural diversity“): Wie wirkt sich ICT auf die soziale Gerechtigkeit zwischen verschiedenen Kulturen aus (z. B. Dominanz der englischen Sprache)? Wird die kulturelle Diversität für zukünftige Generationen erhalten bleiben? 5. Kulturelles Erbe („cultural heritage“): Können zukünftige Generationen noch an unserem Wissen teilhaben, wenn heutige digitale Speichermedien in Zukunft nicht mehr lesbar sein werden? 6. Abhängigkeit und Vertrauen („dependability and trust“): Bedroht die zunehmende Abhängigkeit von ICT-Infrastrukturen die Autonomie des Individuums? Werden wir aufgrund der Komplexität der Struk-

turen gezwungen, zu vertrauen, ohne ausreichende Möglichkeiten der Nachprüfung zu haben? 7. Nachhaltigkeit in der Informationsgesellschaft („sustainability in the information society“)<sup>9</sup>: Eine Dematerialisierung kann durch ICT wesentlich unterstützt oder ermöglicht werden. Das Dematerialisierungspotenzial der ICT realisiert sich bisher allerdings nicht; der Weg der Industrieländer in die Informationsgesellschaft ist immer noch ein Weg steigenden Material- und Energieumsatzes pro Kopf der Bevölkerung.

Diese zwölf Problemfelder sind in der Entwicklung der Informatik zwischen der Zeit der Mainframe-Computer und der heutigen, von PC und Internet dominierten ICT ins Bewusstsein der (Fach-)Öffentlichkeit getreten. Es stellt sich die Frage, was sich durch Pervasive Computing spezifisch verändern wird. *Tabelle 2* zeigt unsere Einschätzungen in Bezug auf diese Frage. Ohne die Relevanz der zwölf Probleme insgesamt in Frage zu stellen, werden im Folgenden exemplarisch die Auswirkungen von Pervasive Computing auf die Sektoren Gesundheit und Umwelt behandelt.

### Auswirkungen auf die Gesundheit

Unter Gesundheitsaspekten bietet Pervasive Computing für die medizinische Behandlung und Pflege große Chancen. Besonders die Lebensqualität von chronisch Kranken, Rehabilitations- und Risikopatienten lässt sich verbessern. Ihre Abhängigkeit von stationären Einrichtungen wird durch neue Möglichkeiten der Fernüberwachung des Gesundheitszustandes (Personal Health Monitoring) und der aktiven Implantate abnehmen.

Den medizinischen Chancen stehen Risiken gegenüber, darunter unvorhergesehene Nebenwirkungen von aktiven Implantaten und mögliche psychische Folgen einer neuen „Apparatedizin“, welche die Patienten stärker überwacht. Unter Gesundheitsaspekten ist besonders die heutige Kontroverse um nicht ionisierende Strahlung (NIS) der Mobilfunknetze zu beachten. Pervasive Computing wird nur unter sehr weit reichenden Annahmen zu einer Stabilisierung oder Abnahme der alltäglichen NIS-Exposition führen. Wahrscheinlicher ist eine Zunahme, weil sich zusätzlich zu den Mobilfunknetzen drahtlose lokale Datenetze (W-LANs) ausbreiten werden. Diese werden

A Personal Perspective, New York 1982, verfügbar unter: <http://cis519.bus.umich.edu/cgi-bin/cis551-01.board.pl?read=1048> (Stand 31. 7. 2003).

<sup>8</sup> Vgl. auch Albert Kündig, A Basis for IT Assessment, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung beim Schweizerischen Wissenschaftsrat, Bern 2002.

<sup>9</sup> Vgl. u. a. Lorenz M. Hilty/Thomas F. Ruddy, Productivity in the Information Age, in: Futura, (2002) 2, S. 77–85; Siegfried Behrendt/Felix Würtenberger/Klaus Fichter, Falluntersuchungen zur Ressourcenproduktivität von E-Commerce, IZT Werkstattbericht Nr. 52, Berlin 2003, verfügbar unter: [www.izt.de](http://www.izt.de) (Stand: 31. 7. 2003).

zwar mit schwächeren Sendeleistungen betrieben, haben aber doch zur Folge, dass eine zusätzliche Infrastruktur mit NIS-Quellen aufgebaut wird. Mögliche Gesundheitsrisiken, die von NIS mit einer Intensität unterhalb der thermischen Wirkungsschwelle ausgehen, sind nach wie vor ungeklärt. Bestimmte biologische Effekte sind nachgewiesen und geben Anlass zur Vorsicht. Angesichts ernstzunehmender Hinweise auf eine besondere biologische Relevanz niederfrequenter Strahlungsanteile ist der gepulsten Strahlung und Always-on-Anwendungen besondere Beachtung zu schenken. Gerade beim Problem eines permanenten Hintergrunds niederfrequenter Stand-by-Strahlung wirkt Pervasive Computing mit seinem Trend zur zeitlich und räumlich unbegrenzten Verfügbarkeit von Kommunikation verstärkend. Vor dem Hintergrund, dass Pervasive Computing das Tragen von Strahlungsquellen am (tragbare Computertechnik, „wearables“) oder sogar im Körper (aktive Implantate) vorsieht, besteht dringender Forschungsbedarf. Die Strahlungsexposition kann auch bei Quellen mit niedriger Sendeleistung sehr hoch werden, wenn der Abstand zum Körpergewebe sehr klein ist.

### **Auswirkungen auf die Umwelt**

Pervasive Computing wird sowohl zusätzliche Umweltbelastungen als auch Entlastungen für die Umwelt mit sich bringen. Ob in der Summe die positiven oder die negativen Auswirkungen überwiegen, hängt hauptsächlich von den energie- und abfallpolitischen Rahmenbedingungen ab, unter denen sich Infrastrukturen und Anwendungen in den kommenden Jahren entwickeln.

Direkte (primäre) Wirkungen von ICT auf die Umwelt sind der Material- und Energieverbrauch in der Produktions- und Nutzungsphase sowie die Schadstoffbelastung bei der Entsorgung dieser Produkte. Pervasive Computing wird die Ökobilanz nicht grundlegend verändern. Die fortschreitende Miniaturisierung – siehe etwa die Fortschritte in der Nanotechnologie – wird mit hoher Wahrscheinlichkeit durch eine größere Anzahl und eine kürzere Nutzungsdauer der Komponenten mengenmäßig kompensiert oder überkompensiert werden. Mit einer zunehmenden Belastung von mikroelektronischen Wegwerfprodukten einschließlich Batterien für andere Abfallströme (Verpackungen, Textilien) ist jedoch zu rechnen.

Der Energiebedarf der Vernetzung, die für Pervasive Computing benötigt wird, kann einige Prozent des gesamten nationalen Stromverbrauchs erreichen, wenn keine Anreize zur Nutzung technischer

Energiesparpotenziale gegeben werden. Ein wesentlicher Einflussfaktor liegt darin, ob die Komponenten des Pervasive Computing ständig „online“ sind oder ob sie nur unter bestimmten Nutzungsanforderungen und zeitlich begrenzt aktiv werden. Während bei mobilen Komponenten ein Anreiz zu höchster Energieeffizienz gegeben ist und sich möglicherweise auch alternative Versorgungskonzepte etablieren werden (z.B. Solar- oder Körperenergie), besteht bei der stationären Infrastruktur und vernetzten Haushaltsgeräten das Risiko, dass sich ineffiziente Konzepte der Energienutzung weiterhin ausbreiten. Es ist nicht abzusehen, ob der Stromverbrauch der Aggregate und Netze allein durch Marktkräfte optimiert wird, und es ist unrealistisch, davon auszugehen, dass sich das Nutzungsverhalten ohne entsprechende Anreize in Richtung Energiesparen verändern wird. Der steigende Datenverkehr in den Nahnetzen des Pervasive Computing erfordert entsprechende Kapazitäten in den großräumigeren Netzen. Zum einen ist mit einem weiteren Ausbau und Nutzung des Leitmediums Internet zu rechnen, zum anderen werden neue Mobilfunkinfrastrukturen aufgebaut. Insgesamt ist zu vermuten, dass Pervasive Computing zu einem wachsenden Strombedarf der großräumigen Infrastruktur beitragen wird.

Diesen primären Umweltwirkungen stehen die Chancen gegenüber, durch die Anwendung von Pervasive Computing material- und energieintensive Prozesse zu optimieren oder durch reine Signalverarbeitung zu substituieren (Dematerialisierung). Die Entlastungspotenziale solcher Sekundäreffekte sind hoch und können die Primäreffekte bei weitem übertreffen, etwa, wenn durch die zunehmende Ortsunabhängigkeit von Tätigkeiten Verkehr vermieden wird. Diese Entlastungspotenziale werden jedoch nur dann realisiert, wenn ausreichende Anreize zu einem ökonomischen Umgang mit natürlichen Ressourcen bestehen. Andernfalls wird ein Wachstum der Nachfrage (Tertiäreffekte) die Einsparungen kompensieren. Bisherige Erfahrungen mit den Auswirkungen von ICT haben gezeigt, dass dieser Reboundeffekt in den meisten Fällen eintritt.

### **Effizienzsteigerungen und Reboundeffekte**

Informations- und Kommunikationstechnologien werden häufig in der Absicht eingesetzt, Vorgänge zu beschleunigen und Zeit einzusparen. Diese Effizienzsteigerung ist zwar nicht das einzige Motiv für den Einsatz von ICT, aber historisch betrachtet das wichtigste und zugleich ein gemeinsamer Nenner der vielfältigen Anwendungen. Alle

bisherigen Erfahrungen mit zeitsparenden Technologien (darunter ICT und Verkehrstechnik) haben jedoch gezeigt, dass durch die Beschleunigung kein absoluter Rückgang der Belastung des Menschen durch die jeweiligen Tätigkeiten eintreten muss. Die Belastung kann absolut betrachtet sogar zunehmen. Beispielsweise haben schnellere Verkehrsmittel nicht dazu geführt, dass wir durchschnittlich weniger Zeit im Verkehr verbringen. Vielmehr haben die zurückgelegten Entfernungen zugenommen. Obwohl E-Mails schneller geschrieben sind als Briefe, verbringen wir heute mehr Zeit mit E-Mails als früher mit der konventionellen Korrespondenz. Dieser so genannte Reboundeffekt kann mit ökonomischen Modellen erklärt werden. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass der Reboundeffekt beim Pervasive Computing ausbleiben wird. Ein Leben mit mehr Zeit für angenehme Tätigkeiten und weniger Stress gehört deshalb nicht zu den Vorteilen, die man von Pervasive Computing erwarten kann. Vielmehr werden mit der technisch ermöglichten Effizienz auch die generellen Erwartungen an die Leistungsfähigkeit des Einzelnen steigen, und zwar sowohl im Arbeitsmarkt als auch im Privatleben.

---

## Neue Anforderungen zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips

---

Die zunehmende Digitalisierung von Alltagsgegenständen und ihre Vernetzung stellen neue Anforderungen an das Vorsorgeprinzip. Ein wesentlicher Gedanke des Vorsorgeprinzips, wie es in die Umweltschutzgesetzgebung Eingang gefunden hat, ist es, schädliche Einwirkungen an der Quelle zu begrenzen, also die Emissionen zu minimieren und somit in der Wirkungskette möglichst weit vorne anzusetzen.

Es gibt drei Gründe, weshalb das Vorsorgeprinzip im Kontext der Informationsgesellschaft nicht nur in diesem Sinne verstanden werden kann. *Erstens*: Die Verbreitung von sehr breit eingesetzten Technologien (Massenprodukten) wie – schon der heutigen – ICT ist sozioökonomisch irreversibel. *Zweitens*: Eine hohe Anzahl von Emissionsquellen kann auch bei geringen Emissionen pro Einzelquelle zu unerwünschten Immissionsbelastungen führen. Hinzu kommt, dass die Betroffenen kaum Möglichkeiten haben, sich solchen ubiquitären Risiken zu entziehen. *Drittens*: Vorsorge gegen soziale Auswirkungen einer Technologie ist nicht mit dem Konzept der „Vermeidung schädlicher Einwirkungen“ zu fassen.

Diese Gründe gelten zum Teil auch bei anderen breit genutzten Technologien und sind daher nicht nur im Kontext der Informationsgesellschaft relevant. Sie gelten im Falle von Pervasive Computing aber in besonderem Maße, weil die massenhafte Nutzung dieser Technologie, ihre Allgegenwart und die Durchdringung aller Lebensbereiche erklärter Bestandteil der Vision sind.

Mit Blick auf die verbundenen Risiken sind nach Anwendung der Kriterien Irreversibilität, Verzögerungswirkung, Konfliktpotenzial und Belastung für die Nachwelt folgende Problemfelder als die wichtigsten (jedoch nicht die einzigen) für das politische System zu identifizieren:

– *nichtionisierende Strahlung*: Die durchschnittliche Exposition wird voraussichtlich zunehmen. Hier besteht Konfliktpotenzial, weil Nichtbenutzer von Pervasive Computing sich ähnlich wie Passivraucher einer von anderen verursachten Belastung ausgesetzt sehen werden. Es besteht dringender Bedarf, mögliche Gesundheitsrisiken weiter zu erforschen.

– *Stress*: Pervasive Computing kann aus mehreren Gründen Stress auslösen, darunter schlechte Benutzbarkeit, Störung und Ablenkung der Aufmerksamkeit, das Gefühl des Überwachtwerdens (Datenschutz), möglicher krimineller Missbrauch sowie steigende Anforderungen an die Produktivität des Einzelnen. Stress ist ein wichtiger Einflussfaktor auf die Gesundheit.

– *Unfreiwilligkeit*: Ein Teil der Konsumenten und Patienten könnte durch die Entwicklung in Richtung Pervasive Computing in eine Lage gebracht werden, in der sie diese Technologie unfreiwillig anwenden müssen (z.B. weil Alternativen nicht mehr angeboten werden) oder unfreiwillig mitfinanzieren (z.B. über steigende Krankenkassenbeiträge).

– *ökologische Nachhaltigkeit*: Der Verbrauch seltener Rohstoffe durch die Produktion von Elektronik und der Stromverbrauch durch die stationäre Infrastruktur könnten stark zunehmen. Wenn die Entsorgung von Millionen sehr kleiner Komponenten als Elektronikabfall nicht adäquat geregelt wird, gehen wertvolle Rohstoffe verloren und gelangen Schadstoffe in die Umwelt. Ein Monitoring ist hier die Voraussetzung für proaktive und angemessene Reaktionen auf die abfallpolitischen Aufgaben, z.B. zur Identifizierung von Stoffströmen, für die eine separate Erfassung der Mikroelektronik ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist. Handlungsspielräume liegen in der Diffusion ener-

gieffizienter Geräte, der Beeinflussung des Nutzungsverhaltens und der Ausschöpfung der Potenziale zur Energieeinsparung beim Aufbau neuer Infrastrukturen.

– *Verursacherprinzip*: Die Ursachen von Schäden, die durch das Zusammenwirken mehrerer Komponenten aus Computerhardware, Programmen und Daten in Netzwerken entstehen, sind in der Regel nicht aufzuklären, weil sich die Komplexität dieser verteilten Systeme weder mathematisch noch juristisch beherrschen lässt. Da mit Pervasive Computing die Abhängigkeit von solchen Systemen zunehmen wird, ist insgesamt ein Anstieg des durch unbeherrschte technische Komplexität entstehenden Schadens zu erwarten. Die Folge ist, dass ein wachsender Teil des Alltagslebens sich faktisch dem Verursacherprinzip entzieht.

Diese Problemfelder verweisen auf ein Dilemma, das für die Politik aus einer Abschätzung von Technikfolgen resultieren kann. Möchte man in einem erweiterten Sinn „an der Quelle“ ansetzen, also bereits die Entwicklung und Ausbreitung von Technologien regulieren, besteht die Gefahr von Ineffizienz und von Konflikten, weil die Maßnahmen z. B. als technische Handelshemmnisse gegen internationale Abkommen der Welthandelsorganisation (WTO) verstoßen könnten. Unterlässt man dagegen Maßnahmen, die weit vorne in der Kausalkette ansetzen, ist im Falle von Massentechnologien keine Vorsorge mehr möglich, sondern nur die nachsorgende Behandlung faktisch irreversibler Zustände. Notwendig ist deshalb eine innovative Technikbewertung und -gestaltung, welche dort ansetzt, wo eine Technologie mit einer Nutzungsidee verbunden wird. Dies hätte den Vorteil, dass sie schon in frühen Stadien der Technologieentwicklung wirksam werden können und zudem am Ort des umfangreichsten technologischen Wissens erfolgen.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Vgl. Florian Mehl, Komplexe Bewertung. Zur ethischen Grundlegung der Technikbewertungen, in: Technikphilosophie, 4 (2001), S. 112f.

Die Sensibilisierung für Problemlagen und Chancen, die Erzeugung von Problemsichten und Perspektiven stehen dabei im Mittelpunkt. Angesichts der hohen Komplexität und Dynamik von Innovationsprozessen im Bereich des Pervasive Computing und angesichts des Anspruchs, Freiräume der Entwicklung der Informationsgesellschaft möglichst offen zu halten, kommt der Politik neben der klassischen Rahmgestaltung zunehmend die Aufgabe zu, relevante Innovationsakteure zu mobilisieren und miteinander zu vernetzen. Als Beispiel für die „Aktivierung endogener Nachhaltigkeitspotenziale“<sup>11</sup> kann der vom Deutschen Bundestag angestoßene Roadmapping-Prozess zur Nachhaltigkeit in der Informations- und Kommunikationstechnik (NIK) angesehen werden.<sup>12</sup> Die bisherigen Ergebnisse des NIK-Projekts lassen keinen Zweifel daran, dass das Innovationsinstrument Roadmap zu positiven Ergebnissen führen kann.<sup>13</sup> Neben der Inangasetzung eines intensiven Dialogprozesses über die Chancen und Risiken einer nachhaltigen Unternehmensstrategie ist vor allem die wachsende Motivation der beteiligten Unternehmen zu nennen, die mittel- und langfristigen Möglichkeiten zu nutzen, um frühzeitig in Kooperation mit der Wissenschaft einen Orientierungsrahmen für Innovationen in Richtung Nachhaltigkeit zu schaffen.

**Internet-Empfehlungen der Autoren:**

<http://www.sustainable-ict.info>  
<http://www.roadmap-it.de>  
<http://www.ta-swiss.ch/>

<sup>11</sup> Vgl. dazu Klaus Fichter, Interaktive Innovationsmodelle, in: UmweltWirtschaftsForum (uwf), 10 (2002) 3, S. 18–23.

<sup>12</sup> Siehe unter: [www.roadmap-it.de](http://www.roadmap-it.de) (Stand: 31. 7. 2003).

<sup>13</sup> Vgl. Siegfried Behrendt, Roadmap für nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnik, in: uwf, 10 (2002) 3, S. 36–39.

## Digitalisierung der Medien

Kritiker der digitalen (R)evolution in den Medien kommen gerne mit folgendem Satz daher: Hätte man doch den Rundfunktechnikern zum Spielen eine Modelleisenbahn geschenkt, dann wäre der Kelch der Digitalisierung an Hörfunk und Fernsehen vorübergegangen. Jetzt seien eine Viertelmilliarde Euro allein in das Digitalradio versenkt worden – und keiner hört es.

Doch die Digitalisierung der Medien ist nicht mehr aufzuhalten und wird zu einem gesellschaftlichen und politischen Faktor. Im Großraum Berlin etwa bleibt seit Anfang August der Bildschirm der Fernsehgeräte schwarz, wenn deren Besitzer sich nicht rechtzeitig einen Digital-Decoder für den Empfang über die Hausantenne zugelegt haben. In diesem Pilotprojekt gehört die analoge Ausstrahlung des Fernsehens der Vergangenheit an – zweifellos ein Wendepunkt in der rund 70-jährigen Geschichte des Pantoffelkinos.

Während ich in Aachen diese Zeilen auf dem Laptop schreibe, höre ich über diese Multimedia-Maschine den Münchener Szenesender „Radio Deluxe“, nach eigenem Verständnis „Deutschlands erste und einzige Radiostation, die rund um die Uhr einen einmaligen Musikmix bringt: Smooth Jazz, relaxten Soft Soul und coole chillout Sounds. Garantiert ohne Moderation. Musik non-stop“. Die Betreiber der Station haben in der bayerischen Metropole eine Lizenz für die Kabelfrequenz (105,15 MHz) und für das Digitalradio. Die weltweite Ausstrahlung geschieht via Internet in einem „mp3-live-stream von 128 kbs“. Knisterfrei und fast in der Qualität, die man von der CD her kennt, kommt das Relax-Sound-Radio aus dem Laptop – drahtlos zudem wie beim herkömmlichen UKW. Denn ich nutze die WLAN-Technik („wireless local area network“) mit einem superschnellen DSL-Anschluss für das Internet.

