
Friedemann Mattern

Allgegenwärtige Datenverarbeitung – Trends, Visionen, Auswirkungen

Zusammenfassung

Der stete Fortschritt der Mikroelektronik, Kommunikationstechnik und Informationstechnologie hält weiter an. Damit rückt auch die Vision einer umfassenden „Informatisierung“ und Vernetzung der Welt und ihrer vielen Gegenstände immer näher, eine Entwicklung, die mit *Ubiquitous Computing*, *Pervasive Computing*, oder *Ambient Intelligence* bezeichnet wird – Begriffe, die schon vor einigen Jahren entstanden, aber erst in jüngster Zeit zunehmend in das Bewusstsein der Öffentlichkeit dringen [LaM03]. Funketiketten auf RFID-Basis, multimediafähige Handys und Chips in Kreditkarten und Ausweispapieren sind dabei nur die ersten Vorboten – denn nicht nur Mikroprozessoren und Speicherelemente werden laufend leistungsfähiger, kleiner und preiswerter, sondern bald lassen sich auch drahtlos miteinander kommunizierende Sensoren, die ihre Umgebung erfassen, sehr billig in miniaturisierter Form herstellen und millionenfach in die Umwelt einbringen oder unsichtbar in Gegenstände einbauen. Zusammen mit neuen Technologien zur Ortsbestimmung bekommen so gewöhnliche Dinge eine noch nie da gewesene Qualität – diese können dann wissen, wo sie sich gerade befinden, welche anderen Gegenstände oder Personen in der Nähe sind und was in der Vergangenheit mit ihnen geschah. Aus ihrem Kontext können sie vielleicht sogar einfache Schlüsse über die Situation, in der sie sich befinden, ableiten. Langfristig entsteht so ein „Internet der Dinge“, das nachhaltige Auswirkungen auf viele Wirtschaftsprozesse und Lebensbereiche haben dürfte.

Der vorliegende Beitrag¹ geht auf drei Aspekte ein. Im ersten Teil werden wesentliche *Technologietrends* skizziert, die hinsichtlich einer von Informationstechnologie durchdrungenen Welt von Bedeutung sind. In einem zweiten Teil werden einige darauf beruhende *Zukunftsvisionen* diskutiert. Schließlich wird im dritten Teil der Frage nachgegangen, welche *Konsequenzen* diese Entwicklung in der Zukunft haben könnte: Wie ist der Mensch davon betroffen? Kommt hier vielleicht etwas auf uns zu, das zentrale Kategorien unserer Sicht der Welt und unseres Daseins berührt?

1 Einleitung

Noch vor 30 Jahren hatte eine Universität oder eine Firma typischerweise nur einen einzigen Computer. Er kostete mehrere Millionen, besaß wenige 100 Kilobyte Hauptspeicher, beschäftigte ein ganzes Rechenzentrum und diente allen Anwender gemeinsam. Ein PC, ein Internet oder gar ein „Web“ mit Multimedia-Inhalten, zu dem fast jeder Zugang hat und aus dem man sich sekunden-schnell nahezu beliebige Informationen besorgen kann, war unvorstellbar. In fast nostalgischer und märchenhafter Poesie beschreiben Angela und Karlheinz Steinmüller diesen scheinbar schon so lange vergangenen Zustand so [Ste99]: „*Es gab einmal eine Zeit, in der hatten Computer keinen Bildschirm und wurden in großen Schränken untergebracht. Ihre Aufgaben erhielten sie vom User in Gestalt dicker Stapel von Lochkarten in Eisenkästen, und nach zwei oder drei Tagen durfte er sich*

¹ Dieser Beitrag beruht in Teilen auf früheren Veröffentlichungen des Autors, u.a.: *Die technische Basis für das Internet der Dinge*, in: E. Fleisch, F. Mattern (Hrsg.): *Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis*, Springer-Verlag, 39–66, 2005; *Ubiquitous Computing: Eine Einführung mit Anmerkungen zu den sozialen und rechtlichen Folgen*, in: J. Taeger, A. Wiebe (Hrsg.): *Mobilität, Telematik, Recht*, Verlag Dr. Otto Schmidt, 2005 sowie *Allgegenwärtige und verschwindende Computer*, *Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK)*, 28(1), 29–36, 2005.

die Ergebnisse vom Rechenzentrum abholen: einen dicken Paken Endlospapier. Meist hatte er sich auf der zehnten oder zwanzigsten Karte verlockt, dann ging das Warten von vorn los. Eines Tages dann durften die Nutzer ‚interaktiv‘ mit dem Computer verkehren: Sie tippten die Befehle in eine Art elektrische Schreibmaschine. Bald darauf begann der Zeilendrucker zu rattern. Nun konnten sie viel schneller herausfinden, wo sie sich verhasen hatten.“

Schon kurze Zeit später, in den 1980-er Jahre, wurde die Situation noch komfortabler, denn nun konnten sich die meisten Computernutzer einen eigenen kleinen Rechner leisten: Das Zeitalter des *persönlichen Computers* („PC“) war angebrochen, und man steuerte auf ein zahlenmäßiges Verhältnis von 1:1 zwischen Nutzern und Computern zu. Heute nun hat sich das Verhältnis umgekehrt: Jeder von uns besitzt viele Mikroprozessoren – eingebaut im Mobiltelefon, in der Armbanduhr und im Auto, wobei diese meist leistungsfähiger als die Großcomputer vor 30 Jahren sind. Nur deswegen, weil die Computer so viel billiger und kleiner geworden sind, können wir uns überhaupt viele davon leisten. Übrigens aber auch nur deswegen, weil der Energieverbrauch drastisch zurückging – die Stromrechnung eines damaligen Großcomputers möchten wir als Privatperson bestimmt nicht bezahlen!

Diese erstaunliche Entwicklung, in der der Computer immer kleiner, billiger und unscheinbarer wird, verdanken wir im Wesentlichen dem steten Fortschritt der Mikroelektronik. Interessanterweise scheinen die zugrundeliegenden Technologietrends ungebrochen. Wenn diese in den letzten 30 Jahren aber eine solch dramatische Entwicklung bewirkten, was ist dann in den nächsten Jahren noch alles zu erwarten? Und wie könnte sich dies auswirken? Das ist die eigentlich spannende Frage!

2 Technologietrends

Vieles treibt den Fortschritt der Informationstechnik auf ganz unterschiedlichen Ebenen voran: Technische Perfektionierungen von Lasern und Displays, produktivere Methoden zum Erstellen von Software, bessere Programmiersprachen und Betriebssysteme, neue physikalisch-chemische Prozesse für Batterien, innovative Konzepte für die Mensch-Maschine-Interaktion, flexiblere Fertigungsverfahren und noch manches mehr. Das alles wiederum beruht wesentlich auf dem kontinuierlichen Zuwachs an Erfahrung und Wissen sowie dem steten Erkenntnisgewinn der grundlagenorientierten Forschung.

Der Fortschritt ist im Detail nicht planbar, und einzelne Entdeckungen geschehen eher zufällig. Dennoch lassen sich auf hoher Ebene, dort wo viele Einzelbeiträge zusammenfließen, klare Trends ausmachen, die über lange Zeit anhalten. Durch Extrapolation solcher Trends kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit darauf geschlossen werden, was in näherer Zukunft möglich ist. Dabei können wir allerdings nur 10 bis 15 Jahre in die Zukunft blicken, denn langfristig versagen solche Trendprojektionen meist, wie aus der Geschichte zu Genüge bekannt ist – „Wildcards“, materialisiert in Gestalt unvorhersehbarer Entwicklungen, Entdeckungen, Erfindungen sowie „disruptive Technologien“ gewinnen dann typischerweise die Oberhand und bestimmen die konkrete Zukunft. So lag manche heute bedeutende Technik jenseits des Horizonts früherer Zukunftsdenker, weil sie sich nicht ohne weiteres aus der Verlängerung der seinerzeitigen Gegenwart ergab – der Computer beispielsweise oder das Radio, aber auch der Laser. Hierzu nochmals Angela und Karlheinz Steinmüller [Ste99]: *„Die spannendsten Wildcards ahnen wir heute noch nicht einmal. Für sie fehlen uns einfach noch die Begriffe, so wie vor 100 Jahren sich niemand eine Datenbank, Aktienderivate, Ultraschall-diagnostik oder kochbuchschreibende First Ladys vorstellte. Jede einzelne Wildcard hat für sich genommen kaum eine Realisierungschance. In ihrer schiereren Menge aber prägen sie vielleicht nicht die nähere, aber doch die fernere Zukunft.“*

Im Bewusstsein dieser Mahnung zur Vorsicht können nachfolgend aber doch einige der vermutlich wichtigsten Technologietrends skizziert werden, die zumindest in den nächsten 10 bis 15 Jahren

das Erscheinungsbild (und damit im Wesentlichen auch die Wirkung) der Informationstechnologie bestimmen dürften.

2.1 Das Gesetz von Moore

Im Computerbereich hat in den letzten Jahrzehnten eine dramatische technische Entwicklung stattgefunden, einhergehend mit einer substantiellen Veränderung der Kostenrelationen, die aus dem teuren wissenschaftlichen Instrument „Rechner“ das Massenprodukt „PC“ gemacht hat und damit die Informationsverarbeitung im wahrsten Sinne des Wortes popularisiert hat. Ursache hierfür ist der stete Fortschritt in der Mikroelektronik, welcher weiterhin andauert und uns inzwischen fast zur Selbstverständlichkeit geworden ist: Mit erstaunlicher Präzision und Konstanz gilt das bereits Mitte der 1960er-Jahre von Gordon Moore aufgestellte „Gesetz“ [Moo65], welches besagt, dass sich die Zahl der auf einen Chip integrierbaren elektronischen Komponenten etwa alle 18 bis 24 Monate verdoppelt.

Populärer ist eine Kurzform des mooreschen Gesetzes, welches ausdrückt, dass sich die Leistungsfähigkeit von Prozessoren (bei eher abnehmender Größe und Preis) etwa alle anderthalb Jahre verdoppelt. Noch mindestens 10 oder 15 Jahre dürfte dieser sich vermutlich nur langsam abschwächende Trend anhalten, so dass Computer weiterhin laufend leistungsfähiger, kleiner und billiger werden. Vielleicht gilt das mooresche Gesetz sogar noch wesentlich länger – Prognosen dazu sind aber schwierig, da dies auch von nicht-technischen Faktoren, wie beispielsweise den ökonomischen Randbedingungen, abhängt.

