

Allgegenwart und Verschwinden des Computers

Leben in einer Welt smarterer Alltagsdinge

Jürgen Bohn, Vlad Coroamă, Marc Langheinrich,
Friedemann Mattern, Michael Rohs

Institut für Pervasive Computing
ETH Zürich, Schweiz

Das noch junge Forschungsgebiet des Ubiquitous Computing beschäftigt sich damit, kleinste Computerprozessoren und mikroelektronische Sensoren in Alltagsgegenstände zu integrieren, um diese „smart“ zu machen. Smarte Dinge können ihre Umgebung erfassen und dadurch Benutzer bei der Bewältigung ihrer Aufgaben auf eine neue, intuitive Art unterstützen. Während aufgrund des rapiden technischen Fortschritts viele visionäre Konzepte in ersten Feldversuchen bereits prototypisch erprobt werden, sind andererseits die Auswirkungen einer solchen umfassenden Integration von Computertechnologie in unseren Alltag bisher nur schwer abzusehen. Der vorliegende Beitrag versucht, die Implikationen dieser Entwicklung in sozialer, wirtschaftlicher und ethischer Hinsicht einzuordnen.

1 Schöne neue Welt

Mit der weiter zunehmenden Miniaturisierung der Computertechnologie werden in absehbarer Zukunft Prozessoren und kleinste Sensoren in immer mehr Alltagsgegenstände integriert, wobei die traditionellen Ein- und Ausgabemedien von PCs, wie etwa Tastatur, Maus und Bildschirm, verschwinden und wir stattdessen direkt mit unseren Kleidern, Armbanduhren, Schreibstiften oder Möbeln kommunizieren (und diese wiederum untereinander und mit den Gegenständen anderer Personen).

Vor mehr als 10 Jahren hatte bereits Mark Weiser, seinerzeit Forscher am Xerox Palo Alto Research Center, diese Entwicklung vorausgesehen und in seinem einflussreichen Aufsatz „The computer for the 21st century“ [63] beschrieben. Weiser prägte damals den Begriff des „Ubiquitous Computing“, des allgegenwärtigen Computers, der dem Menschen im Alltag und Beruf

Diese Arbeit wurde von der Gottlieb Daimler- und Karl Benz-Stiftung unterstützt.

unsichtbar und unaufdringlich im Hintergrund dient mit der Zielsetzung, ihn bei seinen Arbeiten und Tätigkeiten zu unterstützen bzw. ihn von lästigen Routineaufgaben weitestgehend zu befreien.

Während seine Ideen damals noch eher utopisch klangen, scheint heute der Einsatz kleinster computerisierter Geräte endlich auch im alltäglichen Bereich in größerem Maßstab realistisch. Im Zuge der rasanten Fortschritte bei der Miniaturisierung von Computerbausteinen und einem stetigen Preisverfall aufgrund neuer Produktionsverfahren und technischer Weiterentwicklungen rückt unter der Bezeichnung „Pervasive Computing“ plötzlich eine Vielzahl neuer Einsatzmöglichkeiten in den Bereich des Machbaren. Neueste technologische Entwicklungen in der drahtlosen Mobilkommunikation und Sensortechnik, sowie Positionierungssysteme und drahtlose Identifikationssysteme in Millimetergröße [23] erlauben Forschern in Entwicklungslaboren bereits die Verwirklichung von Weisers Utopien im Rahmen zahlreicher Prototypen [50].

Auch das kommerzielle Interesse an diesen Technologien verstärkt sich. Nachdem sich die an Mobile Commerce geknüpften Erwartungen zunächst nicht erfüllen konnten, sucht die Industrie neue Möglichkeiten, die jüngsten hohen Investitionen im Telekommunikationssektor gewinnbringend zu vermarkten. „Smarte“ Geräte, die dem Benutzer „überall und jederzeit“ Zugang zu relevanten Informationen ermöglichen, könnten hier den lang ersehnten Konsumschub bringen.

Selbst jenseits von Lifestyle und Büroautomatisierung verspricht die Vision einer durch und durch vernetzten Zukunft voll smarterer Alltagsgegenstände eine Reihe von faszinierenden 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. Mit in Kleidung eingenähten Ortssensoren und Kommunikationsmodulen kann selbst im größten Gedränge kein Kind mehr abhanden kommen. Auch im Umweltschutz könnten solche kommunizierenden Kleinstcomputer wertvolle Arbeit leisten, z.B. als planktongroße Sensoren im Meer, die Fischschwärme verfolgen oder tektonische Bewegungen registrieren. Faszinierend ist auch die Möglichkeit, beliebige Informationen virtuell mit Alltagsgegenständen zu verknüpfen, ihnen quasi anzuheften, wie z.B. eine Gebrauchsanleitung, die der Backofen in Sekunden-schnelle aus dem Internet nachlädt und auf dem Drucker zuhause ausgibt.

Auch wenn das alles auf den ersten Blick nach einem Spartenprogramm für Science-Fiction-Begeisterte klingt – Ubiquitous Computing wird langfristig wahrscheinlich weitaus umfassendere Konsequenzen für unseren Alltag und unsere ethischen Werte nach sich ziehen, als es das Internet mit all seinen Diskussionen um Spam-E-mails, Cybercrime und Kinderpornographie jemals haben wird. Mit seiner Ausrichtung auf das Öffentliche wie auch das Private, auf das Persönliche und das Geschäftliche gleichermaßen, dürfte uns das Ubiquitous Computing über unser ganzes Leben hinweg, tagein tagaus, begleiten. Und wenn Mark Weisers Vision vom „Invisible Computing“ richtig umgesetzt wird, dann sollten wir von all der zugrunde liegenden Technik gar nichts bemerken.

Nicht nur Verfechter einer konsequenten Technikfolgeabschätzung ahnen, dass mit technischen Entwicklungen, die weitgehend unbeachtet von der breiten Öffentlichkeit vorangetrieben werden und sich dann fast schlagartig in unserem Alltag ausbreiten, bereits früh Standards für unser aller Leben gesetzt werden können, deren Folgen kaum abzusehen sind. Im Folgenden soll deshalb das interdisziplinäre Grenzgebiet um Ubiquitous Computing herum beleuchtet werden – vor allem in den Bereichen der Soziologie und Ökonomie – um besser verstehen zu können, wie

weit Ubiquitous Computing unseren gewohnten Alltag beeinflussen kann, soll und darf. Vielleicht kann so die Entwicklung auf diesem Gebiet in eine Richtung geführt werden, die mehr mit Weisers Vision des 21. Jahrhunderts gemeinsam hat als mit dem düsteren Mix aus Konsumterror und Polizeistaat, den Regisseur Steven Spielberg in seinem neusten Film „Minority Report“ (basierend auf einer Kurzgeschichte von Phillip K. Dick [10]) nach intensiven Recherchen mit namhaften Zukunftsforschern entworfen hat.

2 Technologietrends

Die treibende Kraft hinter dem stetigen technischen Fortschritt im Bereich des Ubiquitous Computing ist der langfristige Trend der Mikroelektronik¹: Mit erstaunlicher Präzision und Konstanz gilt das bereits Ende der 1960er-Jahre von Gordon Moore aufgestellte und nach ihm benannte „Gesetz“ [38], welches besagt, dass sich die Leistungsfähigkeit von Prozessoren etwa alle 18 Monate verdoppelt. Eine ähnlich hohe Effizienzsteigerung ist auch für einige andere Technologieparameter wie Speicherkapazität oder Kommunikationsbandbreite zu beobachten; umgekehrt ausgedrückt fällt mit der Zeit bei gleicher Leistungsfähigkeit der Preis für mikroelektronisch realisierte Funktionalität radikal. Dieser noch mindestens 15 Jahre anhaltende Trend führt dazu, dass Prozessoren und Speicherkomponenten in Zukunft noch wesentlich leistungsfähiger, kleiner und billiger werden und damit quasi im Überfluss vorhanden sein werden.

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 („leuchtendes Plastik“) zu nennen, die Displays aus hochflexiblen, dünnen und biegsamen Plastikfolien ermöglichen. Es wird aber auch an „elektronischer Tinte“ und „smart paper“ gearbeitet, welche Papier und Stift zum vollwertigen, interaktiven und hoch mobilen Ein- und Ausgabemedium mit einer uns wohlvertrauten Nutzungsschnittstelle erheben. Die Bedeutung für die Praxis, wenn Papier quasi zum Computer wird oder umgekehrt der Computer sich als Papier materialisiert, kann kaum hoch genug eingeschätzt werden.

Immer wichtiger werden auch Ergebnisse der Mikrosystemtechnik und Nanotechnik. Sie führen beispielsweise zu kleinsten Sensoren, welche unterschiedlichste Parameter der Umwelt aufnehmen können. Neuere Sensoren können nicht nur auf Licht, Beschleunigung, Temperatur etc. reagieren, sondern auch Gase und Flüssigkeiten analysieren oder generell den sensorischen Input vorverarbeiten und so gewisse Muster (z.B. Fingerabdruck oder Gesichtsformen) erkennen. Eine interessante Entwicklung in dieser Hinsicht stellen Funksensoren dar, die ohne explizite Energieversorgung ihre Messwerte einige Meter weit melden können – die nötige Energie bezieht ein solcher Sensor aus seiner Umgebung oder einfach direkt aus dem Messvorgang selbst.

Ohne eigene Energieversorgung funktionieren auch die elektronischen Etiketten (so genannte „smart labels“ oder RFID-Tags). Diese sind je nach Bauform weniger als ein Quadratmillimeter groß und dünner als ein Blatt Papier. In der Form von flexiblen Selbstklebeetiketten kosten

¹Dieser Abschnitt basiert auf [35].

sie mit fallender Tendenz derzeit zwischen 0,1 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 ca. zwei Metern einige hundert Zeichen gelesen und geschrieben werden [16].

Interessant an solchen fernabfragbaren elektronischen Markern ist, dass sich dadurch Objekte eindeutig identifizieren und erkennen lassen und so in Echtzeit mit einem im Internet oder einer entfernten Datenbank residierenden zugehörigen Datensatz verknüpft werden können, wodurch letztendlich beliebigen Dingen spezifische Informationen zugeordnet werden können. Lassen sich Alltagsgegenstände aus der Ferne eindeutig identifizieren und mit Information behaften, eröffnet dies aber weit über den ursprünglichen Zweck der automatisierten Lagerhaltung oder des kassenlosen Supermarktes hinausgehende Anwendungsmöglichkeiten.