Auf dieselbe Weise, wie inzwischen weltweit rund 6000 Radiostationen ihr Programm ins Netz pusten, gelangen auch mehr und mehr Videostreams auf die heimischen Computer. Der User saugt seinen Stoff für das Heimkino meist kostenlos von den Videosevernen. Und unermüdliche Fußballfans schauen ihr „Tor des Tages“ auf dem Handydisplay, wenn sie kein Ticket für das Stadion

mehr haben ergattern können: digitaler Alltag in der Medienlandschaft des Jahres 2003.

---

### Digital statt analog

---

Digital statt analog – mit der „Compact Disc“, der CD, begann vor rund 25 Jahren die Digitalisierung der Medien. Nicht mehr der magnetisierbare Tonträger auf Spule oder Kassette, auch nicht die ins Vinyl geritzte Rille waren für die Zukunft geschaffen, nein, die nach „Null“ und „Eins“ aufgelösten Signale der Digitalwelt haben bei Konsumenten wie Produzenten die eigentliche Faszination ausgelöst, in deren Bann sich selbst die Nachfahren Gutenbergs und Verfechter seiner Datenspeichertechnik ziehen lassen. Vorläufiger Höhepunkt: Im Rahmen des Weltkongresses „Bibliothek und Information“ in Berlin ist am 5. August 2003 „Vascoda“, die „digitale Bibliothek Deutschland“, freigeschaltet worden. Online können die Nutzer auf alles zugreifen, was auf die Archivserver gelangt ist.

Die CD bedeutete einen radikalen Schnitt für das System. Ihre Informationen sind mit Licht geschrieben und werden mit Lasern gelesen. Im Bearbeitungsprozess werden die analogen Schwingungen zu Bitströmen umgewandelt. Sie lassen sich auf magnetischen und/oder optischen Speichermedien ablegen. Die Geschwindigkeit der Rechenoperationen, die Kapazität der Leitungen wie auch der Speicher vergrößert sich nach dem „Moore’schen Gesetz“. Der Mitbegründer der kalifornischen Chip-Schmiede Intel, Gordon Moore, rechnete 1965 vor, dass sich die Prozessorgeschwindigkeit von Computern etwa alle 18 Monate verdoppeln wird. Kein Wunder, denn vom Kleinkind bis zum Landwirt geht bald jeder mit dem Computer durch den Alltag, und Angebote erzeugen Nachfrage, spornen den Erfindergeist an.

Die Medien, die sich am häufigsten in Rezipientenhand befinden, sind Bücher (an erster Stelle „Die Bibel“) und Fotos. In diesem Jahr wird die Zahl der verkauften digitalen Fotokameras erstmals die Zahl der klassischen Kleinbildknipser übersteigen. Neue Dienstleistungen wie Online-Print-Services lösen das chemische Fotolabor mehr und mehr ab. Und Zeitschriften, Magazine

sowie ganze Bücher lassen sich von E-Book-Servern downloaden. Die Texte und Grafiken erscheinen auf den Displays der Mini-PCs, den „Personal Digital Assistents“ (PDA) in der Größe zwischen Zigarettenschachtel und Videokassette.

Auf die Idee, die elektromagnetischen Wellen, die sich analog der Schallwellen verhalten, in Abschnitte zu zerlegen und zu kodieren, sind die „Meister mit den Goldenen Ohren“ gekommen. Diese Wandlung, fortan als Digitalisierung bezeichnet, führt zu Qualitätsverbesserungen im Signalverlauf und zum Bedienungskomfort in der Weiterverarbeitung. Im Gegensatz zum analogen Verfahren, bei denen die zu übertragenden Informationen in Form von Schwingungen dargestellt werden, geschieht diese Kodierung in langen Ketten in den digitalen Informationseinheiten „Null“ und „Eins“, Bit genannt. Der so entstandene Datenstrom enthält verschiedenste Informationen wie Töne, Texte, Bilder oder Software – Multimedia halt. „Digital Signal Processors“ (DSP) erledigen die Aufgabe, klein und fein. Die Geräte werden immer handlicher. So kann heute mit einem Laptop all das gesammelt, bearbeitet und verteilt werden, wofür in den siebziger Jahren 20-stöckige Funkhäuser geplant werden mussten. Und das Ganze ist überall da aufzubauen und zu nutzen, wo es ein Netzwerk gibt. Die Brecht'sche Radiotheorie, nach der jeder Hörer zum Lieferanten seines Programms werden kann, ist heute eine ganz praktische Möglichkeit; ein multimedia-tauglicher Laptop genügt.

Ob bei den nahezu unbegrenzten technischen Möglichkeiten auch die Inhalte mithalten, ob Innovationen auch in der Kommunikation folgen, ist allerdings bislang nicht zu erkennen. Schon in der analogen Phase der Massenmedien klappte das nicht. Mit dem Satellitenempfang und der Verbreitung von Kabelanschlüssen konnten eine Vielzahl neuer, zusätzlicher Programme in den Haushalten verbreitet werden. Die Sendungen gleichen sich jedoch meist bis ins Detail. Meinungs- und Wirkungsforscher haben beim Rezipienten Hör- und Sehgewohnheiten ausgemacht, an denen kein Programmierer vorbeikommt, will er die „Ware Rundfunk“ gewinnbringend verteilen. Da wird Vielfalt schnell zur Einfalt.

Es waren die Techniker aus den öffentlich-rechtlichen Anstalten Europas, die Mitte der achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts der Begrenzung an Qualität und Quantität bei den analogen Vertriebskanälen für ihr „Kulturgut Rundfunk“ zu entkommen versuchten. Die Digitalisierung galt ihnen als Allheilmittel, denn mit ihr lassen sich

Datenströme besser steuern, sind preiswerter und flexibler zu verteilen. Das Ganze hat allerdings einen Pferdefuß: Zugunsten des „Digital Audio Broadcasting“ (DAB) muss das bisher genutzte analoge UKW-Hörfunksystem komplett abgeschaltet werden.

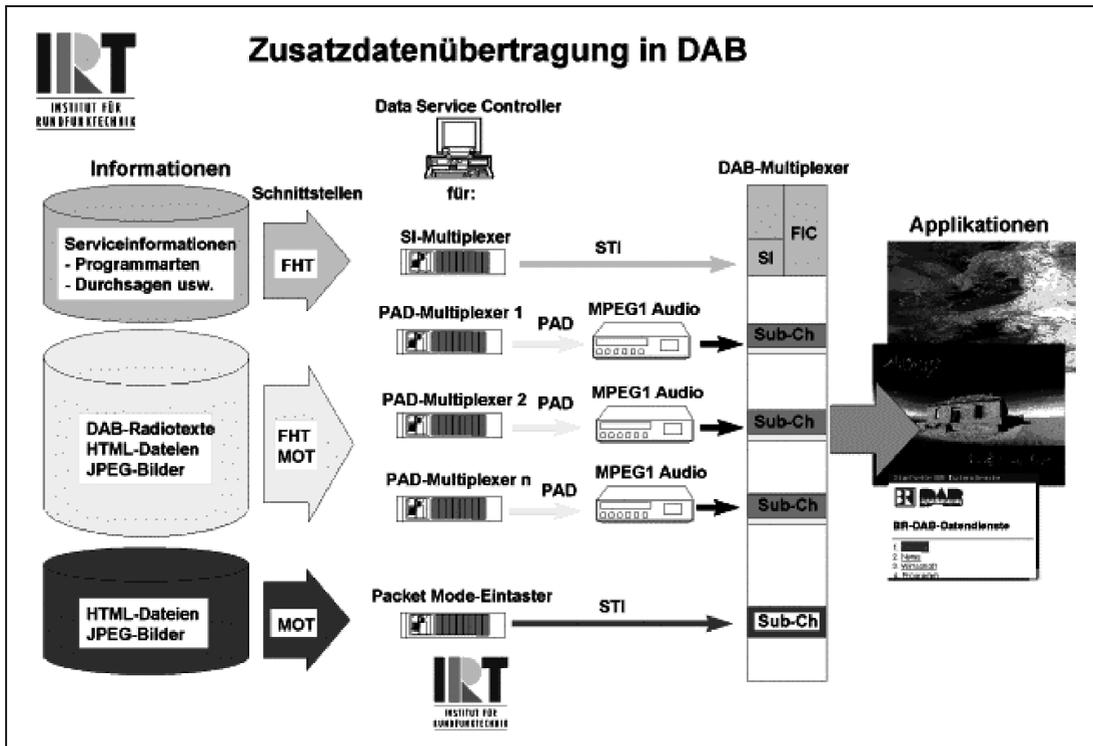
Vor zehn Jahren begannen die DAB-Strategen mit dem Aufbau des digitalen Rundfunksystems. Das ist sehr komplex, werden doch der hochfrequente Träger (meist der TV-Kanal 12 im VHF-Band) und die Datenströme mit der Modulation oder den Bildern, Texten, Videos nach dem COFDM-Verfahren („Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex“) gewissermaßen verzwirbelt. In so einem Block lassen sich beispielsweise sechs hochwertige Stereoprogramme senden (vgl. *Abbildung 1*).

COFDM fasst die Datenströme mehrerer Radio-Programme in einem Multiplexer zusammen, verschachtelt sie und verteilt sie auf verschiedene Trägerfrequenzen. Dadurch werden Verzerrungen beim Empfänger vermieden, die durch Reflexionen zum Beispiel an Gebäuden oder Berghängen in Tallagen entstehen und zu Verzögerungen des Signals führen. Dieser störungsfreie mobile Empfang ist eine der Stärken des DAB-Systems. Hinzu kommt die Ökonomie: Für die Versorgung mit digitalen Programmen in der von UKW gewohnten Vielfalt und Qualität wird nur ein Zehntel der Energie benötigt.

Die Entwickler des digitalen Hörfunks bedienen sich eines Tricks, der genau genommen eine Qualitätseinbuße bedeutet. Denn das Digitalradio nutzt Gegebenheiten und Effekte des menschlichen Gehörs aus. Dieses nimmt Töne, die unter einer bestimmten Mindestlautstärke liegen, nicht wahr. Daten, die sich unterhalb einer solchen „Ruhehörschwelle“ befinden, können also herausgefiltert werden. Alle derartigen Tonformationen in einem Musikstück werden aus dem zu übertragenden Signal entfernt. Beim Umwandeln, dem Decodieren, fügt eine Software dann wieder Bits hinzu. Diese psychoakustischen Effekte reduzieren den zu übertragenden Datenstrom ohne einen für den Hörer wahrnehmbaren Klangunterschied.

Wissenschaftler des Fraunhofer Instituts für Integrierte Schaltungen (IIS) in Erlangen haben diese Rechenprozesse als Partner im Standardisierungsverein „Moving Picture Experts Group“ (MPEG) optimiert. Dieser hat weltweit den Umgang mit Audio und Video in digitalen Systemen geregelt. DAB nutzt den „MPEG1-layer2-Standard“ für den Ton. Die Forscher vom Fraunhofer Institut gehen nach den Regeln des dritten „layers“ vor.

Abbildung 1: Digitale Datenübertragung



Quelle: Institut für Rundfunktechnik, München.

Mit ihrem Algorithmus „mp3“ ist ihnen der große Wurf gelungen. Es ist heute das dominierende Internet-Audio-Format, mit dem etwa das eingangs erwähnte Szene-Radio aus München zu hören ist, das den Austausch von Musikstücken über Tauschbörsen ermöglicht und mit dem Radioreporter ihre Berichte in die Studios mailen und per Satellit oder Telefonleitung live auf Sendung gehen.

## Digitale Medienrevolution

Ob „layer2“ oder „mp3“ – eine solche Audiodatei lässt sich blitzschnell in Computernetzen verschicken und redaktionell bearbeiten. Sie verbraucht wenig Speicherplatz auf Datenträgern, weshalb sie auf feuerzeuggroßen Abspielgeräten überall genutzt und gehört werden kann. Freaks können jetzt ihre komplette Schallplattensammlung unterwegs genießen. Und Reportagen und Berichte, die früher in zentralen Tonstudios aufwändig hergestellt und zwischen den Sendeanstalten über ein Tonleitungsnetz ausgetauscht wurden, streamen

nun von Server zu Server in einem „Corporate Network“.

Liegt ein Beitrag in der Datenbank, können ihn sich Redakteure in Flensburg und Bielefeld gleichzeitig anhören; in Stuttgart kann er zeitgleich gekürzt und im Kölner Morgenmagazin schon als „flash“ über die Antenne gehen. Schnelle Vermittlungsrechner, breitbandige Leitungen, gigantische Speicher und wieselflinke „content manager“ sind die Akteure im digitalen Audionetzwerk – zum Beispiel des ARD-Hörfunks.

Techniker der alten Schule müssen umdenken. Sie heißen jetzt Systemadministratoren. Zu ihren Aufgaben gehört es, dafür zu sorgen, dass der Datenstrom nicht abreißt, dass im Netzwerk verschwundene Dateien und Ordner („audiofiles“) wieder auftauchen. Sie schulen Redakteure, die neben dem Formulieren jetzt auch den Windows-Dateimanager beherrschen, mit der PC-Maus die „Ähs“ und „Plopps“ wegputzen und die Bits und Bytes so beschriften müssen, dass sie andere im Netzwerk auch wiederfinden. Das Löschdatum wird zum Stressfaktor: Braucht man zu lange für die Bearbeitung und hat vergessen, den Datensatz zu

sichern, ist die Arbeit unwiederbringlich futsch – digital ist eben „Null oder „Eins“, alles oder nichts.

Auch für die Hörerin und den Hörer hat die Digitalisierung revolutionäre Veränderungen bewirkt. Das begann mit dem Radio Data System (RDS), dem digitalen Huckepack-Dienst auf der UKW-Frequenz. Im Display des Empfängers werden die eingestellte Station, der gerade laufende Titel, die Telefonnummer der Hotline und die E-Mail-Adresse der Redaktion angezeigt. Auch hinterlegte Staukarten werden mit RDS-Daten visualisiert.

Die Wissenschaftsredaktion des Deutschlandfunks (DLF) versorgt schon seit zehn Jahren die Hörer von „Forschung aktuell“ mit einem Newsletter: Radio zum Nachlesen. Und seit fünf Jahren abonnieren bald 3000 Hörer die Monats-CD: Radio zum Nachhören. Die Sendungen eines Monats sind in „mp3-files“ abgelegt, jeder neuere CD- und DVD-Player spielt sie ab. Im Display oder auf dem Fernsehschirm sind die Themen und Sendetage zu lesen. Zunehmend suchen die Radiomacher aus Köln auch die Kooperation mit Fernsehsendern. Als der Westdeutsche Rundfunk vor zwei Jahren eine „Lange Computernacht“ realisierte, sendete der DLF parallel eine siebenstündige Talkshow bundesweit über UKW und als Video weltweit im Internet: Radio zum Sehen. Auch der „Ereigniskanal“ Phönix ist häufig Partner des DLF, wenn zusammen mit der Wochenzeitung „Die Zeit“ aktuelle Themen aus Kultur und Wissenschaft von führenden Köpfen debattiert werden.

Das Radio ist bereits in der Zukunft angekommen. Die Tage des analogen Radios sind nach Plänen der Bund-Länder-Initiative Digitaler Rundfunk gezählt. Das UKW-Netz soll etwa im Jahre 2015 stillgelegt werden. 200 Millionen Wecker- und Autoradios, Transistorradios und Tuner in der Stereoanlage allein in Deutschland werden zu Elektronikschrott. Die mehr als 300 Radioprogramme sind dann nur noch digital im DAB-System zu hören, und zwar mit neuen Empfängern. Noch hält sich die Industrie mit Geräten zurück. Zumindest in Großbritannien, in Skandinavien und in Südostasien brummt aber bereits der DAB-Markt. Dort bieten die Radiostationen auch spezielle Sendungen an, mit Texten und Bildern angereichert und mit nicht rundfunküblichen Dienstleistungen gekoppelt.

In der letzten Juli-Woche diesen Jahres hat die Internationale Telekommunikations-Union (ITU), eine Unterorganisation der UNO mit Sitz in Genf, einen weltweiten Digitalstandard für die Mittel- und Kurzwellen beschlossen. „Digital Radio

Mondial“ (DRM) haucht den energiezehrenden Sendern neues Leben ein. Ein von Fraunhofer-Forschern mitentwickeltes Verfahren bringt einen Sound auf der Kurzwelle, der dem eines UKW-Senders entspricht. Dabei reduzieren sich die Betriebskosten für den Senderbetreiber auf 20 Prozent der analogen Nutzung – bei gleicher Ausbreitung.

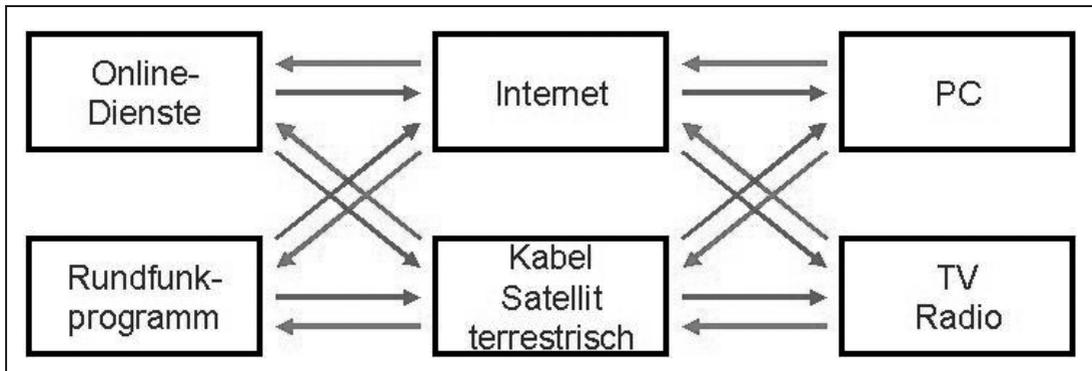
Seit Anfang August strahlen zum Beispiel die BBC und die Deutsche Welle ihren weltweiten Service teilweise im DRM-Modus aus. Zwar sind noch keine Endgeräte auf dem Markt, doch die werden ganz schnell kommen, sagen die Experten. Radios für die digitale Kurzwelle können herkömmliche analoge Sendungen ebenso empfangen wie die digitalen. Im Empfänger steckt zusätzlich ein daumen-nagelgroßer Chip zum Erkennen und Decodieren der Signale, Kostenpunkt: wenige Euro.

Das digitale Fernsehen ist bereits auf Sendung. Seit einigen Jahren sendet es vom Satelliten an Set-Top-Boxen, die ihren Namen vom Aufstellort ableiten, nämlich oben auf dem TV-Gerät. Diese Zusatzgeräte wandeln die Datenströme von der Schüssel in analoge Signale, die ein herkömmlicher Fernseher versteht. Der mittlerweile bankrotte Filmhändler Leo Kirch wollte mit seinen D-Boxen exklusives Bezahlfernsehen in Deutschland zum Renner machen. Es ist ein Flop geworden.

Mit der Deregulierung des Fernseh-Kabelnetzes sollte digitales Fernsehen ein breites Publikum finden. Zwar hat sich die lange Zeit den Markt monopolartig beherrschende Deutsche Telekom als Netzbetreiber zurückgezogen. Indes sehen die meist aus der Finanzwelt stammenden Nachfolger keine Perspektive im Um- und Aufrüsten der Kabel-Kopf-Stationen.

Die Innovation schlechthin stellt für die Medienbranche das über Antenne frei empfangbare Digitalfernsehen (DVB-T) dar – das T steht für terrestrisch, also über Antennen am Boden ausgestrahlt. Nach dem gleichen Verfahren wie beim Satellit oder Kabel werden die Videodatenströme über einen hochfrequenten Träger geschickt. So riesig ist der Unterschied zum DAB-System nicht. Die Bandbreite ist bei DVB-T höher, dafür die Fehlertoleranz vor allem beim mobilen Empfang geringer. Schon denken einige Strategen daran, DAB in DVB-T aufgehen zu lassen, aus zwei Systemen eines zu machen, indem je nach Bedarf und Inhalt („Content“) der eine oder andere Kanal genutzt wird. Da heute auch Mobiltelefone der dritten Generation (z.B. UMTS) neben Sprache auch Video, Foto und Text versen-

Abbildung 2: Konvergenz von Rundfunk und Internet



Quelle: Institut für Rundfunktechnik, München.

den und empfangen können, hat die Idee eines integrierten Netzverbundes ihren Reiz.

