

Ubiquitous Computing – Die Vision von der Informatisierung der Welt

Friedemann Mattern

Institut für Pervasive Computing, ETH Zürich

*In the 21st century the technology revolution will
move into the everyday, the small and the invisible.
Mark Weiser (1952–1999)*

Der Begriff *Ubiquitous Computing* wurde bereits Anfang der 1990er-Jahre geprägt und von Mark Weiser in seinem visionären Artikel *The Computer for the 21st Century* beschrieben. Weiser propagiert darin den allgegenwärtigen Computer, der unsichtbar und unaufdringlich den Menschen bei seinen Tätigkeiten unterstützt und ihn von lästigen Routineaufgaben weitestgehend befreit. Dabei versteht er Technik als reines Mittel zum Zweck, die in den Hintergrund treten soll, um die Konzentration auf die Sache an sich zu ermöglichen – der PC als Universalwerkzeug sei in dieser Hinsicht der falsche Ansatz, da dieser aufgrund seiner Vielfältigkeit und Komplexität die Aufmerksamkeit des Anwenders zu sehr in eigener Sache in Anspruch nehme. Generell soll nach Weisers Auffassung der Computer als Gerät verschwinden, dessen informationsverarbeitende Funktionalität aber überall verfügbar sein.

Während Weiser den Terminus „Ubiquitous Computing“ eher in akademisch-idealistischer Weise als eine unaufdringliche, humanzentrierte Technikvision verstand, die sich erst in der weiteren Zukunft realisieren lässt, hat die Industrie dafür inzwischen den Begriff „Pervasive Computing“ mit einer leicht unterschiedlichen Akzentuierung geprägt: Auch hier geht es um die überall eindringende und allgegenwärtige Informationsverarbeitung, allerdings mit dem primären Ziel, diese eher kurzfristig im Rahmen von Electronic-Commerce-Szenarien und Web-basierten Geschäftsprozessen nutzbar zu machen. Die Perspektiven des Pervasive Computing wurden von IBM-Chairman Lou Gerstner einmal so beschrieben: „*A billion people interacting with a million e-businesses through a trillion interconnected intelligent devices.*“

Das Internet der Dinge

Gemäß der Vision des Ubiquitous Computing sollen beliebige Alltagsdinge mittels eingebauter Sensoren und Prozessoren „smart“ werden und miteinander kommunizieren können. Kurz und plakativ könnte man den Anspruch des Ubiquitous Computing aus technikzentrierter Sicht daher auch so charakterisieren: Nachdem das Internet heute fast alle Computer der Welt verbindet, macht es sich nun daran, auch die übrigen Gegenstände zu vernetzen und zu „informatisieren“. Wird man aber schon dem Internet nicht ge-

Dieser Artikel beruht auf früheren Veröffentlichungen des Autors, insbesondere dem umfassenderen Beitrag „*Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing*“ in: F. Mattern (Hrsg.): Total vernetzt, Springer-Verlag, 2003.

recht, wenn man es auf seine informationstechnische Dimension reduziert, so gilt dies sicherlich erst recht für das Ubiquitous Computing. Was kommt hier auf uns zu?

Vermutlich Gewaltiges! Noch aber sind wir nicht im Zeitalter des Ubiquitous Computing angekommen, sondern befinden uns erst in der Ära des „personal computing“. Diese erfuhr allerdings innerhalb weniger Jahre einen deutlichen Wandel: War die Vernetzung des persönlichen Computers anfangs noch ein Mittel, um durch die Nutzung gemeinsamer Ressourcen und den Austausch von Dateien die klassische Zweckbestimmung des PCs aufzuwerten, so ist es heute meist umgekehrt: Es ist nicht mehr der PC, der im Mittelpunkt steht und an den man die Netzperipherie anschließt, sondern das Netz als solches hat eine unabhängige, dauerhafte Existenz gewonnen und spielt die dominierende Rolle: PCs werden heute typischerweise aus dem Grund angeschafft, weil es das Internet gibt und durch sie der Zugang zum WWW mit seinen vielfältigen Informationsressourcen überhaupt erst möglich wird.