2.2 Kommunikationstechnik

Auch bei der Kommunikationstechnik sind über die Jahre gewaltige Fortschritte mit einem Trend zu immer höheren Datenraten zu verzeichnen. Besonders relevant für die Informatisierung des Alltags und den unmittelbaren persönlichen Zugang zu Informationen ist die drahtlose Kommunikation. Das Mobilfunknetz für Handys sowie der drahtlose Internetzugang via WLAN sind heute Standard – mit derzeit auf dem Markt eingeführten neuen Technologien wie „Ultra Wide Band“ (UWB) und ZigBee wird erreicht, dass die Kommunikationsmodule noch weniger Energie benötigen, noch kleiner werden und dass noch mehr Daten noch schneller „durch die Luft“ transportiert werden können. Die fernere Zukunft schließlich lässt noch mehr an Leistungssteigerung erwarten.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Fernidentifikation von Dingen über Funk mittels RFID („Radio Frequency Identification“). Eine vereinfachte Form der RFID-Technologie kennt man von Kaufhäusern und Boutiquen, wo sie zum Diebstahlschutz eingesetzt wird: Antennen in den „Türschleusen“ senden ein Hochfrequenzsignal aus; dieses nimmt der in die Verpackungen der Produkte integrierte Chip wahr und schickt eine Antwort zurück. Eine eigene Batterie oder sonstige Energiequelle auf dem Chip ist dabei nicht nötig, da er nach dem Prinzip der magnetischen Induktion gleichzeitig auch mit Energie aus dem Sendesignal versorgt wird.

Im Falle des Diebstahlschutzes geht es bei der zurückgesendeten Antwort nur um einen binären Wert *bezahlt* oder *nicht bezahlt*. Allgemeiner lässt sich aber eine eindeutige Seriennummer aus dem RFID-Chip auslesen, und man kann sogar in umgekehrter Richtung Informationen bis zu einigen hundert Bits „durch die Luft“ auf den Chip schreiben. Diese Informationsübertragung geschieht dabei im Sekundenbruchteil und über Entfernungen von bis zu einigen wenigen Metern. RFID-Chips kosten derzeit mit fallender Tendenz zwischen 10 Cent und 1 Euro pro Stück und lassen sich schon recht klein fertigen.

Was man mit solchen RFID-Chips anstellen kann, zeigt ein „smartes Kartenspiel“, das an der ETH Zürich entwickelt wurde [FIM06]. Dabei trägt jede Spielkarte einen kleinen RFID-Chip. In einer flexiblen Matte auf dem Spieltisch sind einige größere Antennen angebracht, die registrieren, welche Karte jeweils ausgespielt wird. Dadurch kann die „intelligente“ Umgebung den Spielverlauf automatisch nachvollziehen und eventuelle Regelwidrigkeiten erkennen, die Spielpunkte zusam-

menzählen und den Gewinner ermitteln. Es ist aber noch mehr möglich: In drahtloser Weise werden den Mitspielern auf ihr jeweiliges Mobiltelefon spezifische Informationen zum Spielverlauf übermittelt. Diese sind natürlich nur für den jeweiligen Spieler einsehbar. Anfänger können so z.B. auf die in der konkreten Situation spielbaren Karten in ihrer Hand aufmerksam gemacht werden. Für Außenstehende sieht das Ganze wie Magie aus – aber unsichtbare Technik ist ja oft „implementierte Magie“!

Die RFID-Technik wurde natürlich nicht für solche „Spielereien“ entwickelt. Vorangetrieben wird sie von Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Logistik: Wenn Produkte ihre Identität jedes Mal automatisch preisgeben, wenn sie das Tor einer Lagerhalle oder die Laderampe eines LKW passieren, dann kann ohne manuelles Zutun eine nahezu lückenlose Verfolgung der Warenströme über die gesamte Lieferkette hinweg sichergestellt werden. Große Hoffnungen setzen Logistikbranche und Einzelhandel auch auf den Ersatz des Strichcodes auf Supermarktwaren durch RFID-Chips. Idealerweise kann man als Kunde dann mit seinem Einkaufswagen durch das Checkout-Gate fahren und bekommt sofort – oder einmal im Monat – die Rechnung präsentiert. Bis Supermarktkassen tatsächlich obsolet werden, sind allerdings doch noch einige technische und organisatorische Probleme zu lösen!

Da über die eindeutige Identifikation von RFID-Chips Objekte in Echtzeit mit einem im Internet oder einer entfernten Datenbank residierenden zugehörigen Datensatz verknüpft werden können, kann letztendlich beliebigen Dingen eine spezifische Information zugeordnet werden. Wenn Alltagsgegenstände auf diese Weise flexibel mit Information angereichert werden können, eröffnet dies in Zukunft aber weit über den vordergründigen Zweck der automatisierten Lagerhaltung oder des kassenlosen Supermarktes hinausgehende Anwendungsmöglichkeiten. Hier darf man spekulieren: Können RFID-Chips beispielsweise von einer Waschmaschine gelesen werden, dann kann sich diese automatisch auf die Wäsche einstellen. Eine nette Einsatzmöglichkeit stellen auch RFID-Chips im Abfall dar; hier kann ein Produkt der Müllsortieranlage in einer „letzten Willensmitteilung“ kundtun, aus was es besteht und wie seine Überreste behandelt werden sollen.

Ob solche Dinge wirklich realisiert werden, wenn RFID-Chips irgendwann einmal allgegenwärtig sind, und ob die Menschen dies dann auch haben wollen, lässt sich allerdings kaum vorhersagen. Vorerst beherrscht beim Thema RFID vor allem die mögliche Gefährdung der Privatsphäre die Diskussion in der Öffentlichkeit [Thi05]. Man misstraut den Supermärkten, die Waren mit Funkketten anbieten, und unterstellt ihnen heimliches Datensammeln. Ferner möchte man nicht, dass irgendjemand, ausgestattet mit einem Handscanner, erfahren kann, was man bei sich trägt, weil ihm die Produkte ihre Identität preisgeben. Solche Sorgen sind ernst zu nehmen, unabhängig davon, ob derartige Szenarien wahrscheinlich oder eher unwahrscheinlich erscheinen und ob sie technisch überhaupt realistisch sind [Lan05]. Jedenfalls hat das prototypische Anbringen von RFID-Chips an (bisher erst wenigen) Supermarktprodukten bereits zu organisierten Protesten geführt, und auch Gesetzesvorlagen wurden in den USA (letzten Endes allerdings erfolglos) schon eingebracht. Im Wesentlichen geht es bei den Datenschutzinitiativen darum, dass RFID-Chips nicht „heimlich“ an Verkaufswaren angebracht werden, dass die Kunden zustimmen müssen und dass die RFID-Chips außerhalb des Ladens nicht mehr aktiviert sind. Man wird sehen müssen, bis zu welchem Grade solche Forderungen realistisch sind bzw. tatsächlich im Interesse der Kunden liegen (die damit eventuell auf gewisse Vorteile verzichten müssten) und Aussicht auf Erfolg haben.

Ein Kommunikationsprinzip, das analog zu RFID funktioniert, allerdings nur über Distanzen von wenigen Zentimetern, ist die sogenannte *Near Field Communication* (NFC). Es erscheint vor allem in Hinblick auf eine intuitive Nutzerinteraktion mit Geräten und smarten Dingen vielversprechend. Aktive NFC-Einheiten sind klein genug, um beispielsweise in einem Mobiltelefon untergebracht zu werden; passive Einheiten sind als RFID-Tags noch wesentlich kleiner und vor allem sehr billig. Bei der Kommunikation zwischen zwei Partnern genügt es, wenn einer von ihnen mit einer aktiven Einheit ausgestattet ist. Damit ermöglicht NFC ein neues Kommunikationsparadigma: Kommunikation durch physische Nähe. Aus Nutzersicht sieht es dabei so aus, als ob sich zwei benachbarte Geräte erkennen und miteinander kommunizieren, sobald sie sich berühren oder zumindest sehr nahe

kommen. Indem beispielsweise ein NFC-fähiges Mobiltelefon an ein Objekt gehalten wird, das einen RFID-Chip enthält, kann dieser ausgelesen werden. Das Handy kann die gelesenen Daten dann entweder direkt interpretieren und anzeigen oder ergänzende Information über das Mobilfunknetz besorgen bzw. sogar mit einem zugehörigen Server im Internet interagieren, dessen Internetadresse auf dem RFID-Chip gespeichert ist. Dadurch sind etwa Szenarien denkbar, wo man mit einer Reklametafel oder einem Filmplakat interagiert und dabei Videoclips zugespielt bekommt, Kinokarten reserviert oder Musik herunterlädt und dies später mit der Telefonrechnung bezahlt.

Spannend sind auch Entwicklungen im Bereich von „Body Area Networks“ – hier kann der menschliche Körper selbst als Medium zur Übertragung von Signalen extrem geringer Stromstärken genutzt werden. Allein durch Anfassen eines Gerätes oder Gegenstandes kann diesem dann eine eindeutige Identifikation übermittelt werden, die beispielsweise von der eigenen Armbanduhr stammt; auf diese Weise könnten zukünftig Überprüfungen von Zugangsberechtigungen, die Personalisierung von Geräten oder die Abrechnung von Dienstleistungen erfolgen.

Die fernere Zukunft lässt über die genannten Technologien hinaus noch wesentlich weitergehende Möglichkeiten bei der drahtlosen Kommunikation erwarten. Einerseits etwa WLAN-Hotspots mit Datenraten von über 1 Gbit/s, andererseits extrem kleine und energiesparsame Funktechnologien für Sensornetze, bei denen nur sehr geringe Datenraten erforderlich sind. Indem Sender und Empfänger mit mehr „Intelligenz“ ausgestattet werden, um sich an die momentane Situation anzupassen, kann das verfügbare Frequenzspektrum auch wesentlich ökonomischer genutzt werden, als es mit den bisherigen, auf analoger Technik beruhenden Verfahren möglich war, so dass insgesamt in viel größerem Umfang (aber mit weniger Energie) als heute „gefunkt“ werden kann.

Drahtlose Kommunikationsmöglichkeiten werden in Zukunft vor allem viele in Alltagsgegenständen eingebettete Prozessoren und Sensoren nutzen. Dies führt dazu, dass gewöhnliche Dinge miteinander kommunizieren können und diese z.B. ihren Aufenthaltsort oder ihre Sensorwerte anderen interessierten und dazu befugten Dingen mitteilen. Damit dürfte auch das Internet einen drastischen Wandel erleben – nachdem mittlerweile so gut wie alle Computer der Welt daran angeschlossen sind, steht nun also quasi seine Verlängerung bis in die letzten Alltagsgegenstände hinein an – es entsteht ein *Internet der Dinge!*

2.3 Neue Materialien

Aus dem Bereich der Materialwissenschaft kommen Entwicklungen, die den Computern der Zukunft eine gänzlich andere 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 *Licht emittierende Polymere* („leuchtendes Plastik“) zu nennen, die Displays aus dünnen und hochflexiblen Plastikfolien ermöglichen.

Es wird aber auch an *elektronischer Tinte* und *smart paper* gearbeitet. Hier gibt es verschiedene technische Möglichkeiten, eine davon beruht auf folgendem Prinzip: In kleinen, submillimeter großen Kapseln „schwimmen“ weiße und schwarze, elektrisch unterschiedlich geladene Pigmente. Diese „Tinte“ wird auf eine sehr dünne Plastikfolie aufgetragen. Legt man an einer Stelle der Folie eine positive oder negative Spannung an, dann fließen entweder die weißen oder respektive die schwarzen Farbpigmente an die Oberfläche und erzeugen an dieser Stelle einen kleinen Punkt. Auf diese Weise kann dynamisch etwas geschrieben und später wieder gelöscht werden.

