

Marc Langheinrich, Friedemann Mattern

Digitalisierung des Alltags. Was ist Pervasive Computing?¹

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. Erste Prototypen befinden sich in verschiedensten Anwendungsbereichen bereits in der Erprobung. Die langfristigen Auswirkungen einer derart tief greifenden Integration von Informationstechnologie in unseren Alltag sind bisher allerdings 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.

Am 4. April 2003 sah sich der bekannte Modehersteller Benetton genötigt, mit einer Pressemitteilung eine schnell eskalierende Situation zu entschärfen: Nicht nur 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 Supermarkt-Kundenkarten agierende Bürgerrechtsgruppe² 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“³ 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 dagegen der neue „Flagship Store“ von Prada in New York. Dort erlauben die an den Artikeln angebrachten

¹ Dieser Beitrag beruht in Teilen auf früheren Veröffentlichungen der Autoren, vgl. u.a. Anm. 7, 12 und 14.

² www.nocards.org

³ Vgl. Verräterische Etiketten, in: Der Spiegel 31/2003 vom 28. Juli 2003, S. 146.

smart labels den Displays in den eleganten Anproberäumen 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“⁴ 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 Erfassungsgeräten 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 „smarteres“ 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“ (dt. etwa „alles durchdringende Informationsverarbeitung“) 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 allerdings an, dass die Auswirkungen einer derart tief in unser Alltagsleben eingreifenden Entwicklung 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 alles anderen Gegenständen mitteilen können, dann dürfte dies größere wirtschaftliche und soziale Konsequenzen haben und damit letztendlich ein Politikum werden.

1. 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“⁵ 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

⁴ Vgl. David Strohm, Die Testkunden sind fasziniert, in: NZZ am Sonntag vom 11. Mai 2003, S. 49.

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

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 eingebrachter Mikroprozessoren und Sensoren.

Obwohl unsere Gesellschaft nach den intensiven Debatten um Kernenergie und Volkszählungsdaten gelernt hat, mittels politischem Dialog 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 Elektromog-Debatte beim Mobilfunk absieht⁶ – noch nicht zu beobachten; die Perspektiven des Pervasive Computing scheinen die breite Bevölkerung noch kaum zu beunruhigen. Dies mag an den beinahe homöopathischen Dosen liegen, mit denen sich der Einzelne schrittweise an die Vision des Pervasive Computing heranbewegt: Anstelle Aufmerksamkeit erregender staatlicher Großprojekte gibt es „smarte“ Krankenkassen-Karten, Lokalisierungssysteme für gestohlene Autos und entlaufene Haustiere sowie Mobiltelefone mit integriertem Notizbuch, Kamera, Terminplaner und MP3-Player. Für Betroffenheit oder kollektive Aufregung 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“ daherkommende 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 und dadurch kaum noch 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 nächs-

⁶ *Ann. der Red.:* vgl. dazu den Beitrag von Franz Büllingen im gleichen Heft.

ten Kapitel beschrieben, ist es aber gerade diese Vielzahl von kleinen technischen Fortschritten, die zusammengenommen den Übergang vom vertrauten PC, also dem „Personal Computing“, hin zum viel umfassenderen Pervasive Computing möglich macht.

2. Technologien des Pervasive Computing⁷

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 „*mooresche Gesetz*“,⁸ 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,⁹ 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 hoch mobilen Ein- und Ausgabemedium mit einer uns wohl vertrauten Nutzungsschnittstelle erheben – die Bedeutung für die Praxis, wenn Papier quasi zum Computer wird oder umgekehrt der

⁷ Vgl. u.a. Friedemann Mattern, Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing, in: Friedemann Mattern (Hrsg.), Total vernetzt, 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.