Auch das Internet wandelt sich. Dieser Wandel ist jedoch nicht nur durch einen stürmischen Zuwachs hinsichtlich der angeschlossenen Rechner charakterisiert, mindestens genauso interessant ist das Wachstum in qualitativer Hinsicht: Wurde das Internet in den 1980er-Jahren noch weitgehend als Kommunikationsmedium von *Mensch zu Mensch* benutzt (E-Mail war seinerzeit neben dem Dateitransfer die dominierende Anwendung), so brachten die 1990er-Jahre mit dem WWW eine ganz neue Nutzungsform hervor: Nun kommunizierten *Menschen* via Web-Browser auf der einen Seite mit *Maschinen*, nämlich Web-Servern, auf der anderen Seite. Damit einher ging eine Vervielfachung des Datenverkehrs, zugleich war dies die Voraussetzung für die schnelle Kommerzialisierung und Popularisierung des Internets. Die gegenwärtige Dekade lässt sich dadurch charakterisieren, dass sich mit mobilen „Internet Appliances“ das Internet über seine klassische Domäne hinaus ausbreitet. Der drahtlose Internetzugang via Handy ist zwar noch etwas holprig, jedoch dürften Always-on-Technologien wie UMTS, neue Gerätegenerationen und nicht zuletzt Entwicklungen für den Consumer-Bereich wie „Foto-Handys“ und „Smartphones“ einen ganz neuen Markt und Tummelplatz für das „mobile Internet“ erschließen und damit den Trend hin zum Informationszugang „sofort, überall und zu allem“ fortsetzen.

Jetzt zeichnet sich indes ein weiterer Qualitätssprung ab: Das Internet wird bald wohl vorwiegend für die Kommunikation von *Maschine zu Maschine*, oder vielleicht besser von *Ding zu Ding*, verwendet werden – „humans out of the loop“ lautet die Devise. Weiterhin werden zwar „klassische“ Anwendungen wie E-Mail und WWW eine wichtige Rolle spielen und sogar umfänglicher als heute genutzt werden, dominant dürfte jedoch die reine Maschinenkommunikation werden. Neu aufkommende Standards und Infrastrukturdienste, welche Web-Informationen maschinenlesbar machen, wie beispielsweise XML, Web-Services und das „semantic Web“, sind erste Anzeichen dafür. Vor allem aber werden in Alltagsgegenstände eingebettete Prozessoren und Sensoren im Verbund mit neuen technischen Möglichkeiten der drahtlosen Datenkommunikation dafür sorgen, dass viele Alltagsdinge miteinander kommunizieren können und diese z.B. ihren Aufenthaltsort oder ihre Sensorwerte anderen interessierten und dazu befugten Dingen mitteilen. Damit dürfte das Internet einen weiteren drastischen Wandel erleben – es verlängert sich bis in die letzten Alltagsgegenstände hinein! Neil Gershenfeld vom Media Lab des MIT drückte diese Erwartung folgendermaßen aus: „*Es kommt mir so vor, als sei das rasante Wachstum des WWW nur der Zündfunke einer viel gewaltigeren Explosion gewesen. Sie wird losbrechen, sobald die Dinge das Internet nutzen.*“

Technologie für verschwindende Computer

Der ständige Fortschritt in der Mikroelektronik ist uns inzwischen fast zur Selbstverständlichkeit geworden: Mit erstaunlicher Präzision und Konstanz gilt das bereits Mitte der 1960er-Jahre von Gordon Moore aufgestellte und nach ihm benannte „Gesetz“, welches in seiner populären Kurzform besagt, dass sich die Leistungsfähigkeit von Computern etwa alle 18 Monate verdoppelt. Eine ähnlich hohe Effizienzsteigerung ist auch für einige andere Technologieparameter wie Speicherkapazität oder Kommunikationsbandbreite zu beobachten; entsprechend fällt mit der Zeit bei gleicher Leistungsfähigkeit der Preis für mikroelektronisch realisierte Funktionalität radikal. Dieser allem Anschein nach weiter anhaltende Trend hat zur Folge, dass Prozessoren und Speicherkomponenten in Zukunft noch wesentlich leistungsfähiger, kleiner und billiger werden.