Idealerweise sollte sich eine solche beschichtete Folie anfühlen wie Papier – ganz so weit ist man allerdings mit der Entwicklung noch nicht. Immerhin existieren jedoch schon Prototypen. Diese haben noch diverse Mängel was z.B. Haltbarkeit, Pixelgröße oder Preis betrifft, an deren Behebung man aber natürlich arbeitet. Die Bedeutung für die Praxis, wenn irgendwann einmal Papier, ein uns auch kulturell wohl vertrautes und klassisches Medium, quasi zum Computer mutiert oder umgekehrt der Computer als Papier daherkommt, kann kaum hoch genug eingeschätzt werden!

2.4 Lokalisierung

Zur Lokalisierung mobiler Objekte existieren verschiedene technische Ansätze. Eine einfache, wenn auch etwas grobe, Möglichkeit besteht darin festzustellen, in welchen Empfangsbereichen bzw. Funkzellen von Sendern man sich befindet, deren Positionen bekannt sind. Da die Signalstärke mit zunehmender Entfernung von Sender und Empfänger abnimmt, kann dieser Faktor ebenfalls berücksichtigt werden; allerdings ist dieses Prinzip ungenau, da die Signalstärke durch viele Störeffekte beeinflusst wird. Eine etwas aufwendigere aber präzisere Methode besteht in der Laufzeitmessung von Funksignalen und daraus abgeleitet der Entfernungsbestimmung. Bekannt ist das satellitenbasierte „Global Positioning System“ (GPS); das ähnlich konzipierte europäische Galileo-System soll in den nächsten Jahren einsatzbereit sein. Eine Einschränkung stellt dabei allerdings die Tatsache dar, dass dies bisher nur bei „Sichtkontakt“ zu den Satelliten, vor allem also im Freien, funktioniert.

An verbesserten Möglichkeiten zur Positionsbestimmung mobiler Objekte wird derzeit intensiv gearbeitet. Neben einer Erhöhung der Genauigkeit (derzeit einige Meter beim GPS-System) besteht das Ziel vor allem in einer deutlichen Verkleinerung der Module, einer Reduktion des Energiebedarfs sowie der Entwicklung von Techniken, die auch in geschlossenen Räumen funktionieren. Es wird erwartet, dass schon sehr bald Chips für die satellitenbasierte Positionsbestimmung auf den Markt kommen, die wesentlich schwächere Signale verarbeiten können und deutlich weniger Energie benötigen, womit die Verwendung in Mobiltelefonen und ähnlichen Geräten möglich wird. Außerdem sollte so auch im Fall einer nicht vorhandenen Sichtverbindung zu einem Satelliten oftmals noch eine Ortsbestimmung durchführbar sein.

Zur Ortung von Handys (oder Dingen, die sich diesbezüglich wie ein Handy verhalten) kann auch das Mobilfunknetz verwendet werden, das in vielen Ländern flächendeckend vorhanden ist. Beispielsweise ist bei GSM die Funkzelle bekannt, in der sich ein Handy aufhält. Zwar ist die Funkzellendichte nur in Agglomerationsbereichen relativ hoch (mit typischerweise einigen wenigen hundert Metern Abstand zwischen den Antennen) und beträgt im ländlichen Raum bis zu 35 km, allerdings kennt die Basisstation einer Funkzelle die Entfernung der Handys zu ihrer Sendeantenne mit einer Granularität von etwa 550 m. Dies ist aus technischen Gründen (Synchronisation) notwendig und wird durch Laufzeitmessungen des Funksignals ermittelt. Befindet sich ein Handy im Überlappungsbereich mehrerer Funkzellen, kann die Position durch Messung der Laufzeitunterschiede im Prinzip auf etwa 300 m genau ermittelt werden. Bei UMTS, dem Mobilfunksystem der nächsten Generation, das zurzeit eingeführt wird, wäre in technischer Hinsicht sogar eine bis zu 10 Mal genauere Lokalisierung möglich.

Interessant ist eine neuere Lokalisierungsmöglichkeit, die auf WLAN-Zugangspunkten beruht: In vielen städtischen Gebieten sind WLAN-Basisstationen schon sehr dicht vorhanden, so dass man sich fast überall im Bereich eines oder mehrerer solcher Funknetze mit typischen Zellengrößen von einigen zig Metern befindet. Für Seattle wurde zum Beispiel bereits im Herbst 2004 eine Dichte von ca. 1200 Stationen pro Quadratkilometer gemessen. Kennt man die Ortskoordinaten der festen Stationen (öffentlich zugängliche Datenbanken enthalten bereits mehrere Million Netze mit deren eindeutiger Kennung und Ortskoordinaten), so kann damit eine Lokalisierungsgenauigkeit von 20 bis 40 Meter erreicht werden – auch innerhalb von Gebäuden, wo GPS bisher versagt. Städtische Bereiche können damit schon zu fast hundert Prozent abgedeckt werden.

Je genauer und einfacher der Ort eines kleinen, preiswerten Gerätes ermittelt werden kann, umso vielfältiger und interessanter sind natürlich die möglichen Anwendungen. Andererseits wächst dadurch die Missbrauchsgefahr, und erst langsam wird der Öffentlichkeit bewusst, dass die „location privacy“ ein Aspekt ist, um den man besorgt sein sollte – wir kommen darauf in Abschnitt 4.4 weiter unten zurück.

3 Visionen des Ubiquitous Computing

Fasst man die oben skizzierten Techniktrends und Entwicklungen zusammen – extrem miniaturisierte Sensoren, die vielfältige Umgebungsinformation erfassen, aller kleinste, energieeffiziente und preiswerte Prozessoren mit integrierter drahtloser Kommunikationsfähigkeit, Fernidentifikation von Dingen durch passive und praktisch unsichtbare Elektronik, präzise Lokalisierung von Gegenständen, flexible Displays auf Polymerbasis, elektronische Tinte etc. – so wird deutlich, dass damit die technischen Grundlagen für eine spannende Zukunft gelegt sind.

Indem beispielsweise drahtlos kommunizierende Prozessoren und Sensoren aufgrund ihrer geringen Größe und ihres fast vernachlässigbaren Preises und Energiebedarfs bald in viele Gegenstände integriert oder anderweitig in die Umwelt eingebracht werden können, dringt Informationsverarbeitung gekoppelt mit Kommunikationsfähigkeit fast überall ein, sogar in Dinge, die zumindest auf den ersten Blick keine elektrischen Geräte darstellen. Damit sind auch die technischen Voraussetzungen für eine „totale Informatisierung“ der Welt geschaffen.

Früh erkannt hat das Potential, das im nachhaltigen Fortschritt der Mikroelektronik und Informationstechnik liegt, Mark Weiser, seinerzeit leitender Wissenschaftler am Xerox-Forschungszentrum im Silicon Valley. Basierend auf seinen eigenen Entwicklungen propagierte er schon 1991 in seinem visionären Artikel *The Computer for the 21st Century* [Wei91] den allgegenwärtigen Computer, der unsichtbar und unaufdringlich den Menschen bei seinen Tätigkeiten unterstützt und ihn von lästigen Routineaufgaben weitestgehend befreit. Er prägte hierfür den Begriff „Ubiquitous Computing“ und stellte die generelle These auf, dass das einundzwanzigste Jahrhundert dadurch geprägt sein wird, dass die *kleine* Technik – insbesondere die Computertechnik – in den Alltag einzieht und sich dort unsichtbar macht.

Tatsächlich kann man derzeit ja erkennen, dass dem Kleinen – „Mikro“, „Nano“, „Bio“ etc. – viel Aufmerksamkeit zukommt, nachdem das letzte Jahrhundert eher durch Großtechnologie geprägt war. Nun erfordert aber Großtechnologie wie die Atomtechnik oder die Eroberung des Weltraums nicht nur viel Geld, sondern auch einen nachhaltigen gesellschaftlichen Konsens – hier hat es die quasi unsichtbare und evolutionär daher kommende *kleine* Technik besser, ganz abgesehen davon, dass sich Kleines oft mit weniger Aufwand replizieren und wesentlich schneller (und vielleicht auch in selbstorganisierter und damit „demokratischerer“ Weise) verbreiten lässt als Großes. Die Technik des Kleinen sollte sich also viel leichter durchsetzen als die Großtechnik, wenn sie erst einmal vorhanden ist.

Die visionäre Aussage von Marc Weiser „*in the 21st century the technology revolution will move into the everyday, the small and the invisible*“ lässt sich in Bezug auf die Computertechnik heute auf verschiedene Art interpretieren. Kleine und preiswerte Prozessoren, Sensoren, Speicher und Kommunikationsmodule lassen sich einerseits in Alltagsgegenstände integrieren, was als *embedded computing* bezeichnet wird. Wenn man sie am Körper oder in der Kleidung trägt, dann spricht man eher von *wearable computing*. Stattet man die Umwelt damit aus, etwa um die Umgebung zu beobachten, dann erhält man schließlich *Sensornetze*. Auf alle drei Aspekte soll im Folgenden kurz eingegangen werden.

3.1 Embedded computing und „schlaue“ Alltagsdinge

Möchte man Alltagsdinge „smart“ machen und sie mit der Fähigkeit versehen, Information zu verarbeiten, dann gehört dazu zunächst ein Mikroprozessor. Einfache Prozessoren, die nicht höchste Multimedia-Leistung erbringen müssen, können billig und klein hergestellt werden. Damit die Information weitergeleitet werden kann, braucht man zusätzlich noch drahtlose Kommunikationsmodule, womit sich benachbarte Gegenstände zu Netzen zusammenschließen können. Damit dies alles überhaupt sinnvoll ist, müssen die Gegenstände Information aus ihrer Umgebung aufnehmen, wofür Sensoren eingesetzt werden.

Die verschiedenen Basistechnologien, nämlich Analog-, Digital- und Hochfrequenztechnologie der Sensoren, Prozessoren und Kommunikationsmodule stellen recht unterschiedliche Anforderungen an den Herstellungsprozess. Daher ist eine Integration derzeit noch teuer, aber nicht unmöglich. Ziel ist ein einziger kleiner Chip, der Umgebungsparameter wahrnimmt, diese verarbeitet und gegebenenfalls weitermeldet – an einen Menschen, an ein informationstechnisches System oder an andere so ausgestattete Dinge.

Auf diese Weise können Alltagsgegenstände kommunizieren und sich beispielsweise über die wahrgenommenen Umgebungsbedingungen austauschen, wodurch die Grundlage für eine Kooperation von Dingen miteinander gelegt wird. Salopp ausgedrückt entstehen so „smarte“ Gegenstände. Diese können sich gewisse Vorkommnisse merken – wenn sie mit einem Lokationssensor ausgestattet sind, z.B. wo sie schon überall waren. Sie können sich – bei geeigneter Programmierung – auch kontextbezogen verhalten. Ein Rasensprinkler würde z.B. neben den Feuchtigkeitssensoren im Boden auch die Wettervorhersage im Internet konsultieren, bevor er sich entscheidet, den Rasen zu wässern. Es geht übrigens nicht darum, Dinge wirklich „vernunftbegabt“ zu machen – vielmehr sollen sie sich „schlau“, also situationsangepasst, verhalten, ohne tatsächlich „intelligent“ zu sein!²

Wozu aber sollten so Allerweltsdinge wie eine Zahnbürste und ein Badezimmerspiegel miteinander kommunizieren? Auch dies ist nicht ganz so absurd, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag. Dazu stellt man sich vor, dass der Spiegel eine lustige Figur oder ein lustiges Gesicht einblenden kann und dieses animieren kann. Putzt ein Kind seine Zähne, dann wird dies in karikiertem Weise von der Animation nachgespielt – die smarte Zahnbürste wird quasi zur Fernsteuerung des Cartoons, das Zähneputzen somit zum Computerspiel, bei dem man Bonuspunkte sammeln kann, wenn man gut ist.