Solcherart Ansinnen weisen die Betreiber des ersten, ausschließlich digitalen Fernsehnetzes über die Antenne von sich, hat es doch schon viel Kraft gekostet, die Lizenznehmer von der Aufgabe ihres Kanals zu überzeugen. In Berlin ist es gelungen; öffentlich-rechtliche und private Sender funken nur noch digital. Rund 20 000 Antennen-Seher haben sich in den letzten Monaten mit den DVB-T-fähigen Set-Top-Boxen versorgt; einige Kabelkunden ebenfalls, denn für sie rechnet sich der Umstieg auf DVB-T. Die Box kostet rund 200 Euro, und dieses Geld ist durch die eingesparte Kabelgebühr in einem Jahr bezahlt. Die Auswahl an digital verbreiteten Programmen kommt dem Kabelangebot recht nah. In Berlin sind nun 25 DVB-T-Programme zu empfangen.

Mit Laptop oder PDA, mit portablen und mobilen TV-Geräten mit Flachbildschirm wird DVB-T zum „Überall-Fernsehen“: kein Zittern, kein Schnee oder Geisterbild, wenn der Fernseher sich bewegt. In Zügen, Straßenbahnen, Bussen zeigt das digitale Fernsehen seine Stärken. Programme können für kleine Zuschauergruppen kostengünstig verteilt werden. Schon schielen Dienstleister und Spielhändler auf das digitale Fernsehen. Software beispielsweise ließe sich effizient rundsenden.

---

## Rundfunk und Internet

---

Wie beim Hörfunk hat der Rezipient durch die Digitalisierung auch beim Fernsehen einige Vorteile. Er kann zum Beispiel selbst ins Geschehen

auf dem Bildschirm eingreifen. Interaktives Fernsehen nennt sich dieser Service. Ähnlich wie beim Internet stehen dem Zuschauer einer TV-Show oder eines Dokumentarfilms Zusatzangebote zur Verfügung. Dazu erscheinen Schaltflächen auf dem Schirm. Mit der Fernbedienung kann der Zuschauer seine Wahl treffen und die gestellte Frage eher beantworten als der Quizkandidat. Oder umfangreiche historische Dokumente lassen sich aufrufen, während der Film läuft, jüngst geschehen etwa beim TV-Mehrteiler „Napoleon“. Bisher getrennte Wege für Rundfunk und Internet wachsen zusammen bei der Darstellung neuer Inhalte (vgl. *Abbildung 2*).

Und wo wir schon beim Stichwort Internet sind: In den vergangenen Jahren verging keine Mediendebatte ohne das Stichwort Konvergenz. Gemeint ist das Zusammengehen von Internet und Fernsehen. In der Tat können Inhalte sowohl im einen wie auch im anderen Medium abgespielt werden. Auch der viel beanspruchte Rezipient ist irgendwann der vielen, immer neuen, zusätzlichen Geräten um sich herum überdrüssig.

Die Lösung könnte im Internet-Protokoll (IP) liegen. Dieser Standard regelt den Datentransport in Netzwerken, egal ob es sich um Webseiten handelt, um Videostreams oder Daten über die Abwasser-Qualität in einer Kläranlage. IP-fähige und mit einem Netzwerkanschluss versehene Geräte können als Radio in der Küche stehen oder im Auto eingebaut sein. Heute schleppen schon Millionen ein solches Gerät als PDA durch die Gegend. So auch ich mit meinem Laptop – auf dem ich immer noch das Münchener „Radio Deluxe“ höre.

## Erkundungen in der Nanowelt

*Die alldruckhaften Visionen, die gewisse Futurologen bisweilen von einer Zukunftswelt entwerfen, die durch Abgase vergiftet, vollgeraucht und in der energetischen oder thermischen Barriere steckengeblieben ist, sind unsinnig: In der nachindustriellen Entwicklungsphase bildet sich eine biotische Ingenieurskunst heraus, die alle Probleme dieser Art liquidiert. Die Beherrschung der Lebenserscheinungen gestattet es, künstliche Keimlinge zu produzieren, die man überall pflanzen kann . . .*

Stanisław Lem<sup>1</sup>

Wünschbare Technik kommt den Bedürfnissen des Menschen entgegen, ist funktional, effizient, erschwinglich; sie schadet niemandem, auch nicht der Umwelt. Wirklich gute Technik arbeitet so unaufdringlich, dass sie gar nicht als Technik erkannt wird. Nanotechnologie kann, quer durch alle naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen, umweltfreundlichere Materialien schaffen und – gewissermaßen unbemerkt – in allen Bereichen der Gesellschaft Anwendung finden. Die Nanomedizin etwa wird Krankheiten erheblich besser und schneller diagnostizieren und sogar behandeln. Ingenieure konstruieren ultraleichte „intelligente“ Materialien. In der Informatik wird über die Verschmelzung zwischen Computern bzw. den weltweiten Datennetzen und menschlichen Nervennetzen nachgedacht.

Die Elektronik ist eines der wichtigsten Instrumente der Nanotechnologie, um solche Art von Technik auf den Feldern Gesundheit, Kommunikation, Mobilität, Unterhaltung, Sicherheit und Wohnen zu fördern. In keinem anderen Technikfeld wurde eine so drastische Steigerung von Funktionalität und Produktivität zugleich erreicht; ein Grund dafür ist eine „positive Rückkoppelung“: Elektronik hilft bei der Entwicklung neuer Elektronik, Computer bauen Computer.

Nach der Erfindung des Transistors 1947 und deren Weiterentwicklung zur integrierten Schaltung setzte diese „positive Rückkoppelung“ mit vollem Elan ein. Innerhalb kurzer Zeit wurde die Röhrentechnologie abgelöst, schrumpften die Dimensionen der schaltenden Elemente von

Zentimetern auf Mikrometer. Der ungebrochene Schwung der Entwicklung wird beispielsweise die Mikroelektronik jetzt allmählich in die Nanoelektronik übergehen lassen, deren Maßstab nicht mehr das Mikrometer, das Tausendstel eines Millimeters, sondern das noch tausendfach kleinere Nanometer ist.

In den Industrieländern ist Elektronik allgegenwärtig, allein elektronische Bauelemente nehmen ein Marktvolumen von 226 Milliarden Euro ein. Diese Erfolgsgeschichte lässt gelegentlich vergessen, wie groß der Forschungsaufwand für ihre Realisierung war. Das gilt auch für die Grundlagenforschung: Ohne den in der Halbleiterphysik erzielten Wissenszuwachs wären ganze Elektronikzweige heute nicht existent. Die zahlreichen in Forschung und Entwicklung investierenden Firmen können sich in Deutschland auf eine wettbewerbsfähige Forschungslandschaft stützen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert vornehmlich solche Forschungsfelder der Nanoelektronik, die im Erfolgsfall das Kompetenzprofil des Standortes stärken und die Ansiedlung der entsprechenden Produktion in Deutschland nach sich ziehen.

Das Beispiel Nanoelektronik belegt: Nano boomt. Diese hierzulande bisher weitgehend nur in engen Zirkeln von Eingeweihten diskutierte Entwicklung ist gar nicht zu überschätzen. In den USA sind allein für das nächste Jahr Fördermittel in Höhe von 847 Millionen US-Dollar für die Nanotechnologie eingeplant. Vieles deutet daraufhin, das Nanotechnologie der Wachstumsmarkt des 21. Jahrhunderts sein wird.

---

### Alles Nano? Eine Einführung

---

Ein Nanometer (nm) ist der millionste Teil eines Millimeters und damit dermaßen unanschaulich, dass Vergleiche wie „ein Zentrifugillionstel eines Haars“ wenig hilfreich sind. Atome sind im Mittel noch zehnmal kleiner. Mittlerweile gibt es aber Instrumente wie das Rastertunnelmikroskop, mit denen man sich ein Bild von den Objekten dieser Nanowelt machen kann, und diese Bilder sind wie-

1 Stanisław Lem, Sternstagebücher, Frankfurt/M. 1973.

der mehr oder minder begreifbar. Wenn eine Technologie mit Nanometern operiert, spricht man von Nanotechnologie. Die Bezeichnung ist nicht streng definiert.<sup>2</sup>

Nanotechnologie ist im Prinzip nichts Neues, die Natur fährt seit dreieinhalb Milliarden Jahren gut damit. Denn ungefähr so alt ist die Photosynthese, die Umwandlung von einfachen Verbindungen in komplexere, nahrhafte, durch die Energie des Lichtes. Der nanoskalige Photosyntheseapparat ist ein Wunder der naturgegebenen Nanotechnologie, für dessen weitgehende Entschlüsselung Nobelpreise verliehen wurden.

Natürliche Nanotechnologie ist allgegenwärtig. In den Zellen des menschlichen Körpers arbeiten bis zu hunderttausend Nanomaschinen – pro Zelle – pausenlos ordinäre Materie, wie sie in jedem Pausenbrot zu finden ist, in Strukturen für Muskeln, Hirnschmalz oder Fingernägel um. Ribosomen heißen diese 15 bis 25 nm messenden Konstrukte, die von Abschnitten der Erbsubstanz DNA, einem Nano-Speicherband, instruiert werden. Im Körper der Durchschnittsleserin bzw. des Durchschnittslesers sind in diesem Moment vielleicht 1 000 000 000 000 000 Ribosomen aktiv. Nanotechnologie funktioniert also. Biologen wie Ada Yonath vom DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron) bei Hamburg haben die Struktur der „Nanomaschine Ribosom“ mittlerweile so genau rekonstruiert, dass sie für unerwünschte Bakterien molekulare Pfropfen entwerfen können, die deren Ribosomen blockieren – nanotechnologische Medikamente gewissermaßen.<sup>3</sup>

Die Idee von menschengemachter, selbstvermehrungsfähiger Nanotechnologie nach dem Vorbild der Natur, deren Urheberschaft heute vornehmlich amerikanische Visionäre für sich beanspruchen, ist nach menschlichen Maßstäben so neu nicht. In den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts schon ließ der polnische Technologiephilosoph Stanisław Lem seinen Piloten Ijon Tichy die Segnungen dieser Technologie erfahren. Tichy wird in den „Sternstagebüchern“ mit einem Nano-Keimling bewirtet: „Der Keimling, mit einigen Löffeln Wasser übergossen, schwoll an und verflachte, so dass ich nach einer Weile eine köstlich gebräunte Kalbsscheibe vor mir hatte.“ Tichy weiß auch, dass

2 Vgl. Mathias Schulenburg, Nanotechnologie – die letzte industrielle Revolution?, Frankfurt/M. 1995; ders., Nanotechnologie – Innovationsschub aus dem Nanokosmos, VDI-Technologiezentrum 1998; Michael Groß, Expeditionen in den Nanokosmos, Basel 1995.

3 Vgl. Mathias Schulenburg, Die Gläserne Zelle, Ms., Deutschlandfunk, Köln 2002; ders., Kristallographie in Deutschland, Ms., Deutschlandfunk, Köln 2002.

selbst nichtorganische Gegenstände aus nanotechnologischen Keimlingen sprießen können: „Man beträufelt sie mit einer Handvoll Wasser, und im Nu wächst das erforderliche Objekt daraus hervor. Um die Frage, woher ein solcher Keimling die Kenntnisse und die Energie für eine Radio- oder Schrankgenese nimmt, braucht man sich ebenso wenig zu kümmern, wie wir uns nicht dafür interessieren, woher ein Unkrautsamenkorn die Kraft und das Wissen nimmt, aufzugehen.“

Das exakt ist das Feld der starken, der „Bottom-Up“-Nanotechnologie, auf dem Futurologen, Romanciers und Warner wie K. Eric Drexler, Ed Regis oder Michael Crichton derzeit schöne Erfolge erzielen, wo sich „Nanobots“ tummeln, Grey Goo das Publikum schaudern lässt und Dora Kent auf Wiederauferstehung hoffen würde, wäre sie nicht tot.<sup>4</sup> Wir werden darauf selbstverständlich zurückkommen, wenden uns zunächst aber Dingen zu, die auch das Finanzamt interessieren könnten.

---

## Nanotechnologie „Top-Down“

---

### Nanoelektronik

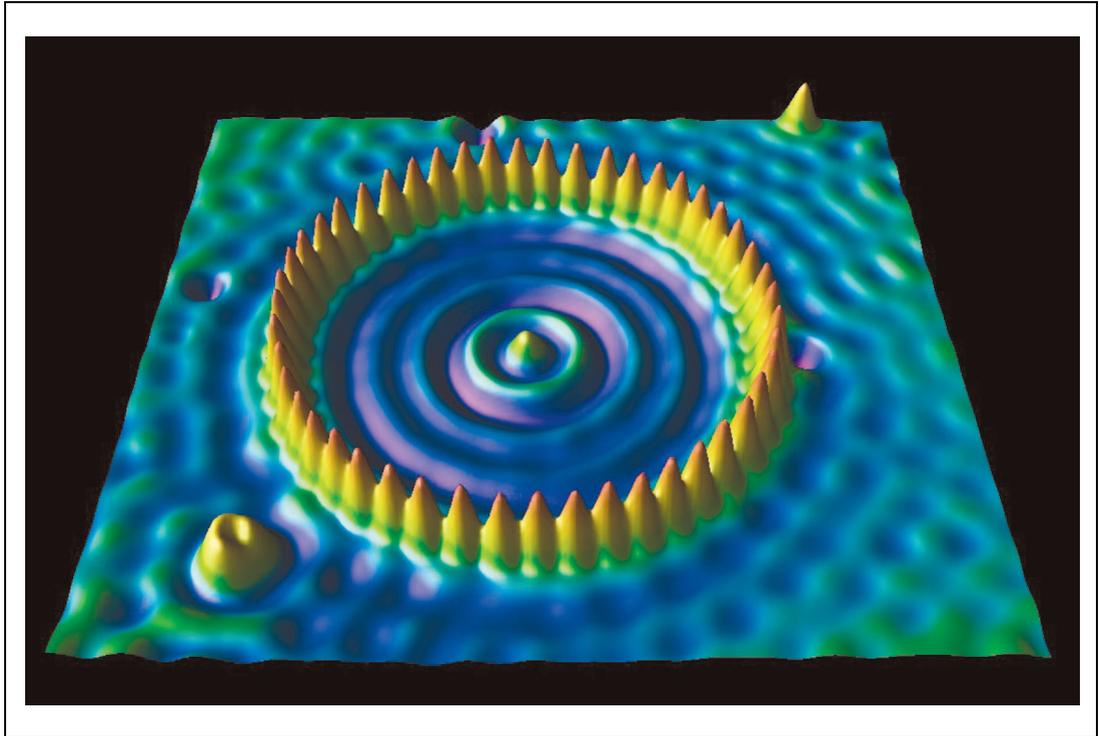
Als „Top-Down“ wird diejenige Nanotechnologie-Variante bezeichnet, die mit Großgeräten kleinste, nanoskalige Strukturen schafft, manipuliert oder entschlüsselt.<sup>5</sup> Besonders augenfällig ist die Mikroelektronik, die sich gerade zur Nanoelektronik wandelt, denn in modernen Computerchips gibt es bereits Strukturen von nur mehr 130 Nanometern Breite. In solchen Strukturen liegen gerade einmal 550 Siliziumatome nebeneinander, eine überschaubare Zahl; neun Mal noch könnte diese Zahl durch zwei geteilt werden, dann wären die Strukturen nur mehr ein Atom breit, und weniger ist prinzipiell nicht möglich. Das Moore'sche Gesetz von der wundersamen Transistorvermehrung auf einem Chip besagt, dass sich die Anzahl aller Transistoren alle 18 Monate verdoppelt. Müssten die Strukturen im gleichen Takt schrumpfen, gäbe es nur noch dreizehneinhalb Jahre lang Fortschritt.

Strukturbreiten von einem Atom sind natürlich unrealistisch, und es wird lange vor diesem Limit andere Schwierigkeiten geben, etwa bei der Verbindung der einzelnen Transistoren auf einem

4 Vgl. K. Eric Drexler, Engines of Creation, New York 1986; Ed Regis, Great Mambo Chicken and the Transhuman Condition, London 1990; ders., Nano, New York 1995; Michael Crichton, Beute, München 2002.

5 Vgl. Förderkonzept Nanoelektronik, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn 2002.

**Abbildung 1: Quantenkorral – ein Käfig von Eisenatomen auf Kupfer lässt Elektronen Wellen schlagen**



Quelle: Crommie, Lutz & Eigler, IBM Corporation, Zürich.

Chip miteinander, ihrer Verdrahtung, dem „wiring“. Wenn die Chipstrukturen nanometerfeine Dimensionen annehmen, beginnen überdies „Tunnelströme“ zu fließen, die sich als Leckstrom äußern, die Leistungsaufnahme des Chips erhöhen und auch sonst zu Störungen führen können. In der Nanowelt beginnt die Wellennatur der Elektronen bedeutsam zu werden, was neue Herausforderungen für das Chipdesign mit sich bringt (vgl. *Abbildung 1*). Die Nanoelektronik steuert also auf eine prinzipielle Mauer zu.

Das muss nicht bedeuten, dass sich die bisherige Leistungssteigerungsrate schnell verlangsamt, denn die Entwickler finden immer neue Tricks. Bei winzigen Dimensionen etwa wird nicht nur die Verdrahtung auf einem Chip kritisch, auch die Einstellung der elektronischen Eigenschaften der Halbleiter durch das Einbringen von Fremdatomen, die Dotierung, stößt auf prinzipielle Schwierigkeiten. So kann die Verteilung der Dotierungsatome, die prozentual nur in sehr kleinen Mengen eingebracht werden, in winzigen Arealen nicht mehr gleichmäßig sein. Es ist wie beim Rosinenbrot: Während man sicher sein kann, dass der ganze Laib Rosinen enthält, ist die Präsenz einer

Rosine umso ungewisser, je dünner die Brotscheiben werden. In winzigen Arealen lässt sich die Dotierung jetzt kunstvoll durch elektrische Felder ersetzen. Die Halbleiterspezialisten an der RWTH Aachen um Heinrich Kurtz realisieren sauber schaltende, praxistaugliche Transistoren mit Abmessungen von nur mehr zehn Nanometern – eine Länge von gerade mal 43 aneinander gereihten Siliziumatomen.

Die Prognosen werden auch dadurch kompliziert, dass den Entwicklern immer wieder neue Effekte zu Gebote stehen. So nutzt die bisherige Halbleiterelektronik nur die elektrische Ladung des Elektrons. Elektronen haben aber noch eine andere Eigenschaft, den so genannten Spin, der sich als Drehung des Elektrons deuten lässt, die sich als winziges Magnetfeld äußert. Erst 1999 wurde entdeckt, dass in Halbleitern spinpolarisierte Ströme erzeugt werden können, Flüsse von Elektronen mit einstellbarer Spinausrichtung.

Damit erschließt sich der Nanoelektronik ein neues weites Feld, das sogar in die Optik hinein reicht, ein Gebiet von Gernot Güntherodt vom Physikalischen Institut der RWTH Aachen. Güntherodt sieht die Chance, mit einstellbaren Spins

in einem magnetischen Halbleiter eine ganz neue Elektronik aufzubauen, die überdies sehr schnell zu werden verspricht: Während bei der herkömmlichen Elektronik die Elektronen ein Stück Weg zurücklegen müssen – es fließt ja ein Strom –, müssten sich die Speicherelektronen einer *Spintronic* für einen bit-Zustandswechsel gleichsam nur im Bett wälzen, jetzt links statt rechts herum oder umgekehrt. Als erstes Produkt wird ein magnetischer Schreib-/Lesespeicher erwartet, ein RAM (*random access memory*), mit geringem Strombedarf, nicht-flüchtig, ein Speicher, der seine Information also nicht verliert, wenn er abgeschaltet wird: nützlich etwa für Notebooks, die blitzschnell wieder anspringen.<sup>6</sup> Die realisierten Spintransistoren allerdings könnten, anders als elektronische Transistoren, nur als Schalter dienen, nicht als Verstärker – was für digitale Schaltungen in der Regel aber auch nicht notwendig ist.

### **Nano-Schichten für eine leuchtende Zukunft**

Eine andere Nanotechnologie erregt weniger Aufsehen, obwohl sie sogar im Wortsinne brillant ist: die Kunst, nanometerdünne Schichten ausgesuchter chemischer Elemente und Verbindungen übereinander zu legen. Ohne diese Technologie gäbe es keine Leuchtdioden, die mittlerweile auch in der Farbe Weiß brillieren, es gäbe keine DVD- oder CD-Spieler und -Brenner, weil die Halbleiterlaser fehlen würden, und es gäbe keine Hochfrequenzkommunikation via Handy oder WLAN (Wireless Local Area Network), denn die schnellen Schwingungen sind nur mit Verbindungshalbleitern möglich.