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. Derartige Kommunikationsmodule haben derzeit etwa das Volumen einer halben Streichholzschachtel. Durch weitere Integration wird demnächst eine noch deutlich geringere Baugröße erzielt werden: der Preis 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.

Fasst man die genannten Technikrends und Entwicklungen zusammen – kleinste und preiswerte Prozessoren mit integrierten Sensoren und drahtloser Kommunikationsfähigkeit, Anheften von Information an Alltagsgegenstände, Fernidentifikation von Dingen, präzise Lokalisierung von Gegenständen, flexible Displays auf Polymerbasis, elektronisches Papier – so wird deutlich, dass damit die technischen Grundlagen für eine skurril anmutende Welt gelegt sind: Alltagsdinge, die sich in gewisser Weise „smart“ verhalten, und mit denen wir unter Umständen sogar kommunizieren können.

Zur Realisierung einer solchen Kommunikation mit Dingen stelle man sich vor, dass Alltagsgegenstände wie Möbelstücke, verpackte Lebensmittel, Arzneimittel, Kleidungsstücke oder Spielzeug mit einem elektronischen Etikett versehen sind, das als digitale Information eine jeweils spezifische Internetadresse enthält. Kann man diese Internetadresse dann mit einem handlichen Gerät auslesen, indem man damit auf den Gegenstand zeigt, so kann dieses von sich aus, ohne weitere Zuhilfenahme des „anvisierten“ Gegenstandes, die entsprechende Information über das Mobilnetz aus dem Internet besorgen und anzeigen.

Für den Nutzer entsteht so der Eindruck, als habe ihm der Gegenstand selbst eine Information „zugefunkt“, obwohl diese tatsächlich vom Zeigegerät in indirekter Weise aus dem Internet besorgt wurde. Bei der Information kann es sich beispielsweise um eine Gebrauchsanweisung handeln, oder um ein Kochrezept für ein Fertiggericht, oder auch 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 – aber vielleicht ja auch

davon, ob er seine Steuern brav bezahlt hat. . .

Bei dem Zeigegerät mag es sich in Zukunft auch um ein Stück elektronisches Papier oder um eine spezielle Brille in Kombination mit einem drahtlosen Zeigestab handeln. Weiterhin sind natürlich nicht nur menschliche Nutzer an Zusatzinformation zu Gegenständen interessiert, sondern ebenso andere „schlaue“ Dinge. 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.

Mit der absehbaren Technikentwicklung wird somit Alltagsgegenständen eine neue, zusätzliche Qualität verliehen – diese könnten nicht nur mit Menschen und anderen „smarten“ Gegenständen kommunizieren, sondern zum Beispiel auch erfahren, wo sie sich befinden, welche anderen Gegenstände in der Nähe sind und was in der Vergangenheit mit ihnen geschah. Dinge und Geräte können sich damit situationsangepasst verhalten und wirken auf diese Art „schlau“, ohne tatsächlich „intelligent“ zu sein.

3 Schutz der Privatsphäre

Die faszinierenden Möglichkeiten, die der oben beschriebene technische Innovationsschub in den letzten Jahren hat deutlich werden lassen, erlauben inzwischen immer realistischere Szenarien und Feldversuche auch außerhalb der Forschungslabore, z.B. in Krankenhäusern, Familienwohnungen, Schulen und Kindergärten. Gleichzeitig beginnen sich die wissenschaftlichen Fragen aber auch langsam zu verlagern – weg von rein technischen Problemen und hin zu Fragen mit überwiegend sozialem oder sogar ethischem Hintergrund: Wie werden wir „smarte Dinge“ in unserem täglichen Leben verwenden? Wann sollte man diese an- bzw. abschalten? Was dürfen smarte Dinge hören, sehen und spüren? Und wem dürfen sie davon erzählen?

Eine der vordringlichsten Fragen ist dabei der Datenschutz. Dies hängt sicherlich mit den bereits heute sehr realen Problemen durch den zunehmenden Einsatz kommerzieller Datenbanken zusammen, welche einen Großteil unseres Lebens in Form digitaler Transaktionen speichern. Nicht zuletzt deshalb ist Datenschutz im Internet ein aktuelles und prominentes Thema in der Literatur [6, 14, 18], auch wenn nur wenig Autoren bisher speziell die Folgen des Ubiquitous Computing diskutieren [5, 27]. Letzteres hat schon allein aufgrund seiner Definition und Zielsetzung ein enormes Potential, diese Speicherung personenbezogener Daten durch ein immer feinmaschigeres Überwachungsnetz in Beruf und Freizeit stark auszudehnen, wie auch die Autoren einer Studie zur Modernisierung des bundesdeutschen Datenschutzrechtes feststellen: „Datenverarbeitungskapazität wird in Alltagsgegenstände eingebaut sein [...] Niemand wird mehr im Voraus wissen können, welche Daten von diesen Gegenständen erhoben und zwischen ihnen kommuniziert werden. Auf diese Entwicklung allgegenwärtiger Datenverarbeitung ist das Datenschutzrecht noch überhaupt nicht vorbereitet“ [46].

Im Folgenden wollen wir versuchen, einen differenzierten Blick auf die Konsequenzen von Ubiquitous Computing für unsere persönlichen Daten zu werfen: *Warum* ist der Schutz persönlicher Daten sinnvoll; *wann* genau fühlt man sich als Einzelner in seiner Privatsphäre verletzt; und *wie* wird Ubiquitous Computing diese Faktoren beeinflussen?

3.1 Privacy und Ubiquitous Computing

Der englische Ausdruck *Privacy* vermag in vielen Fällen weitaus passender als das deutsche Wort *Datenschutz* die relevanten Probleme im Zusammenhang mit Privatheit und Privatsphäre zu beschreiben. Die wohl bekannteste Definition von *Privacy* kommt von Samuel D. Warren und Louis D. Brandeis, einem späteren Richter am Supreme Court, dem obersten Bundesgericht der USA, die dies bereits 1890 als „The right to be left alone“ [62] bezeichneten. Eine andere bekannte Definition stammt von Alan Westin, der bereits in den 1960er-Jahren das Zeitalter des modernen Datenschutzes einläutete und *Privacy* als „The claim of individuals [...] to determine for themselves when, how, and to what extent information about them is communicated to others“ [67] beschrieb. Beate Rössler, Professorin für Philosophie in Amsterdam, fügt diesen beiden Formen von *Privacy*, der lokalen und informationalen, noch eine dritte hinzu, die der dezisionalen Privatheit oder Entscheidungsprivatheit: „Geht es um meine privaten Entscheidungen und Handlungen (mit wem will ich zusammenleben; welchen Beruf will ich ergreifen; aber auch: welche Kleidung trage ich), dann geht es um meine dezisionale Privatheit“ [48].

Solche Definitionen illustrieren eindrücklich, dass die persönliche *Privacy* in Abhängigkeit vom Kontext durchaus sehr verschiedene Ziele haben kann. Darüber hinaus bestehen aber auch gesellschaftliche Grenzen für das Maß an Privatheit, unter anderem in Abhängigkeit vom Ort (z.B. ob wir uns zuhause oder in einem öffentlichen Park befinden), von existierendem Recht (z.B. Anti-Vermummungsverbote in verschiedenen Ländern, welche die Maskierung in der Öffentlichkeit unter bestimmten Bedingungen verbieten), oder aufgrund von etablierten Sitten und Gebräuchen (z.B. bezüglich des Anstarens von Personen in der Öffentlichkeit) [34]. In Abhängigkeit jeder dieser unterschiedlichen Dimensionen kann man sowohl ein sinnvolles Maß an Schutz vor den Augen und Ohren Anderer erwarten, als auch gezwungen sein, bestimmte persönliche Informationen aufgrund von Gesetzen oder Gebräuchen preiszugeben.

Ein viel versprechender Ansatz zur Beurteilung der Folgen neuer Technologie in einem so facettenreichen Gebiet wie *Privacy* besteht darin, die *Beweggründe* für den Schutz von persönlichen Daten zu untersuchen. Es ist dabei durchaus umstritten, ob und in welchem Maße die Gesellschaft persönlichen Datenschutz unterstützen sollte. Scott McNealy, Präsident und Generaldirektor von Sun Microsystems, und sein berühmt-berühmter Ausspruch „You have no privacy anyway, get over it“ [54], sowie die Aussage von Peter Cochrane, seinerzeit Direktor der Forschungslabors von British Telecom, „All this secrecy is making life harder, more expensive, dangerous and less serendipitous“ [7], deuten auf eine zunehmende Verstimmung derjenigen hin, die der ständigen Warnungen der Datenschutz-Advokaten überdrüssig geworden sind.

Nichtsdestotrotz ist der persönliche Datenschutz oftmals als Grundlage moderner Demokratien identifiziert worden [47]: Nur wenn es den Menschen erlaubt ist, gemäß ihrer Interessen und Überzeugungen und ohne Angst vor Repressionen durch den Staat (oder andere Mitmenschen) frei über ihr Leben zu bestimmen, kann sich die nötige Pluralität von Ideen und Einstellungen entwickeln, die eine Gleichschaltung der Gesellschaft unter einem charismatischen Führer verhindert. Ausgehend von Lawrence Lessig [29], Professor für Rechtswissenschaften an der Harvard Universität, können wir einen Schritt weiter gehen und zwischen einer ganzen Reihe von Beweggründen für den Schutz von *Privacy* in heutigen Gesetzen und Normen unterscheiden:

- **Privacy als Ermächtigung:** Betrachtet man als Ziel des persönlichen Datenschutzes primär die informationelle Selbstbestimmung (informational privacy), so motiviert sich Pri-

vacy als ein Kontrollinstrument zur Steuerung der Bekanntgabe und Verbreitung von persönlichen Daten. In diesem Zusammenhang findet auch die Diskussion um persönliche Information als Privatbesitz statt: Geht man nämlich von einem Besitzrecht aus, so würde dies die Veräußerung jedweder Rechte an seinen eigenen persönlichen Daten erlauben. Sieht man das Ganze hingegen als geistiges Eigentum, so ergeben sich bestimmte unveräußerliche Rechte, wie z.B. das Recht am eigenen Namen.