3.2 Wearable computing

Zurück zur Vision von Mark Weiser. Betrachten wir kurz die zweite Ausprägung davon, das wearable computing. Man kann sich leicht vorstellen, dass in Zukunft immer mehr elektronisches Gerät in miniaturisierter Form in Kleidung, Armbanduhren und Schmuckstücke eingebaut wird. In der Erprobung befinden sich beispielsweise sogenannte Retinaldisplays. Das sind Brillen, die im Gestell einen kleinen Laser eingebaut haben. Der Laser erzeugt ein Bild, das auf ein kleines Prisma im Brillenglas gelenkt wird. Von dort wird es in das Auge gespiegelt und auf die Retina projiziert. Das Bild entsteht also nicht auf einem „Schirm“, sondern wird Punkt für Punkt direkt ins Auge geschrieben!

Solche Brillen eröffnen nun ganz neue Möglichkeiten zur Informationsdarstellung – Computer könnten dann z.B. auf ihre Bildschirme verzichten. Richtig interessant wird es aber, wenn der Brillenträger computergenerierte Informationen eingeblendet bekommt, die speziell in der jeweiligen Situation für ihn nützlich sind. Dies hat Mahadev Satyanarayanan auf nette (und vielleicht nicht so ganz ernst gemeinte) Weise einmal wie folgt beschrieben [Sat01], wobei er davon ausgeht, dass neben einer kleinen Kamera, wie sie derzeit etwa bei Foto-Handys vorhanden ist, zukünftig auch ein Softwaresystem zur visuellen Objekterkennung in Brillen eingebaut werden kann: *„You could wear a pair of glasses with a small amount of face recognition built-in, look at a person, and his name would pop up in a balloon above his head. You could know instantly who the person is, even if you don't immediately recognize him. I look at my tree, and a little balloon pops up saying, 'Water me,' I look at my dog, it says, 'Take me out,' or I look at my wife, it says, 'Don't forget my birthday!' ”*

Für Hermann Maurer, einen bekannten Informatik-Professor aus Graz und zugleich auch Visionär und Science-Fiction-Autor, werden PCs, wie wir sie heute kennen, in zehn Jahren kaum mehr existieren. Für ihn ist der PC der Zukunft generell ein „wearable“ in Form eines Retinaldisplays, wobei in die Brille auch Mikrofon, Kamera, Stereoton und GPS-System integriert sind [Mau04].

² Matthias Horx bringt dies in netter Form auf den Punkt: „Ich will nicht, dass mein Kühlschrank intelligent wird. Ich will, dass er blöd ist, aber schlau funktioniert.“

Weitere Sensoren ermitteln die Kopfposition des Brillenträgers, inklusive Blickrichtung und Kopfneigung, so dass der PC stets weiß, wohin der Benutzer gerade sieht. Der Brillen-PC der Zukunft kombiniert Mobiltelefon, Fotoapparat und Videokamera und ist ständig mit dem Internet verbunden. Die Eingabe von Informationen über Tastatur und Mausklicks wird ersetzt durch Sprach- und Gestenerkennung.

Letztlich geht es beim wearable computing weniger darum, medienwirksame Cyborg-Phantasien oder Jacken mit eingebautem MP3-Player zu realisieren, sondern langfristig dem einzelnen Menschen in persönlicher Weise zu dienen: Seinen Gesundheitszustand zu überwachen, seine Sinne zu schärfen und ihn mit Informationen zu versorgen – ihn also sicherer und mächtiger zu machen – zwei bedeutende Triebkräfte!

3.3 Sensornetze

Entwicklungen der Mikrosystemtechnik und vermehrt auch die Nanotechnik ermöglichen kleinste Sensoren, die unterschiedlichste Eigenschaften der Umgebung (Temperatur, Feuchtigkeit, Stärke eines Magnetfeldes, Anwesenheit von bestimmter Strahlung etc.) aufnehmen und die gemessenen Werte in elektrischer Form weitermelden. Sensoren stellen gewissermaßen die „Sinnesorgane“ smarterer Dinge dar, mit denen diese ihre Umwelt wahrnehmen können. Bei der Sensortechnik wurden in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt. Autos z.B. enthalten eine Vielzahl unterschiedlicher Sensoren zur Messung von Umgebungsparametern zwecks dynamischer Optimierung der Motorwerte; auch der Airbag enthält einen Sensor, der auf den typischen Stoß bei einem Unfall reagiert. Besonders interessant wird es aber, wenn man Sensoren mit Funktechnologie ausstattet, so dass diese sich drahtlos vernetzen können – man erhält dann sogenannte Sensornetze.

Bei Anwendungsszenarien mit Sensornetzen geht man davon aus, dass eine große Zahl hochgradig miniaturisierter Funksensoren großflächig in die Umwelt eingebracht wird, indem diese im Extremfall z.B. aus einem Flugzeug abgeworfen werden. Die Aufgabe eines einzelnen Sensorknotens in einem solchen Verbund besteht zunächst nur darin, seine unmittelbare Umgebung zu beobachten. Die Sensoren können sich aber mit benachbarten Sensoren vernetzen, ihre Arbeit untereinander abstimmen und relevante Beobachtungen austauschen. Wird es bei einem Sensor zum Beispiel heiß, kurze Zeit später bei einem benachbarten Sensor, und wieder etwas später bei einem dritten Sensor, so lässt sich daraus auf ein Feuer schließen, und es kann mit weiteren geeigneten Daten der Umfang sowie die Ausbreitungsrichtung und -geschwindigkeit des Brandes berechnet werden.

Prototypen solcher Sensornetze existieren bereits, allerdings steht man hier erst am Anfang der Entwicklung. Beherrscht man jedoch eines Tages die Technik zur massenweisen Herstellung kleiner und energieeffizienter Sensoren, die sich automatisch vernetzen, dann lassen sich mit ihnen vielfältige Phänomene der Welt in bisher nie da gewesener Genauigkeit beobachten. Durch die geringe Größe der Sensoren und dadurch, dass sie keine physische Infrastruktur wie Verkabelung und Stromanschlüsse benötigen, kann die Instrumentierung in flexibler und nahezu unsichtbarer Weise geschehen, ohne die beobachteten Aspekte wesentlich zu beeinflussen. Das Umweltmonitoring stellt genauso ein Anwendungsgebiet dar wie der militärische Bereich. Auch Infrastruktursysteme, Verkehrssysteme und Fabrikationsprozesse könnten von einem genauen und „unaufdringlichen“ Monitoring profitieren.

Der Journalist Christoph Podewils hat die Zukunftsaussichten mit Sensornetzen auf witzige und fast poetische Art einmal so beschrieben [Pod04]: *„Computer kaufen, das könnte in einigen Jahren so ähnlich sein wie heute Bonbons aussuchen in der Süßwarenabteilung. Der Verkäuferin wird man sagen: ‘50 Gramm von den Temperaturchips, bitte sehr! Und dann geben Sie mir noch ein Pfund von den Feuchtigkeitssensoren, es hat ja schon seit ein paar Wochen nicht mehr geregnet.’ Im Garten wird man dann in die Chipstüte greifen, eine Hand voll Körner herausnehmen und über den Boden verstreuen, ganz so wie Blumensamen. Die winzigen Computer merken dann, dass sie auf den Boden gefallen sind, schalten sich ein und wachen fortan darüber, wie feucht oder wie warm es im Beet oder auf der Wiese ist. Wird es zu trocken oder zu kalt, so alarmieren sie per Funk einen Nach-*

barcomputer, der seinerseits einen weiteren Nachbarn anfunkelt und so weiter – per Inselfliegen erreicht der Hilferuf schließlich einen Gartenroboter, der sich dann mit der Gießkanne auf den Weg macht oder auch eine Pflanze ins Warme holt.“

4 Leben in einer informatisierten Welt

Die weiter anhaltenden Technologietrends zeigen eindeutig in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt. Über kurz oder lang dürften damit einige der oben geschilderten Visionen realisierbar werden: Kaum sichtbare Sensoren beobachten die Umwelt (und damit vielleicht auch uns), wir haben über smarte Brillen oder andere Instrumente einen intuitiven, mühelosen und unmittelbaren Zugang zu beliebigen Fakten und halten damit Online-Kontakt zu Informationsdiensten sowie zu anderen Menschen, und Alltagsgegenstände werden „smart“ – sie wissen, wo sie sich gerade befinden, welche Dinge oder Personen in der Nähe sind, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah und teilen ihre Erkenntnisse anderen Gegenständen mit. Was bedeutet dies alles, was ist damit möglich und wie lebt es sich in einer solchen Welt?

4.1 Die Welt in 100 Jahren

Spekuliert man über zukünftige Technologie und deren Auswirkungen, dann lohnt es sich, einmal zurückzublicken und frühere Prognosen zu betrachten. Oft hat man sich dabei so gründlich verspekuliert, dass dies aus heutiger Sicht nicht nur lustig, sondern eher albern oder grotesk klingt. Umso erstaunlicher ist es, wenn – vielleicht nur zufällig – einige wesentliche Punkte zutreffend sind; über die anderen Aspekte kann man sich dann immer noch amüsieren.

In dieser Hinsicht ist das mittlerweile fast 100 Jahre alte Buch *Die Welt in 100 Jahren* [Bre10] interessant. Es beschreibt eine Welt, in der wir heute eigentlich leben müssten – wenn die Vorhersagen über diesen langen Zeitraum einigermaßen zutreffend wären! Wir beschränken uns hier auf das Kapitel *Das drahtlose Jahrhundert* und gehen nachfolgend mit einigen Zitaten auf die früher gehegten Erwartungen an die Möglichkeiten der Telekommunikation ein.

Was also hat man damals für die heutige Zeit prophezeit? Erstaunliches, wenn man sich der Tatsache bewusst ist, dass zu jener Zeit sowohl die Funk- als auch die Telefontechnik erst rudimentär entwickelt waren. Es heißt dort nämlich: *„Es wird jedermann sein eigenes Taschentelephon haben, durch welches er sich, mit wem er will, wird verbinden können, einerlei, wo er auch ist, ob auf der See, ob in den Bergen, dem durch die Luft gleitenden Aeroplan oder dem in der Tiefe der See dahinfahrenden Unterseeboot.“* Zwar hat man es mit dem Unterseeboot noch nicht geschafft, ansonsten aber beschreibt dies unser Handy-Zeitalter doch recht genau!