Dabei handelt es sich um Halbleiter, die nicht nur aus einer Atomsorte zusammengesetzt sind wie Silizium, sondern aus mehreren wie Gallium-Arsenid oder Indium-Phosphid. Die heute interessantesten Elemente wie Gallium und Indium sind teils eher „niedriger“ Abkunft: Gallium wird unter anderem aus der Flugasche von Kohlekraftwerken gewonnen, Indium steckt in der Flugasche von speziellen Kupferhütten. Als hoch reine Elemente sind Gallium und Indium heute tragende Säulen einer Milliardenindustrie.

Ob die Synthese eines einzelnen Halbleitersystems gelingt oder nicht, kann heute ganze Industrien und sogar Volkswirtschaften beeinflussen, wie die Geschichte des blauen Halbleiterlasers zeigt. Jahrelang war nur ein japanisches Unternehmen in der Lage, Kleinserien von Laserdioden mit blauem

Licht aufzulegen. Jetzt endlich steht der blaue Diodenlaser vor der Massenfertigung. Das Halbleitermaterial für blaue Diodenlaser ist Galliumnitrid, also Gallium mit Stickstoff. Durch die atomgenaue Schichtung beider Elemente lässt sich eine Wertsteigerung erzielen, an der gemessen der Traum der Alchemisten vom künstlichen Gold eine Alberei war. Denn mit einem blauen Halbleiterlaser werden ganze Industriezweige neu definiert. Bezahlbares Laserfernsehen wird möglich, die optische Datenübertragung erneut beschleunigt, auch sind optische Speicher höchster Dichte realisierbar. Der „Blue-ray-disc“-Standard, auf den sich neun führende Unternehmen der Unterhaltungselektronik 2002 verständigt haben, sieht für eine modifizierte DVD ein Datenvolumen von erst einmal dem Fünffachen einer herkömmlichen DVD vor, möglich durch die kürzere Wellenlänge und damit bessere Fokussierbarkeit blau-violetten Lichts.

In der Dünnschicht-, „Szene“ sind immer wieder Überraschungen zu erwarten. Wer auf eine einen Nanometer messende Schicht von Wismut-Tellurid eine Schicht von fünf Nanometern Antimon-Tellurid legt und diesen Prozess oft genug wiederholt, erhält einen Halbleiter mit exotischen Eigenschaften: Von Strom durchflossen, wird die eine Seite der Schichtenfolge heiß, die andere bleibt kalt. Dieser thermoelektrische Effekt kann etwa zum punktgenauen Kühlen von Chips genutzt werden oder winzige Bioreaktoren betreiben, die durch schnelle Temperaturwechsel DNA vermehren. Wer umgekehrt über billige Wärmequellen wie Erdwärme verfügt, kann mit solchen thermoelektrischen Schichten preiswert Strom produzieren. Verbindungshalbleiter aus Indium-Gallium-Nitrid, InGaN, könnten bald Solarzellen liefern, deren Wirkungsgrad um 50 bis 70 Prozent erhöht ist.<sup>7</sup>

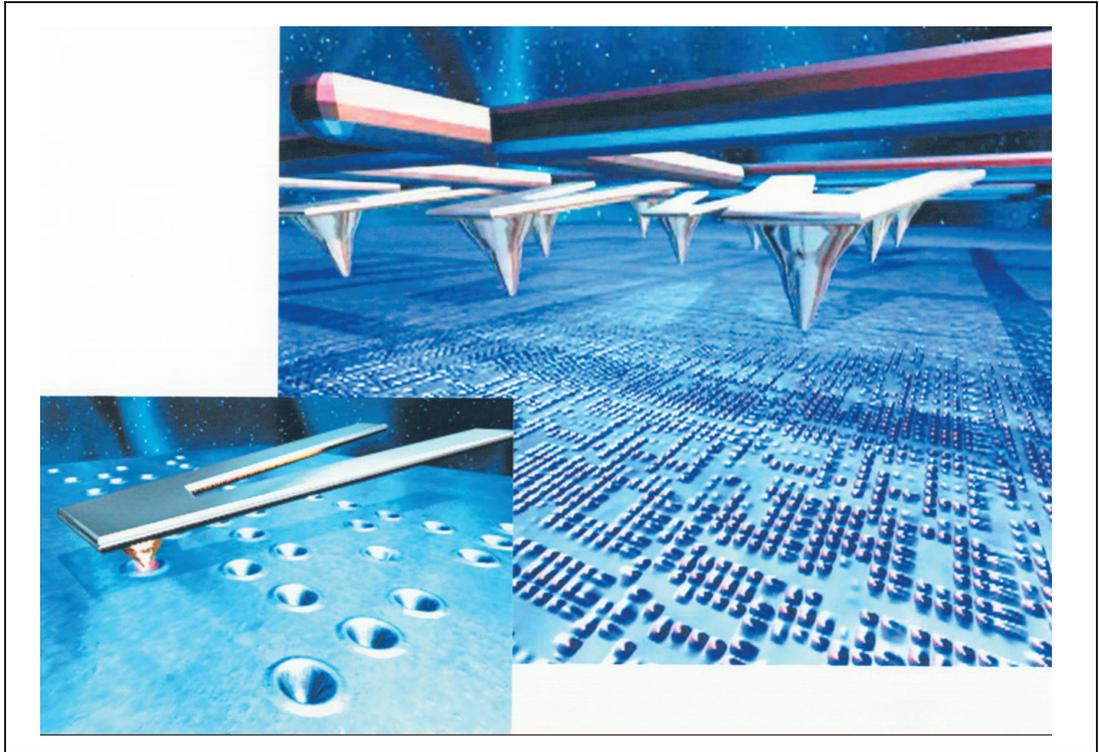
### **Nanopartikel**

Die dritte „Top-Down“-Nanotechnologie-Variante, mit der jetzt schon richtig Geld verdient wird, ist die Nanopartikel-Technologie. Winzige Volumina haben relativ gesehen eine sehr große Oberfläche, die sich mit allerlei Beschichtungen versehen lässt, so dass sich die Eigenschaften zweier Materialien kombinieren lassen. Nanopartikel können überdies Eigenschaften entwickeln, die das Material in größeren Portionen nicht besitzt; nanoskalige Goldkolloide etwa werden bunt und können so dauerhaft Gläser färben.

<sup>6</sup> Vgl. Mathias Schulenburg, *Nanoelektronik*, Ms., Deutschlandfunk, Köln 2003.

<sup>7</sup> Vgl. ebd.

**Abbildung 2: Millipede – Tausendfüßler für die Speicher von morgen**



Quelle: IBM Corporation, Zürich.

Nanopartikel sind so klein, dass sie das Licht nicht streuen, deshalb auch ist die Nase des Strandwächters von heute nicht mehr weiß: Das schützende Titanoxidpulver in der Sonnenschutzcreme, früher weiß, weil mikroskalig, ist heute nanoskalig und damit unsichtbar, ebenso wie die Nanopartikelbeschichtung, die Plastikbrillen kratzfest macht.

### **Röntgenlaser für die Molekül-Strukturanalyse**

Die spektakulärste „Top-Down“-Nanotechnologie wird derzeit vom DESY bei Hamburg vorangetrieben; sie ist kilometerlang und wiegt Tausende Tonnen, die unter anderem – in übertragenem Sinne – auf einzelne Moleküle geworfen werden sollen: Mit einem Schuss des Röntgenlasers TESLA X-FEL und etwas Glück wird sich demnächst die Struktur eines einzelnen Biomoleküls enthüllen lassen. Mit einer Serie von Röntgenblitzen sind sogar Details chemischer Reaktionen zugänglich.

Mit TESLA X-FEL wird man dem sub-nanoskaligen Inneren raffiniert gebauter Materie mit bislang ungekanntem Tempo zu Leibe rücken können. Was dagegen Oberflächen angeht, so hat das von Gerd Binnig und Heinrich Rohrer entwickelte

Rastertunnelmikroskop höchsten Ruhm verdient – und bekommen. Heute hat die mit einem Nobelpreis gekrönte Erfindung ganze Familien von Mikroskopen für den Nanokosmos gezeugt und so die Nano-Aufregung erst losgetreten.<sup>8</sup>

### **Millipede**

Eine besonders bemerkenswerte Rastersondenvariante heißt Millipede: Tausendfüßler. Während in einer konventionellen Rastersonde üblicherweise nur eine Spitze aktiv ist, arbeitet in der neuesten Version des „Millipede“-Projektes von IBM ein Feld von 4 000 Spitzen zugleich (vgl. *Abbildung 2*). Die Spitzen sind einzeln elektrisch bis auf 400 Grad beheizbar, sie sind an 70 µm (Mikrometer) langen und 0,5 µm breiten Balken befestigt, die sich individuell absenken lassen. Wenn das in der Millipede von IBM geschieht, drücken die beheizten Spitzen auf eine hauchdünne Plastikfolie und schmelzen ein winziges, 10 nm breites Loch hinein; es entsteht ein Informationsfeld aus Nano-Dellen.

<sup>8</sup> Vgl. Highlights der Physik, Zukunftsmaschinen, Broschüre der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG), Bad Honnef 2003.

Schwächer beheizte Spitzen lassen die Plastikfolie unbehelligt, können anhand ihres Wärmeverlustes aber fühlen, ob sie in eine Delle eingetaucht sind. Mit Wärme also lassen sich Informationen lesen und schreiben, sogar wieder löschen. Es ist verblüffend, welche Speicherdichten dieses krude anmutende Verfahren hervorbringt. Im Experiment belegt sind 20 Gigabyte pro Quadratzentimeter. Beim Schreiben und Lesen wird das gesamte Spitzenfeld von einer Elektromechanik ähnlich der in einem CD-Spieler über eine gerade mal 7 mm<sup>2</sup> große Folie gefahren. Die Datentransferate soll auch anspruchsvolle Anwendungen wie Video zulassen. Auf die Fläche einer Briefmarke würde so der Informationsinhalt von 25 DVDs passen.

Mikro-/Nano-Mechanik dieser Art, versichern die Entwickler, sei trotz der winzigen Strukturen sehr robust, schließlich seien diese auch nur sehr kleinen Kräften ausgesetzt. Millipede ist nicht nur für die Datenspeicherung interessant, die einzeln ansteuerbaren Ärmchen könnten auch mikroskopische Objekte vermessen, manipulieren, zwicken, etwa auf dem *lab-on-a-chip*, einem der ehrgeizigsten Ziele der Nanotechnologie.

---

## Nanotechnologie „Bottom-Up“

---

Ein Walfisch wird „bottom up“ hergestellt: Eine winzige Spermatozoe verbindet sich mit einem winzigen Ei und wächst, durch die Arbeit einiger Phantastilliarden Nanomaschinen und den tonnenweisen Verzehr von Krill aus dem Mikrokosmos zu einem schiffsschweren, komplizierten, makrokosmischen Gebilde heran. Ähnlich möchten manche Nano-Visionäre auch industrielle Güter reifen sehen, eben „bottom up“.

Das wird nicht einfach. Wenn ein Mann und eine Frau sich einfach so verlieben, sagt man, zwischen ihnen stimme die Chemie. Das, sagt wiederum Richard Smalley, Chemienobelpreisträger des Jahres 1996, sei eine recht gute Verwendung des Begriffs Chemie, denn das Zusammenfinden zweier Atome oder Moleküle in einer chemischen Bindung sei ebenfalls ein recht komplexer Tanz in drei Dimensionen. Und es fänden keineswegs alle Arten von Molekülen zueinander. Das allein mache die Vorstellung eines *Nanobots*, eines nanoskaligen Roboters, eines *Assemblers* nach dem Muster K. Eric Drexlers, der nahezu beliebige Materie zu seinesgleichen formen kann, unwahrscheinlich. Dann aber, und vor allem: Wenn ein

solcher *Assembler* Materie Atom für Atom zusammenfüge, müsse er das mit „Fingern“ machen, die ihrerseits aus Atomen bestehen und notwendigerweise eine gewisse Mindestdicke hätten. Und es wäre nicht nur das erwählte Atom zu greifen, beim „Assemblieren“ wären alle Atome eines Kubiknanometers zu kontrollieren, und da kämen sich die Finger zwangsläufig ins Gehege; soweit das „Fette-Finger-Problem“. Hinzu käme das „Klebrige-Finger-Problem“: Die gegriffenen Atome würden sich, sortenabhängig, nicht beliebig greifen und wieder abstreifen lassen, sie würden eben Bindungen eingehen – ein aus dem Alltag bekanntes Phänomen. Es ist nicht so einfach, ein klebriges Kügelchen wieder vom Finger zu bekommen. Und das seien prinzipielle Einwände, an denen kein Weg vorbei führt; mit mechanischen Nanobots also könne es nichts werden.<sup>9</sup> So ist die Furcht, dass sich Heere von Nanomaschinen über die Welt hermachen könnten, um sie in *Gray Goo*, grauen Schmer zu verwandeln, unbegründet, ebenso die Hoffnung, mit *Assemblern* ließen sich beliebige Gegenstände in Massen produzieren.

K. Eric Drexler hatte in „Engines of Creation“ ein langes Kapitel eingeschlossen, „A Door to the Future“, in dem die Konstruktion von winzigen Zellreparaturmaschinen in Aussicht gestellt wird, die auch in der Lage sein sollten, Frostschäden zu beheben. Frostschäden entstehen, wenn ein Gewebe so langsam gefrostet wird, dass während des Abkühlens Eiskristalle entstehen, die das empfindliche Innere einer Zelle – die Mikrotubuli, um nur eine Struktur zu nennen – während ihres Wachstums zerreißen und also zerstören. Kein Problem für *Assembler* in der Gestalt nanoskopischer Zellreparaturmaschinen: Diese sollten in der Lage sein, Zelle für Zelle die ursprüngliche Ordnung wiederherzustellen. Dieses Versprechen brachte Drexler in die bedenkliche Nähe zu Unternehmen, die mittels Stickstoff-Frostung ganze Menschen nach ihrem Ableben konservieren, mit der als begründet dargestellten Aussicht, fortgeschrittene Techniken der Zukunft könnten eine Rekonstruktion bewerkstelligen. Da begab es sich, so Ed Regis in „Great Mambo Chickens and the Transhuman Condition“, dass im Dezember 1987 Dora Kent, 83 Jahre alt, im Sterben lag. Ihr liebender Sohn verfrachtete sie zur Alcor Life Extension Foundation in Riverside, Kalifornien, einem Unternehmen, das sich auf die Stickstoffkonservierung Verstorbener spezialisiert hat. Dora Kents Kopf wurde, kaum schien sie verschieden, abge-

9 Vgl. <http://www.ruf.rice.edu/~smalleyg/rick's%20publications/SA285-76.pdf>.

trennt und eingefroren. Dann wurde die Sache kompliziert, weil nicht ganz geklärt war, in welcher Phase des Dahindämmerns Dora Kent kopflos wurde. Drexler wurde um ein Gutachten gebeten, was die Aussicht auf Wiederbelebung angeht. Mit einem Heer von virtuellen Zellreparaturmaschinen im Rücken konnte er nicht anders als positiv urteilen. Nanoroboter in Zellgröße, also im Mikrometermaßstab, gelten durchaus als seriöser Forschungsgegenstand.

Das gilt auch für die supramolekulare Chemie. Ein Molekül ist ein stabiler Verbund von Atomen. Ein Supramolekül ist ein stabiler Verbund von Molekülen. Die supramolekulare Chemie hat in den letzten Jahren molekulare Konstrukte schaffen können, die schon sehr an Maschinenteile für den Nanokosmos erinnern. Die Chemiker sprechen von „Funktionsmolekülen“: Replikatoren, Lichtsammler, molekulare Pinzetten etc. Synthetische Ionenkanäle können an Bakterienzellen andocken, deren Elektrolythaushalt stören und so antibiotisch wirken. Nach molekularen Motoren wird bereits geforscht. Fritz Vögtle und Mitarbeiter arbeiten am Kekulé-Institut in Bonn an Behältermolekülen, die auf ein Lichtsignal hin ihren Inhalt freigeben – die supramolekulare Chemie kommt den Visionen der „Bottom Up“-Nanonauten noch am nächsten.<sup>10</sup>

---

### „Up-Top-Bottom-Down“: Viren für Quantencomputer

---

Die Nanotechnologie bezieht einen Großteil ihres Reizes aus dem Umstand, dass sie sich nicht auf eine Disziplin beschränken lässt, denn Nanostrukturen treten überall auf. Folgerichtig arbeiten in Sachen Nano Wissenschaftler ganz unterschiedlicher Herkunft zusammen: Biologen, Chemiker, Physiker, Computerspezialisten. Natürlich ist die „Top-Down“- und „Bottom-Up“-Einteilung nicht streng durchzuhalten. Ein wichtiges Ziel der Nanotechnologen ist das Arrangement von Nanopartikeln in einem regelmäßigen Gitter, ähnlich den Atomen in einem Kristall, nur dass statt Atomen Nanopartikel, Ensembles von Atomen, gitterartig angeordnet sind. Dann nämlich darf man auf exotische Eigenschaften hoffen, die für Optik und Elektronik interessant sind, auch für den Quantencomputer der Zukunft. Opal etwa besteht aus Siliziumoxid-Kügelchen, also aus der gleichen Sub-

10 Vgl. Nachrichten aus der Chemie Nr. 50, März 2002, S. 302 ff; [www.gdch.de](http://www.gdch.de).

stanz, die Quarzsand ausmacht; weil aber die Abstände von Kugel zu Kugel im Bereich der Wellenlänge sichtbaren Lichtes liegen, gibt es Lichtinterferenzen, und das eigentlich ordinäre Material wird verlockend bunt.

Angela Belcher vom Massachusetts Institute of Technology stellt solche Arrangements etwa so her: Man nehme eine Milliarde Viren, die bis auf ein variables Proteinanhängsel identisch sind, und setze diese einem Selektionsprozess aus. Gesucht sind solche Viren, deren Proteinanhängsel für ein bestimmtes Material, etwa Zinksulfid, eine Art Keim darstellt, an dem sich bereitwillig Kriställchen bilden. Viren mit den gewünschten Eigenschaften dürfen sich in Gast-Bakterien ordentlich vermehren und lassen in einer entsprechenden Lösung dann massenhaft Zinksulfid-Kriställchen wachsen. Jetzt können die Viren, alle mit einem Halbleiter-Nanopartikel am Kopf, von Selbstordnungskräften geleitet, ihrerseits zu einem Kristall zusammentreten, in diesem Fall zu einem Flüssigkristall, zu einem dünnen Film aus wohlgeordneten Halbleiterpartikeln, die alle einen bestimmten Abstand zueinander haben. Das Verfahren funktioniert mittlerweile für viele Substanzen. Diese Art Nanotechnologie beansprucht Physik, Chemie, Biologie, Evolutionstheorie und mehr und steht beispielhaft für die Dinge, die da kommen mögen.<sup>11</sup>

---

### Augen für den Nanokosmos

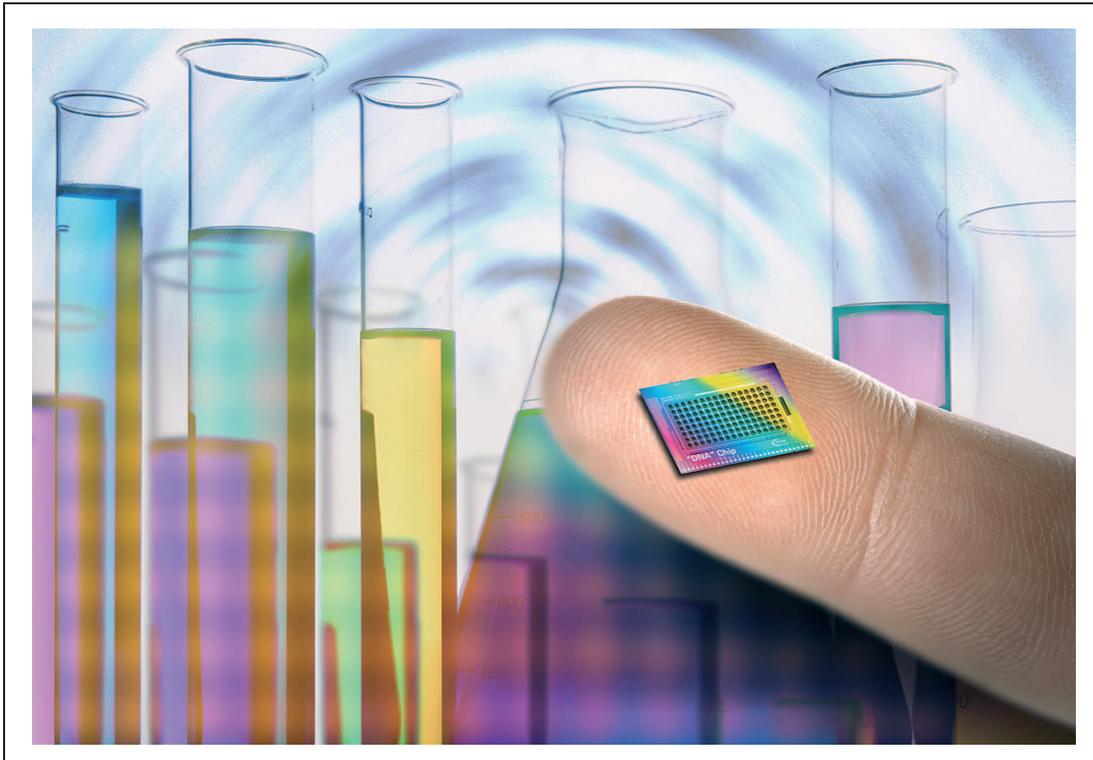
---

Wenn mikroskopisch kleines Leben abzubilden ist, bietet Licht den großen Vorteil, dass es meist milde mit seinem Abbildungsgegenstand umgeht, die Vorgänge etwa in einer Zelle durch Licht nicht gestört werden müssen. Zwar gibt es mittlerweile auch spezielle Rasterelektronenmikroskope, so genannte ESEMs, die dort, wo der Abbildungsgegenstand liegt, etwas Luft und Feuchtigkeit zum Leben übrig lassen. Anders als Licht aber bleiben die Elektronenstrahlen an der Oberfläche.