- **Privacy als Nützlichkeit:** Vom Standpunkt des Betroffenen aus gesehen kann Privacy auch als ein Schutz vor Ärgernissen, wie z.B. Telefonmarketing oder Spam-E-mails, gesehen werden. Darunter fallen auch indirekte Störungen, wie z.B. das Wissen um eine Video-Überwachung oder das Anstarren in der Öffentlichkeit, was typischerweise ein Gefühl der Unbehaglichkeit erzeugt. Diese Motivation trifft wohl noch am ehesten auf Warren und Brandeis' „The right to be left alone“-Definition von Privacy zu, bei der der Fokus auf der Minimierung von direkten und indirekten Störungen für das Individuum liegt.
- **Privacy als Würde:** Würde kann als „Haltung, die durch das Bewusstsein vom eigenen Wert oder von einer geachteten Stellung bestimmt wird“ bezeichnet werden [37]. Dies bedingt nicht nur, frei von unbegründeten Verdächtigungen zu sein, sondern zielt ebenso auf das *Informationsgleichgewicht* zwischen zwei Personen ab: Analog zu der Situation, ein Gespräch mit einer vollständig bekleideten Person zu führen, während man selbst nackt ist, so kann in einer Beziehung mit einem (in qualitativer Hinsicht) merklichen Informationsungleichgewicht derjenige mit weniger Wissen über den anderen nur schwerlich seine Haltung bewahren.
- **Privacy als Regulativ:** Sowohl Gesetze als auch soziale Normen und Moralvorstellungen im Bereich von Privacy können als eine Möglichkeit zur Beschränkung der Macht einer entscheidungsbefugten Elite motiviert werden. Indem die Informationsbeschaffung auf einem bestimmten Gebiet erschwert wird, können Verbrechen und amoralisches Verhalten, die sich auf diese Art von Information beziehen, nicht mehr effektiv kontrolliert werden. Stunz [56] beschreibt dies so: „Genauso wie ein Gesetz, welches die Benutzung von Verhütungsmitteln unter Strafe stellte, Schlafzimmer-Durchsuchungen fördern würde, so würde ein generelles Verbot von Schlafzimmer-Durchsuchungen Gesetze, die den Einsatz von Verhütungsmitteln verbieten, erschweren.“

Je nachdem, welche der obigen Motivationen man als Rechtfertigung für den Schutz der individuellen Privacy zugrunde legt, kann Ubiquitous Computing die Reichweite und Auswirkungen heutiger Datenschutzmechanismen grundlegend verändern und dadurch in Zukunft substantiell andere soziale Landschaften schaffen. Zum einen gilt es daher, im Lichte der neuen technischen Möglichkeiten existierende Gesetze, Normen und Gewohnheiten zu interpretieren, um festzustellen, in welcher Hinsicht Korrekturbedarf besteht, auf der anderen Seite lässt sich aber auch ein direkter Handlungsimperativ für Entwickler von Ubiquitous-Computing-Lösungen ableiten: Nach Lessig [29] gilt „Code is Law“, also eine unmittelbare Einflussnahme von Computersoftware und -architekturen auf die Entwicklung sozialer und gesetzlicher Normen. Je nachdem, welche neuen Möglichkeiten Ubiquitous-Computing-Systeme im gesellschaftlichen

Neuland einer computerisierten Alltagswelt schaffen werden, kann die oben geforderte Anpassung gesellschaftlicher Regeln substantiell erschwert werden.

Der Grund für solch nachhaltige Auswirkung von Ubiquitous Computing auf Privacy liegt im Einfluss dieser Technologien auf zwei der grundlegendsten Entwurfsparameter des modernen Datenschutzes: den Möglichkeiten zur *Überwachung* von Personen sowie deren Handlungen und den Möglichkeiten zur Informationsgewinnung durch qualifizierte *Suche* in großen, vernetzten Datenbeständen [29].

3.2 Grenzenloses Überwachen?

Das bewusste Beobachten der Handlungen und Gewohnheiten von Mitmenschen ist wohl so alt wie die Menschheit selbst. In der „guten alten Zeit“ wurde diese Art der Beobachtung von unseren engsten Nachbarn durchgeführt, was oftmals Menschen aus den Dörfern fort in die Städte trieb, in denen die große Zahl von Bewohnern und ihre hohe Mobilität dieser Form der sozialen Überwachung faktisch ein Ende setzte. Doch mit dem Einsetzen der automatisierten Datenverarbeitung begannen Maschinen die Rolle der neugierigen Nachbarn zu übernehmen, allerdings mit einem wichtigen Unterschied: Nicht mehr nur die *Abweichungen* vom Alltäglichen wurden erfasst, sondern vielmehr das Alltägliche selbst wurde Gegenstand der Beobachtung.

Ubiquitous Computing erlaubt es, diese Art der Alltagsüberwachung weit über die heute mögliche Informationsgewinnung aus Kreditkartentransaktionen, Telefonverbindungen und Online-Nachrichten hinaus auszudehnen. Nicht nur die *räumliche* Ausdehnung solcher Beobachtungsaktivitäten wird hierbei durch Ubiquitous Computing vergrößert, sondern auch ihre *zeitliche* Abdeckung nimmt ungeahnte Ausmaße an: Angefangen von vorgeburtlichen Diagnosen, die auf der Krankenkassen-Chipkarte des Babys gespeichert werden, über Aktivitätsmuster aus Kindergärten und Schulen, bis hin zur Arbeitsplatzüberwachung und Gesundheitskontrollen in Altersheimen.

Nach Gary T. Marx, Professor für Soziologie am MIT, schaffen solche umfassenden Beobachtungstechnologien neue Möglichkeiten für *Grenzüberschreitungen*: „Central to our acceptance or sense of outrage with respect to surveillance [...] are the implications for crossing personal borders“ [34]. Marx unterscheidet dabei vier verschiedene solcher Grenzüberschreitungen, welche die Grundlage für die Verletzung unserer Privatsphäre darstellen:

- **Natürliche Grenzen:** Physische Grenzen der Beobachtbarkeit, wie z.B. Wände und Türen, Kleidung, Dunkelheit, aber auch zugelebte Briefe oder Telefongespräche. Nach Marx stellt selbst ein unbewegter Gesichtsausdruck eine „natürliche“ Grenze zu den wahren Gefühlen einer Person dar.
- **Soziale Grenzen:** Erwartungen bezüglich der Vertraulichkeit bestimmter sozialer Gruppen, wie beispielsweise Familienmitgliedern, Ärzten oder Anwälten. Dies schließt ebenfalls die Erwartungen ein, dass Kollegen keine nicht an sie adressierten Fax-Nachrichten lesen oder in am Kopierer liegendem gelassenem Material stöbern.
- **Räumliche oder zeitliche Grenzen:** Die Erwartung von Menschen, dass Teile ihres Lebens voneinander getrennt existieren können, sowohl zeitlich wie räumlich. So sollte z.B.

eine wilde Adoleszenzphase nicht in nachhaltiger Weise das Leben eines späteren Familienvaters beeinflussen, oder ein Abend mit Freunden in einer Bar das Zusammenleben mit Arbeitskollegen.

- **Grenzen flüchtiger Situationen:** Von einem im Affekt gesagten Satz oder einer unreflektierte Handlung hoffen wir, dass beides möglichst schnell vergessen wird. Entsprechendes gilt auch für alte Bilder oder Fotos, die wir in den Müll geben. Sieht man später Videoaufnahmen solcher Momente, oder beobachtet man jemanden, wie er unseren Abfall durchsucht, werden unsere Erwartungen bezüglich des Vergessens oder Nichtbeachtens dieser Momente verletzt.

Der flächendeckende Einsatz von Ubiquitous Computing wird mit großer Wahrscheinlichkeit die Möglichkeiten für solche, die Privatsphäre verletzende Grenzüberschreitungen in unserem täglichen Leben vergrößern. So z.B. die in Kreisen des *Wearable Computing* populäre Vision des *Memory Amplifiers* [36, 44], welcher als unsichtbare Kamera und Mikrofon an der Kleidung angebracht dem Träger erlaubt, sein gesamtes Leben in einem Multimedia-Tagebuch abzuspeichern. Obwohl auf den ersten Blick solch eine Technologie für all jene eine große Hilfe darstellt, die kleine Details oftmals zu schnell vergessen, so hat diese Entwicklung vor allem auch weitreichende Konsequenzen für unsere persönlichen Privacy-Grenzen aufgrund *flüchtiger Situationen*: Jegliche in einem privaten Gespräch gemachte Äußerung kann zu einem beliebigen Zeitpunkt als eine hoch qualitative Videoaufzeichnung wiedergegeben werden, sollte einer der Konversationspartner sein Multimedia-Tagebuch anderen zugänglich machen. Selbst wenn unbeteiligte Personen niemals an diese Informationen gelangen würden, so sollte schon allein der Gedanke an eine Zukunft voller Menschen mit „perfektem“ Gedächtnis, die niemals etwas vergessen, einen nennenswerten Effekt auf unsere zwischenmenschlichen Beziehungen haben.

Das Problem der *räumlichen und zeitlichen Grenzen* ist bereits aus dem Bereich der Konsumentenprofile gut bekannt. Ubiquitous-Computing-Technologien erlauben nun aber die automatische Erstellung von viel genaueren und umfangreicheren Kundenprofilen als bisher. Obwohl solche Profile oft im Fokus öffentlicher Diskussion stehen, waren die sozialen und auch rechtlichen Einstellungen ihnen gegenüber bisher relativ entspannt. So genießen beispielsweise Kundenkarten, welche die detaillierte Erstellung von Profilen möglich machen, trotz der oft negativen Berichterstattung in der Presse eine überraschend hohe Akzeptanz. Ihre negativen Folgen werden dabei als eher gering eingeschätzt (z.B. der Erhalt von Werbepost), während ihr Nutzen in Form von Rabatten oder Prämien einen direkteren, monetären Vorteil für den Konsumenten verspricht. Trotzdem bergen Profile eine Reihe von bekannten Problemen. Neben dem offensichtlichen Risiko versehentlicher Informationslecks [42] bedrohen umfangreiche Profile auch das Prinzip der Gleichheit, ein zentrales Konzept vieler staatlicher Verfassungen, Grundgesetze und Menschenrechte.