Weiter heißt es: *„Die Bürger jener Zeit werden überall mit ihrem drahtlosen Empfänger herumgehen, der irgendwo, im Hut oder anderswo angebracht sein wird.“* Die Nutzungsmöglichkeiten eines drahtlosen Taschentelephons schienen damals jedenfalls phantastisch und fast unbegrenzt: *„Monarchen, Kanzler, Diplomaten, Bankiers, Beamte und Direktoren werden ihre Geschäfte erledigen können, wo immer sie sind.“* Dass sich zwölfjährige Schulmädchen über zwei Meter Entfernung eine Textnachricht via SMS oder mit einem Fotohandy sogar einen Schnappschuss zusenden, war seinerzeit allerdings wohl doch jenseits des Vorstellbaren. Dennoch sollte nicht nur die Geschäftswelt von den Möglichkeiten der drahtlosen Kommunikation profitieren. Da auch Lokomotivführer drahtlos kommunizieren können, ist – so heißt es weiter in diesem Buch – eine Kollision von Zügen auf einer eingleisigen Strecke forthin natürlich „ganz unmöglich“.

Auch alltägliche Verrichtungen werden von der zukünftigen Kommunikationstechnik revolutioniert: *„Überhaupt wird das Einkaufen zu jener Zeit ein noch viel größeres Vergnügen sein als jetzt. Man wird einfach von seinem Zimmer aus alle Warenhäuser durchwandern können und in jeder Abteilung Halt machen, die man eingehender zu besichtigen oder wo man etwas auszuwählen wünscht... Alle diese Wunder der drahtlosen Telegraphie werden das kommende Zeitalter zu einem*

großartigen, unglaublichen machen.“ Fast meint man, die Melancholie des Autors im letzten Satz zu spüren: Dass er dieses großartige Zeitalter nicht mehr selbst wird erleben können!

Und weiter: „*Nirgends, wo man auch ist, ist man allein. Überall ist man in Verbindung mit allem und jedem. Auch auf die Ehe und die Liebe wird der Einfluss der drahtlosen Telegraphie ein außerordentlicher sein. Künftighin wird sich die leibliche Gattin stets davon überzeugen können, was ihr Herr Gemahl treibt; aber auch der Herr Gemahl wird ganz genau wissen, wie und ob seine Gattin nur an ihn denkt. Liebespaare und Ehepaare werden nie voneinander getrennt sein, selbst wenn sie Hunderte und Tausende Meilen voneinander entfernt sind. Sie werden sich immer sehen, immer sprechen, kurzum, es wird die Glückszeit der Liebe angebrochen sein.*“

Aus heutiger Sicht lässt sich kaum noch feststellen, ob eine gewisse Ironie in diesen Textzeilen mitschwingt. Ist es denn wirklich erstrebenswert, wenn der eine stets wissen kann, was der andere treibt?

4.2 Elektronische Assistenten

Hermann Maurer ist überzeugt, dass der „wearable PC“ (siehe Abschnitt 3.2 oben) als ständiger Begleiter das Leben der Menschen in einem unerhörten Ausmaß verändern wird – unter anderem auch hinsichtlich dessen, was wir lernen, weil ein leichter und effizienter Wissenserwerb zu genau dem Zeitpunkt möglich wird, zu dem dies sinnvoll ist [Mau04]. Ändern wird sich mit einem zukünftigen elektronischen Assistenten in Form einer smarten Brille seiner Meinung nach aber auch die Art, wie Menschen miteinander kommunizieren, diskutieren und umgehen, wie man sich Informationen besorgt, wie man die Welt erlebt, wie sich das alltägliche Leben abspielt, wie die Menschen medizinisch betreut werden und wie die Menschen arbeiten.

Zur Begründung, dass sich mit einem elektronischen Assistenten unser Leben umfassend wandeln wird, gibt Maurer in [MaOl03] u.a. folgende Beispiele: „*While someone is telling us something, we have the possibility to check if the information provided is correct, by accessing background libraries on local storage or in the Internet. Conversely, we can use information from such background sources in our statements.*“ Und weiter: „*When we look at a building, the speech command ,explain building' will be enough for the eAssistant to give us ample information: after all it knows (by GPS) where we are and (because of the compass) in which direction we are looking, so going into a guide book or such to retrieve what we want to know is easy. Clearly, this is not restricted to buildings, rivers, lakes, mountains...*“

Vielleicht wird ein elektronischer Assistent einmal so selbstverständlich wie eine Armbanduhr oder ein Mobiltelefon, und wir verlassen uns so sehr auf ihn, dass wir ohne ihn in vielen Lebenssituationen hilflos und machtlos sind. Damit würden wir dann allerdings weit abhängiger von einem uns wohlgesonnenen System und einer korrekt funktionierenden Technik einschließlich der dahinterliegenden Infrastruktur als wir es jetzt schon sind, und damit im Prinzip auch verletzlicher. Ob mit einem allwissenden Computer in der Brille das Leben interessanter, angenehmer und stressfreier wird, ist natürlich auch nicht garantiert. Vielleicht muss ich ja laufend mein System aufrüsten, weil meine Gegenüber schon neuere, bessere Systeme haben und mir dadurch in fast allen Lebenssituationen überlegen sind; und vielleicht wird der Erwartungsdruck größer, seine Aufgaben schneller und besser zu erledigen, da man nun ja so viel besser informiert und umsorgt ist. Man wird sehen!

Spannend wird es auch sein zu beobachten, ob und wie sich das Alltagsverhalten und die Wertmaßstäbe der Menschen mit den neueren technischen Möglichkeiten ändern werden. Ist es nicht so, dass wir schon jetzt auf die Kenntnis des großen Einmaleins (schließlich gibt es ja Taschenrechner) und die Schönschrift (ein Computerdrucker kann das besser) kaum mehr Wert legen? Dass viele Leute die Rechtschreibregeln vernachlässigen, weil man mit elektronischen Korrekturhilfen und dem Online-Wörterbuch die größten Fehler ausgemerzt bekommt? Dass mancher orientierungslos wird, wenn sein Navigationssystem im Auto an der Landesgrenze blind wird? Dass man sich Telefonnummern nicht mehr merkt, weil diese ja im Handy einprogrammiert sind?

4.3 Smarte Alltagsdinge

„Smarte“ und kommunikationsfähige Dinge haben ein hohes Anwendungspotential. Zum Beispiel könnte ein Auto das andere auf der Gegenfahrbahn vor einem Stau warnen. Oder eine Mülltonne könnte neugierig auf die Recyclingfähigkeit ihres Inhaltes sein, ein Arzneischrank mag um die Verträglichkeit seiner Medikamente und deren Haltbarkeit besorgt sein, und eine Wohnungsheizung könnte mit persönlichen Gegenständen der Bewohner kooperieren wollen, um zu erfahren, ob mit deren baldiger Rückkehr zu rechnen ist. Und wie wäre es mit einer dynamischen Autoversicherung, die ihre Prämie davon abhängig macht, ob schnell oder langsam gefahren wird, ob gefährliche Überholmanöver durchgeführt werden, in welchen Gegenden der Wagen abgestellt wird und auf was für Straßen man fährt? Durch Ortungssysteme wie GPS ist jedenfalls einfach feststellbar, wo sich ein Auto befindet, und dies kann, zusammen mit der Fahrgeschwindigkeit und weiteren Parametern, per Mobilkommunikation jederzeit an die Versicherung gemeldet werden.

Viele weitere Nutzungsmöglichkeiten „schlauer“ und kommunizierender Alltagsdinge sind denkbar – welche Ideen wirtschaftlich sinnvoll sind, wird sich aber erst noch zeigen müssen. Allgemein ist zu erwarten, dass zunehmend hybride Produkte entstehen werden, die sich aus physischer Leistung (z.B. ein Medikament mit seinen biochemischen und medizinischen Wirkungen) und Informationsleistung (bei diesem Beispiel etwa aktuelle Hinweise zum Verlauf einer Grippeepidemie) zusammensetzen. Anfangs werden von den informationstechnischen Möglichkeiten sicherlich eher solche hochpreisigen Geräte und Maschinen profitieren, die durch sensorgestützte Informationsverarbeitung und Kommunikationsfähigkeit einen deutlichen Mehrwert erhalten. Sind die Grundtechniken und zugehörigen Infrastrukturen dann erst einmal eingeführt, könnten bald darauf auch viele andere und eher banale Gegenstände ganz selbstverständlich das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Durchführung ihrer Aufgaben nutzen, selbst wenn dies uns als Anwender gar nicht immer bewusst ist.

Vor allem Lokalisierungstechnologien lassen sich vielfältig verwenden. Je genauer und einfacher der Ort ermittelt werden kann, umso interessanter sind natürlich die möglichen Anwendungen. Wenn Produkte Auskunft geben können, wo im Produktionsprozess oder der Lieferkette sie sich befinden, ist das bestimmt von Vorteil für Hersteller und Lieferanten. Wird man in Zukunft aber die meisten verlorenen Gegenstände wiederfinden, weil diese stets wissen, wo sie sind, und sie dies bei Bedarf mitteilen können? Noch sind Lokalisierungsmodule, die beispielsweise auf dem GPS-System beruhen, für viele Anwendungen zu groß, zu teuer, zu ungenau und zu energiehungrig. Bei allen vier Parametern erzielt man allerdings kontinuierliche Fortschritte, und für größere und wertvolle Dinge, wie beispielsweise Mietautos, rechnet sich ihr Einsatz schon heute. Bald können Schlüssel, Haustiere, Koffer, Postsendungen, Container, Waffen, mautpflichtige Fahrzeuge, diebstahlgefährdete Objekte, umweltschädliche Stoffe und untreue Ehepartner lokalisiert werden, und auch viele Eltern werden es schätzen, wenn Kleidungsstücke der Kinder ihren Aufenthaltsort verraten oder wenn sogar Alarm ausgelöst wird, falls sich außer Haus die Jacke zu weit vom Schuh entfernt. Ein auf Bewährung freigelassener Sträfling oder der kritische Zeitgenosse eines totalitären Regimes wird sich über solche Möglichkeiten allerdings weniger freuen!

Mittel- und langfristig dürften die diversen Techniken des Ubiquitous Computing allgemein eine große wirtschaftliche Bedeutung erlangen und zu substantiellen Veränderungen in Geschäftsprozessen führen. Denn werden industrielle Produkte (wie z.B. Haushaltsgeräte, Werkzeuge, Spielzeug oder Kleidungsstücke) durch integrierte Informationsverarbeitung „schlau“, oder erhalten 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 nicht nur innovative Produkte, sondern auch zusätzliche Services und neue Geschäftsmodelle möglich: Der digitale Mehrwert eigener Produkte kann diese beispielsweise von physisch ähnlichen Erzeugnissen der Konkurrenz absetzen sowie Kunden stärker an eigene Mehrwertdienste und dazu kompatible Produkte binden. Ferner werden durch technisch ausgefeilte Methoden, welche die tatsächliche Nutzung von Gegenständen ermitteln und weitermelden, neue Abrechnungs- und Lea-

singmodelle möglich [FCD05]. Generell dürfte die zunehmende Informatisierung von Produkten auch zu einer stärkeren Serviceorientierung führen, denn smarte Dinge können nur dann ihr ganzes Potential ausspielen, wenn sie vernetzt werden und in eine umfassende Struktur von Dienstleistungen eingebunden sind.