Leider nur ist Licht eine prinzipielle Grenze gesetzt, die Beugungsgrenze, die unterhalb einer halben Lichtwellenlänge – bei sichtbarem Licht etwa 250 Nanometer – scharfe Abbildungen unmöglich macht. So jedenfalls schien es, jetzt freilich werden mehr und mehr Tricks bekannt, diese Grenze zu umgehen. Ein fast schon klassisches

11 Vgl. Mathias Schulenburg, *Biominalisation*, Ms., Deutschlandfunk, Köln 2003.

**Abbildung 3: Labor auf dem Chip – auf dieses Format sollen ganze Institute schrumpfen (nicht die Mitarbeiter)**



Quelle: Infineon Technologies AG, München.

Verfahren, Abbildungen unter der Lichtbeugungsgrenze zu bekommen, besteht darin, eine Glasfaser sehr fein auszuziehen, zu brechen und die Spitze so mit einer lichtundurchlässigen Metallhülle zu bedampfen, dass nur mehr eine Öffnung mit einem Durchmesser weit unter der Lichtbeugungsgrenze bleibt. Dann kann man diese winzige Lichtlanze mit einem Rastersondenmikroskop über das Objekt fahren und das gestreute Licht registrieren. Schon damit lässt sich Wundersames beobachten. Leider nur lässt eine nanooptische Lichtfaser nur noch wenig Licht durch, je feiner die Glasfaserspitze ist, desto weniger, es wird ziemlich schnell dunkel.

Hilfe ist den Nano-Optikern von unerwarteter Seite gekommen. Die Elektronen an der Oberfläche eines Metalls lassen sich unter günstigen Bedingungen von Licht zu kollektiven Schwingungen anregen, zu so genannten Plasmonen. Wenn die wieder zerfallen, wird deren Energie in Licht zurückverwandelt. Das Potential des Zusammenspiels von Plasmonen und Licht wurde erst vor

14 Jahren so recht deutlich, als Thomas Ebbesen, heute an der Louis Pasteur Universität in Straßburg, eine Goldfolie mit 100 Millionen Löchern von je 300 nm Durchmesser anfertigen ließ und die Lichtdurchlässigkeit der Folie bestimmte. Die Theorie hätte verlangt, dass Löcher dieser Größe nur mehr 0,01 Prozent des eintreffenden sichtbaren Lichtes passieren lassen; stattdessen, fand Ebbesen, waren es mehr als hundert Prozent. Die Lösung: Das eintreffende Licht hatte die Elektronen an der Gesamtoberfläche der Folie zu Plasmonenschwingungen angeregt, die an den Lochmündungen der abgewandten Folienseite wieder zu Licht zerfielen. Heute graben Ebbesen und seine Kollegen immer neue Strukturen in Gold und Silber – Gitter, konzentrische Kreise – und beobachten immer neue Effekte, die dem Nanokosmos nun auch das Licht erschließen sollten.

Am Nanozentrum der Universität Münster nutzen Harald Fuchs und seine Mitarbeiter den Effekt für „Streusonden“, Nano-Lichtquellen, bei denen Plasmonen an Nanoteilchen zerfallen und so

Lichtquellen weit unter der Beugungsgrenze des Lichtes bilden, die dann von einer Rastersonde über den Gegenstand des Interesses bewegt werden. Ein ehrgeiziges Ziel ist die orts aufgelöste Spektroskopie an großen Molekülen, die der Biologie und Kunststoffchemie ganz neue Welten erschließen.

Plasmonen verhelfen nicht nur Rastersonden zu mehr Licht; zu kollektiven Elektronenschwingungen angeregte Ketten von Nanopartikel werden derzeit für die Ankopplung von Lichtsignalen an Computerchips erforscht. Es gibt sogar Spekulationen über eine perfekte „Plasmonenlinse“ für den Mikrokosmos. Unabhängig vom Ausgang dieser Spekulationen scheint sicher: Die Optik ist noch lange nicht am Ende.<sup>12</sup>

---

## Das Institut auf dem Chip

---

Wer in den siebziger Jahren studiert hat, durfte noch Rechenzentren in Anspruch nehmen, in denen die Programme auf durchlöcherten Pappkarten gespeichert waren. Die Leistungsfähigkeit der Rechenzentren von damals wird heute von jedem Notebook in den Schatten gestellt; in heutigen höchstintegrierten Schaltungen abgelegt, würde ein Rechenzentrum alter Art auf eine Briefmarke passen.

Eine ähnliche Schrumpfung schwebt den Nanotechnologen jetzt auch für molekularbiologische

---

<sup>12</sup> Vgl. Mathias Schulenburg, *Nanooptik*, Ms., Deutschlandfunk, Köln 2003.

Einrichtungen vor: ein *lab on a chip*. Auf dem, sagt Michael Roukes vom California Institute of Technology, der die Sache zusammen mit vielen anderen vorantreibt, würden sich Millionen von Nanogerätschaften tummeln, die für ihre Aufgabe koordiniert zusammenarbeiten. Die Chips wären Quadratzentimeter groß (vgl. *Abbildung 3*), riesig also im Vergleich zu den auf ihnen ruhenden Nanomaschinen, was daran läge, dass Flüssigkeiten in ihnen kreisen müssten, und die ganzen makroskopischen Verbindungen brauchten eben Platz. Außerdem wird Wasser im Nanokosmos zäh wie Honig.

*Labs on a chip*, da ist sich Michael Roukes sicher, werden die Biologie revolutionieren. Heute müsse man (im Wesentlichen) Milliarden von Zellen pürieren, um an die interessierenden Proteine heranzukommen, dadurch gingen natürlich zahlreiche Zusammenhänge verloren, die Zellen hätten schließlich alle gerade etwas Verschiedenes gemacht. Künftig könne man mit dem Nano-Lab an einzelnen Zellen Schritt für Schritt verfolgen, was gerade vor sich geht und so eine Art Video rekonstruieren, ein Video des Lebens. Und man würde sich nicht damit begnügen, die Zelle zu beobachten, man würde sie zwicken, sehen, wie sie reagiert, und so die Rätsel des Lebens entschlüsseln.

Projekte wie diese, deren Erfolg keineswegs garantiert ist, könnten das größte Plus für die Nanotechnologie werden – oder auch ein großes Minus, wenn dadurch die Fähigkeit allgemein verbreitet würde, widrige Keime in Umlauf zu setzen. Andererseits macht die Natur so etwas ganz von allein, die Lungenkrankheit SARS war nur ein Vorspiel.

## „Elektrosmog“ durch Mobilfunk?

### Akzeptanz und Risiko im Licht der öffentlichen Debatte

---

#### Die Kommunikation der Zukunft wird mobil

---

Fast alle Erwachsenen und die meisten Jugendlichen in Deutschland sind heute im Besitz eines Mobilfunktelefons, des „Handys“. Im Vergleich zur leitungsgebundenen Telefonie brauchte das Handy nur wenige Jahre, um zur Standardausstattung deutscher Haushalte zu avancieren. Mit dem Jahrtausendwechsel hat die Zahl der Mobilfunkteilnehmer erstmals die Zahl der Festnetzanschlüsse überholt; im laufenden Jahr 2003 sind über 60 Millionen Handys im Gebrauch. Dabei zeigt die Tendenz bei der Verbreitung mobiler Endgeräte trotz der allmählichen Sättigung des Marktes weiter nach oben. Langfristig kann sogar von einer Substitutionskonkurrenz zwischen dem Mobilfunk- und dem Festnetz ausgegangen werden.

Das steigende Bedürfnis, immer und überall kommunizieren zu können, jederzeit erreichbar zu sein oder im Notfall Hilfe herbeiholen zu können, haben das Handy zu einer „selbstverständlichen“, von der Forschung aber vergleichsweise wenig beachteten Technologie werden lassen, obwohl sie unsere Kommunikations-, Lebens- und Arbeitsgewohnheiten mindestens ebenso fundamental verändert wie das Automobil oder das Fernsehen.

Dabei stehen wir erst am Anfang einer Entwicklung, die dem Mobilfunk wohl schon in wenigen Jahren den Status einer Schlüsseltechnologie verleihen wird. Die Zusammenführung der Telekommunikation, des Rundfunks und des Internets in einer „konvergenten“ Endgeräteplattform – vor wenigen Jahren im „Grünbuch“ der Europäischen Kommission<sup>1</sup> noch als Phänomen einer fernerer Zukunft charakterisiert – steht unmittelbar vor ihrer technologischen Realisierung: Telefonie, Rundfunknachrichten, Videoclips oder schneller Internetzugang über ein tragbares Endgerät dürften bald eine ebenso große Verbreitung erlangen

1 EU-Kommission, Grünbuch zur Konvergenz der Branchen Telekommunikation, Medien und Informationstechnologie und ihren ordnungspolitischen Auswirkungen, Brüssel 1997.

wie heute der Short Message Service (SMS).<sup>2</sup> Die erforderliche Infrastruktur – das Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) – befindet sich in Deutschland im Aufbau. Entsprechend den Lizenzauflagen sollen bis 2005 50 Prozent aller Haushalte UMTS nutzen können. Erste, vergleichsweise einfache Endgeräte und Dienste können bereits zum Jahresende bei den Mobilfunk-Netzbetreibern erworben bzw. nachgefragt werden.

Fachbegriffe wie Mobile Internet, Mobile Media, Mobile Commerce, Mobile Payment, Location Based Services etc. dringen über die Werbung bereits in die Alltagssprache vor und dürften bald zum semantischen Repertoire selbst technischer Laien gehören. Sie alle vermitteln eine Vorstellung davon, dass Information, Kommunikation, Medienkonsum sowie zahlreiche Telekommunikationsdienste sich Stück um Stück von den physischen Einschränkungen ihrer leitungs- bzw. kabelvermittelten Übertragung lösen und mit dem Anbieter-Slogan „anywhere“, „any time“ „everything“ offenkundig Ernst machen.<sup>3</sup> Schon in wenigen Jahren werden viele Bürger nicht nur eines, sondern mehrere tragbare Endgeräte besitzen, die immer auch Telefonie und den Zugang zum Internet ermöglichen werden.

Wie die meisten Basisinnovationen besitzt auch der Mobilfunk aber scheinbar einen entscheidenden Nachteil: Zur Übertragung der Daten sind hochfrequente elektromagnetische Wellen erforderlich, die das Informationssignal zwischen Basisstationen und Endgeräten über größere Entfernungen hin- und her transportieren. Obwohl der Gesetzgeber schon im Rahmen einer Bundesimmissionsschutzverordnung<sup>4</sup> Grenzwerte zur Abwehr möglicher Gesundheitsgefährdungen einge-

2 Vgl. Franz Büllingen/Peter Stamm, Mobiles Internet – Konvergenz von Mobilfunk und Multimedia, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 222, Bad Honnef 2001.

3 Vgl. Franz Büllingen, „any place, any time, everything“? – Unternehmensstrategien und Anwendungsfelder im Mobile Commerce, in: H. Kubicek u. a. (Hrsg.), Internet @Future, Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft, Heidelberg 2001, S. 176–187.

4 Vgl. Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV), Bonn 1996.

führt hat, sind in der Medienberichterstattung die möglichen akuten oder latenten Gesundheitsgefährdungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (EMF) seit der Versteigerung der UMTS-Frequenzen zu einem zentralen Thema geworden.

Im Vordergrund stehen dabei zum einen die „thermischen Effekte“, die durch die Absorption der Sendeenergie entstehen und zur Erwärmung des exponierten Körpergewebes führen. Wesentlich schwieriger stellt sich die Situation bei den „athermischen Effekten“ dar, die besonders heftig diskutiert werden. Das Spektrum reicht von diffusen Befindlichkeitsstörungen (Kopfschmerzen, Konzentrationsschwächen, Schlafstörungen), Veränderung der Hormonproduktion und des Melatoninspiegels über Einflüsse auf das zelluläre Wachstum bis hin zur Verursachung von Leukämie oder Augentumoren. Besonders strittig ist, ob die teilweise beobachteten Effekte auch unterhalb der geltenden Grenzwerte gesundheitliche Störungen oder Erkrankungen nach sich ziehen.<sup>5</sup>

Angesichts dieser Diskussion sind in Deutschland, aber auch in vielen anderen Ländern Protestbewegungen und Bürgerinitiativen entstanden, deren Forderungen vom Abbau einzelner Basisstationen z. B. in Wohngebieten (Kindergärten, Altenheime) bis hin zum völligen Abbau der Mobilfunknetze reichen. Die Zukunft des Mobilfunks hängt davon ab, wie die Bevölkerung den erfahrbaren Nutzen gegen die potenziellen Risiken abwägt. Dabei geht es primär nicht um die Frage nach objektiven oder statistisch zu erwartenden, potenziell möglichen Gesundheitsschäden, wie sie etwa Eingang in die Wahrscheinlichkeitsrechnungen der Versicherungswirtschaft ( $R = W \times S^6$ ) gefunden haben. Vielmehr werden technische Risiken in sozialen Kontexten nur in dem Maße bedeutsam, wie sie von der Öffentlichkeit wahrgenommen, bewertet und kommuniziert werden. Dies geschieht oft unabhängig und losgelöst von der objektiven Brisanz, der Reichweite oder der Faktizität eines Risikos.<sup>7</sup>

Vor diesem Hintergrund darf die Debatte über die Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU)<sup>8</sup> keineswegs nur als lästiger Störfall

5 Vgl. Strahlenschutzkommission, Funkanwendungen – Technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen, Band 38, Bonn 1997.

6 Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit  $\times$  Schadensumfang.

7 Vgl. Douglas Powell/William Leiss, Mad cows and mother's milk: Case studies in risk communication, Montreal-Kingston 1997.

8 Im Gegensatz zum Begriff der „Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)“, der die Beeinflussung bzw. die Störsicherheit von elektrischen und elektronischen Geräten

betrachtet werden, der mit unnötiger öffentlicher Unruhe, Zeitverzögerungen oder höheren Kosten verbunden ist. Sie ist vielmehr als „Normalfall“ einer unvermeidbaren und sinnvollen Auseinandersetzung über die Gestaltung des gesellschaftlichen Einbettungs- und Nutzungsverhaltens einer neuen, alle Lebensbereiche verändernden modernen Technologie anzusehen.<sup>9</sup>

Angesichts der zunehmenden Intensität der öffentlichen Diskussion rücken Fragen nach der Akzeptabilität des Mobilfunks und des „Elektrosogs“ sowie nach der Zukunft dieser Technologie in den Mittelpunkt. Um zu einer fundierten Einschätzung zu gelangen, ist ein grundlegendes Verständnis erforderlich, wie die potenziellen Risiken, die von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (EMF) ausgehen können, von den Medien und der Bevölkerung wahrgenommen und im Vergleich mit anderen technologisch bedingten Risiken bewertet werden. Vor diesem Hintergrund sind vor allem folgende Fragen wichtig: Wie wird das Thema „Elektrosog“ von den Medien aufgegriffen und behandelt? Welche Einstellungen und Meinungen herrschen hierzu in der Öffentlichkeit? Wie verlaufen entsprechende Debatten im Ausland? Welchen Verlauf wird die Debatte künftig nehmen?<sup>10</sup>

---

## „Elektrosog“ als Thema der Medienberichterstattung

---

Für die öffentliche sowie individuelle Wahrnehmung und Kommunikation technologiebedingter Risiken kommt den Medien nicht nur die Rolle eines Informationslieferanten zu, sondern auch

---

untereinander umfasst, bezeichnet der Begriff „Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt“ (EMVU) deren (potenzielle) Einflüsse auf die natürliche Umwelt und insbesondere auf den Menschen.

9 Vgl. Thomas Petermann, Technikkontroversen und Risikokommunikation, in: Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), TAB-Brief Nr. 20, Juni 2001, S. 5–7.

10 Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf einer Studie, die in den Jahren 2001 und 2002 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit durchgeführt wurden. In diesem Rahmen wurden eine aufwändige Analyse der Medienberichterstattung, eine Repräsentativbefragung sowie zahlreiche Interviews mit Laien und Experten durchgeführt und ein Trendszenario entwickelt. Außerdem wurden die Verläufe entsprechender Debatten in verschiedenen Ländern analysiert. Vgl. Franz Büllingen/Annette Hillebrand/Martin Wörter, Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in der öffentlichen Diskussion, Bad Honnef 2002.

eine zentrale Funktion als Bündeler und Verstärker. Erst die Resonanz in den Massenmedien verleiht einem potenziellen Risiko gesellschaftliche und politische Brisanz. Medienanalysen haben gezeigt, dass Massenmedien über Technikkontroversen im Allgemeinen objektiv und sachlich berichten und eine Kritik an der Berichterstattung kaum angebracht erscheint.<sup>11</sup> Nicht selten führt aber der Wettbewerb dazu, dass sie Neutralität und Objektivität vernachlässigen und eine Advokatenrolle für die Leser übernehmen. Je nach Art der Publikation – Tagespresse, Publikumszeitschrift, Boulevardblatt – werden bestimmte Themen mehr oder weniger dramatisierend ausgemalt. Die generelle Bedeutung der Medien für die Darstellung eines Risikothemas wirft vor diesem Hintergrund die Frage nach der Art der Berichterstattung und ihrer Einflussnahme in der EMVU-Debatte auf.

### Häufigkeit der Medienbeiträge zu EMVU

Eine Wechselwirkung zwischen der Zunahme der Relevanz des Themas „Elektrosmog“ und einer stark wachsenden Anzahl von Medienbeiträgen lässt sich auch im EMVU-Diskurs beobachten. Zu Beginn der neunziger Jahre fand die EMF-Problematik nur sporadisch in der Berichterstattung Erwähnung. Die Mobilfunkpenetration war zu dieser Zeit noch gering. Das analoge C-Netz bildete die einzige Möglichkeit, mobil zu telefonieren, und wurde auf Grund der hohen Kosten vor allem von Geschäftsleuten genutzt. Perioden mit geringerer Intensität der Berichterstattung lösten solche mit einer intensiveren Thematisierung ab. Zum Start des D1- und D2-Netzes blieb das Medienecho zunächst konstant. Als jedoch mit den E-Netzen die Anzahl der Antennenmasten spürbar anstieg, wurden Presse und Rundfunk in stärkerem Maße auf die damit verbundenen gesundheitlichen und auch ästhetischen Fragen aufmerksam.

Im Jahre 1994 befassten sich bundesweit jährlich bereits mehr als tausend Zeitungsartikel mit den potenziellen Gesundheitsrisiken des Mobilfunks. Im Jahr darauf waren es schon über 3 500 Beiträge, also rund 280 pro Monat. blieb die Zahl der Beiträge in den Folgejahren annähernd konstant, so schnellte sie durch das große Medienecho im Kontext der Versteigerung der UMTS-Frequenzen im Juli 2000 hoch und verdreifachte sich bis 2001 auf über 1 800 Presseclippings pro Monat. Für das Jahr 2002 betrug diese Zahl mehr als 2 500.

<sup>11</sup> Vgl. T. Petermann (Anm. 9), S. 6.