Die unscheinbaren Vielfliegermeilen sind hierfür ein gutes Beispiel: Während solche Programme Fluggesellschaften dabei helfen, Kunden mit Freiflügen und anderen Prämien stärker an sich zu binden, assoziieren sie je nach Meilenzahl verschiedene Wertschätzungen mit jedem Kunden (z.B. „Senator-Klasse“). Daraus können Verkaufsstellen dann auf den zu erwartenden „Nettowert“ schließen, um in Abhängigkeit davon besondere Angebote zu offerieren (sollte es sich um einen „wertvollen“ Kunden handeln) bzw. einige Optionen zu verbergen (da diese für privilegiere Kunden reserviert bleiben) [29]. Auch wenn also in Zukunft durch den

Einsatz von Ubiquitous-Computing-Technologien eine punktgenaue Lieferung von relevanten Informationen (zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort) basierend auf extensiven Interessen- und Gewohnheitsprofilen der Nutzer möglich wird, so impliziert dies gleichzeitig einen gewissen Anteil an Informationen, welche gezielt vor Nutzern *verborgen* werden, da der potentielle Empfänger keinen Wert für den Absender der Information darstellt.

Bei der Verwendung von Ubiquitous-Computing-Technologien in Bereichen mit vordringlich *sozialen Grenzen* – wo also eine enge soziale Gruppe hauptsächlich untereinander agiert, wie beispielsweise in Familien [40, 66] oder unter Bürokollegen – sollten auf den ersten Blick viele der obigen Probleme nicht auftreten. Die meisten Nutzer eines solchen Systems haben bereits enge Beziehungen zueinander und wissen relativ viel übereinander, auch ohne dass das System ein detailliertes Profil über den jeweiligen Gesprächspartner anlegen muss. Auf der anderen Seite intensivieren Ubiquitous-Computing-Systeme in solchen Bereichen aber auch die Datenerfassung, besonders im Hinblick auf die *Art* der Daten, mit denen sie arbeiten. Während beispielsweise ein Kommunikations-Whiteboard für Familien die soziale Interaktion zwischen räumlich und zeitlich getrennten Familienmitgliedern fördert, erhöht es aber auch gleichzeitig die Gefahr für soziale Grenzüberschreitungen, da es unbeabsichtigterweise Nachrichten zwischen Kindern für die Eltern lesbar macht, oder den Großeltern einen Besuch von Freunden am Wochenende anzeigt, obwohl man ihnen am Telefon gesagt hatte, man wäre die ganze Zeit allein gewesen.

Natürliche Grenzen sollten beim Entwurf von Ubiquitous-Computing-Systemen wohl am einfachsten zu respektieren sein. Das generelle Konzept einer Audio- bzw. Videoüberwachung ist allseits bekannt und auch leicht beim Systementwurf zu identifizieren: Sobald Andere Ereignisse verfolgen können, die sich hinter geschlossenen Türen abspielen, liegt klar eine Überschreitung natürlicher Grenzen vor. Befürworter des *Wearable Computing* weisen deshalb oft darauf hin, dass beim Einsatz solcher System das Sammeln und Speichern von Daten auf dem benutzereigenen und am Körper getragenen Computer erfolgt (z.B. im Gürtel oder Hemd des Benutzers), welches die Gefahr der Überschreitung natürlicher Grenzen minimiert [45].

Andererseits würde ein „intelligenter“ Assistent, der uns quasi konstant über die Schulter schaut und versucht, unser Leben vorherzusagen, sicherlich für viele eine klare Überschreitung einer *natürlichen Grenze* konstituieren. Und die Versuchung polizeilicher Ermittler, durch Beschlagnahme solche Daten viel über den Kontext eines vermuteten Verbrechens zu erfahren, kann schnell zu einer Gesetzgebung führen, welche die Löschung solcher persönlicher Datensammlungen unter Strafe stellt (ähnlich wie dies bereits jüngste europäische Gesetzesvorschläge gegen Cybercrime [8] für Computer-Logfiles tun).

3.3 Die Macht von Suchverfahren

Die vorgenannten Beispiele zeigen, dass Ubiquitous-Computing-Systeme – selbst bei einem unbestreitbar altruistischen Einsatz zum Wohle der Gesellschaft – die Gefahr bergen, unsere persönlichen Privacy-Grenzen, die unser Privatleben von unserer öffentlichen Person trennen, zu bedrohen. Dies schon allein deshalb, da die eingesetzten Technologien solche Grenzübergänge (wie oben beschrieben) verstärkt möglich machen. Ob es schlussendlich jedoch wirklich zu solchen Grenzüberschreitungen kommt, wird sehr stark davon abhängen, welche Möglichkeiten zur *Informationssuche* die eingesetzten Ubiquitous-Computing-Systeme anbieten.

Das Gebiet der Suchtechnologien ist traditionell eher außerhalb des Ubiquitous Computing angesiedelt. Doch mit dem zunehmende Einsatz von Ubiquitous-Computing-Systemen wird auch hier die Informationssuche ein relevantes Thema werden, da die meisten der heute konzipierten Systeme auf den Gebieten des Kontextbewusstseins und der Gedächtnisunterstützung (memory augmentation) gerade solche Funktionalität benötigen werden. Ein automatisches Tagebuch mit ununterbrochenen Video- und Audioaufzeichnungen wird nur mit einer mächtigen Suchfunktionalität sinnvoll sein, welche Nutzern die Möglichkeit bietet, in solch immensen Datenmengen sehr spezifische Informationen schnell aufzufinden. Weiterhin ist die Fähigkeit zur Zusammenführung verschiedenster Datenquellen ein Grundelement jedes „smarten“ Systems, welches eine Vielzahl von Informationsströmen (z.B. datenintensive Sensorinformation) so geschickt kombinieren muss, dass es so aussieht, als ob es seine Situation *begreifen* würde.

Durch den Umstand, dass Überwachungs- und Suchtechnologien den Kern vieler Ubiquitous-Computing-Systeme ausmachen, werden Entwickler, Betreiber und Regulierungsbehörden solcher Anlagen einen starken Einfluss auf die zukünftige Konzeption von Privacy in unserer Gesellschaft haben. Abhängig von den Systemen, die schlussendlich den Weg in die Gesellschaft finden werden, können einige der Aspekte bezüglich der Motivation von Privacy mehr oder weniger stark akzentuiert werden, was nicht zuletzt direkten Einfluss auf die – den technischen Entwicklungen immer etwas nachhinkenden – sozialen und rechtlichen Normen haben wird.

Angenommen, polizeiliche Behörden verfügten über einen kostengünstigen Weg, eine große Anzahl Privatwohnungen ohne Aufwand in kürzester Zeit „virtuell“ durchsuchen zu können. Dies könnte in einer Zukunft beispielsweise über eine Standardschnittstelle in „smarten“ Haushaltsgeräten geschehen, welche die Hersteller laut gesetzlicher Verpflichtung in all ihre Produkte einbauen müssten, um so der Polizei die Möglichkeit zu geben, bestimmte „verdächtige“ Verhaltensmuster zu registrieren. Diese Muster würden dann bei Übereinstimmung von der Vielzahl der in solche Geräte eingebauten Bewegungs-, Audio- und Videosensoren umgehend bei der Polizei gemeldet. Die Möglichkeit, eine weitreichende Durchsuchung mittels solch eines Mechanismus ohne viel Aufwand durchführen zu können, würde wahrscheinlich die Hemmschwelle bei Gesetzgebern, Gerichten und Polizei stark herabsetzen, heutige relativ umständliche Datenschutzgesetze im Zuge einer verbesserten Verbrechensbekämpfung aufzugeben. Sieht man den momentanen Schutz individueller Privacy nicht als ein bewusstes Regulativ staatlicher Macht an, sondern im Wesentlichen als ein Nebenprodukt mangelhafter Überwachungstechniken, die eine schärfere Formulierung der Gesetze zum Zeitpunkt ihrer Konzeption als nicht praktikabel erscheinen ließen, so könnten angesichts einer weit fortgeschrittenen Technologie bestehende Gesetze in diesem Bereich leicht der Inneren Sicherheit geopfert werden. Würde der Schutz von Privacy statt als Regulativ einfach als *Nützlichkeit* mit einer Prise *Würde* motiviert, so wären solcherlei Hausdurchsuchungen ja nicht notwendigerweise schlechter als die heutige Gesetzeslage: Weder würden sie von den Subjekten solch einer Überwachung als eine offensichtliche Störung empfunden (da sie ja unbemerkt stattfinden), noch hätten sie einen negativen Einfluss auf die Würde der Beobachteten, da die smarten Haushaltsgeräte lediglich verdächtige Verhaltensmuster meldeten [29].

Die Folgen für den Entwurf zukünftiger Ubiquitous-Computing-Systeme sind in Anbetracht der bisherigen Diskussion vielfältig. Sie könnten z.B. die Richtlinie einschließen, sinnverstärkende Technologien (d.h. Kameras, Mikrofone und Sensoren) nur sparsam und nur innerhalb begrenzter, klar definierter Umgebungen einzusetzen (z.B. in der Notfallaufnahme oder in Flug-

zeughangars). Kommunikationskonzepte könnten anhand der bestehenden sozialen Grenzen aller betroffenen Parteien evaluiert werden, um ungewollte Informationslecks zu minimieren. Technologie, welche die Suche über zeitliche und räumliche Grenzen hinweg erlaubt, sollte bei jedem Einsatz hinterfragt werden und das Konzept der Flüchtigkeit (also das bewusste Vergessen bereits bekannter Information) müsste gezielt zu einem festen Bestandteil von Ubiquitous-Computing-Architekturen gemacht werden.

4 Ubiquitous Computing und die Wirtschaft

Zwar hat sich der anfängliche „Hype“ um den E-Commerce mittlerweile gelegt. Dennoch haben Informationstechnologien und das Internet die Art und Weise, in der Unternehmen Geschäfte machen, nachhaltig verändert. Ein Symptom hierfür sind Begriffe wie „real-time economy“ oder „now economy“ [51]: Unternehmen benutzen fortgeschrittene IT-Systeme, um umfassende Echtzeitinformationen zu gewinnen, wo und in welchem Zustand sich ihre Wirtschaftseinheiten befinden. Dadurch werden Informationen über die Bestände des Unternehmens akkurater und die Reaktionszeiten im Falle unvorhergesehener Ereignisse erheblich reduziert.