4.4 Risiken und Nebenwirkungen der Alltagsinformatisierung

Wo liegen die schönen Seiten und wo die Schattenseiten einer total informatisierten und von smarten Alltagsdingen bevölkerten Welt? Das Problem ist komplex, ein Beispiel mag dies erläutern: Durch die neue Technik wird die Möglichkeit, exakte Kundenprofile zu erstellen, stark erleichtert. Man kann daher in vielen Fällen individuelle Preise für Dienstleistungen oder gar Produkte festsetzen – und so im Extremfall von einem Kunden gerade so viel verlangen, wie dieser noch bereit ist zu bezahlen [Odl03]. Ist eine solche Preisdiskriminierung volkswirtschaftlich oder im Sinne einer Markttheorie zweckmäßig? Oder unmoralisch und unfair? Verstößt dies gegen das Gleichheitsgebot? Oder wird so etwas in der Praxis dann derart subtil gemacht, dass sich gar niemand benachteiligt fühlt?

Unproblematisch ist die technische Entwicklung hin zu „smarten Dingen“ jedenfalls nicht, auch wenn alles nur gut gemeint sein mag und zunächst recht unscheinbar daherkommt. Dies zeigt schon die Beobachtung, dass immer mehr Alltagsdinge ein „Gedächtnis“ bekommen: Telefone speichern die Nummern aller Anrufenden und Angerufenen, Kaffeemaschinen die Zahl der zubereiteten Tassen Kaffee (damit die Garantie bei heftigem Gebrauch auch rechtzeitig erlöschen kann), LCD-Projektoren ihre Betriebszeiten (damit Kunden früh genug gezwungen werden, eine Ersatzlampe zu kaufen), DVD-Player auf Laptop-Computern den Namen des jüngst abgespielten Films. Letzteres ist ein nettes „feature“, kann aber auch zum Verhängnis werden, wenn etwa ein Lehrer seiner Schulklasse ein Video zeigen möchte, der Player vorher aber allen Zuschauern den Namen des nicht jugendfreien Films verrät, den dieser sich am Abend vorher angesehen hat. Legendar sind auch die Beziehungsdramen, die sich dadurch ergeben, dass Telefone verraten, mit wem, wann und wie lange telefoniert wurde.

Zwar bieten PC-Betriebssysteme und einige Anwendungen (wie z.B. Web-Browser, die sich die zuletzt besuchten Web-Seiten merken) im Allgemeinen eine Möglichkeit, die sogenannte „History-Liste“ der zuletzt betrachteten Dokumente oder zuletzt durchgeführten Aktionen zu löschen, dies ist aber typischerweise mit einem Verlust an Komfort verbunden und wird, da es dazu einer expliziten Aktion bedarf, oft vergessen oder vernachlässigt. Einer auch nur amateurhaft durchgeführten „forensischen“ Analyse des PCs hält dieses Löschen der History-Liste sowieso nicht stand, da Spuren vergangener Aktivitäten sich an verschiedenen Stellen („Registry“, Temporärdateien etc.) im System finden.

Schlaue Dinge, auch wenn sie derzeit noch vergleichsweise „dumm“ sind, verletzen also leicht die Privatsphäre, indem sie etwas ausplaudern, was nicht für andere bestimmt war. Wen aber darf man dafür anklagen? Da in Zukunft immer mehr Dinge informatisiert werden oder ein Ortsbewusstsein bekommen (zum Beispiel Reisetaschen, die ihrem Besitzer mitteilen, wo sie „gestrandet“ sind und sich an besuchte Orte zu erinnern vermögen), darf man sich in dieser Hinsicht garantiert noch auf einiges gefasst machen!

Gewährleistung der Privatsphäre im Sinne von informationeller Selbstbestimmung, Datenschutz und Sicherheit vor Missbrauch scheinen tatsächlich zu den drängendsten Problemen der Alltagsinformatisierung zu gehören. Relativ zu den klassischen Datenschutzaspekten schuf diesbezüglich schon das Internet mit seinen Suchmaschinen und Möglichkeiten, einzelne Mausclicks zu speichern und zu analysieren, neue Probleme. Mit dem Einzug in das Zeitalter des Ubiquitous Computing wird sich die Situation jedoch erheblich verschärfen [LaM02, Mat05, RoM04, Ro06]: Smarte Gegenstände und sensorbestückte Umgebungen häufen eine Unmenge von Daten an, um den Nutzern jederzeit ihre Dienste anbieten zu können. Da dies mit Absicht unaufdringlich im Hintergrund geschieht, wissen wir allerdings nie genau, ob wir bei irgendwelchen Handlungen beobachtet werden. Eine

einzelne Beobachtung mag für sich genommen auch harmlos sein – aber wenn verschiedene solche Erkenntnisse zusammengeführt werden, kann dies u.U. eine folgenschwere Verletzung der Privatsphäre nach sich ziehen.

Eine nahezu unsichtbare aber allgegenwärtige Überwachungstechnik, wie sie drahtlose Sensornetze und smarte Alltagsdinge darstellen, zieht eventuell 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 Kontrolle derart ausgeweitet werden, dass auch Bereiche erfasst werden, die einem dauerhaften und unauffälligen Monitoring bisher nicht zugänglich waren.

In diesem Zusammenhang ist ein gewisser Trend zur bewussten Aufgabe von Privatheit interessant, den Rainer Kuhlen beobachtet hat [Kuh04]: Im Zeitalter von E-Commerce und personalisierten Dienstleistungen wird Privatheit nämlich zunehmend nicht mehr als absolute Voraussetzung für ein selbstbestimmtes Leben angesehen, sondern wird zu einem aushandelbaren und partiell aufgebaren Gut. Sind genügend materielle Anreizeangebote (z.B. Rabatte durch Kundenkarten, Preisnachlässe bei Autoversicherungen mit direktem Einblick auf die Fahrweise des Autos) oder Komfortvorteile vorhanden, so sind immer mehr Personen bereit, freiwillig auf ihre Privatheitsrechte zu verzichten. Offenbar wird von vielen, vielleicht sogar einer Mehrheit der Bevölkerung, eine Einschränkung der Privatheit nicht als gravierend empfunden. Nun mag man einwenden, dass dies kein grundsätzlich neuer Aspekt ist: Wollte man an der Museumskasse in den Genuss eines Seniorenrabatts kommen, so musste man sich schon immer mit seinem Alter outen. Auch hier sind es aber wieder die durch den Technikfortschritt ermöglichte quantitative Zunahme und der Aspekt der Globalisierung durch totale Vernetzung, die dem Ganzen eine neue Qualität verleihen.

Besondere Beachtung hinsichtlich des Privatsphärenschutzes dürfte in Zukunft vor allem der „location privacy“ zukommen [Mat05]. Denn wissen Dinge, wo sie sind oder wo sie waren, dann kann damit leicht auf den Aufenthaltsort einer Person geschlossen werden, wenn die persönlichen Gegenstände dies verraten. Schon gibt es aber erste Produkte in Form von Armbanduhren, mit denen man aus der Ferne den Aufenthaltsort seiner Kinder feststellen kann. Diese Uhren sind noch nicht so bequem, genau und energiesparend, wie man es sich wünscht, aber die Technik macht ja Fortschritte! Nun mag ein 8-Jähriger das Tragen einer solchen Uhr „cool“ finden. Aber ist auch die 15-jährige Tochter bereit, sich damit auf Schritt und Tritt verfolgen zu lassen? Muss sie sich rechtfertigen, wenn sie die Fernlokalisierungsmöglichkeit einmal abschaltet – sofern dies überhaupt geht? Sollte man nicht „vorsichtshalber“ auch auf Bewährung freigelassene Sträflinge verpflichten, eine solche Uhr zu tragen? Oder, falls die Technik zukünftig klein genug wird, Ausländern („zum eigenen Schutz“) in das Visum integrieren?

Einen Vorgeschmack auf das, was uns in Zukunft mit der Fernlokalisierung blühen könnte, liefert die Diskussion um einen vergleichsweise harmlosen, seit einiger Zeit in Deutschland angebotenen Lokalisierungsdienst für Mobiltelefone³, über den „Bild.de“ folgendermaßen berichtete: *Neuer Handy-Dienst sagt Ihnen immer, wo Ihr Kind ist. Ist es auch wirklich in der Schule? Mit „Track your kid“ finden Sie es heraus. Deutschlandweit können Sie so bis auf 250 m genau feststellen, wo sich der Nachwuchs aufhält. Das kann gerade für berufstätige Eltern oder Alleinerziehende eine Erleichterung sein. Denn diese sanfte Kontrolle verschafft Ihnen Sicherheit – und das Kind merkt gar nichts davon!* Die ersten Reaktionen auf den Lokalisierungsdienst waren unterschiedlich; im Diskussionsforum „Mama & Co“⁴ schrieb „happyanja“ zum Beispiel: *„Würde natürlich nicht alle zwei Stunden überprüfen. Nur, wenn ich mir mal Sorgen mache. Und ich würde ihn darüber informieren. Nicht, dass er sich ausspioniert vorkommt.“* Eine andere Teilnehmerin („Robse“) hatte mit ihrer Frage wohl eher einen anderen Einsatzzweck im Sinn und schrieb in ihrem Beitrag das Wort „man(n)“ vielleicht absichtlich und mit Hintersinn mit Doppel-n: *„Kann man das auch bei seinem Ehepartner anwenden? Nur mal so interessehalber.“* Rechtlich ist an einem solchen Dienst übrigens

³ www.trackyourkid.de

⁴ www.gofeminin.de

nichts auszusetzen, da das Telekommunikationsgesetz die Weitergabe der Standortinformation zulässt, wenn der Handybesitzer dem zustimmt. Immerhin kam es im Deutschen Bundestag aber u.a. deswegen schon im Mai 2004 zu einer Großen Anfrage⁵ der FDP-Fraktion: „*Wie beurteilt die Bundesregierung aus datenschutzrechtlicher Sicht Angebote GPS-basierter Handydienste wie Track your kid...? Sieht die Bundesregierung die informationelle Selbstbestimmung von Kindern und Jugendlichen durch derart lokalisierbare Handys gefährdet...?*“

Lokalisierungstechnologien bergen also einiges an sozialem Sprengstoff: nicht nur, weil man damit Leuten hinterherspionieren kann, sondern weil dies auch ein bewusst eingesetztes Kontrollinstrument werden kann. Dobson und Fisher drücken dies in ihrem Artikel „Geoslavery“ [DoF03] mit drastischen Worten so aus: „*Society must contemplate a new form of slavery, characterized by location control.*“ Andererseits kann das Wissen um den Aufenthaltsort anderer oder gar die Kontrolle darüber manchmal natürlich auch nützlich und sozial akzeptabel sein – nicht nur bei kleinen Kindern, sondern zum Beispiel auch bei zeitweilig geistig verwirrten Personen, wie dies etwa im Bereich der Altenpflege gehäuft vorkommt: Statt solche Personen vorsichtshalber einzuschließen, kann man z.B. virtuelle Sicherheitszonen definieren, bei deren Verlassen Alarm geschlagen wird. Dies ermöglicht es den Betroffenen, innerhalb gewisser Grenzen ein selbstbestimmteres Leben zu führen – auch wenn die Trennlinie zwischen Schutz und Freiheit einerseits und Überwachung und Eingriff in die Privatsphäre andererseits dabei einen diffizilen Verlauf annehmen kann.