### EMVU-Beiträge nach Erscheinungsweise der Medien

Die EMVU-Problematik ist ein Thema, das besonders häufig auf den Lokalseiten der Tagespresse aufgegriffen wird. In der Regel werden dort solche Informationen transportiert, die auf besondere Vorkommnisse mit aktuellem Hintergrund und hohem Aufmerksamkeitswert wie z. B. Gerichtsurteile, die Gründung einer neuen Bürgerinitiative oder die Veröffentlichung neuer Studienergebnisse Bezug nehmen. Für Medien, die wöchentlich oder 14-tägig erscheinen und die Möglichkeit einer ausführlicheren und genaueren Darstellung von Hintergrundinformationen hätten, besitzt die EMVU-Problematik hingegen nur eine sehr geringe Priorität.

### Regionale Verteilung der Beiträge

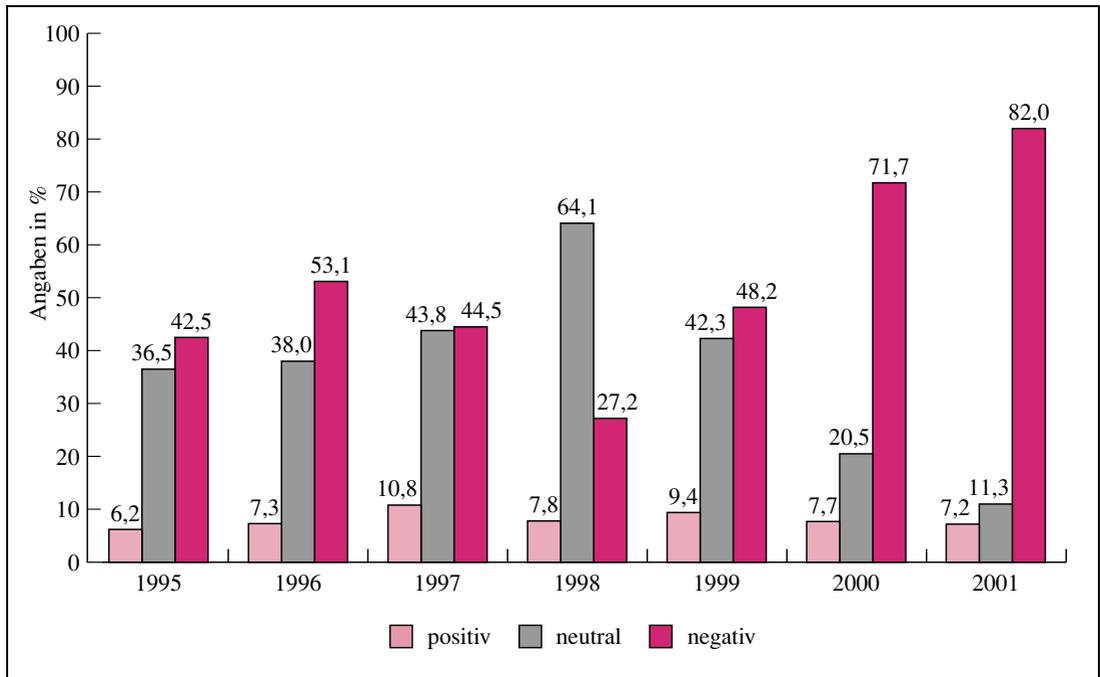
Betrachtet man die Verteilung der Beiträge nach Bundesländern, so lässt sich ein deutliches Süd-Nord-Gefälle feststellen. Besonders in den letzten Jahren wird eine auffällige Asymmetrie sichtbar. Mehr als die Hälfte aller Beiträge (59,2 Prozent) entfällt – bei steigender Tendenz – allein auf Baden-Württemberg und Bayern. Alle übrigen Länder verzeichnen auf relativ niedrigem Niveau eine Konstanz in der Berichterstattung: Nordrhein-Westfalen 8,7 Prozent aller Medienbeiträge, auf Bremen, Hamburg, Niedersachsen sowie Schleswig-Holstein entfielen 2001 insgesamt nur elf Prozent. Für Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland lautet der entsprechende Wert 12,6 Prozent. Auch in den Medien der ostdeutschen Bundesländer spielt die EMVU-Problematik nur eine marginale Rolle. Auf Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt sowie Thüringen entfallen 2001 rund 7,7 Prozent aller einschlägigen Medienbeiträge.

### Tendenzen der Berichterstattung

Auf der Basis der Pressedokumentation der Forschungsgemeinschaft Funk<sup>12</sup> lässt sich feststellen, dass die Medien mit unterschiedlicher Tendenz über die EMVU-Debatte berichten (vgl. *Abbildung 1*) und nach 1998 eine starke Trendverschiebung bemerkbar ist. Überwiegen im Jahr der vollständigen Liberalisierung des deutschen Tele-

<sup>12</sup> Die Forschungsgemeinschaft Funk e. V. wurde im September 1992 von Behörden, Rundfunkanstalten, Netzbetreibern, Universitäten, Industrie und Verbänden gegründet. Ihre Zielsetzung besteht in der koordinierten Förderung der Erforschung der EMVU-Problematik sowie in der Information der Öffentlichkeit. Vgl. <http://www.fgf.de>.

**Abbildung 1: Tendenzen in der Berichterstattung**



Quelle: WIK-Consult/Datenquelle: FGF (Forschungsgemeinschaft Funk e. V.).

kommunikationsmarktes die neutralen Beiträge mit rund 65 Prozent noch bei weitem, sind es schon drei Jahre später kaum mehr als zehn Prozent. Dafür steigt die Anzahl der Berichte mit kritischen oder negativen Bewertungen von „Elektromog“ bis 2001 um das Dreifache an. Beim Thema „Elektromog“ finden sich Anzeichen dafür, dass die Häufigkeit, die ausgewählten Themenfelder und die Auswahl der Gruppen, die in den Berichten zu Wort kommen, eher auf emotionale Leserreaktionen abzielen.

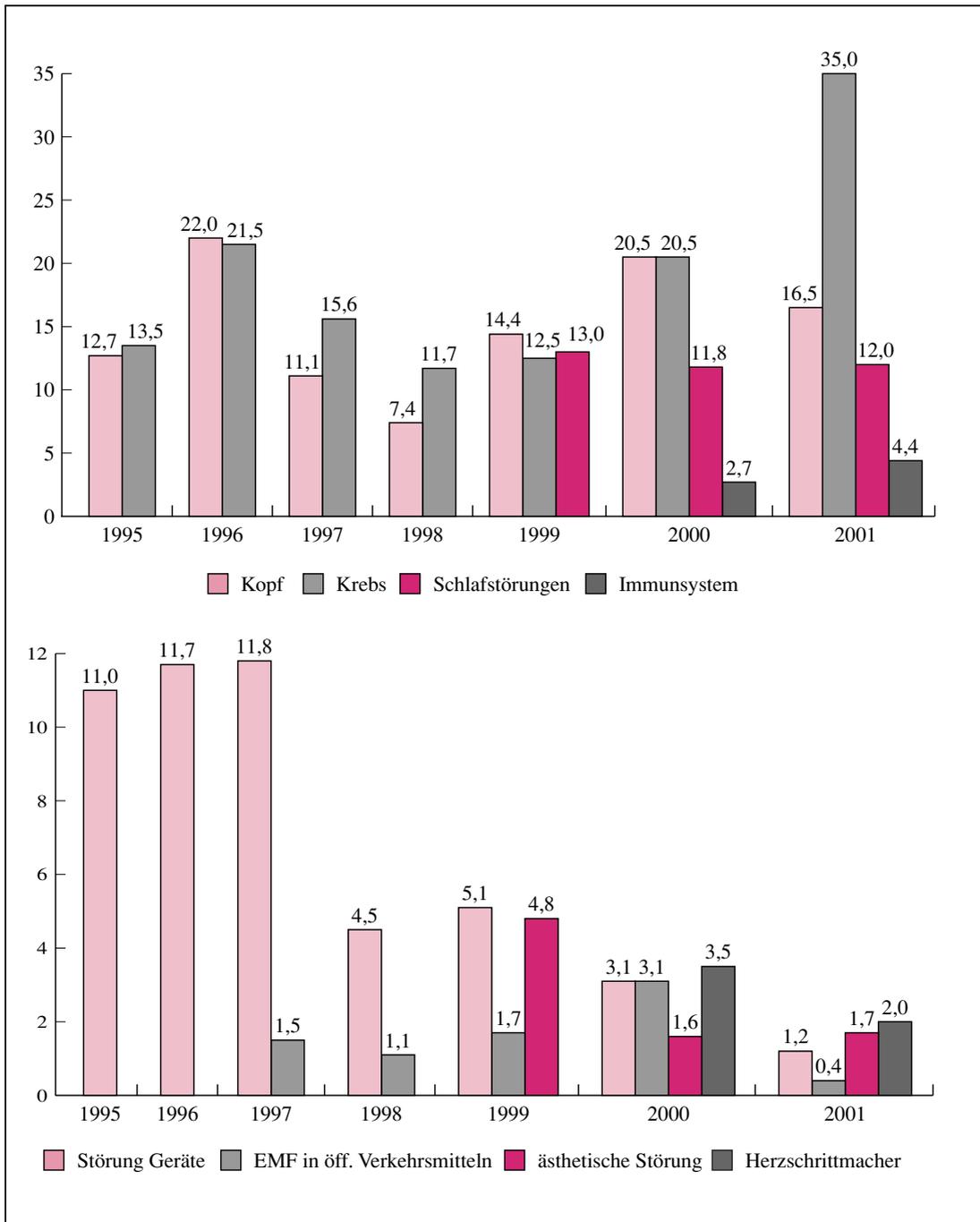
### **Bio-physikalische Auswirkungen in der Berichterstattung**

Die hohe Anzahl der Berichte mit negativer Tendenz spiegelt den zunehmenden Protest und die wachsende Besorgnis in der Bevölkerung gegenüber möglichen Gesundheitsrisiken wider. Bemerkenswert ist, dass zunehmend Beiträge über verschiedene Auswirkungen von EMF auf die Gesundheit und bestimmte Krankheitsbilder veröffentlicht werden (vgl. *Abbildung 2*). Die Angst vor Gesundheitsrisiken dominiert die EMVU-Thematik in immer stärkerem Maße. Insbesondere gravierende Krankheiten wie die Entstehung von

Krebs stehen im Mittelpunkt. Allerdings nehmen Berichte über unspezifische Befindlichkeitsstörungen deutlich an Häufigkeit zu. Damit kann eine „mobilisierende“ Wirkung der Berichterstattung nicht ausgeschlossen werden, denn der Kreis derjenigen, die potenziell betroffen sein könnten, weitet sich hierdurch erheblich aus. Demgegenüber gehen Beiträge, die objektifizierbare Risiken wie z. B. Gerätestörungen behandeln, immer mehr zurück.

Insgesamt lässt sich die Presseberichterstattung unter medienanalytischen Gesichtspunkten als ortsbezogen, tagesaktuell und vordergründig charakterisieren. Die kritische Berichterstattung überwiegt, z. T. lassen sich auch irreführende und auf eine unzureichende Informationslage zurückzuführende Beiträge ausmachen. Zwei Drittel aller Meldungen befassen sich mit den Antennen (Basisstationen) und den damit verbundenen Standortkonflikten. Die Bürgerinnen und Bürger als aktiv gestaltende Akteure stehen im Mittelpunkt der Mehrzahl der Artikel. Die auf Freiwilligkeit basierenden Informations- und Kooperationsmaßnahmen der Industrie etwa im Rahmen der sog. „Selbstverpflichtung“ gegenüber den

**Abbildung 2: Potenzielle gesundheitliche Auswirkungen von EMF (in Prozent aller Medienbeiträge)**



Quelle: WIK-Consult/Datenquelle FGF. Die Unterschiedlichkeit der Nennungen ergibt sich z. T. daraus, dass Auswirkungen etwa auf den Schlaf, das Immunsystem oder Herzschrittmacher nicht über alle Jahre gleichmäßig erfasst wurden.

Kommunen bleiben dagegen weitgehend ohne Resonanz.<sup>13</sup>

Bei Auswertung der Inhalte lassen sich argumentative Stereotype unterscheiden, die insbesondere die Handlungsdefizite der Netzbetreiber oder öffentlicher Institutionen zum Gegenstand haben. *Informations- und Aufklärungsdefizite:* „Die Netzbetreiber unterrichten die Kommunen zu kurzfristig oder gar nicht bei der Planung der Standorte für ihre Basisstationen.“ „Die Auskünfte der Netzbetreiber tragen nicht zur Vertrauensbildung gegenüber der Mobilfunktechnik bei, da sie die Fragen besorgter Bürger nicht oder nur unzureichend beantworten.“ *Wissensdefizite:* „Die Mobilfunkinfrastruktur wird weiter ausgebaut, obwohl die potenziellen Risiken für die Gesundheit bisher nicht hinreichend erforscht wurden.“ „Es ist zu bezweifeln, ob elektromagnetische Wirkungsfragen sich je objektiv nachprüfbar beantworten lassen.“ *Vorsorgedefizite:* „Die bestehenden Grenzwerte sind angesichts der großen Infrastrukturdichte in Deutschland generell zu hoch.“ „Die Grenzwerte beziehen sich nur auf die thermischen Effekte und lassen athermische Effekte, die auch unterhalb dieses Grenzwertes eintreten können, außer Acht.“ *Demokratie- und Legitimationsdefizite:* „Die wirtschaftlichen Interessen der Industrie verhindern einen vorsorgenden Gesundheitsschutz. Um ihre kommerziellen Interessen zu schützen, versuchen die Netzbetreiber massiv Einfluss auf die Öffentlichkeit und die Politik zu nehmen.“ „Die Mobilfunkindustrie lässt es an Fairness im Umgang mit den Interessen der Bürger fehlen.“ *Vollzugsdefizite:* „Die Einhaltung der Grenzwerte von Sendeanlagen ist nicht überall gewährleistet.“

Wollen die Netzbetreiber, die öffentlichen Institutionen und die Politik eine erfolgreiche Risiko-

13 Im Juli 2001 haben die sechs Mobilfunknetzbetreiber mit dem Deutschen Städtetag, dem Deutschen Landkreistag sowie dem Deutschen Städte- und Gemeindebund eine „Verbandsvereinbarung“ über den Informationsaustausch und die Beteiligung der Kommunen beim Ausbau der Mobilfunknetze getroffen. Im Dezember 2001 wurden im Rahmen der „Selbstverpflichtung“ Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Information und vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze zugesagt. Vereinbarungsgemäß haben die Netzbetreiber im Dezember 2002 einen ersten Jahresbericht zur Umsetzung der Selbstverpflichtung vorgelegt, der auch künftig weiter fortgeführt werden wird. Vgl. Deutsches Institut für Urbanistik, Verbesserung der Kooperation mit den Kommunen beim Aufbau von Mobilfunknetzen, Gutachten im Auftrag des IZMF, Berlin 2003. Vgl. auch: E-Plus Mobilfunk GmbH, O2 (Germany) GmbH, T-Mobile Deutschland GmbH, Vodafone D GmbH, Erster Jahresbericht an die Bundesregierung zur Umsetzung der Selbstverpflichtung vom 6. 12. 2001.

kommunikation mit der Öffentlichkeit betreiben sowie Konfliktabbau und Kompromisslinien verfolgen, so erscheint eine intensive Befassung mit diesen Argumentationslinien unerlässlich.

---

## Risikoperzeption und -bewertung in der Öffentlichkeit

---

Grundsätzlich basieren die folgenden Aussagen zur Risikobewertung auf der Erhebung repräsentativer demographischer Variablen nach Geschlecht, Alter, Bildung, Einkommen etc. Im Rahmen einer Telefonbefragung (CATI)<sup>14</sup> wurden im dritten Quartal 2001 über 1000 Personen interviewt. In Abweichung von sonstigen Befragungen ist auch die Gruppe der 14- bis 17-Jährigen in die Erhebung einbezogen worden. Gefragt wurde nach einer allgemeinen Einschätzung der Handynutzung, nach dem persönlichen Informationsstand, nach der Bewertung mobilfunkbezogener Risiken, nach möglichen Vorsorgemaßnahmen, nach der Versorgung mit Informationen sowie nach einer vergleichenden Risikoeinschätzung.

### Handynutzung in Deutschland 2001/2002

Deutschland ist in Europa mit einem Marktanteil von 21 Prozent führend bei der Handynutzung. Eine Penetrationsrate von über 75 Prozent und über 60 Millionen Anschlüsse sprechen für eine überaus hohe Akzeptanz der Mobilfunktelefonie. Es zeichnet sich allmählich eine Sättigung im Mobilfunkmarkt ab. Dabei stabilisiert sich auch der Anteil der „Verweigerer“ der Mobilfunkkommunikation. Rund 90 Prozent derjenigen, die sich als „Nicht-Nutzer“ bezeichnen, planen, auch künftig kein Handy anzuschaffen. Dazu gehören sehr alte Menschen, Personen ohne Kinder und Personen mit geringem Einkommen. Lediglich etwa vier Prozent planen, in absehbarer Zeit einen Vertrag mit einem Mobilfunkanbieter zu schließen.

Überraschenderweise sind Handys vor allem in Haushalten mit Kindern stark verbreitet, obwohl zu erwarten gewesen wäre, dass hier die Ängste gegenüber „Elektrosmog“ besonders ausgeprägt sind. Die hohe Penetrationsrate erklärt sich daraus, dass Handys bei der alltäglich notwendigen Kommunikation und Koordination eine entscheidende Hilfe darstellen und zwischen Eltern und Kindern „psychologische Nähe“ herstellen. Insofern haben Befürchtungen bezüglich der besonde-

14 CATI = Computer Assisted Telephone Interview.

ren Exposition von Kindern und Jugendlichen durch hochfrequente EMF, wie sie in der Debatte häufig geäußert werden, keinen Einfluss auf das Kaufverhalten.

In der Meinung der Öffentlichkeit hat sich das Handy in den letzten Jahren vom Luxusgut zum Alltagsgerät gewandelt, welches selbstverständlich und jederzeit zur Bewältigung vieler alltäglicher Aufgaben eingesetzt wird. 54 Prozent bezeichnen sich daher als „Vielnutzer“, die mehrmals täglich das Handy benutzen. Es ist davon auszugehen, dass der Mobilfunk nicht zuletzt auf Grund sinkender Kosten zunehmend in Wettbewerb zum Festnetzanschluss tritt, obwohl die leitungsgebundene Kommunikation in Hinblick auf die diskutierten Gesundheitsrisiken gänzlich „risikofrei“ genutzt werden kann.<sup>15</sup>

Das Handy bringt für viele unverzichtbare Vorteile. Mehr als drei Vierteln der Befragten verleiht das Handy ein Gefühl der Sicherheit, knapp drei Viertel sehen durch das Handy ihre Mobilität und Flexibilität erhöht, und für zwei Drittel erleichtert es erheblich die Alltagsorganisation. Das Handy wird vor allem im Privatleben eingesetzt, was den Aspekt der Freiwilligkeit unterstreicht. Der Anteil der möglicherweise unfreiwilligen, beruflich veranlassten Nutzung ist verschwindend gering. Vor diesem Hintergrund genießt der Mobilfunk bei der Mehrheit der Bevölkerung nicht nur aus privaten Anlässen hohe Zustimmung, sondern auch ein positives Image als Wirtschaftsfaktor. Rund zwei Drittel der Bürger glauben, dass durch den Mobilfunk neue Arbeitsplätze entstehen.

### **Informationsstand zum Elektromog – Kenntnisse und Selbsteinschätzung**

Der zweite Fragenkomplex der Erhebung bezog sich auf den allgemeinen Informationsstand in Bezug auf die potenziellen gesundheitlichen Risiken. Relevant war vor allem, inwieweit Befürchtungen auf subjektiven Einschätzungen basieren und welche objektiven Erkenntnisse vorhanden sind. Berücksichtigt wurde auch, ob die Befragten in der Nähe einer Basisstation wohnen.

Rund ein Drittel der Befragten hat bisher keinen Mobilfunkmast in der Nähe des eigenen Wohnortes wahrgenommen. Ein weiteres Drittel der Befragten kann dazu keine Angaben machen. Der überwiegende Teil der Bevölkerung zeigt wenig Interesse an der Standortfrage. Über die Hälfte

<sup>15</sup> Diese Möglichkeit gilt unter der Prämisse, dass im Haushalt kein Schnurlos-Telefon nach dem DECT-Standard genutzt wird, welches ebenfalls im Ruf steht, „Elektromog“ zu erzeugen.

der Befragten empfindet das Aussehen von Mobilfunkmasten auch aus optischen Gründen nicht als störend. Besonders für Männer, Vielnutzer und jüngere Menschen ist das ästhetische Erscheinen von Mobilfunkmasten in der Landschaft oder auf Hausdächern gänzlich unproblematisch.