4.1 Allgegenwärtige, umfassende Information

Ubiquitous-Computing-Techniken, die umfassende Methoden zur Überwachung und Informationsgewinnung über Entitäten der realen Welt anbieten, sind eine natürliche Fortsetzung dieses Just-in-Time-Trends und wandeln „new economies“ in „now economies“ [51] um: Standort und Zustand von Gütern, Betriebsmitteln und Menschen sind nicht nur in Echtzeit, sondern auch mit nie da gewesener Genauigkeit verfügbar. Eine hohe Transparenz kann schon wegen der besseren Verwaltung des Inventars eine lohnenswerte Investition sein: Ohne genau zu wissen, wo, für wie lange und in welchem Zustand sich die Güter im Lager befinden, entstehen Unternehmen bedeutende Kosten – entgangener Gewinn, überdimensionierte Lagerhaltung oder Wertminderung der im Lager stehenden Güter über die Zeit sind die möglichen Folgen des Informationsmangels. Aber auch die betriebswirtschaftlich notwendigen bzw. gesetzlich vorgeschriebenen Inventuren verursachen typischerweise einen beträchtlichen Arbeitsaufwand. Nicht nur, dass Bestandsaufnahmen kostspielig sind, sie sind auch inhärent fehleranfällig. Durch den Einsatz von Ubiquitous-Computing-Technologien wie Indoor-Lokalisierung oder automatischer Identifikation können diese weitgehend automatisiert und dadurch Kosten eingespart werden. Zugleich sind die so gewonnenen Informationen akkurater und „frischer“. So konnte z.B. ein amerikanischer Video-Verleih durch die Inbetriebnahme eines Smart-label-Systems den Zeitaufwand für die monatliche Bestandsaufnahme in seinen Filialen von acht auf zwei Stunden reduzieren. Für die 900 Filialen summiert sich das auf 5400 eingesparte Arbeitsstunden im Monat [15].

Wenn gleich mehrere Unternehmen entlang einer Lieferkette solche Inventardaten, ebenso wie Echtzeit-Informationen über die Auftragslage und -bearbeitung, gemeinsam nutzen, können sie zusätzliche Einsparungen durch eine weitgehende Dämpfung des so genannten „Bullwhip-Effekts“ [28] erzielen. Dieser in der Praxis oft beobachtbare Effekt beschreibt folgendes Phänomen: Obwohl die Endnachfrage eines Produkts über die Zeit weitgehend konstant bleibt, werden geringe Veränderungen dieser Nachfrage entlang der Versorgungskette immer weiter ver-

stärkt und bewirken letztlich entweder eine überhöhte Produktion (und somit Lagerkosten) oder plötzliche Unterbrechungen des Nachschubs (und entsprechend entgangenen Gewinn). Je mehr Informationstransparenz hingegen entlang der Versorgungskette herrscht, desto mehr werden diese negativen Effekte gedämpft [25]. Durch Ubiquitous-Computing-Technologien, die umfassende Informationen ubiquitär zur Verfügung stellen, kann daher eine starke Reduzierung des Bullwhip-Effekts erreicht werden.

Ein weiterer Schritt hin zur „now economy“ stellt die kontinuierliche Überwachung von weiteren Parametern der Güter – wie beispielsweise Umgebungstemperatur oder Beschleunigung – mittels kleinster drahtloser Sensoren dar. Die durch solche „smarten“ Güter entstehenden Geschäftsprozesse liefern Kunden wie Lieferanten hohen Zusatznutzen [17]. Mit Kommunikationsmöglichkeiten ausgestattet, sind smarte Güter nicht nur imstande, sich selbst zu überwachen, sondern auch in der Lage, relevante Parameter der Außenwelt mitzuteilen. Hersteller von Flugzeugturbinen rüsten ihre Produkte beispielsweise bereits mit Sensoren aus, die eine lückenlose Überwachung während des gesamten Flugs durchführen und kleinste Störungen per Funk autonom melden [51]. Werden Funktionsstörungen entdeckt, wird noch während des Flugs eine automatische Bestellung der entsprechenden Ersatzteile an den Zielflughafen gesendet, wo diese dann sofort nach der Landung zur Verfügung stehen.

Chemikalien und Lebensmittel, deren Temperatur über die gesamte Transportstrecke überwacht wird, sind ein weiteres Beispiel für Effizienzsteigerungen durch Ubiquitous-Computing-Technologien. Sind sie wegen zu hoher Temperatur unbrauchbar geworden, lösen sie einen Alarm aus oder passen automatisch ihr Verfallsdatum an. Oder aber sie werden aktiv und versuchen, etwas dagegen zu unternehmen, z.B. die Temperatur des Containers zu steuern: „As sensors improve and always-on connectivity becomes a reality, products will be able to do something about their condition“ [15]. Produkte erringen so gewissermaßen eine Art von Selbstbewusstsein: Sie nehmen ihren Zustand wahr, analysieren diesen, und versuchen, ihre momentane Lage zu verändern, wenn sie damit unzufrieden sind.

4.2 Spontane Preisbildung

Durch die allgegenwärtige Verfügbarkeit von Computerleistung und von Informationen werden nicht nur bestehende Geschäftsmodelle verändert und existierende Prozesse verbessert; ganz neue Geschäftsfelder tun sich auf – und manche davon könnten sich stark auf die Art und Weise auswirken, wie die ökonomische Realität der Zukunft aussehen wird.

So könnten sich zum Beispiel viele Geschäftsmodelle einem perfekten Markt annähern. Ein perfekter Markt wird in der klassischen mikroökonomischen Theorie [26] durch drei Eigenschaften definiert: die Güter sind homogen (d.h. austauschbar); alle Marktteilnehmer – sowohl auf Angebots- als auch auf Nachfrageseite – haben einen vollständigen Marktüberblick (komplette und korrekte Informationen über die momentanen Aktionen aller anderen Teilnehmer); und es gibt keine zeitlichen oder räumlichen Vorteile für einige der Wettbewerber (keiner kann a priori schneller reagieren als die anderen). Heutzutage kann lediglich die Börse als perfekter Markt angesehen werden: die Güter sind untereinander austauschbar (eine Aktie von Daimler-Chrysler ist genauso gut wie jede andere), alle Marktteilnehmer sind an einem Ort und zur selben Zeit versammelt und es herrscht Markttransparenz hinsichtlich der momentanen Angebots- und Nachfrageofferten.

Die Vorteile eines perfekten Marktes sind das Finden eines optimalen Preises für die Mehrheit der Anbieter und Nachfragenden (der Marktpreis) und demnach maximaler Güterumsatz. Solche Märkte sind durch eine hochdynamische Preisstruktur charakterisiert. Ein permanenter Handel findet statt, um den momentanen Marktpreis zu ermitteln; entsprechend diesem Preis planen die Wettbewerber ihre nächsten Schritte, welche wiederum den nächsten Preis bestimmen. Ökonomisch spricht man in diesem Fall von vollständiger Marktträumung. Diese Art kontinuierlicher Verhandlungen erfreut sich immer größerer Beliebtheit, wie das Beispiel von Internet-Auktionshäusern wie eBay zeigt. Es bietet Vorteile für beide Seiten: Käufer erhoffen sich, einen guten Preis zu erzielen, Verkäufer können ihre Lagerbestände reduzieren oder dürfen auf bessere Preise hoffen als in ihrer eigenen geographischen Umgebung.

Online-Auktionshäuser sind ein gutes Beispiel eines traditionellen Geschäftsmodells, das durch den Einsatz neuer Techniken (in dem Falle das Internet) eine tief greifende Metamorphose erfährt. Überhaupt sind wir es inzwischen gewohnt, in mehr und mehr Alltagssituationen nicht länger mit festen Preisen zu rechnen. Hotelzimmer sind teurer während der Messe, Skipässe in der Hochsaison oder am Wochenende, Flugpreise sind sowieso fast unkalkulierbar, das Verkehrsaufkommen bestimmt dynamisch die Mautgebühren der überfüllten Straßen der Singapurur Innenstadt, und selbst die Deutsche Bahn geht weg vom festen Kilometerbetrag hin zu einem nachfrageorientierten Modell. Verhandeln wird sogar Mode – in Mannheim eröffnete auf dem Höhepunkt der Internet-Euphorie eine erfolgreich laufende Bar, in der die Preise der verschiedenen Biersorten von der momentanen Nachfrage diktiert werden.

Ubiquitous-Computing-Technologien könnten nun selbst traditionelle, statische Geschäftsmodelle in neue, hochdynamische Märkte verwandeln. Warum beispielsweise nicht auch das tägliche Einkaufen im Supermarkt um die Ecke? Wenn alle Produkte des Supermarktes ihre Umgebung wahrnehmen können (also „smart“ werden), dann könnten sie – zumindest prinzipiell – untereinander und mit dem Markt selbst Daten austauschen, Entscheidungen treffen, ihre Preise anpassen, ja sogar bestimmte Kunden aktiv anlocken. Nehmen wir das bewusst übertriebene Beispiel einer mit miniaturisierter Sensor-, Rechner- und Kommunikationstechnik ausgestatteten Milchflasche. Diese kann mit anderen Flaschen im Regal und mit dem Supermarkt kommunizieren. Sie ist jederzeit informiert, wie viele Flaschen noch im Regal stehen, wann diese verfallen und wie viele noch im Lager vorrätig sind und kennt auch anderen Parameter, welche die Milchnachfrage beeinflussen wie z.B. Wochentag, Uhrzeit, Jahreszeit, Wetter sowie die Nachfragemuster der letzten Wochen und Monate. Abhängig von all diesen Bedingungen verändern smarte Milchflaschen ihre Preise dynamisch. Naht beispielsweise das Verfallsdatum, senkt eine Flasche ihren Preis, so dass Käufer verleitet werden, diese zu kaufen und nicht eine frischere. Dasselbe passiert beim dritten Regentag in Folge, wenn die Verkäufe sinken. Wenn andererseits der Absatz die Erwartungen übertrifft und das Lager leer ist, werden die übrig gebliebenen Flaschen ihren Preis so lange erhöhen wie es noch Kunden gibt, die bereit sind, die hohen Preise zu bezahlen.