Dies führt dazu, dass kleinste spontan und drahtlos miteinander kommunizierende Prozessoren bald im Überfluss vorhanden sein werden; die nach Gebrauch wertlosen Telefonchips sind erste Hinweise auf die zu erwartenden Myriaden von „Wegwerfcomputern“. Mit dieser absehbaren Überschwemmung der Welt durch Rechenleistung wird ein Paradigmenwechsel in der Computeranwendung eingeläutet: Kleinste und billige Prozessoren, Speicherbausteine und Sensoren können einerseits zu diversen preiswerten „information appliances“ zusammengebaut werden, die drahtlos mit dem Internet verbunden und für spezielle Aufgaben maßgeschneidert sind, können andererseits aber auch aufgrund ihrer geringen Größe und vernachlässigbaren Preises in viele Alltagsgeräte eingebaut werden und diesen ein „smarteres“ Verhalten verleihen, indem sie diese beispielsweise zu einem an die jeweilige Situation angepassten Verhalten befähigen. Damit dringt Informationsverarbeitung gekoppelt mit Kommunikationsfähigkeit fast überall ein, auch in Dinge, die zumindest auf den ersten Blick keine elektrischen Geräte darstellen – das „computing“ wird somit ubiquitär.

Nicht nur der technische Fortschritt der Mikroelektronik trägt zur Allgegenwart und zum gleichzeitigen Verschwinden des Computers bei – immer wichtiger werden auch Ergebnisse der Mikrosystemtechnik und der Nanotechnik, welche beispielsweise zu kleinsten integrationsfähigen Sensoren führen, die unterschiedlichste Parameter der Umwelt aufnehmen können. Neuere Sensoren reagieren nicht nur auf Licht, Beschleunigung, Temperatur etc., sondern können auch Gase und Flüssigkeiten analysieren oder generell den sensorischen Input vorverarbeiten und so gewisse Muster (z.B. Fingerabdruck oder Gesichtsformen) erkennen. Eine interessante Entwicklung in dieser Hinsicht stellen Funksensoren dar, die ohne explizite Energieversorgung ihre Messwerte einige Meter weit melden können; die dazu nötige Energie bezieht ein solcher Sensor aus seiner Umgebung (indem er z.B. mit Mikrowellen bestrahlt wird) oder einfach direkt aus dem Messvorgang selbst (wie Temperaturänderung oder Druck, indem piezoelektrische oder pyroelektrische Materialien zur Anwendung kommen).

Ohne eigene Energieversorgung funktionieren auch die als Ersatz für Strichcode-Etiketten dienenden und vor der Masseneinführung stehenden quadratmillimetergroßen elektronischen Etiketten (so genannte „smart labels“ oder „RFID tags“ für „Radio Frequency Identification“). Diese werden mit einem Hochfrequenzsignal bestrahlt, decodieren dieses Signal, beziehen aus ihm auch die Energie für die eigene Verarbeitung und senden dann eine Antwortnachricht (z.B. einen Produktcode) als Funksignal mit einer Reichweite von einigen wenigen Metern zurück. Überhaupt ist die drahtlose Kommunikationstechnik mit GSM, UMTS, WLAN und Bluetooth noch lange nicht ausgereizt – die Entwicklung geht weiter zu energiesparsameren und gleichzeitig leistungsfähigeren Übertragungstechniken.

In letzter Zeit gewinnen in der Forschung auch drahtlose Sensornetze zunehmend an Bedeutung. Hier wird eine große Zahl kleinster und sich typischerweise spontan vernetzender Sensoren in die Umwelt (wie z.B. in waldbrandgefährdete Gebiete) eingebracht,

um diese zu überwachen. Durch den großflächigen Einsatz von miniaturisierten und energiearmen Sensoren, die ihre Werte – zumindest über kurze Distanzen – funkbasiert übermitteln können, wird es möglich, Phänomene der realen Welt in bisher nie da gewesener Genauigkeit zu beobachten. Indem viele solcher preiswerter Sensoren, zusammen mit Prozessoren zur Vorverarbeitung der Signale, in physische Strukturen wie Brücken, Straßen oder Wasserleitungssysteme integriert werden, erhält man zukünftig dichte Überwachungsnetze für vielfältige Zwecke. Durch ihre geringe Größe und dadurch, dass sie keine physische Infrastruktur (Verkabelung, Stromanschlüsse etc.) benötigen, kann dies in flexibler und nahezu „unsichtbarer“ Weise geschehen, ohne die beobachteten Aspekte wesentlich zu beeinflussen.