Ergänzend zum Aspekt der informationellen Selbstbestimmung sei noch bemerkt, dass auch der in letzter Zeit verstärkt in die generelle Datenschutzdiskussion eingebrachte Aspekt der „Zurechenbarkeit“ [Die04] Probleme bereiten dürfte. Darunter versteht man die Forderung, dass von jeder in einem IT-System ausgeführten Aktion während ihres Ablaufs und danach feststehen muss, wem diese Aktion zuzuordnen ist und wer sie letztlich zu verantworten hat. Abgesehen davon, dass durch das Nachhalten der Verantwortlichkeit oft personenbezogene Daten erhoben und gespeichert werden müssen, ist dies in einer Welt, in der Kommunikations- und Dienstbeziehungen oft nur spontan und kurz eingegangen werden und smarte Alltagsdinge gewissermaßen selbst nicht genau wissen, wieso sie bezogen auf den konkreten Kontext ein spezifisches Verhalten aufweisen, ein schwieriges Unterfangen. Zu einem Vorgang tragen unter Umständen sehr viele indirekt miteinander vernetzte Objekte, Dienste und Institutionen bei, die für sich genommen kaum für den Gesamtvorgang verantwortlich gemacht werden können und erst in ihrem Zusammenwirken den äußerlich wahrnehmbaren Effekt bewirken. Diese Problematik der *Dissipation der Verantwortung*, aber auch damit verbundene Haftungsfragen (z.B.: bin ich als Besitzer oder ist der Hersteller für die Handlungen eines smarten, autonom agierenden Objektes verantwortlich?), dürfte mit dem Ubiquitous Computing stark an Bedeutung gewinnen und bedarf in Zukunft vielleicht sogar einer eigenständigen Regelung.

Dass wir im Zuge der „digitalen Globalisierung“ überhaupt größere Probleme mit der Privatsphäre bekommen, hat eine tiefere und gleichzeitig pauschale Ursache, die auch für einige anderer Verwerfungen ursächlich ist: Die „Defaults“ kehren sich in vielen Fällen um, wie es Ronald Rivest im Informatik-Fachjargon einmal ausgedrückt hat – was heißen soll, dass die Standardannahmen auf den Kopf gestellt werden: was früher ein Spezialfall oder eine Ausnahme war, wird nun zum Normalfall. Rivest führte dies in plakativer Weise so aus: „*What was once private is now public. What was once hard to copy is now trivial to duplicate. What was once forgotten is now stored forever.*“ Und tatsächlich: Musste man früher viel Geld, Zeit und Energie aufwenden, um Information zu verbreiten, so muss man heute, wie es die Musik- und Filmindustrie gelernt hat, viel Geld, Zeit und Energie aufwenden, damit etwas *nicht* vervielfältigt wird. Und musste man früher Pyramiden bauen, um unvergessen zu bleiben, so kann man heute Jungsünden, die man ins Internet geschrieben hat, auch mit viel Aufwand kaum mehr loswerden – Suchmaschinen spüren diese auch Jahrzehnte später noch auf, selbst dann, wenn man die Originalquellen beseitigt hat!

⁵ Deutscher Bundestag (2004) *Überprüfung der personengebundenen datenschutzrechtlichen Bestimmungen*. Drucksache 15/3256.

Der drohende Verlust der Privatsphäre ist zwar einer der am häufigsten genannten Kritikpunkte an der Vision des Ubiquitous Computing, doch werden zunehmend auch darüber hinaus die Auswirkungen einer informationstechnischen Aufrüstung der Welt hinterfragt, etwa auf Umwelt und Gesundheit [Hil03]. Vor allem von sozial- und geisteswissenschaftlicher Seite wird auch die Sorge um schädliche Seiteneffekte vorgebracht, wie beispielsweise eine drastische Dynamisierung und Beschleunigung des Lebenskontextes. Gewarnt wird sogar vor einem grundsätzlichen Wandel in unserem Verhältnis zu der uns umgebenden Welt, die bizarre Formen annehmen könnte und für uns vielleicht unverständlich würde, wenn Alltagsgegenstände smart und autonom würden und miteinander kooperieren würden. Mike Kuniavsky meint zum Beispiel [Kun04]: „*Once these technologies are widely distributed in everyday objects, the environment they create will become too difficult for us to explain in purely functional ways. When we don't have a good functional model to explain how things work, we anthropomorphize them. And when enough things around us recognize us, remember us, and react to our presence I suspect we'll start to anthropomorphize all objects. In other words, because we have no other way to explain how things work, we will see the world as animist.*”

Nun klingt die Warnung vor einer animistisch wahrgenommenen Welt in unserer aufgeklärten Zeit vielleicht aber doch ein wenig weit hergeholt. Konkreter könnten die Möglichkeiten des Ubiquitous Computing allerdings bewirken, dass selbstbestimmtes Handeln erschwert wird und es im Einzelfall sogar zu Kontrollverlusten kommen kann – unter anderem deswegen, weil immer mehr Prozesse autonom ablaufen, Dinge damit quasi einen eigenen Willen bekommen und die automatisierten Vorgänge für die Nutzer oder Betroffenen nicht mehr im Detail nachvollziehbar sind. Smarte Dinge könnten im Extremfall sogar als illoyal wahrgenommen werden, was – verbunden mit einem Ohnmachtsgefühl und Orientierungslosigkeit – diese Technik dann als eine Bedrohung erscheinen lässt [BCL04].

Die Möglichkeit, dass autonome Aktionen smarterer Dinge von den jeweiligen Besitzern und Betroffenen gegebenenfalls nicht mehr kontrolliert werden können und damit als willkürlich und unerwünscht angesehen werden, so dass die Technik als repressiv empfunden werden mag, diskutieren Spiekermann und Pallas [SpP06] ausführlicher unter dem Begriff „Technologiepaternalismus“⁶. Dem liegt die Vorstellung zugrunde, dass eine automatisch agierende Hintergrundassistentin zwar den Menschen „nach bestem Wissen und Gewissen“ umsorgen mag und sogar in dessen Interesse handeln mag, ihm aber dabei wesentliche Entscheidungsfreiheit und Handlungsverantwortung vorenthält – was nicht jedem in jeder Situation willkommen ist.

Eine Espressomaschine, die durch lautes Piepsen darauf aufmerksam macht, dass sie meint, gereinigt werden zu müssen, oder ein Auto, das sich bei Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit lautstark bemerkbar macht, sind erste Anzeichen für ein solches paternalistisches Verhalten von Objekten. Offensichtlich kann ein solcher „Maschinenprotest“ unterschiedlich deutlich geäußert werden: Von dezenten Hinweisen (die dann vielleicht meist ignoriert werden) bis hin zu Zwangsmaßnahmen (Einstellung der Funktion bei der Espressomaschine, technische Begrenzung der Geschwindigkeit beim Auto). Dass letzteres nicht allzu sehr geschätzt wird⁷, wenn keine Notsituation vorliegt, ist verständlich – ein Forschungsprojekt zur automatischen situationsbezogenen Geschwindigkeitsregulierung von Autos wurde angeblich eingestellt, nachdem eine deutsche Boulevardzeitung dies als „Zwangsbremmung“ betitelt hatte...

Die Befürchtung ist nun, dass sich in Zukunft durch das zunehmende Kontextbewusstsein immer mehr Dinge so verhalten, wie sie selbst glauben, dass es für den Menschen in der vermuteten Situa-

⁶ „Technologiepaternalismus beinhaltet kurz gesprochen, dass die Maschine bzw. das Objekt automatisch Fehlverhalten sanktioniert oder dieses gar nicht erst zulässt. Ein Beispiel ist das Warnsignal im Auto, welches ertönt, wenn der Fahrer sich nicht anschnallt. Der Wagen hat das letzte Wort, denn der Fahrer muss sich anschnallen, wenn er dem Signalgeräusch entkommen möchte. Er hat keine Kontrolle über den Vorgang.“ Zitiert nach [Spi06].

⁷ Auch die von Spiekermann durchgeführte empirische Studie [Spi06] kommt zum Ergebnis, dass im Vergleich zu einigen anderen Nutzungsszenarien von Ubiquitous-Computing-Technologie eine Bremsautomatik im Auto als eher unnützlich empfunden wird – wobei die Studie belegt, dass die Nützlichkeit einer solchen Anwendung deutlich vom Grad der Kontrolle abhängt, den man über die Technologie empfindet.

tion angemessen oder „richtig“ ist. Auch werden durch die Kooperation (bzw. „Kollaboration“ oder sogar „Kollusion“) smarter Gegenstände nun Alltagsszenarien möglich, die bisher technisch kaum realisierbar waren – z.B. könnte eine Kettensäge nur noch dann funktionieren, wenn der Nutzer Schutzhelm und -brille (eines bestimmten Typs bzw. „original“ vom Hersteller der Säge?) trägt. Wenn ein smartes Ding den Kontext jedoch falsch versteht oder inadäquat interpretiert, wird ein solches Verhalten zumindest als lästig empfunden, schlimmstenfalls ist man aber der „Ideologie“ des Gegenstands ausgeliefert und muss sich ihr unterwerfen. Die Frage ist dann natürlich, wer das Normverhalten festlegt und die Regeln in die Dinge einprogrammiert⁸, wer also letztendlich die Macht über das Verhalten der Alltagsdinge – und damit indirekt auch über uns – ausübt. Oder, wie es Spiekermann und Pallas formulieren [SpP06]: *„When do we want to have things under control and when do we want things to act silently and autonomously? When is paternalism in general right and when wrong? And, of course, who controls who in a specific context?“* Einfache Antworten scheint es darauf nicht zu geben, aber sicherlich werden mit der zunehmenden Informatisierung des Alltags solche Fragen an Bedeutung und Brisanz gewinnen!

Weitere potentielle Problembereiche einer total informatisierten Welt seien hier nur noch angedeutet: Wenn beispielsweise vernetzte und „elektronisch aufgewertete“ Alltagsdinge Information von sich geben, physische Dinge also quasi zu Medien ihrer selbst werden, dann stellt sich die Frage, wer über den Inhalt bestimmen darf und wer die Objektivität und Richtigkeit von „Aussagen“ smarter Produkte garantiert. Wer legt beispielsweise fest, was eine smarte Sprechpuppe den Kindern erzählt? Darf sie um das neue Kleidchen aus der Fernsehwerbung betteln? Oder darf eine Verbraucherschutzinstitution die in einem elektronischen Etikett eines Fertiggerichtes gespeicherte Identifikationsnummer auf eine andere Information umlenken, als es der Hersteller vorgesehen hat, um so beispielsweise vor Allergenen bei den Inhaltsstoffen zu warnen? Anders ausgedrückt: Wenn Dingen Information oder eine Identifikation anheftet, die es ermöglicht, dass ein – etwa in einer Brille residierender – persönlicher digitaler Assistent die Welt erläutert, dürfen die Dinge der Welt dann vom Hersteller der smarten Brille beliebig interpretiert werden?