Die Implementierung eines derartigen Systems ist technisch allerdings alles andere als trivial. Zwar könnte man sich für viele Produkte eine dynamische Preisauszeichnung am Regal vorstellen (einige Supermarktketten implementieren zur Zeit derartige Systeme), für das etwas extreme Beispiel der Milchflaschen scheint das aber keine praktikable Lösung zu sein: Es könnte z.B. nicht zwischen älteren und frischeren Flaschen unterschieden werden. Eher müssten die Produkte selbst die Möglichkeit haben, den momentanen Preis anzuzeigen. Eine Lösung wäre,

Produkte mit kleinen flexiblen Displays aus smart paper auszustatten. Rechnet man dies zu den Kosten der restlichen benötigten Ausstattung (elektronische Etiketten, Sensoren und Kommunikationseinrichtungen) dazu, so wird schnell klar, dass dieses Szenario eher in ferner Zukunft liegt, zumindest für Güter der unteren Preislage.

Das Potential makroökonomischer Einsparung durch smarte, sich selbst überwachende Produkte ist nichtsdestotrotz gewaltig: Bei großen Einzelhandelsketten liegt der Anteil verdorbener, gestohlener oder zerstörter Güter typischerweise zwischen 1,3-1,8% des Umsatzes. Über die ganze Volkswirtschaft aggregiert ergibt dies ein beeindruckendes Einsparpotential, für den amerikanischen Einzelhandel sind das beispielsweise 2,5 Milliarden Dollar. Natürlich werden Produkte trotz des Einsatzes von Ubiquitous Computing weiterhin zu Bruch gehen, der viel größere Anteil verderblicher Güter mit abgelaufenem Verfallsdatum könnte aber ebenso wie die Diebstahlrate deutlich reduziert werden.

Allerdings wäre ein derartiger Paradigmenwechsel in der Preispolitik eines Supermarkts nicht unbedingt ein finanzieller Erfolg. Menschen sind es gewohnt und schätzen es, sich auf stabile Preise verlassen zu können und wollen nicht täglich ihre Energie auf der Suche nach Schnäppchen in diesem niedrigen Preissegment vergeuden. Viele mögen willens sein, für hochwertige Güter die Preise zu vergleichen, wenn sie sich etwa ein neues Auto über eBay kaufen. Die meisten würden aber nur einen marginalen Nutzen darin sehen, dynamische Milchpreise zu haben und wären wohl eher von den vielen neuen Sachverhalten abgeschreckt, denen sie Aufmerksamkeit schenken müssen (wie z.B. Freitagnachmittags plötzlich 10 Euro für eine Milchflasche bezahlen zu müssen). Die meisten von uns möchten in Anbetracht solcher Informationsflut vielleicht zurück zur Berechenbarkeit stabiler Preise und halbjährlicher Schlussverkäufe, wenn uns diese Option in Zukunft überhaupt noch offen steht.

Eine mögliche Antwort darauf wäre eine im Sinne des Konsumentenschutzes vom Gesetzgeber erlassene Regelung, dass z.B. Preise gegenüber dem „normalen“ Regalpreis nur sinken, nicht aber steigen dürfen. Allerdings funktioniert ein solcher „Konsumentenschutz“ bei Hotelzimmern bisher auch nicht gut, da die offiziellen Preise meist völlig übertrieben sind. Vielleicht dürfte es stattdessen im Sinne der Selbstregulierung ein Wettbewerbsvorteil werden, mit stabilen und realistischen Höchstpreisen zu werben. Da Supermarktketten in oligopolistischer Konkurrenz zueinander stehen, könnte ein derartiger Ansatz im Gegensatz zu Hotelzimmern funktionieren.

Mit Hilfe von Ubiquitous-Computing-Techniken und der dadurch ermöglichten detaillierter Profilbildung könnten Preise von Alltagsgütern allerdings auch auf den einzelnen Kunden zugeschnitten werden. Im Idealfall aus Sicht des Verkäufers „erhält jeder Konsument einen individuellen Preis, der [...] genau der Zahlungsbereitschaft des Konsumenten entspricht“ [53]. Dass solche personenbezogene Preise allerdings – ebenso wie eine Preisdifferenzierung in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage – „aus Gründen juristischer Art oder der Fairness normalerweise nicht so implementierbar“ sind, musste bereits Amazon, das bekannte Online-Kaufhaus, erfahren, als es einen im September 2000 durchgeführten Testlauf für individuelle DVD-Preise bereits nach zwei Wochen im Zuge massiver Kundenkritik (und unter Zahlung einer Entschädigung für Kunden, die einen höheren Preis gezahlt hatten) beenden musste [52, 60]. Ob die Zukunft uns aber nicht doch mehr individuelle Preise bringen wird, bleibt abzuwarten.

4.3 Einkaufen – ständig und überall

„See a great sweater on someone walking by? Find out the brand and price, and place an order. Or maybe you'll be wearing the sweater and earning a commission every time someone near you sees and buys.“ Diese Vision [15] beschreibt eine vielleicht gar nicht so ferne Zukunft, in der die Grenze zwischen Real- und Datenwelt weitgehend fließend geworden ist. Die meisten Produkte haben eine Repräsentation in der Datenwelt, zu der mittels drahtloser Kommunikationstechnologien der Zugang quasi ubiquitär möglich ist. Im Vorbeilaufen kann so eingekauft werden – auf der Straße, im Bus oder abends beim Chill Out in der Lieblingsbar. Gefallen Ihnen die neuen Schuhe Ihres Freundes? Von deren Datenrepräsentanten erfahren Sie Preise und Lieferzeiten und die Bestellung können Sie sofort abschicken. Der Träger erhält natürlich Provision. Sind Sie Trendsetter in Ihrem Freundeskreis? Dann könnte sich für Sie in Zukunft das Einkaufen wirklich lohnen!

Die ultimative Form des Einkaufens scheint erreicht, wenn dem Menschen jedwede Entscheidung abgenommen ist und – im Sinne von „humans out of the loop“ – die Dinge dies selbständig erledigen. Die Unternehmensberatung Accenture hat hierfür schon einen Begriff gefunden: „silent commerce“. Bei den so genannten „autonomous purchasing objects“ denkt man nicht nur an Kopierer, die in eigener Verantwortung Papier nachbestellen, sondern präsentiert dem staunenden Publikum auch Barbie-Puppen,² die sich programmgesteuert und zum Entzücken der Kinder (und ihrer Eltern...) neue Kleidchen von ihrem eigenen Taschengeld kaufen: „Barbie detects the presence of clothing and compares it with her existing wardrobe – after all, how many tennis outfits does a doll need? The toy can buy straight from the manufacturer via the wireless connection... She can be constantly and anonymously shopping, even though the owner might not know it“ [32].

Solange die Dinge noch nicht von alleine das Richtige einkaufen, muss man durch geeignete Marketing-Mechanismen dafür sorgen, dass die Menschen es tun. Die Kunst des Verführens zum Kaufen dürfte durch Ubiquitous-Computing-Technik eine neue Hochform erreichen: Smarte Produkte können dann in subtiler Form für sich selbst oder, im Sinne des cross marketings, für ihre „Freunde“ werben. So könnte z.B. ein smarterer Kühlschrank Empfehlungen für eine gesunde Ernährung und Kochrezepte zu den in ihm gelagerten Nahrungsmitteln liefern und eine Vertrauensbasis zum Konsumenten aufbauen, indem er über Ursprung und Inhaltsstoffe der Nahrungsmittel Auskunft gibt. Gleichzeitig kann er dann aber als Co-Branding-Maßnahme Bonuspunkte vergeben, jedes Mal 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 1:1-Marketing zu ermöglichen?

In Zukunft wird man aber vielleicht nicht nur sanft zum Kaufen verführt und fast immer und überall kaufen können, sondern auch kontinuierlich kaufen *müssen*. Hören Sie sich Ihre Lieblings-CD an – der Plattenfirma werden ein paar Cent überwiesen. Setzen Sie sich auf Ihr Sofa zu Hause – der Händler erhält Provision. Klingt das absurd? Es ist möglich, dass das Pay-per-Use-Geschäftsmodell dank Ubiquitous-Computing-Technik vor einem gewaltigen Boom steht. An sich gibt es das Modell schon lange, ohne dass es uns vielleicht immer bewusst ist. Beim

²Dem Vernehmen nach war die Spielzeugfirma Mattel als Eigentümerin der Marke darüber gar nicht glücklich und schickte gleich die Anwälte – heute ist auf den Web-Seiten von Accenture nur noch von „a doll“, aber nicht mehr von der Barbie die Rede.

Telefonieren hat man im Allgemeinen pay-per-use (anstelle einer „flat rate“), genauso beim Stromverbrauch oder bei der Straßenbahnfahrt. In unser Bewusstsein ist es aber wahrscheinlich erst eingedrungen, seit sich Fernsehstationen von der staatlichen Gebührenabgabe (flat rate) hin zum Pay-per-Use-Modell bewegen. Die in letzter Zeit diskutierten Digital-Rights-Management-Systeme sind ein Schritt in die gleiche Richtung. Mit solchen Systemen ist es möglich, Kunden nur begrenzten Zugang zu den Daten, die sie kaufen, zu gewähren: sie dürfen beispielsweise die gekaufte CD nur am Vormittag anhören oder nur zehn Mal insgesamt.

Mit Sensoren und Kommunikationsmöglichkeiten ausgestattete Alltagsgegenstände könnten eine neue Dimension im Pay-per-Use-Geschäftsmodell eröffnen. Fast jeder Gegenstand eignet sich für das Pay-per-Use-Leasing anstelle des Kaufens. Forscher bei Accenture zum Beispiel haben bereits den Prototyp eines Stuhls entwickelt, der die Intervalle registrieren kann, in denen er von verschiedenen Personen benutzt wurde [2]. Die Entwickler preisen dieses „continuous selling“ genannte Modell als großartig sowohl für den Verkäufer als auch für den Kunden an: „Obviously, it’s great for the buyer because they only pay for what they use.“ Aus heutiger Sicht scheint dies für viele Verbraucher allerdings kein Gewinn zu sein: Abgesehen von wenigen Ausnahmen – beispielsweise Firmenwagen – sind wir es gewohnt, Gebrauchsgegenstände zu besitzen und nicht zu mieten.