Aus dem Bereich der Materialwissenschaft kommen Entwicklungen, die dafür sorgen, dass Computer 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. Laserprojektionen aus einer Brille direkt auf die Augenretina stellen eine weitere gegenwärtig untersuchte Möglichkeit zur Substitution klassischer Ausgabemedien von Computern dar. Es wird auch an „elektronischer Tinte“ und „smart paper“ gearbeitet, welche Papier und Stift zum vollwertigen, interaktiven und hoch mobilen Ein- und Ausgabemedium mit einer uns wohlvertrauten Nutzungsschnittstelle erheben. Zwar ist hier noch einiges an technischer Entwicklungsarbeit zu leisten, jedoch existieren bereits Prototypen – 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.

Smarte Gegenstände und Anwendungen

Mit der oben skizzierten absehbaren Technikentwicklung kann Alltagsgegenständen eine neue, zusätzliche Qualität verliehen werden – diese könnten nicht nur mit Menschen und anderen smarten Gegenständen in geeigneter Weise kommunizieren, sondern zum Beispiel auch erfahren, wo sie sich befinden, welche anderen Gegenstände in der Nähe sind, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah und was in ihrer Umgebung los ist.

Die Zweckmäßigkeit konkreter Anwendungen für smarte Dinge einzuschätzen ist schwierig, und auch Experten sind sich nicht darüber im Klaren, welche der vielen oft zunächst absurd klingenden Ideen – angefangen vom Fertigericht, das Rezeptvorschläge (und Werbung) auf die Kühlschranktür projiziert, bis hin zur „smarten“ Unterwäsche, die kritische, vom individuellen Normalfall abweichende Pulsfrequenz und Atemtätigkeit dem Hausarzt weitermeldet – letztendlich eine wichtige Rolle in der Zukunft spielen könnten.

Auch wenn es in der Praxis wohl kaum um den klischeehaft bemühten Kühlschrank gehen dürfte, der die Milch automatisch nachbestellt, scheint das generelle Potential hinsichtlich sinnvoller Anwendungen groß, wenn Gegenstände miteinander kooperieren können und über Funk Zugriff auf 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.

Um ihre Aufgabe gut zu erfüllen, müssen smarte Dinge (beispielsweise über Sensoren) mit Informationen ihrer Umgebung versorgt werden, weil erst dadurch eine Wechselwirkung zwischen Computer und „Cyberspace“ einerseits und der realen Umwelt andererseits möglich wird. Sie sollten aber auch mit anderen nahen oder fernen Objekten kommunizieren können. Beim Raumthermostaten verbessern und erleichtern beispielsweise Informationen über Innentemperatur, Sonneneinstrahlung, Außentemperatur sowie Fens-

terstellung die Durchführung der Aufgabe „Erzielen einer angemessenen Raumtemperatur unter ökonomischen Gesichtspunkten“ wesentlich; vollumfänglich handeln kann er aber nur, wenn er auch mit einem Finanzbudget ausgestattet ist und mit dem Elektrizitätswerk über Sonderangebote verhandeln kann oder mit dem Auto seiner Bewohner konspiziert, um zu erfahren, ob mit ihrer baldigen Rückkehr zu rechnen ist – wobei natürlich fraglich ist, wie viel Handlungsautonomie man einem Thermostat-Agenten eigentlich geben sollte!