Ein weiterer Aspekt ist die „dependability“: Funktionieren etwa in Zukunft viele eher alltägliche Dinge nur noch dann ordnungsgemäß, wenn Zugriff auf eine Informationsinfrastruktur oder das Internet besteht, dann entsteht natürlich eine große Abhängigkeit von diesen Systemen und der zugrundeliegenden 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.

Immerhin werden in jüngster Zeit – neben den verheißungsvollen *Chancen* der Ubiquitous-Computing-Technologien – auch die *Risiken* und potentiell negativen Auswirkungen in systematischer Weise untersucht. So entstand z.B. im Rahmen des EU-Projektes „Safeguards in a World of Ambient Intelligence“ (SWAMI) ein Bericht *„Dark scenarios on ambient intelligence: Highlighting risks and vulnerabilities“* [PDM06], in dem vier mögliche, aber nicht wünschenswerte, Negativszenarien ausführlich diskutiert werden und dabei auf Gesichtspunkte wie Kontrollverlust, Probleme beim Angriff auf die Privatsphäre, Identitätsdiebstahl, falsche Verdächtigung aufgrund automatisierten Dataminings, Gefährdung der Unschuldsvermutung, detaillierte Profilbildung von Aktivitätsmustern mit der Gefahr der Diskriminierung, neue Möglichkeiten von Verbrechen etc. eingegangen wird und die Befürchtung ausgesprochen wird *„a fully operational generalised interoperable Ambient Intelligence would be a threat for a whole range of fundamental rights such as privacy, non-discrimination, free movement, the right to anonymity, etc.“*

⁸ „Code is Law“ – so die entsprechende Aussage des bekannten Buches von Lessig [Les99].

5 Fazit

Wir haben es mit dem Internet geschafft, nahezu alle Rechner und PCs der Welt, immerhin mehrere 100 Millionen an der Zahl, zu vernetzen. Und ohne uns dessen so richtig bewusst zu sein, beginnen wir nun, in die reale Welt einzugreifen, indem wir deren Gegenstände informatisieren und zu einem „Internet der Dinge“ vernetzen. Die langfristigen Konsequenzen einer solcherart geschaffenen „augmented reality“ dürften gewaltig sein.

Die durch den Fortschritt der Informationstechnologie 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, unterstützt durch Grundlagenforschungen in vielen anderen Bereichen. Die dynamische Entwicklung in diesen Gebieten geht ungebremst weiter, die Auswirkungen ihrer technischen Errungenschaften betreffen daher immer größere Teilbereiche des täglichen Lebens. Allerdings ist der Wirkungseffekt oft nicht direkt proportional zum Technikfortschritt: Wenn eine gewisse kritische Masse an „Innovationspotential“ vorhanden ist, kann eine Wirkung sehr schnell entfaltet werden – ein Beispiel hierfür war etwa die Nutzung des Mobiltelefons. Ein Problem bei diesem Prozess stellt die Tatsache dar, dass die soziale Anpassung an umfassende Änderungen der Lebensumstände Zeit benötigt – oft ist erst die nachfolgende Generation dazu bereit. Gelingt uns dies aber bei der rasanten digitalen Revolution? Bleibt uns dafür genügend Zeit? Dürfen wir optimistisch in die Zukunft blicken?

Klar ist: Technik und Wissenschaft haben generell einen großen Einfluss auf die Gesellschaft und unsere Welt. Die Beispiele „Automobil“ oder „Elektrizität“ zeigen aber auch, dass die wesentliche Wirkung einer „ubiquitären“ Technologie oft nahezu irreversibel ist und erst spät einsetzt, so dass sich vor allem die relevanten Sekundäreffekte kaum vorhersehen oder gar im Vorhinein bewerten lassen. Auch eine von Informationstechnologie durchdrungene Welt 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. Chronisch kranke Personen oder ältere Leute werden in Zukunft vielfach ein selbstbestimmteres Leben führen können, da sie dank der Technik weniger oft auf die direkte Hilfe anderer Menschen angewiesen sind. Mit elektronischen Assistenten in Form von smarten Brillen hat man in allen Lebenssituationen unmittelbaren Zugang zu nahezu beliebigen Informationen und braucht daher viel weniger Fakten „auf Vorrat“ zu lernen. 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 zugrundeliegenden 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 grundlegend unsere Einstellung zu der uns umgebenden Welt ändern.

In seinen Konsequenzen hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung, aber auch der Abhängigkeit von einer sicheren und verlässlichen globalen IT-Infrastruktur und den Fragen der Sozialverträglichkeit zu Ende gedacht, dürfte das „Projekt“ der totalen Informatisierung der Welt, in das wir unversehrt hineingeschlittert sind, über kurz oder lang eine hohe gesellschaftliche und ökonomische Brisanz bekommen und damit vielleicht sogar zu einem Politikum werden. Eine der wichtigsten Herausforderungen wird dabei sein, unsere sozialen Werte und Grundrechte wie den Schutz der Privatsphäre oder das selbstbestimmte Handeln nicht zu gefährden und so die menschliche Würde auch in einer Welt smarterer Alltagsdinge zu erhalten.

Damit ein Internet der Dinge und eine von Informationstechnik im wahrsten Sinne des Wortes durchdrungene Welt wirklich Nutzen stiften, bedarf es daher mehr als nur mikroelektronisch aufgerüsteter und miteinander kooperierender Gegenstände. Ebenso nötig sind sichere und verlässliche IT-Infrastrukturen, geeignete ökonomische und rechtliche Rahmenbedingungen sowie ein gesellschaft-

licher Konsens darüber, wie die neuen technischen Möglichkeiten verwendet werden sollen. Hierin liegt eine große Aufgabe für die Zukunft.

Literatur

- [BCL04] J. Bohn; V. Coroama; M. Langheinrich; F. Mattern; M. Rohs: *Living in a World of Smart Everyday Objects – Social, Economic, and Ethical Implications*. Journal of Human and Ecological Risk Assessment, 10(5), 763–786, 2004.
- [Bre10] A. Brehmer (Hrsg.): *Die Welt in 100 Jahren*. Berlin, Verlagsanstalt Buntdruck GmbH, 1910.
- [Die04] R. Dierstein: *Sicherheit in der Informationstechnik – der Begriff der IT-Sicherheit*. Informatik-Spektrum 27(4), 343–353, 2004.
- [DoF03] J.E. Dobson, P.F. Fisher: *Geoslavery*. IEEE Technology and Society Magazine 22(1): 47–52, 2003.
- [FCD05] E. Fleisch; O. Christ; M. Dierkes: *Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge*. In: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): *Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis*. Springer-Verlag, 2005, 3–37.
- [FIM06] C. Flörkemeier; F. Mattern: *Smart Playing Cards – Enhancing the Gaming Experience with RFID*. Proceedings of the Third International Workshop on Pervasive Gaming Applications – PerGames 2006 at PERVASIVE 2006, Dublin, May 2006.
- [Hil03] L. Hilty; S. Behrendt; M. Binswanger; A. Bruinink; L. Erdmann; J. Fröhlich; A. Köhler; N. Kuster; C. Som; F. Würtenberger: *Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft. Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt*. Studie des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS), TA 46/2003.
- [Kuh04] R. Kuhlen: *Informationsethik. Ethik in elektronischen Räumen (Kapitel 6: Privacy in elektronischen Räumen – informationelle Selbstbestimmung, informationelle Autonomie)*. UTB, 2004.
- [Kun04] M. Kuniavsky: *User Expectations in a World of Smart Devices*. www.adaptivepath.com/publications/essays/archives/000272.php.
- [LaM02] M. Langheinrich; F. Mattern: *Wenn der Computer verschwindet: Was Datenschutz und Sicherheit in einer Welt intelligenter Alltagsdinge bedeuten*. digma – Zeitschrift für Datenrecht und Informationssicherheit, 3(2), 138–142, September 2002.
- [LaM03] M. Langheinrich; F. Mattern: *Digitalisierung des Alltags. Was ist Pervasive Computing?* Aus Politik und Zeitgeschichte (B 42), 6–12, 2003.
- [Lan05] M. Langheinrich: *Die Privatsphäre im Ubiquitous Computing – Datenschutzaspekte der RFID-Technologie*. In: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): *Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis*. Springer-Verlag, 2005, 329–362.
- [Les99] L. Lessig: *Code and Other Laws of Cyberspace*. Basic Books, 1999.
- [MaOl03] H. Maurer; R. Oliver: *The future of PCs and implications on society*. Journal of Universal Computer Science, 9(4), 300–308, 2003.
- [Mat05] F. Mattern: *Ubiquitous Computing: Eine Einführung mit Anmerkungen zu den sozialen und rechtlichen Folgen*. In: J. Taeger; A. Wiebe (Hrsg.): *Mobilität, Telematik, Recht*. Verlag Dr. Otto Schmidt, 2005.
- [Mau04] H. Maurer: *Der PC in zehn Jahren*. Informatik-Spektrum 27(1), 44–50, Februar 2004.
- [Moo65] G. Moore: *Cramming More Components onto Integrated Circuits*. Electronics 38, 114–117, April 1965.
- [Odl03] A. Odlyzko: *Privacy, Economics, and Price Discrimination on the Internet*. www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/privacy.economics.pdf, 2003.

- [PDM06] Y. Punie; S. Delaitre; I. Maghiros; D. Wright: *Dark scenarios on ambient intelligence: Highlighting risks and vulnerabilities*. SWAMI deliverable D2, January 2006.
- [Pod04] C. Podewils, in: Berliner Zeitung vom 27.03.2004.
- [Ro06] A. Roßnagel: *Verantwortung für Datenschutz*. Informatik-Spektrum 28(6), 463–473, 2006.
- [RoM04] A. Roßnagel; J. Müller: *Ubiquitous Computing – neue Herausforderungen für den Datenschutz*. Computer und Recht, 8/2004.
- [Sat01] M. Satyanarayanan: *M. Satyanarayanan on Mobile and Pervasive Computing (Interview)*. IEEE Distributed Systems Online, 2(6), 2001.
- [Spi06] S. Spiekermann: *Auswirkungen der UC-Technologie auf Verbraucher: Chancen und Risiken*. Bericht im Rahmen des TAUCIS-Projektes, 2006.
- [SpP06] S. Spiekermann; F. Pallas: *Technology Paternalism – Wider Implications of Ubiquitous Computing*. Poiesis and Praxis 4(1), 6–18, 2006.
- [Ste99] A. Steinmüller; K. Steinmüller: *Visionen*. Rogner und Bernhard / Zweitausendeins, 1999
- [Thi05] F. Thiesse: *Die Wahrnehmung von RFID als Risiko für die informationelle Selbstbestimmung*. In: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): *Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis*. Springer-Verlag, 2005, 363–378.
- [Wei91] M. Weiser: *The Computer for the 21st Century*. Scientific American 265(3), 66–75, 1991.
-