Nicht nur, dass Sie es sich in einer solchen Zukunft zweimal überlegen würden, bevor Sie sich in Ihren geleasteten Sessel setzen – Sie würden vielleicht auch nicht mehr so oft Auto fahren wollen. Ein anderes durch Ubiquitous Computing ermöglichtes Geschäftsmodell könnten nämlich höchst dynamische und personalisierte Versicherungsprämien sein, z.B. bei der Autoversicherung. Kriterien wie die Fahrweise des Halters, ob dieser das Auto auch anderen zum Fahren überlässt, deren Fahrweise, die Tageszeiten, zu denen das Auto benutzt wird, sowie die Gegenden, in denen geparkt wird, könnten die Prämie bestimmen. Sportliche Fahrweise wird nicht nur Ihre Benzinrechnung in die Höhe treiben, auch die Versicherungsgesellschaft wird es mit Interesse zur Kenntnis nehmen!

Auch wenn theoretisch die Möglichkeit zum opt-out bestehen bleibt: Fahrer, die ihre Daten nicht online dem Autoversicherer übermitteln wollen, werden aufgrund des für den Versicherer weniger transparenten Risikos einen erheblich höheren Pauschalbetrag bezahlen müssen, welches die freie Wahlmöglichkeit, besonders für Wenigverdienende, praktisch einschränken wird. Versicherer können auf der anderen Seite, durch die genauere und individualisierte Risikoabschätzung, mit höheren Profiten rechnen. Diese könnten dann zum Teil an die Kunden weitergegeben werden, so dass für die Mehrzahl der Kunden, die eine Überwachung akzeptieren werden, geringere Beiträge resultieren würden.

4.4 Dynamische Steuern und die Wirtschaft

Auch der Staat könnte von den neuen Technologien profitieren. Wenn die Historie von Produkten bekannt ist (d.h. deren Produktionsort, Transportweg und -mittel), würde z.B. eine zielgerichtete und feingranulare Besteuerung ermöglicht. Güter könnten anhand der Transportmittel, mit denen sie vom Produktionsort zum Verkaufsstelle gefahren wurden (LKW oder Zug) die Höhe ihrer Ökosteuern selbst festlegen. Steuern könnten auch von der Länge des Transportwegs abhängig sein, um regionale Produzenten zu begünstigen. Andere Produkteigenschaften würden ebenfalls von der Geschichte der Produktherstellung abhängig sein. Milch könnte z.B. automatisch als

biologisch eingestuft werden, wenn sie aus einem entsprechend markierten Betrieb stammt.

Feine Kontrollmechanismen mit geringem organisatorischen Aufwand könnten möglich werden: um einer Region, in der sich eine Naturkatastrophe ereignet hat, zu helfen, beschließt die Regierung, die Steuer für Produkte zu senken, die in diese Region verfrachtet werden. Da die Produkte mit Lokalisierungsmechanismen ausgestattet sind, reduzieren sie ohne größeren Aufwand selbstständig ihre Mehrwertsteuer, sobald sie in der entsprechenden Region angekommen sind.

Mit Ubiquitous-Computing-Technologien und smarten Produkten kann eine Vielzahl von Daten über Vorgänge der Welt gewonnen und in Informationssystemen bearbeitet werden. Das Analysieren von Daten aus unterschiedlichen Quellen kann zu unerwarteten Resultaten führen, die anders nicht hätten gefunden werden können. Der „R-Faktor“ des Economist ist ein weithin bekanntes Beispiel dafür. Seit 1992 analysiert die Zeitschrift alle Artikel ausgewählter Zeitungen und zählt, wie häufig das Wort „Rezession“ darin vorkommt. Kommt es seltener als in der Vergangenheit vor, dient dies als Zeichen einer zu erwartenden Hochkonjunktur; wenn das Wort öfter anzutreffen ist, wird das als Zeichen einer kommenden Rezession interpretiert. Auf diese Weise war The Economist einer der ersten Beobachter, die Anfang 2001 die kommende Rezession verkündet haben [12].

Solche frühen Indikatoren scheinen auch für den medizinischen Bereich zu existieren. Seit längerem wird die Ausbreitung von Grippewellen anhand der von Apotheken gemeldeten, zentral erfassten Verkäufen vorausgesagt. Eine kürzlich durchgeführte Analyse [19] zeigt, dass der Verbrauch von Hustensaft sogar Frühindikator einer Milzbrand-Epidemie sein kann. Ubiquitous-Computing-Techniken könnten die Qualität eines solchen flächendeckenden data minings erheblich steigern: nicht nur der Verkauf, auch die Einnahme von Medikamenten könnte prinzipiell festgestellt werden, und zwar in Echtzeit. Die smarten häuslichen Apothekerschränken oder vielleicht sogar mit Sensoren ausgestattete Arzneipackungen würden die Nutzung anonym weitermelden – Analysen und Prognosen über Medikamentenverbrauch und -bedarf sowie über die Effizienz gesundheitlicher Maßnahmen oder Richtlinien werden so in nie da gewesener Genauigkeit möglich.

4.5 Die Wirtschaft auf Autopilot

Trotz einer Reihe ökonomischer Vorteile lauern aber auch viele Gefahren beim Einsatz von Ubiquitous Computing in der Wirtschaft. Dass Medikamentenkäufe nicht die Art von Daten sind, die man einer staatlichen Behörde gerne übermitteln würde, ist selbstverständlich. Aber auch die zunehmende Automatisierung wirtschaftlich relevanter Aspekte und die Ausschaltung des Menschen als Entscheidungsträger gibt Anlass zur Sorge. So verbessert zwar ein automatisiertes Steuerungsverfahren unter „normalen“ Bedingungen die Systemstabilität – schließlich sind Maschinen viel besser als Menschen, wenn sie ihre ganze Aufmerksamkeit einer besonders langweiligen Aufgabe zuwenden müssen. Es treten jedoch – wie tragische Unfälle mit Flugzeug-Autopiloten belegen – immer wieder Situationen auf, die in der Software nicht vorausgesehen wurden und die verhängnisvolle Konsequenzen haben können, wenn sie nicht von Menschen direkt beherrscht werden.

Ähnliches gilt für die Wirtschaft. Der Börsencrash von 1987 z.B. ist teilweise durch neu eingesetzte Software verursacht worden [51]. Diese war so gestaltet, dass beim Auftauchen ei-

nes bestimmten Musters in den täglichen Fluktuationen des Aktienkurses weitere Aktien zum Verkauf freigegeben wurden. Da bei den meisten Händlern dieselbe Software zum Einsatz kam, bewirkte das Auftauchen des Musters eine Welle von Verkäufen, die den Zündfunken des Crashes darstellten.

In einer Ubiquitous-Computing-Wirtschaftsumgebung kommen weitere kritische Faktoren hinzu. Um möglichst effizient und anpassungsfähig zu sein, muss die Wirtschaft sehr schlank sein. Unter solchen durch Ubiquitous-Computing-Technologie oft erst ermöglichten Bedingungen können jedoch unvorhergesehene Ereignisse zu schwerwiegenden Konsequenzen führen. Im Falle des Supply-Chain-Managements z.B. erlaubt die Reduzierung des Bullwhip-Effektes eine starke Verringerung der Lagerkapazitäten. Wenn jedoch alle Unternehmen entlang der Lieferkette ihre Lager drastisch reduzieren, führt eine kleine unvorhergesehene Unterbrechung der Versorgung beim schwächsten Mitglied zu einem Stillstand entlang der ganzen Kette.

Generell scheint mit der Automatisierung und Dynamisierung der Wirtschaft nicht nur das Potential der möglichen Einsparungen, sondern auch das damit verbundene Risiko von Fehlfunktionen in einem derart komplexen und empfindlichen System zu wachsen. Es ist also wichtig, *zuverlässige* und *gesellschaftsverträgliche* Ubiquitous-Computing-Systeme zu realisieren.

5 Gesellschaftliche Herausforderungen

Aus unserem heutigen Leben sind Computer nicht mehr wegzudenken: Eingebettete Prozessoren überwachen rund um die Uhr den Gesundheitszustand von Risikopatienten, sie regeln vollautomatisch die Heizung in Gebäuden, kontrollieren die Belüftung von Tunneln oder geleiten Flugzeuge sicher durch Start und Landung.

Werden nun allmählich mehr und mehr Gegenstände und Umgebungen mit Ubiquitous-Computing-Technologie ausgerüstet, so steigt auch der Grad unserer *Abhängigkeit* von der korrekten und zuverlässigen Funktionsweise dieser Technologie. Während im heutigen Alltag noch meistens die Möglichkeit besteht, selbst über den Gebrauch von neuen Computertechnologien zu entscheiden (z.B. durch die manuelle Regelung der häuslichen Heizungsanlage oder durch den Verzicht auf die Nutzung eines Mobiltelefons und auf die damit einhergehende ständige Erreichbarkeit), so könnte es in einer weitgehend computerisierten Zukunft unmöglich sein, sich derartigen, technologieinduzierten Abhängigkeit zu entziehen. Ein Blick zurück in der Geschichte relativiert jedoch diese Feststellung, da das menschliche Dasein seit jeher vom Umgang mit Abhängigkeiten von neuen Technologien gekennzeichnet ist. Indem schon früh die Umwelt nach menschlichen Ansprüchen und Bedürfnissen geformt wurde, gelang es zwar, sich einerseits bis zu einem gewissen Grad von naturgegebenen Abhängigkeiten aus alter Zeit zu lösen, auf der anderen Seite führte aber genau diese Entwicklung dazu, dass gleichzeitig wiederum neue, künstliche Abhängigkeiten geschaffen wurden.

Die *Verlässlichkeit* eingesetzter Technologien und Verfahren spielte dabei schon in der Vorgeschichte eine wesentliche Rolle: Hätte beispielsweise eine neue Bewässerungstechnik den Erwartungen und Bedürfnissen der Menschen nicht über längere Zeit hin genügt, wäre sie schnell wieder aufgegeben worden. Diese Erfahrung lässt sich durchaus auch auf den Einsatz neuer Technologien im Gebiet des Ubiquitous Computing übertragen, wobei allerdings die hohe Dynamik und Verteiltheit einer rapide steigenden Anzahl von Geräten zu einer inhärent hohen

Ausfallwahrscheinlichkeit führt. Deshalb ist der Wunsch nach Zuverlässigkeit der eingesetzten Technologien umso berechtigter. Darüber hinaus lassen sich, unter Berücksichtigung der bisher betrachteten Szenarien und Folgen des Ubiquitous Computing, noch weitere wesentliche Herausforderungen an zukünftige Ubiquitous-Computing-Systeme identifizieren, die sich mit der *Delegation von Kontrolle* sowie der *gesellschaftlichen Kompatibilität* befassen.