Viele weitere Anwendungen „schlauer“ und kommunizierender Alltagsdinge sind denkbar. Die Grenzen liegen dabei weniger in der technischen Natur, sondern sind eher 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?). Anfangs werden von einer ubiquitären Vernetzung und „kollektiven Intelligenz“ sicherlich eher solche höherpreisigen Haushaltsgeräte, Maschinen oder Autos profitieren (und damit zur Verbreitung der Techniken und Infrastrukturen beitragen), die durch sensorgestützte Informationsverarbeitung und Kommunikationsfähigkeit einen deutlichen Mehrwert erhalten. Mittel- und langfristig dürften die diversen Techniken des Ubiquitous Computing in ihrem Zusammenspiel jedoch allgemein eine große wirtschaftliche Bedeutung erlangen. Denn werden industrielle Produkte (wie z.B. Fertiggerichte, Arzneimittel oder Kleidungsstücke) durch integrierte Informationsverarbeitungsfähigkeit „schlau“, oder bekommen sie auch nur eine fernabfragbare elektronische Identität beziehungsweise Sensoren zur Wahrnehmung des Kontextes (wissen also z.B., wo und in welcher Umgebung sie sich gerade befinden), so sind dadurch innovative Produkte und ganz neue Services möglich. Sind die Grundtechniken und zugehörigen Infrastrukturen dann erst einmal eingeführt, könnten bald darauf auch viele andere und eher banale Gegenstände – vom Terminkalender bis zum Möbelstück, vom Spielzeug bis zur Medikamentenschachtel – ganz selbstverständlich das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Durchführung ihrer Aufgaben mit heranziehen, auch wenn sich die Nutzer dieses Umstands selbst gar nicht bewusst sind.

Jenseits spezifischer Anwendungsmöglichkeiten mögen 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 Versorgungskonzernen im klassischen Telekommunikations- und Energiesektor.

Auswirkungen und Risiken

Was bedeutet es, wenn der Computer als Gerät verschwindet, er eine Symbiose mit den Dingen der Umwelt eingeht und höchstens noch als eine Art unsichtbare Hintergrundassistenz wahrgenommen wird? Während eine Technikanalyse vielleicht die Frage zu beantworten vermag, was die Zukunft bringen *kann*, muss die Frage, was die Zukunft bringen *darf* bzw. *soll*, durch gesellschaftliche Konsensfindung beantwortet werden. Angesichts der zu erwartenden Durchdringung vieler Lebensbereiche mit allgegenwärtiger Informationstechnik und den daraus resultierenden wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen stellt sich verstärkt auch die Frage nach den vorhandenen Gestaltungsspielräumen. Ihre Beantwortung ist gleichermaßen ein technisches und ökonomisches wie auch ein politisch-juristisches Problem.

Langfristig ergeben sich, bedingt durch die Anwendungsbreite des Ubiquitous Computing, jedenfalls erhebliche Herausforderungen im nicht-technischen Bereich. Wenn etwa in Zukunft vernetzte und „elektronisch aufgewertete“ Alltagsdinge Informationen von sich geben, physische Dinge also quasi zu Medien ihrer selbst werden, dann stellt sich die

Frage, wer eigentlich über die Inhalte bestimmen darf, und wer die Objektivität und Richtigkeit von „Aussagen“ smarter Objekte und Produkte garantiert.

Viele weitere Problembereiche tun sich bei der zunehmenden Informatisierung der Welt auf, so beispielsweise die Frage der *Zuverlässigkeit*: Funktionieren etwa zukünftig viele weit verbreitete und alltägliche Dinge (wie Türschlösser, Fotoapparate, Schreibstifte, Autos, Geldscheine etc.) nur noch dann ordnungsgemäß, wenn von diesen aus ein Online-Zugriff auf das Internet oder eine vergleichbare Infrastruktur besteht, dann entsteht natürlich 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 mag, dann kann sich dies gleich in globaler Hinsicht katastrophal auswirken. Ist das korrekte Funktionieren der informationstechnischen Infrastruktur für die Gesellschaft und den Einzelnen überlebenswichtig, müssen nicht nur geeignete Sicherungsmechanismen vorgesehen werden, solche Systeme müssen vielmehr von vornherein im Bewusstsein dieser Verantwortung entworfen werden.