Rund 90 Prozent der Bevölkerung hat bereits von möglichen gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks gehört. Allerdings fühlen sich die meisten (62 Prozent) schlecht informiert. Viele Bürger haben wichtige Begriffe der EMVU-Debatte („elektromagnetische Wellen“, „thermische Effekte“, „SAR-Wert“<sup>16</sup>) bereits gehört, sie können jedoch kaum etwas damit verbinden. Dabei können jüngere Männer, Vielnutzer und Befragte mit höherem Einkommen als am besten informiert gelten. Frauen und ältere Bevölkerungsgruppen zeigen sich am schlechtesten informiert.

Als wichtigste Informationsquelle werden von 95 Prozent der Befragten die Medien angegeben, fast ein Drittel bezieht seine Informationen durch Freunde oder Bekannte. Nur bei 13 Prozent spielen die Umweltverbände als Informationsquelle eine Rolle. Bemerkenswerterweise werden Informationen von öffentlichen Institutionen und insbesondere von den Mobilfunknetzbetreibern so gut wie gar nicht zur Kenntnis genommen, obwohl diese in den letzten Jahren zunehmend Informationen bereitstellen.

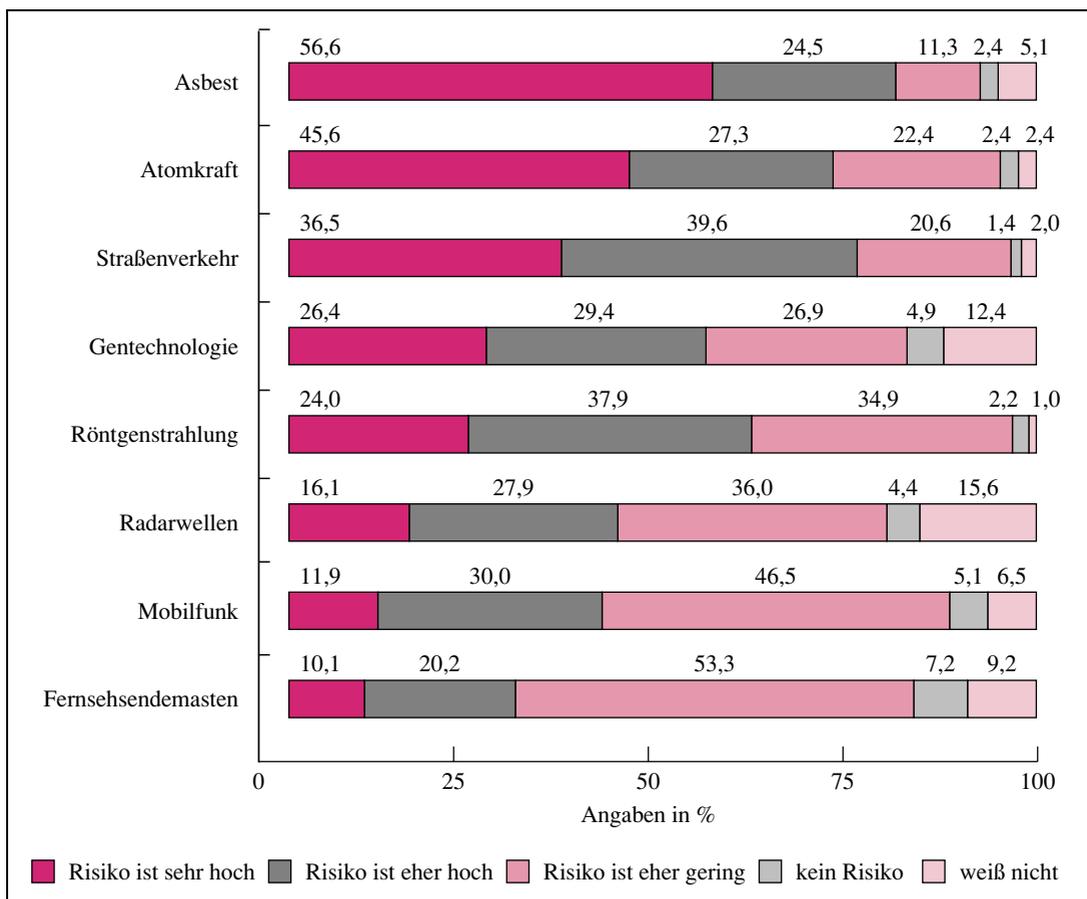
### **Bewertung von Nutzen und EMF-Risiken in der Bevölkerung**

Der dritte Fragenkomplex befasste sich mit der Perzeption und Bewertung mobilfunkbezogener EMF in der Bevölkerung. Hierbei sollten die Befragten die tatsächlichen oder potenziellen Risiken unterschiedlicher Technologien miteinander vergleichen. Ferner wurden sie aufgefordert, zu ausgewählten Elektrotechniken wie etwa PC-Bildschirm, Mikrowelle oder Handy Angaben zu deren EMF zu machen, um eine Einschätzung bezüglich ihres Informiertheitsgrades zu erhalten. Dann sollten sie abschätzen, ob und welche gesundheitlichen Risiken mit dem Mobilfunk verbunden seien. Schließlich wurde nach persönlichen Erfahrungen oder Erfahrungen im Freundes- und Bekanntenkreis mit gesundheitlichen Problemen in Zusammenhang mit Mobilfunk gefragt.

Die möglichen gesundheitlichen Risiken im Zusammenhang mit Mobilfunk werden im Ver-

<sup>16</sup> Der SAR-Wert gibt die Spezifische Absorptionsrate bei Handys an und ist ein Maß für die Aufnahme von Funkwellen im Körper, die in Watt pro Kilogramm Körpergewicht gemessen wird (vgl. [www.izmf.de](http://www.izmf.de)).

**Abbildung 3: Einschätzung zu möglichen gesundheitlichen Risiken verschiedener Technologien im Vergleich**



Quelle: WIK-Consult.

gleich zu anderen Technologien wie etwa Atomkraft oder Gentechnologie grundsätzlich als sehr viel weniger bedeutend eingeschätzt. Hier rangiert der Mobilfunk nur noch vor den Fernsehsendemasten (vgl. *Abbildung 3*).

Allerdings besteht eine weitreichende Verunsicherung, denn nur etwa 5 Prozent der Bevölkerung vermutet keinerlei Risiken. Grundsätzlich erweist sich, dass Befragte, die den Mobilfunk als risikobehaftet beurteilen, auch in Bezug auf andere Technologien eine höhere Risikoeinschätzung haben. Eine hohe Risikoeinschätzung und eine hohe Akzeptanz des Mobilfunks – die sich in der intensiven Nutzung von Handys ausdrückt – erscheint auf den ersten Blick als ein überraschendes, ja paradoxes Ergebnis der Untersuchung. Ähnlich wie beim Automobilverkehr schließen sich aber beide Betrachtungsweisen nicht aus. Vielmehr wird deutlich, dass die Bevölkerung eine äußerst

pragmatische Einstellung im Umgang mit potenziellen Restrisiken des Mobilfunks hat. Sie ist in der Bewertung des „Elektrosmogs“ in ihrer überwiegenden Mehrheit noch zu keiner abschließenden Bewertung gelangt und scheint bereit, in Hinblick auf den subjektiv empfundenen hohen Nutzen auch ein gewisses Maß an potenziellen Risiken in Kauf zu nehmen.

Interessant ist ferner, dass mehr als die Hälfte der Überzeugung ist, mögliche Risiken des Mobilfunks würden künftig eher zunehmen. Auch diese Einschätzung zeugt angesichts des Ausbaus der Mobilfunknetze sowie weiterer digitaler Funktechnologien (DVB-T, TETRA, WLAN<sup>17</sup>) von einer

<sup>17</sup> Zur flächendeckenden Verbreitung des Digitalen Rundfunks (DVB-T) in Deutschland, mit dessen Ausstrahlung im Frühjahr 2003 in Berlin begonnen wurde, ist der Aufbau eines neuen, dichten Netzes von Antennen erforderlich. TETRA (Terrestrial Trunked Radio) bildet das digitale Nachfolgenetz

überaus realistischen Einschätzung. Nur ein Viertel glaubt, dass die Belastung durch EMF-Risiken gleich bleiben wird.

Die Kenntnisse in der Bevölkerung über EMF-Phänomene, insbesondere auch bei den übrigen Haushaltsgeräten, sind äußerst gering und stimmen in der Regel nicht mit physikalischen Fakten überein. Für zwei Drittel der Befragten gehen die gesundheitlichen Risiken vorwiegend von den Mobilfunkgeräten und nicht von den Sendemasten aus. Dies steht im deutlichen Widerspruch zu der Berichterstattung der Medien. Mobilfunkgeräte werden – wenn überhaupt – ganz überwiegend auf Grund ihrer Nähe zum Körper als potenzielle Risikoquelle eingestuft.

Die Intensität der „Strahlung“ wird bei Mobilfunksendemasten als das stärkste Risiko angesehen. Die Nähe eines Sendemasts zum Wohnort spielt für die Bewertung des Risikopotenzials eine geringe Rolle. Trotz der hohen Sensibilisierung tendiert die Anzahl derjenigen, die glauben, selbst schon Erfahrungen mit „mobilfunkbedingten“ gesundheitlichen Problemen gemacht zu haben, oder in ihrem Lebensumfeld davon gehört haben, gegen null. Wenn überhaupt, werden von den Befragten vage Hinweise auf Befindlichkeitsstörungen gegeben. Die geringen Fallzahlen von Befragten mit persönlichen Erfahrungen lassen statistisch keine signifikanten Schlüsse zu.

### **Vorsorgemaßnahmen und Kommunikationsverhalten**

Die vollkommene Abwesenheit von Risiken muss als ein idealtypischer Zustand angesehen werden, der in einer hoch technisierten Welt nicht existiert. Öffentliche Kontroversen über technologische Risiken drehen sich daher immer auch um die Abwägung zwischen Nutzen einerseits und der Akzeptabilität von Risiken andererseits. Im Rahmen dieses Fragenkomplexes sollte herausgefunden werden, inwieweit Personen, die Risikopotenziale im Mobilfunk als gegeben ansehen, bereit sind, diesen durch Vorsorgemaßnahmen zu begegnen. Vor diesem Hintergrund wurde zum einen danach gefragt, inwieweit Bereitschaft zur persönlichen Vorsorge besteht und ob die Befragten wil-

der sog. BOS-Netze (Funk-Netze für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben), mit dessen Erprobung in NRW bereits begonnen wurde und das künftig ebenfalls europaweit ausgebaut werden soll. WLAN-Funknetze (Wireless Local Area Network) werden derzeit zu Hunderten an viel frequentierten öffentlichen Orten aufgebaut oder sind bereits in Betrieb, um breitbandigen Internetzugang zu ermöglichen. Bei all diesen neuen Funknetzen beginnt die Diskussion über deren elektromagnetische Verträglichkeit.

lens sind, sich zur Durchsetzung ihrer Schutzinteressen in Bürgerinitiativen zu engagieren. Zum anderen wurde nach den Bedingungen und der Akzeptanz von übergreifenden Vorsorgemaßnahmen gefragt. Da Fragen nach der Notwendigkeit von Vorsorgemaßnahmen in der Bevölkerung generell positiv beantwortet werden, wurde zusätzlich nach der Zahlungsbereitschaft für die Minimierung potenzieller Risiken gefragt.

Mehr als zwei Drittel der Befragten geben an, bereits persönliche Vorsorgemaßnahmen zu treffen. Die zeitliche Begrenzung der Telefonie ist die populärste Maßnahme, da sie sich mit dem Motiv der Kosteneinsparung deckt. Ältere sind eher bereit, persönliche Vorsorge zu treffen, als Jüngere, die einen Verzicht auf Gespräche oder deren Verkürzung als erhebliche Einschränkung empfinden würden. Befragte, die keine Vorsorgemaßnahmen treffen, tun dies in der Regel, weil sie für sich kein Risiko sehen. Sie wollen sich in der Handy-nutzung nicht einschränken.

Die Bereitschaft zum Engagement in Bürgerinitiativen gegen das Aufstellen von Mobilfunkmasten ist relativ hoch. Etwa 15 Prozent der Bevölkerung würden sich engagieren bzw. vielleicht an einer Bürgerinitiative teilnehmen oder sind bereits aktiv. Frauen mit Kindern zeigen die größte Bereitschaft. Von den Befragten, die bereits von Bürgerinitiativen gehört haben, halten zwei Drittel deren Aktivitäten für sinnvoll. Obwohl sich die wenigsten selbst engagieren, werden ihre Aktivitäten stillschweigend unterstützt. Ältere Befragte mit höherem Bildungsabschluss schätzen Bürgerinitiativen gegen Mobilfunkmasten überdurchschnittlich häufig als sinnvoll ein. Dies kann als Beleg unserer These gesehen werden, dass die Auseinandersetzung über Nutzen und Risiko einer Technik als ein notwendiger, diskursiver Prozess bewertet wird.

Mehr Forschung zu gesundheitlichen Risiken sowie eine Deklarationspflicht für Handys sind die populärsten Vorsorgemaßnahmen. Über 80 Prozent der Befragten halten ein Absenken der Grenzwerte für sinnvoll, etwa 45 Prozent auch dann, wenn deswegen deutlich mehr Sendemasten errichtet werden müssten. Etwa zwei Drittel würden dem Absenken der Grenzwerte zustimmen, auch wenn damit höhere Kosten für die Handynutzung verbunden wären. Die Grenzwertdebatte bleibt ein zentraler Fokus für alle Akteure der EMVU-Arena.

Knapp ein Drittel der Befragten wäre bereit, bis zu 2,50 Euro pro Monat zusätzlich aufzuwenden, wenn dafür „sinnvolle“ Vorsorgemaßnahmen er-

griffen werden könnten. Etwas mehr als ein Viertel der Befragten würde bis zu fünf Euro, ein Sechstel bis zu zehn Euro und fast zehn Prozent würden 15 Euro und mehr pro Monat aufwenden. Diese vergleichsweise hohe „Zahlungsbereitschaft“ signalisiert, dass Vorsorgemaßnahmen für viele Bürgerinnen und Bürger ein ernstes Anliegen darstellen.

### **Verbesserung des Informationsstandes zu EMVU**

Der fünfte Fragenkomplex befasste sich mit dem Aspekt der Informationsverbesserung. Der Informationsbedarf bezüglich EMVU in der Bevölkerung ist trotz der intensiven Berichterstattung in den Medien als sehr hoch einzuschätzen. Die meisten haben die Diskussion um mögliche gesundheitliche Risiken des Mobilfunks wahrgenommen. Offenkundig genießt die Berichterstattung hohes Vertrauen. Daher ist damit zu rechnen, dass auch künftig den Beiträgen in den Massenmedien hohe Aufmerksamkeit entgegengebracht wird.

Über 80 Prozent der Befragten verlangen mehr Informationen zur möglichen Gesundheitsgefährdung durch Mobilfunk. Diesen Bedarf geben vor allem Befragte bis 29 Jahre an. Offenbar reicht die Verunsicherung tief. Dies zeigt auch die Forderung nach mehr Informationen zu Möglichkeiten der Vorsorge. Über zwei Drittel wollen besser darüber informiert sein, welche Optionen zur persönlichen Vorsorge, wie z. B. die Verwendung von Head-Sets, bestehen. Etwa zwei Drittel der Befragten erwarten mehr Fakten insbesondere von den Mobilfunk-Anbietern. Die Erwartungen an das Expertenwissen der Unternehmen sind hoch. Knapp drei Viertel fordern von den Anbietern mehr Aktivitäten in Bezug auf den Umgang mit Risiken und Vorsorgemaßnahmen. Dies wird vor allem von den jüngeren Befragten verlangt. Behörden und offizielle Stellen sollten nach Auffassung von Älteren und von Befragten mit Kindern intensive Informationsarbeit leisten. Sie genießen in diesen Gruppen das höchste Vertrauen. Mehr als die Hälfte der Älteren erwartet von den Behörden und offiziellen Stellen ein hohes Engagement im Umgang mit möglichen Risiken und Vorsorgemaßnahmen. Insgesamt sind aus Sicht der Befragten aber auch die Umweltorganisationen stärker gefordert.

### **Allgemeine Einschätzung der Risikodebatte zum Mobilfunk**

Die Diskussion um mögliche gesundheitliche Risiken im Mobilfunk bewegt sich in den Medien auf einen neuen Höhepunkt zu. Die Mehrheit der Bevölkerung zeigt sich besorgt und wünscht mehr Informationen. Daher war von Interesse, festzu-

stellen, ob die EMVU-Risikodebatte eher als notwendig oder als überflüssig wahrgenommen wird und welchen Stellenwert die Bürger ihr allgemein im Umgang mit den Risiken und Chancen neuer Technologien beimessen.

Zur allgemeinen Einschätzung der Risikodebatte wurden alle Befragten mit elf Thesen konfrontiert. Dies führte zu folgenden Ergebnissen: Vorsorgemaßnahmen für Kinder finden sehr hohe Zustimmung. Haushalte mit Kindern sind jedoch kostenbewusster und zeigen eine geringe Bereitschaft, für die Minderung potenzieller Risiken Geld zu bezahlen. Die Mehrheit geht davon aus, dass sich die Anzahl der Handynutzer trotz der EMVU-Debatte nicht verringern wird. Kaum jemand scheint ernsthaft bereit, auf sein Handy zu verzichten. Der Wunsch nach mehr Forschung und Information unterstreicht die weit verbreiteten Zweifel hinsichtlich des Ausmaßes und der Relevanz des Mobilfunks bezüglich gesundheitlicher Risiken.

Die Bereitschaft zum Diskurs über Chancen und Risiken ist in der Bevölkerung ausgeprägt. Der These: „Wer mobil telefonieren will, muss auch die Antennen akzeptieren“, stimmen über 80 Prozent der Bevölkerung zu. Ein großer Teil der Bevölkerung ist bereit, Kosten für Vorsorgemaßnahmen in Kauf zu nehmen. Die hohe Zahlungsbereitschaft signalisiert, dass Vorsorgemaßnahmen für die Bevölkerung einen hohen Wert darstellen.

Die These, dass der Mobilfunk Risiken mit sich bringt, wird von zwei Dritteln für zutreffend erachtet: Analog zum Autoverkehr erwartet man auch im Mobilfunk Risiken, über die mit ähnlicher Intensität debattiert werden wird wie bei einschneidenden Verkehrsprojekten. Da es um eine Weichenstellung im Umgang mit einer neuen Technologie geht, halten die wenigsten die Diskussion über die möglichen Risiken des Mobilfunks für überflüssig. Die Akteure – vor allem die Mobilfunkunternehmen und die Behörden – müssen sich auf einen Fortgang des Diskurses vorbereiten und lernen, ihn als notwendigen Vorgang der gesellschaftlichen Auseinandersetzung über Einbetriebs- und Nutzungsweisen moderner Technologien zu begreifen.

Online-Immissionsdatenbanken, die Transparenz über die Höhe der EMF-Belastung herstellen, gelten als sinnvoll, um eine indirekte Kontrolle über die Einhaltung der Grenzwerte auszuüben. Der Zugriff für jeden Interessierten, wie er von der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) angeboten wird, ist für viele Befragte eine wichtige Voraussetzung. Eine Absenkung der

Grenzwerte würde von vielen als Eingeständnis gewertet, dass tatsächlich Risiken vorhanden sind. Daher werden überraschenderweise auch Vorsorgemaßnahmen für „sensible Zonen“ weitgehend abgelehnt. Es überwiegt eine „Entweder-oder“-Haltung: Entweder werden Vorsorgemaßnahmen für alle Bürger getroffen, weil tatsächlich Risiken nachweisbar sind, oder es soll keine weitere Vorsorge getroffen werden, wenn bestehende Erkenntnisse dies nicht eindeutig nahe legen.

Selbstregulierungsmaßnahmen der Anbieter finden in den Meinungsäußerungen positiven Widerhall. Sie werden als zuverlässig und stabil beurteilt, da aus Wettbewerbsgründen jedes Unternehmen gezwungen wird, sich an Vereinbarungen zu halten. Dies gilt auch in Hinblick auf die beabsichtigte Deklarationspflicht von SAR-Werten, die den meisten kaum bekannt sind. Sollte die Spezifische Absorptionsrate als Kenngröße für die Einführung eines Gütesiegels verwendet werden, ist erhebliche Aufklärungsarbeit durch die Betreiber und Hersteller notwendig.