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 Funksensoren 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 10 Cent und 1 Euro pro Stück. In gewisser Weise handelt es sich bei dieser Technik um eine Weiterentwicklung der bekannten Diebstahlsicherungen und Türschleusen von Kaufhäusern. Allerdings geht es hier nun 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 automatisierten Lagerhaltung oder des kassenlosen Supermarktes 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 Internetadresse 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 Techniktrends und Entwicklungen zusammen – kleinste und preiswerte Prozessoren mit integrierten Sensoren und drahtloser 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: Alltagsdinge, die sich in gewisser Weise „smart“ verhalten, da sie sich ihrer Position und Zustandes (heiß, kalt, im Dunkeln, in Bewegung) „bewusst“ sind und mit denen wir unter Umständen sogar kommunizieren können.

3. Anwendungsbereiche

Viele oft 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 Potential 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 Bereich 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 erste Großaufträge für smart labels platziert, die sie auf Paletten, Kartons und schließlich einzelnen Produktverpa-

ckungen anbringen wollen, um eine lückenlose Verfolgung der Warenströme über die gesamte 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.¹⁰ 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 in 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 hoch interessante Eigenschaft.

Im Automobilsektor 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.¹¹ Schon heute werden Limousinen der Oberklasse oft mit fahrzeugspezifischen Kommunikationsdiensten 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

¹⁰ Vgl. Elgar Fleisch/Markus Dierkes, Betriebswirtschaftliche Anwendungen des Ubiquitous Computing, in: Friedemann Mattern (Hrsg.), Total Vernetzt – Szenarien einer informatisierten Welt, Berlin 2003, S. 143–157.

¹¹ Vgl. Ralf-Guido Herrtwich, Fahrzeuge am Netz, in: Friedemann Mattern (Hrsg.), Total Vernetzt – Szenarien einer informatisierten Welt, Berlin 2003, S. 63–83.

den Mindestabstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen automatisch an die Verkehrslage anpassen, leicht das Gefallen der Gesetzgeber finden.

Ein weiteres Anwendungsfeld stellt der Heimbereich dar. Aber auch wenn die ersten „smart homes“ bereits von Pionier-Familien 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 hier 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. 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 bereits 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 Lehnwesens 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 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?). 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 – Fertigerichte, Möbelstücke, Spielzeuge – ganz selbstverständlich das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Durchführung ihrer Aufgaben mit einbeziehen, auch wenn sich die Nutzer selbst dieses Umstands gar nicht bewusst sind. Denn natürlich sind nicht nur Menschen an Information über Gegenstände interessiert, sondern ebenso die schlaunen Dinge selbst: Eine Mülltonne mag beispielsweise sehr „neugierig“ auf die Recyclingfähigkeit ihres Inhaltes sein, ein Arznschrank mag um die Verträglichkeit seiner Medikamente und deren Haltbarkeit „besorgt“ sein.

4. Auswirkungen

Eine mit smarten Dingen bevölkerte Welt mag anders aussehen, als wir sie uns zunächst vorstellen oder wünschen. Implementiert man keine neuen „Anstandsregeln“, könnte z.B. die Kunst des Verführens zum Kaufen eine neue Hochform erreichen,¹² indem smarte Produkte in subtiler Form für sich selbst oder, im Sinne des Cross-Marketings, für ihre „Freunde“ werben. So könnte z.B. ein smarter 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 einen individuellen Preis genannt wird.¹³

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“ smarter 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

¹² Vgl. Jürgen Bohn/Vlad Coroama/Marc Langheinrich/Friedemann Mattern/Michael Rohs, Allgegenwart und Verschwinden des Computers – Leben in einer Welt smarter Alltagsdinge, in: Ralf Grötter (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.

Alltagswelt hinein herausbilden könnten und wie dies in einer demokratischen Gesellschaft modelliert 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 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 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.¹⁴ 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 delicate 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. 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.

5. 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

¹⁴ 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(3), 2002, S. 138–142.

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 eine gesellschaftliche und ökonomische Brisanz erhalten und so dem Pervasive Computing auch eine politische Dimension verleihen.