

# Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft: Technologiefolgenabschätzung für Pervasive Computing

Lorenz M. Hilty

Abstract:

Die bevorstehende Durchdringung des Alltags mit digitalen Mikrochips, die immer und ueberall eingeschaltet und weitgehend drahtlos vernetzt sind, wirft Fragen nach moeglichen Nebenfolgen dieser Technologie auf. Im Sinne des Vorsorgeprinzips sind auch die teilweise ungeklaerten Risiken zu beachten, die in der Verwirklichung dieser Pervasive Computing genannten Technologievision liegen.

# Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft

## Technologiefolgenabschätzung für Pervasive Computing

Die bevorstehende Durchdringung des Alltags mit digitalen Mikrochips, die immer und überall eingeschaltet und weitgehend drahtlos vernetzt sind, wirft Fragen nach möglichen Nebenfolgen dieser Technologie auf. Im Sinne des Vorsorgeprinzips sind auch die teilweise ungeklärten Risiken zu beachten, die in der Verwirklichung dieser „Pervasive Computing“ genannten Technologievision liegen.



**Lorenz M. Hilty**

studierte Informatik und Psychologie und habilitierte sich an der Universität Hamburg. Er war am Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) in Ulm tätig und lehrte an verschiedenen Universitäten und Fachhochschulen. Er leitet heute die Abteilung „Technologie und Gesellschaft“ an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) in St. Gallen, Schweiz.

E-mail: [lorenz.hilty@empa.ch](mailto:lorenz.hilty@empa.ch)

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. Vor diesem Hintergrund identifiziert und bewertet eine Studie des Schweizerischen Zentrums für Technologiefolgenabschätzung (TA-SWISS) die Chancen und Risiken des Pervasive Computing für Gesundheit und Umwelt (Hilty et al. 2003). Neben Gesundheits- und Umweltaspekten im engeren Sinne werden dabei auch soziale Auswirkungen einbezogen: Datenschutzaspekte, die Folgen unbeherrschbarer Komplexität technischer Systeme und die zunehmende Abhängigkeit der Gesellschaft von solchen Systemen. Pervasive Computing ist eine zukünftige Anwendungsform von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die durch Miniaturisierung und Einbettung von Mikroelektronik in andere Objekte sowie ihre Vernetzung und Allgegenwart im Alltag gekennzeichnet ist. Anders als die meisten heutigen IKT-Produkte werden Komponenten des Pervasive Computing mit Sensoren ausgestattet sein, über die sie ihre Umgebung erfassen, ohne dass der Benutzer/die Benutzerin dies aktiv veranlasst. Eine so weitgehende Vision der Durch-

dringung des Alltags mit mikroelektronischen Komponenten wirft Fragen nach möglichen unerwünschten Auswirkungen 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?“

Diese Frage kann nur im gesellschaftlichen Diskurs beantwortet werden. Die Studie will einen sachlichen Beitrag zu diesem Diskurs leisten, indem sie das Spektrum möglicher Chancen und Risiken des Pervasive Computing aufzeigt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt.

## Technologische Voraussetzungen und Trends

Die Miniaturisierung der Mikroelektronik wird noch circa 10 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 (W-LAN) spielen. Die Energieversorgung mobiler Komponenten wird bei zunehmender Anzahl (man rechnet mit Hunderten Komponenten pro Person) nicht mehr primär über zu wechselnde oder am Netzteil aufzuladende Batterien geschehen können. Andere Energieversorgungskonzepte wie Solarzellen, Brennstoffzellen oder die Nutzung von Körperenergie werden sich stärker verbreiten müssen. Viele Komponenten werden auch nur durch Kontakt oder durch ein Versorgungsfeld aktiviert werden, wie das heute bei Chipkarten bzw. „intelligenten Etiketten“ (Smart Labels) der Fall ist.

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 IKT ist die Kontextsensitivität: Die Komponenten reagieren auf ihre Umgebung und können daher auch ohne Aufforderung durch den Benutzer/die Benutzerin aktiv werden. Im Softwarebereich werden so genannte Agententechnologien an Bedeutung gewinnen, die den Benutzer/die Benutzerin zunehmend als Entscheidungsträger umgehen.

Von den untersuchten Anwendungsfeldern Wohnen, Verkehr, Arbeit und Gesundheit ist im Verkehr die rascheste Entwicklung zu erwarten. Das Auto ist durch seine Geschlossenheit und stabile Energieversorgung eine Testplattform für Pervasive Computing und wird in den kommenden Jahren immer „intelligenter“ werden. Das „intelligente Haus“ wird sich dagegen eher langsam durchsetzen, wiewohl die heutige Verkabelung für Computer, Telefon usw. weitgehend drahtlosen Verbindungen weichen wird. Unter den Querschnittstechnologien digitale Informations- und Unterhaltungsmedien, Wearables und Smart Labels (die hier alle unter Pervasive Computing gefasst sind) werden die Smart Labels den Alltag am schnellsten durchdringen. Es wurden drei Szenarien mit einem Zeithorizont von 10 Jahren entwickelt, die drei möglichen Entwicklungspfade des Pervasive Computing entsprechen: Ein zurückhaltendes, ein mittleres und ein „Hightech“-Szenario. Sie unterscheiden sich hauptsächlich im angenommenen Durchdringungs- und Vernetzungsgrad, den Pervasive Computing in den verschiedenen Anwendungsfeldern erreichen wird.