Ein anderer Umstand stellt die *sozialverträgliche Gestaltung* der skizzierten Technologien und ihrer Anwendungen dar. Sicherlich sollte die Verwendung der wichtigsten Funktionen des Ubiquitous Computing einfach und allgemein möglich sein, um eine sonst tief in das alltägliche Leben hineinreichende „digitale Spaltung“ der Gesellschaft zu vermeiden. Denn da beim Ubiquitous Computing der Cyberspace mit den Dingen der realen Welt in enger Weise verknüpft ist, könnte ansonsten die bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen unterschiedlich ausgeprägte Fähigkeit, an der Informationsgesellschaft teilzunehmen, eine entsprechend reale Spaltung der Gesellschaft mit allen negativen Konsequenzen nach sich ziehen. 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 hinein herausbilden könnten und wie dies in einer demokratischen Gesellschaft moderiert werden kann.

Vor allem aber ist dem *Schutz der Privatsphäre* besondere Beachtung zu schenken. 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 beispielsweise mit Sensornetzen nicht Ökosysteme oder Produktionsprozesse überwacht, sondern in indirekter oder gar direkter Weise Menschen, dann zieht eine solche einfach anzuwendende und nahezu unsichtbare Technik natürlich massive gesellschaftliche Probleme nach sich: Es könnte damit die delikate Balance von Freiheit und Sicherheit aus dem Gleichgewicht gebracht 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. Bei der Lösung dieses Problems dürften neben technischen Aspekten vor allem auch soziale, rechtliche und politische Gesichtspunkte eine wichtige Rolle spielen.

Die Informatisierung der Welt

Der Technologietrend zeigt eindeutig in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt. Die dadurch induzierten Veränderungen geschehen allerdings nicht über Nacht, vielmehr handelt es sich bei diesem Prozess um eine schleichende Revolution, deren treibende Kräfte die Mikroelektronik und die Informatik bilden. Die dynamische Entwicklung auf diesen Gebieten geht ungebremst weiter, die Auswirkungen ihrer technischen Errungenschaften betreffen immer größere Teilbereiche des täglichen Lebens. Damit wird auch deutlich, dass das 21. Jahrhundert wohl weniger durch Mondkolonien, Unterwasser-

städte, Atomaautos und andere Großtechnologien geprägt sein wird, wie es populäre Zukunftsprognosen des 20. Jahrhunderts nahe legten, als vielmehr durch die Anwendung kleinster und damit quasi unsichtbarer, aber gerade dadurch leicht replizierbarer und verbreitungsfähiger Technik, wozu man neben der Mikroelektronik auch die Nanotechnik und Biotechnik zählen muss.

Der Einsatz von Ubiquitous-Computing-Systemen dürfte langfristig positive wie negative Auswirkungen haben, welche über die offensichtlichen technischen Folgen weit hinausgehen: 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, die 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, und nicht zuletzt besteht die Gefahr, dass wir das Vertrauen in eine kaum mehr durchschaubare, allzu smarte Umgebung verlieren und so unsere Einstellung zu der uns umgebenden Welt grundlegend ändern.

In seinen Konsequenzen hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung, aber auch der Abhängigkeit von einer sicheren globalen 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 eine gesellschaftliche und ökonomische Brisanz bekommen und so dem Ubiquitous Computing und der damit einhergehenden Ausprägung des zukünftigen „Internet der Dinge“ auch eine politische Dimension geben.

Literatur

- Bohn J., Coroama V., Langenheinrich M., Mattern F., Rohs M. (2003) Allgegenwart und Verschwinden des Computers – Leben in einer Welt smarterer Alltagsdinge. In: Grötter R. (Hrsg) Privat! Kontrollierte Freiheit in einer vernetzten Welt, Heise-Verlag, S 195–245
- Gershenfeld, N. (1999) Wenn die Dinge denken lernen. Econ, München
- Langheinrich M., Mattern F. (2002) Wenn der Computer verschwindet – Was Datenschutz und Sicherheit in einer Welt intelligenter Alltagsdinge bedeuten. *digma – Zeitschrift für Datenschutz und Informationssicherheit* 2(3): 138–142
- Mattern, F. (2003) Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing. In: Mattern, F. (Hrsg) Total vernetzt, Springer-Verlag, Berlin, S 1–41
- Satyanarayanan M. (Ed) (2002) Special Issue „Reaching for Weiser’s Vision“. *Pervasive Computing Magazine* 1(1)
- Weiser M. (1991) The Computer for the 21st Century. *Scientific American* 265(3): 94–104