---

## Ergebnisse der Ländervergleichsstudien

---

Die Diskussion über mögliche gesundheitliche Risiken elektromagnetischer Felder wird in Europa mit unterschiedlichen Schwerpunkten geführt. Als generelle Richtlinie gelten fast überall die vom Europäischen Rat empfohlenen ICNIRP-Grenzwerte,<sup>18</sup> die aber nur selten auf nationaler Ebene gesetzlich festgeschrieben wurden wie in Deutschland. Die im Rahmen dieser Studie untersuchten Länder Österreich, Schweiz, Großbritannien und Italien zeigen im Vergleich der geltenden Grenzwerte und der sonstigen rechtlichen Rahmenbedingungen wesentliche Unterschiede.<sup>19</sup> Insbesondere aber verlaufen die jeweiligen Debatten sehr unterschiedlich.

Als „positives“ Beispiel für einen „rationalen“ Dialog über die EMF-Restrisiken kann Großbritannien gelten. Dort ist es den Netzbetreibern und Behörden gelungen, durch eine frühzeitige und vorausschauende Informationspolitik den Ausbau

der Netze weitgehend ungestört voranzutreiben. Die Standortplanungen für die Basisstationen wurden veröffentlicht und die Kommunen bei der Auswahl weitgehend einbezogen. In Regionen mit Protestpotenzial wurden Mediatoren eingesetzt und Clearingstellen eingerichtet. Zudem wurden vor Jahren bereits Projekte zur wissenschaftlichen Untersuchung potenzieller Risiken aufgelegt. Nicht zuletzt der Stewart-Report<sup>20</sup>, zu dem viele Akteure beigetragen haben, hat zu einer hohen Reputation der britischen Grenzwerte-Politik beigetragen. Zahlreiche Empfehlungen sind umgesetzt worden, insbesondere die Intensivierung von Messaktionen nach dem deutschen Standortverfahren sowie die Ausweitung der Informationspolitik der Netzbetreiber.

Als eher „negative“ Beispiele für den Verlauf nationaler EMVU-Debatten müssen die Schweiz, Österreich und insbesondere Italien gelten. Die politisch-normative Einführung von „Vorsorge-Grenzwerten“, die z. T. weit unterhalb der ICNIRP-Werte liegen, haben zu einer gravierenden Verschärfung der öffentlichen Auseinandersetzung geführt. Die um den Faktor Zehn niedrigeren Schweizer Grenzwerte, das „Salzburger Milliwatt“ und die unterschiedlichen regionalen Grenzwertfestlegungen in Italien haben die Bevölkerung tief verunsichert und das Protestpotenzial anwachsen lassen. Immer neue Rufe nach Grenzwertsenkungen gehören zum Forderungskatalog der meisten Bürgerinitiativen und sind inzwischen in eine „Grenzwertspirale“ gemündet. „Vorsorge-Grenzwerte“, die nicht auf wissenschaftlich begründeten Zusammenhängen beruhen, werden von der Bevölkerung richtigerweise als Ergebnis politischer Aushandlungsprozesse angesehen und unterliegen dementsprechend kontinuierlichen Forderungen nach weiterer Absenkung.<sup>21</sup>

Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchung besteht darin, dass sich viele Maßnahmen und Forderungen zunehmend angleichen, um die öffentliche Debatte zu versachlichen und das Vertrauen in öffentliche Institutionen, Forschungseinrichtungen und Netzbetreiber wiederherzustellen: Informationskampagnen, Dialogprozesse zwischen den gesellschaftlichen Gruppen, die Veröffentlichung der Standorte, Kontrollmessungen sowie die Intensivierung der Forschung gehören zum Katalog der von Behörden und Netzbetreibern verfolg-

---

18 Vgl. ICNIRP, Guidelines on Limits of Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (1 Hz – 300 GHz), in: Health Physics, 74 (1998), S. 494–522.

19 Vgl. hierzu Franz Büllingen/Annette Hillebrand, Gesundheitliche und ökologische Aspekte mobiler Kommunikation – Wissenschaftlicher Diskurs, Regulierung und öffentliche Debatte, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 246, Bad Honnef 2003.

20 Vgl. Sir William Stewart, Mobile Phones and Health. Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP), Oxford 2000.

21 Vgl. hierzu auch: BAKOM, Immissionen in Salzburg, Studie im Auftrag der Eidgenössischen Kommunikationskommission (ComCom), Bern, Februar 2002.

ten Maßnahmen. Die frühzeitige Information der Bevölkerung über Ausbaupläne sowie die Einbeziehung der Kommunen bei der Standortwahl sind weitere wichtige Schritte, die zur Wiederherstellung des Vertrauens beitragen.

---

## Ausblick

---

Die EMVU-Debatte befindet sich in Deutschland unzweifelhaft in einem entscheidenden Stadium. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Protestpotenzials wurden von Verbänden, Kommunen und Netzbetreibern 2001 wichtige Maßnahmen ergriffen, deren Wirkung in Hinblick auf die Versachlichung der EMVU-Debatte, ihre Einwirkungstiefe und ihre Nachhaltigkeit zum heutigen Zeitpunkt noch offen sind. Zu den wesentlichen Eckpfeilern gehören der von der Bundesregierung verabschiedete Katalog von Vorsorgemaßnahmen, die Intensivierung der Forschungsförderung, die von den Netzbetreibern eingegangene Selbstverpflichtung sowie die Vereinbarung zwischen Netzbetreibern und Kommunen, künftig bei der Wahl der Standorte enger zusammenzuarbeiten.<sup>22</sup>

Mittels der Beschreibung zweier Szenarien wurden angesichts dieser Maßnahmen die Spielräume für eine Kompromissbereitschaft der Bevölkerung, der Fachwelt, der Netzbetreiber sowie der Politik in zahlreichen Gesprächen mit Laien und Experten ausgelotet. Auf dieser Basis sind mit Vertretern unterschiedlicher Behörden, Unternehmen und Verbände Ansätze diskutiert worden, die zu einem sachlicheren Verlauf der Debatte beitragen können. Zum einen wurde eine mögliche negative Entwicklung als „Worst-Case“-Szenario („Latenter Konflikt“) skizziert, in dessen Verlauf es zu einer intensiveren Konfrontation und Verschärfung der Auseinandersetzung kommt und zahlreiche Kommunen, Städte und Gemeinden unter dem Druck ihrer Bürger Einfluss auf den Ausbau der Netze nehmen. Zum anderen wurde ein „Best-Case“-Szenario („Diskurs und Kompromiss“) konzipiert, in dessen Verlauf es auf Grund zahlreicher informationeller und diskursiver Maßnahmen von Seiten der öffentlichen Institutionen und der Netzbetreiber zu einer Rückgewinnung des Vertrauens und wachsender Akzeptanz gegenüber der Netzinfrastruktur kommt.

Ob die weitere Entwicklung in Richtung „Diskurs und Kompromiss“ verläuft oder ein Szenario

---

22 Vgl. Bundesregierung, Die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Bereich Mobilfunk, Stand 14. 12. 2001.

„Latenter Konflikt“ wahrscheinlicher ist, hängt ganz wesentlich vom Erfolg der oben beschriebenen Maßnahmen ab. Dabei sind Kontinuität, Offenheit und Aufmerksamkeit im Dialog mit der Öffentlichkeit besonders wichtig, soll das bisher verloren gegangene Vertrauen zurückgewonnen werden.<sup>23</sup> Vordringlich sollte der Forderung der Bürgerinnen und Bürger entsprochen werden, adressatenspezifischeres Wissen zur Verfügung zu stellen. Inzwischen besteht im Bereich EMVU eine regelrechte Informationsflut. Der Aufbau des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) geförderten Informationsportals zu EMVU kann daher einen wichtigen Beitrag leisten, Informationen strukturiert und für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen verständlich aufbereitet zu präsentieren.<sup>24</sup> Genauso wichtig ist es aber, dass vor allem die Netzbetreiber weiterhin aktiv das Gespräch vor Ort suchen. Darüber hinaus sollten Erfahrungen mit Bürgergutachten, Mediationsverfahren oder Fokusgruppen gesammelt werden.

Für die Entwicklung des EMVU-Diskurses in Richtung des „Best-Case“-Szenarios ist es von entscheidender Bedeutung, die Einheitlichkeit der Grenzwerte aufrechtzuerhalten. Daher sollte das Gespräch mit Städten und Kommunen gesucht werden, um drohenden „Insellösungen“ wie z. B. in Berlin oder München mit unterschiedlichen Grenzwerten entgegenzuwirken. Wichtig ist ferner eine Einheitlichkeit der Argumentation der kommunizierenden Akteure. Der Ländervergleich legt eindringlich nahe, dass uneinheitliche oder widersprüchliche Aussagen gegenüber der Öffentlichkeit in erheblicher Weise zur Verunsicherung beitragen.

Schließlich spielen die Ergebnisse der Forschungsprogramme eine wesentliche Rolle für den weiteren Verlauf der Debatte. Zwar darf nicht darauf vertraut werden, dass deren Ergebnisse automatisch zu einer Versachlichung der Auseinandersetzung führen, wie dies insbesondere von politischer Seite erhofft wird. Dazu gibt es aus wissenschaftstheoretischer und methodologischer Sicht zu viele grundlegende Einwände. Sie werden aber dann eine positive Wirkung entfalten können, wenn sie gegenüber einer breiteren Öffentlichkeit kommuniziert und „laiengerecht“ vermittelt werden.

---

23 Vgl. Hans-Joachim Braczyk/Jochen Barthel/Gerhard Fuchs/Kornelia Konrad, Vertrauensbildung aus soziologischer Sicht – das Beispiel Sicherheit in der Kommunikationstechnik, in: Günter Müller/Kurt-Herrmann Stapf (Hrsg.), Mehrseitige Sicherheit in der Kommunikationstechnik. Erwartung, Akzeptanz, Nutzung, Bonn 1998, S. 119–147.

24 Vgl. [www.mobilfunk-information.de](http://www.mobilfunk-information.de)

## Natascha Adamowsky

Dr. phil., Professorin an der Humboldt Universität zu Berlin.

*Anschrift:* HU Berlin, Kulturwissenschaftliches Seminar, Sophienstraße 22 a, 10178 Berlin.

E-Mail: nadamowsky@culture.hu-berlin.de

*Veröffentlichungen u. a.:* Spielfiguren in virtuellen Welten, Frankfurt/M. 2000; Smarte Götter und magische Maschinen, in: Friedemann Mattern (Hrsg.), Total vernetzt, Berlin–Heidelberg 2003.

## Marc Langheinrich

Dipl.-Informatiker, geb. 1971; wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, Institut für Pervasive Computing.

*Anschrift:* ETH Zürich, IFW D48.2, 8092 Zürich, Schweiz.

E-Mail: langhein@inf.ethz.ch

*Veröffentlichung u. a.:* (zus. mit Jürgen Bohn u. a.) Allgegenwart und Verschwinden des Computers, in: Ralf Grötker (Hrsg.), Privat! Kontrollierte Freiheit in einer vernetzten Welt, Hannover 2003.

## Friedemann Mattern

Dr. rer. nat., geb. 1955; Professor für Informatik und Direktor des Instituts für Pervasive Computing an der ETH Zürich.

*Anschrift:* ETH Zürich, IFW D49.1, 8092 Zürich, Schweiz.

E-Mail: mattern@inf.ethz.ch

*Zahlreiche Veröffentlichungen* auf den Gebieten „Verteilte Systeme“ und „Ubiquitous Computing“, zuletzt: (Hrsg.) Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt, Berlin 2003.

## Siegfried Behrendt

Dipl.-Pol., Dipl.-Biol., geb. 1960; Projektleiter am Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT).

*Anschrift:* IZT, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin.

E-Mail: s.behrendt@izt.de

*Veröffentlichung u. a.:* (zus. mit Ralf Pfitzner u. a.) Innovationen zur Nachhaltigkeit, Heidelberg 1998.

## Lorenz M. Hilty

Prof. Dr. rer. nat. habil., Dipl.-Informatiker, geb. 1959; Leiter der Abteilung „Nachhaltige Informationstechnologie“ der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Forschungsprogrammes „Nachhaltigkeit in der Informationsgesellschaft“ des ETH-Rates.

*Anschrift:* EMPA, Lerchenfeldstraße 5, CH-9014 St.Gallen.

E-Mail: Lorenz.Hilty@empa.ch

*Veröffentlichung u. a.:* (zus. mit Rainer Zah) Forschung baut Brücken, in: M. Angrick (Hrsg.), Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Informationsgesellschaft, Marburg 2003 (i. E.).

## Lorenz Erdmann

Dipl.-Ing., technischer Umweltschutz, geb. 1970; wissenschaftlicher Mitarbeiter am IZT.

*Anschrift:* IZT, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin.

E-Mail: l.erdmann@izt.de

*Veröffentlichung u. a.:* Wem gehört das Netz? in: Zukünfte. Zeitschrift für Zukunftsforschung und Vernetztes Denken, Heft 35, Frühjahr 2001.

## Gerd Pasch

geb. 1951; Redakteur von „Forschung aktuell“ beim Deutschlandfunk (DLF) in Köln.

*Anschrift:* DLF, Raderberggürtel 40, 50968 Köln.

E-Mail: g.pasch@dlf.de

*Veröffentlichungen:* zahlreiche Rundfunk- und Fernsehbeiträge insbesondere für den DLF und den WDR.

## Mathias Schulenburg

Dr. rer. nat., geb. 1945; Promotion über Röntgenfeinstrukturanalyse; freier Wissenschaftsjournalist.

*Anschrift:* Im Bergerhof 12, 50999 Köln.

E-Mail: MathiasSchulenburg@web.de.

*Veröffentlichungen u. a.:* Nanotechnologie – die letzte industrielle Revolution?, Frankfurt/M. 1995; Förderkonzept Nanoelektronik, BMBF, Bonn 2002; zahlreiche Hörfunk- und Fernsehbeiträge für die ARD und den DLF.

## Franz Büllingen

Dr. rer. soc., geb. 1954; Leiter der Forschungsgruppe „Kommunikation und Innovation“ beim Wissenschaftlichen Institut für Kommunikationsdienste (WIK), Bad Honnef.

*Anschrift:* WIK, Rhöndorfer Straße 68, 53604 Bad Honnef

E-Mail: f.buellingen@wik.org

*Veröffentlichung u. a.:* (zus. mit Christine Gries u. a.) Förderung der Marktperspektiven und der Wettbewerbsentwicklung der Breitbandkommunikationsnetze in Deutschland, Bad Honnef 2002

## **Nächste Ausgabe**

### **Ludger Helms**

Kontinuität und Wandel parlamentarischer Regierung in der Bundesrepublik

### **Julia von Blumenthal**

Auswanderung der Politik aus den Verfassungsinstitutionen

### **Roland Lhotta**

Der Bundesrat als Oppositionskammer?

### **Sabine Kropp**

Das Koalitionsmanagement der rot-grünen Bundesregierung

### **Karl-Rudolf Korte**

Die Rolle von Machtmaklern im Entscheidungsprozess

### **Ulrich Sarcinelli**

Demokratie unter Kommunikationsstress?

**Natascha Adamowsky Essay**

### **Totale Vernetzung – totale Verstrickung?**

Aus Politik und Zeitgeschichte, B 42/2003, S. 3–5

---

■ Wie wird sich *ubiquitous computing* im Alltag zeigen? Das wird davon abhängen, wie Inhalt und Form der Vernetzung gestaltet werden. Form und Inhalt aber nehmen bereits Gestalt an, während wir heute darüber reden. Diesem Reden über *ubiquitous computing*, seinen Metaphern und impliziten Visionen, wird unter den Aspekten der angekündigten Allgegenwart und Unsichtbarkeit der neuen Technik nachgegangen. Dabei vereinen sich verschiedene Assoziationsfelder wie das der totalen Überwachung, undemokratischen Geheimhaltung und einkassierten Wahlmöglichkeiten mit metaphysischen Denkmustern und magisch-fetischistischen Vorstellungen. Was aber haben Letztere in computerwissenschaftlichen Technikvisionen verloren?

**Marc Langheinrich/Friedemann Mattern**

### **Digitalisierung des Alltags**

*Was ist Pervasive Computing?*

Aus Politik und Zeitgeschichte, B 42/2003, S. 6–12

---

■ Der stetige Fortschritt der Mikroelektronik und Kommunikationstechnik hat einen Punkt erreicht, an dem es möglich wird, kleinste Computerprozessoren und mikroelektronische Sensoren in Alltagsgegenstände zu integrieren und diese so mit einem „smarten“ Verhalten auszustatten. Die langfristigen Auswirkungen einer derart tief greifenden Integration von Informationstechnologie in unseren Alltag sind bisher noch kaum abzusehen: Wenn gewöhnliche Dinge miteinander kommunizieren können und wissen, welche anderen Gegenstände oder Personen in der Nähe sind und was in der Vergangenheit mit ihnen geschah, dann dürfte dies über kurz oder lang größere wirtschaftliche und soziale Konsequenzen haben und zum Politikum werden.

**Siegfried Behrendt/Lorenz M. Hilty/**

**Lorenz Erdmann**

### **Nachhaltigkeit und Vorsorge – Anforderungen der Digitalisierung an das politische System**

Aus Politik und Zeitgeschichte, B 42/2003, S. 13–20

---

■ Die absehbare Durchdringung des Alltags mit mikroelektronischen Komponenten, die immer und überall eingeschaltet und weitgehend drahtlos vernetzt sind, wirft Fragen nach möglichen unerwünschten Folgen dieser Technologie auf. Den erwarteten Vorteilen sind die teilweise ungeklärten Risiken gegenüberzustellen, die in der Verwirklichung dieser Technologievision liegen. Zur Abschätzung von Chancen und Risiken von Pervasive Computing werden Prinzipien der traditionellen Ethik (Achtung der Menschenwürde, Fürsorgeprinzip und Gerechtigkeit), ergänzt um das Vorsorgeprinzip und die Leitidee „Nachhaltige Entwicklung“, herangezogen.

**Gerd Pasch**

### **Digitalisierung der Medien**

Aus Politik und Zeitgeschichte, B 42/2003, S. 21–25

---

■ Die Digitalisierung der Medien ist nicht mehr aufzuhalten und wird zu einem gesellschaftlichen und politischen Faktor. Zugunsten des „Digital Audio Broadcasting“ (DAB) muss das bisher genutzte analoge UKW-Hörfunksystem in naher Zukunft komplett abgeschaltet werden. Ob bei den nahezu unbegrenzten technischen Möglichkeiten auch die Inhalte mithalten, ob Innovationen auch in der Kommunikation folgen, ist allerdings bislang nicht zu erkennen. Ein wichtiger Trend der kommenden Jahre ist die Verschmelzung von Rundfunk und Internet.

**Mathias Schulenburg**

### **Erkundungen in der Nanowelt**

Aus Politik und Zeitgeschichte, B 42/2003, S. 26–34

---

■ Als Gerd Binnig und Heinrich Rohrer in den achtziger Jahren ihr Rastertunnelmikroskop entwickelt hatten, setzten sie der Atomhypothese Demokrits die experimentelle Krone auf. Jetzt konnte jedes Labor mit nicht allzu viel Mühe und Kosten zeigen, dass Allerweltsmaterie aus Atomen besteht – was der griechische Denker vor über 2000 Jahren behauptet hatte. Seit die Bilder des Rastertunnelmikroskops und seiner mittlerweile zahlreichen Ableger um die Welt gehen, hat der metrische Maßstab, der den Abmessungen der Atome am nächsten liegt, Karriere gemacht, hat das Nanometer, der millionste Teil eines Millimeters, der Nanotechnologie ihren Namen gegeben. In der Nanotechnologie finden nahezu alle wissenschaftlichen Bereiche zusammen – Physik, Chemie, Molekularbiologie und technische Ableger wie Nanoelektronik –, um in Grenzgebieten die technischen Möglichkeiten von morgen vorzubereiten, die sich durch außerordentliche Eleganz und Effizienz auszeichnen werden.

**Franz Büllingen**

### **„Elektrosmog“ durch Mobilfunk?**

*Akzeptanz und Risiko im Licht der öffentlichen Debatte*

Aus Politik und Zeitgeschichte, B 42/2003, S. 35–46

---

■ Mit dem Aufbau der Mobilfunknetze zu Beginn der neunziger Jahre hat in Deutschland eine Debatte über die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der elektromagnetischen Emissionen begonnen, die seit der Versteigerung der UMTS-Frequenzen noch erheblich an Intensität gewonnen hat. Wengleich die Akzeptanz des Mobilfunks hoch ist, stehen der Ausbau des Mobilfunks und ein flächendeckendes Angebot in Frage. Die weitere Zukunft des Mobilfunks hängt davon ab, wie die Bevölkerung den Nutzen gegen die potenziellen Risiken abwägt. Obwohl die Medien einen hohen Einfluss auf die Debatte besitzen und überwiegend kritisch berichten, dominiert in der Bevölkerung bislang (noch) ein sehr pragmatisches Verhältnis im Umgang mit den potenziellen Restrisiken.