### Chancen und Risiken für die Gesundheit

Große Chancen bietet das Pervasive Computing für die medizinische Behandlung und Pflege. Besonders die Lebensqualität von chronisch Kranken, Rehabilitations- und RisikopatientInnen 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 „Apparatemedizin“, die die PatientInnen stärker überwacht. Unter Gesundheitsaspekten ist besonders die heutige Kontroverse um nichtionisierende 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 Datennetze (W-LANs) ausbreiten werden. Diese werden zwar mit schwächeren Sendeleistungen betrieben, haben aber doch zur Folge, dass eine zusätzliche Infrastruktur mit NIS-Quellen aufgebaut wird. Mögliche Gesundheitsrisiken, die von NIS unterhalb der thermischen Wirkungsschwelle ausgehen, sind nach wie vor ungeklärt. Bestimmte biologische Effekte sind nachgewiesen und geben Anlass zur Vorsicht. Gerade vor dem Hintergrund, dass Pervasive Computing das Tragen von Strahlungsquellen am Körper (Wearables) oder sogar im Körper (Implantate) vorsieht, besteht weiterhin dringender Forschungsbedarf. Die Strahlungsexposition kann auch bei Quellen mit niedriger Sendeleistung sehr hoch werden, wenn der Abstand zum Körpergewebe sehr klein ist.

### Chancen und Risiken für 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 IKT auf die Umwelt sind Material- und Energieverbrauch in der Produktions- und Nutzungsphase sowie Schadstoffbelastung bei der Entsorgung dieser Produkte. Pervasive Computing wird die Ökobilanz dieses Lebensweges nicht grundlegend verändern. Die fortschreitende Miniaturisierung wird mit hoher Wahrscheinlichkeit durch grössere Anzahl und kürzere Nutzungsdauer der Komponenten

mengenmäßig kompensiert oder überkompensiert werden. Der Energiebedarf der Vernetzung, die für Pervasive Computing benötigt wird, kann einige Prozent des gesamten Stromverbrauchs erreichen, wenn keine Anreize zur Nutzung technischer Energiesparpotenziale gegeben werden. Mit einem zunehmenden Eintrag von mikroelektronischen Wegwerfprodukten einschließlich Batterien in andere Abfallströme (Verpackungen, Textilien) ist zu rechnen. 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 oder wenn Informationssysteme die Verbreitung von Wissen und koordiniertes Handeln im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung fördern (Hilty et al. 2004). Diese Entlastungspotenziale werden jedoch nur dann realisiert, wenn ausreichende Anreize zu einem ökonomischen Umgang mit natürlichen Ressourcen bestehen. Anderenfalls wird ein Wachstum der Nachfrage (Tertiäreffekte) die Einsparungen kompensieren. Bisherige Erfahrungen mit den Auswirkungen von IKT haben gezeigt, dass dieser Rebound-Effekt in den meisten Fällen eintritt. Die Untersuchung der zukünftigen Umweltwirkungen von IKT wird in einem Projekt des „Institute for Prospective Technological Studies“ (IPTS) fortgesetzt, das im Frühjahr 2004 abgeschlossen wird (Hilty et al. in Vorb.).

### Qualitative Bewertung der Risiken

Gemäß dem Vorsorgeprinzip, wie es ursprünglich im Umweltbereich definiert wurde, sind Risiken auch dann zu minimieren, wenn sie nicht abschließend nachgewiesen sind. Unvollständiges Wissen soll zumutbare Maßnahmen nicht verhindern. Das bedeutet aber, dass mit ungeklärten Risiken argumentiert werden muss, die nach Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit nicht quantifiziert werden können. Um dennoch eine Priorisierung der in der Studie gefundenen Risiken vornehmen

zu können, wurden die folgenden qualitativen Risikokriterien verwendet: Sozioökonomische Irreversibilität, Verzögerungswirkung, Konfliktpotenzial und Belastung für die Nachwelt. Nach diesen Kriterien wurden folgende Problemfelder als die wichtigsten identifiziert. Die Reihenfolge bedeutet jedoch keine Bewertung:

■ **Konflikte um nicht-ionisierende Strahlung:** Die durchschnittliche Exposition wird voraussichtlich zunehmen. Hier besteht Konfliktpotenzial, weil Nicht-BenutzerInnen von Pervasive Computing sich ähnlich wie Passivraucher einer von anderen verursachten Belastung ausgesetzt sehen werden, unabhängig von der tatsächlichen biologischen Wirkung. Es besteht dringender Bedarf, mögliche Gesundheitsrisiken weiter zu erforschen.

■ **Stress:** Pervasive Computing könnte aus mehreren Gründen Stress auslösen, darunter schlechte Benutzbarkeit, Störung und Ablenkung der Aufmerksamkeit, das Gefühl des Überwachtwerdens (Datenschutz und möglicher krimineller Missbrauch) sowie steigende Anforderungen an die Produktivität des Einzelnen.

■ **Unfreiwilligkeit:** Ein Teil der KonsumentInnen und PatientInnen könnten 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 werden kann, gehen wertvolle Rohstoffe verloren und gelangen Schadstoffe in die Umwelt.

■ **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 die Komplexität dieser verteilten Systeme weder mathematisch noch juristisch zu beherrschen ist. 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. Zur Vorsorge gegen die identifizierten Risiken empfiehlt die Studie eine Reihe von Maßnahmen, von denen hier nur die wichtigsten genannt werden können. An die Adresse der Politik wird empfohlen, Ziele in den Bereichen „Informationsgesellschaft“ und „Nachhaltige Entwicklung“ besser zu koordinieren. Um die Weichen in Richtung einer energieeffizienten IKT-Infrastruktur zu stellen, ist die konsequente Verstärkung ökologischer Anreize im Steuersystem notwendig. Den Bildungsinstitutionen aller Stufen wird empfohlen, einen kritischen und mündigen Umgang mit IKT in die Lernziele aufzunehmen, weil die sozialen Risiken von Pervasive Computing am wirkungsvollsten minimiert werden, wenn sich die BenutzerInnen der Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologie bewusst sind. Weitere vorgeschlagene Maßnahmen zielen darauf ab, den Miss-

brauch von Pervasive Computing zu verhindern und die Freiwilligkeit seiner Nutzung aufrecht zu erhalten. Die Studie wurde von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) federführend erstellt und ist beim Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung in Bern (TA-SWISS) kostenlos erhältlich ([www.ta-swiss.ch](http://www.ta-swiss.ch)).

#### Literatur

- L. M. Hilty et al.: Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft – Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt. Bern: Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung, Studie TA 46/2003.
- L. M. Hilty et al. (Eds.): Information Systems for Sustainable Development. Hershey (PA) 2004.
- L. M. Hilty et al.: The Future Impact of ICT on Environmental Sustainability. Fourth Interim Report – Refinement and Quantification (in Vorbereitung, Preprint erhältlich beim Autor). ■

# Bibliography

- Arnfolk, P.; Erdmann, L.; Goodman, J.; Hilty, L. M. (2004): The future impact of ICT on environmental sustainability. Proceedings EU-US Scientific Seminar on New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods, 13-14 May 2004, Seville, Spain
- Behrendt, S.; Hilty, L. M.; Erdmann, L.: Nachhaltigkeit und Vorsorge – Anforderungen der Digitalisierung an das politische System. Aus Politik und Zeitgeschichte 42, 2003, 13-20
- Bütschi, D.; Courant, M., Hilty, L. M.: Towards sustainable pervasive computing. IEEE Technology and Society Magazine 24 (1), 2005 7-8
- Bütschi, D.; Hilty, L. M.: Introduction: Technology Assessment for Pervasive Computing. Human and Ecological Risk Assessment, 10 (5) 2004, 759-761
- Dompke, M.; von Geibler, J. ; Göhring, W. ; Herget, M.; Hilty, L. M.; Isenmann, R. ; Kuhndt, M.; Naumann, S.; Quack, D.; Seifert, E.: Memorandum Nachhaltige Informationsgesellschaft. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2004, ISBN: 3-8167-6446-0
- Erdmann, L.; Hilty, L. M.; Goodman, J.; Arnfolk, P.: The future impact of ICT on environmental sustainability. Synthesis Report. Institute for Prospective Technology Studies (IPTS), Sevilla, 2004
- Hilty, L. M.; Behrendt, S.; Binswanger, M.; Bruinink, A.; Erdmann, L.; Fröhlich, J.; Köhler, A.; Kuster, N.; Som, C.; Würtenberger, F.: Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft – Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt. Herausgegeben vom Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS), Bern (TA 46/2003)
- Hilty, L. M.; Gilgen, P. W. (eds): Sustainability in the Information Society. Metropolis, Marburg 2001, ISBN: 3-89518-370-9
- Hilty, L. M.; Köhler, A.; von Schéele, F.; Zah, R.; Ruddy, T.: Rebound Effects of Progress in Information Technology. Poiesis & Praxis: International Journal of Technology Assessment and Ethics of Science, 1 (4) 2006, 19-38
- Hilty, L. M.; Page, B.; Radermacher, F. J.; Riekert, W. F. (1995): Environmental Informatics as a New Discipline of Applied Computer Science. In: Avouris, N. (Hrsg.): Environmental Informatics – Methodology and Applications of Environmental Information Processing. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1995, 1-11