5.1 Verlässlichkeit

Die Vision des Ubiquitous Computing beschreibt ein System, das vollständig im Hintergrund arbeitet und uns bei unseren Tätigkeiten unaufdringlich und unauffällig zur Hand geht. Da sich unsere Bedürfnisse und die Umstände über die Zeit ändern können, muss ein solches System in der Lage sein, sich dynamisch an die jeweilige Situation anzupassen. Eine grundlegende, kritische Anforderung an derartige Systeme ist deren *Verlässlichkeit* im weiteren Sinne: Einerseits muss ein komplexes und hochdynamisches System beherrschbar und kontrollierbar bleiben. Dies erfordert unter anderem die Möglichkeit, ein korrektes Systemverhalten in gewissem Maße vorherzusagen und überprüfen zu können. Ein verlässliches Ubiquitous-Computing-System stellt zudem auch strenge Anforderungen an die Zuverlässigkeit der einzelnen Komponenten und Basisdienste, um die Störungsanfälligkeit im Betrieb auf ein Mindestmaß zu senken und eine möglichst hohe zeitliche Verfügbarkeit des Gesamtsystems zu gewährleisten.

Beherrschbarkeit: Wenn Myriaden von Dingen dank eingebetteter Prozessoren und der Fähigkeit zu drahtloser Kommunikation in gewisser Weise „smart“ werden und ein Eigenleben führen, stellt sich auch die Frage nach der Anpassungsfähigkeit und Skalierbarkeit der dadurch realisierten Ubiquitous-Computing-Dienste. Können die Dienste und Anwendungen auch bei massiv steigender Anzahl von kleinen interagierenden Objekten noch den ursprünglichen Anforderungen genügen? Und vor allem, wie lässt sich eine solche hochdynamische Welt noch verstehen bzw. beherrschen? Vergewegenwärtigen wir uns das Beispiel des dynamischen Supermarktes der Ubiquitous-Computing-Zukunft, in dem alltägliche Einkaufsartikel in der Lage sind, ihren Preis nach Kriterien wie Angebot, Ablaufdatum und Nachfrage selbst dynamisch anzupassen. Es ist fraglich, ob bzw. in welchem Maße diese Güter noch verwaltbar bzw. das System als Ganzes für den Händler noch überschaubar und handhabbar sind. Es stellt sich also auch die Frage nach der *Beherrschbarkeit* und Kontrollierbarkeit einer enormen Maße von kleinen, spontan interagierenden Objekten.

Vorhersagbarkeit und Diagnostizierbarkeit: Heute schon wird unser Leben von einer Vielzahl technischer Infrastrukturen geprägt, wie z.B. dem Telefonsystem, Fernsehen oder Elektrizität. Was diese allgegenwärtigen Infrastrukturen unter anderem auszeichnet, ist die Tatsache, dass sie auch für Menschen ohne besondere Qualifikation einfach zu benutzen und in Hinblick auf die zu erwartende Wirkung leicht vorhersagbar sind: Wenn man z.B. in einer Telefonzelle den Telefonhörer aufnimmt, erwartet man, einen Wählton zu hören. Ist dies nicht der Fall, so ist unmittelbar klar, dass etwas mit dem Telefon nicht in Ordnung bzw. dass eine Störung aufgetreten ist. Eine solche *Vorhersagbarkeit* und Nachvollziehbarkeit des Systemverhaltens kann in typischen Ubiquitous-Computing-Systemen jedoch nicht mehr als gegeben vorausgesetzt werden: Das Ideal des unsichtbaren Computers, der im Hintergrund verborgen seine Arbeit verrichtet, steht dem entgegen. Es wird in einer Ubiquitous-Computing-Welt also zwangsläufig sehr viel schwieriger, etwaige Störungen oder Fehlfunktionen zu bemerken, gerade weil man sich der im

Hintergrund ablaufenden Prozesse und Aktivitäten oft nicht bewusst ist. In gewissen Situationen ist es jedoch unbedingt erforderlich, zu wissen, *was* schief gegangen ist und *wann* es passiert ist, damit man auf Probleme und Störungen entsprechend reagieren kann. Die *Diagnostizierbarkeit* ist somit eine weitere wesentliche Anforderung an Ubiquitous-Computing-Systeme [13]. Denn falls z.B. der Ausfall eines rund um die Uhr aktiven Überwachungsgerätes für einen Risikopatienten nicht in angemessener Zeit festgestellt werden kann, so bleibt ihm im Notfall die lebensrettende medizinische Versorgung versagt.

Zuverlässigkeit: Der Trend zur Miniaturisierung bietet zwar einerseits die Möglichkeit, beinahe beliebige Gegenstände und Geräte mit Ubiquitous-Computing-Technologie auszurüsten, andererseits führt dies aber aufgrund des schrumpfenden physikalischen Raumangebotes auch gleichzeitig zu einer erheblichen Reduktion der jeweils verfügbaren Ressourcen. Damit ist der Funktionsumfang oft drastisch limitiert, und die Energieversorgung wird bei autonomen Kleinstgeräten zu einem bestimmenden Faktor. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Tatsache, dass die Wahrscheinlichkeit für Ausfälle einzelner Geräte und Anwendungen mit der wachsenden Anzahl von interagierenden Geräten ebenfalls ansteigt. Während in traditionellen Computersystemen die Ausfälle einzelner Komponenten durch Einfügen von Redundanz kompensiert werden können, ist eine derartige Hardware-Redundanz bei kleinsten Geräten in einer Ubiquitous-Computing-Welt aufgrund der beschränkten Verfügbarkeit von Platz, Ressourcen und Energie oft nicht möglich.

Hinzu kommt, dass ein Benutzer in der Regel nur ein einzelnes Exemplar eines bestimmten Gerätetyps (PDA, intelligente Armbanduhr, Digitalkamera, smarterer Schlüsselring etc.) besitzt. Trotz dieser Umstände ist es für die Zuverlässigkeit der angebotenen Ubiquitous-Computing-Dienste höchst wünschenswert, einen möglichst hohen Grad von Robustheit und Fehlertoleranz zu erreichen. Wenn also nur ein geringer Replikationsgrad für Hardware im System gegeben ist, können Dienstunterbrechungen bzw. Geräteausfälle z.B. durch eine explizite *Diversifizierung* von Systemfunktionen auf verschiedenen Abstraktionsstufen überwunden werden. Eine Diversifizierung kann dabei in dem Sinne erfolgen, dass das System in der Lage ist, ein und dieselbe Aufgabe auf verschiedenen, unabhängigen Wegen zu erledigen, die sich bzgl. der dabei verwendeten Systemressourcen weitestmöglich unterscheiden. Zum Beispiel lässt sich eine Kommunikationsverbindung diversifizieren, indem das System parallel verschiedene Kommunikationsmechanismen bereitstellt, wie z.B. GSM und Wireless LAN. Gleichermaßen kann aber auch der Zugang zu Diensten bzw. Information diversifiziert werden, indem verschiedene unabhängige Zugangspunkte geschaffen werden, wie z.B. ein WAP-Portal für Mobiltelefone, eine maßgeschneiderte Anwendung für PDAs und eine Web-Schnittstelle für den Zugriff mittels eines Web-Browsers.

5.2 Delegation von Kontrolle

Um die Notwendigkeit von menschlichen Eingriffen in komplexen, hochdynamischen Ubiquitous-Computing-Systemen zu minimieren, sind neue Konzepte zur *Delegation von Kontrolle* erforderlich: Automatische Prozesse sollen sich verlässlich um die Erledigung von Routineaufgaben kümmern, aber gleichzeitig Mechanismen bereitstellen, die dem Menschen Rechenschaft über die geleistete Arbeit ablegen und ihn bei der Überwachung der komplexen Kontrollflüsse unterstützen. Klärung bedarf in diesem Zusammenhang insbesondere auch die Frage der Ent-

scheidungsbefugnis in dynamischen, weitestgehend autonom agierenden Systemen. Es ist ebenfalls fraglich, inwieweit überhaupt die Zurechenbarkeit von automatisch ablaufenden Aktionen gewährleistet werden kann, und wer ggf. die Verantwortung und Haftung dafür übernimmt.

Zurechenbarkeit: Wie weiter oben diskutiert, sind mit Hilfe der Ubiquitous-Computing-Technologie viele neue Geschäftsmodelle denkbar, wie beispielsweise das Kurzzeit-Leasing von Alltagsgegenständen. Man stelle sich nun einmal vor, man würde jede Sitzgelegenheit, auf die man sich während eines Tages niederlässt, für genau die „abgessene“ Zeit leasen. Statt sich Eintrittskarten für ein Konzert oder Fahrkarten für öffentliche Verkehrsmittel zu kaufen, würde man automatisch kurzzeitige Leasingverträge für den Sitz im Theater oder in der Straßenbahn abschließen und die anfallenden Kosten – je nach Sitzplatzkategorie, Sitzdauer und Tageszeit – sofort per Kleinstzahlungen (Micropayments) begleichen. Ein solches Kurzzeit-Leasing ließe sich auf beliebige weitere Dinge ausweiten, wie z.B. Kleidungsstücke oder Bücher, für die man in Abhängigkeit von der tatsächlichen Nutzungsdauer, also sozusagen auf einer Pay-per-use-Basis, bezahlt. Über die Zeit würden sich somit eine große Anzahl von Kurzverträgen und Micropayments summieren. Unabhängig von der technischen Realisierbarkeit drängt sich nun die Frage auf, wie man in so einer Welt am Ende des Monats noch den Überblick über die Vielzahl der abgeschlossenen Kurzzeitverträge bzw. über die unzähligen geleisteten Kleinstzahlungen behalten könnte, geschweige denn, wie sich die Rechtmäßigkeit dieser Transaktionen im Nachhinein noch überprüfen ließe. Es wäre nicht nur äußerst mühsam und unrealistisch, tausende von Transaktionen, Micropayments und Microleases von Hand nachzuverfolgen, sondern es ist auch fraglich, inwiefern unangemessene finanzielle Forderungen erkannt und abgewiesen bzw. inwieweit rechtmäßige Zahlungen auch eindeutig und unabstreitbar dem Verursacher zugeordnet werden können. Es werden also Mechanismen benötigt, mit deren Hilfe die *Zurechenbarkeit* von Forderungen und Leistungen gewahrt bleibt.

Verantwortlichkeit und Haftbarkeit: Wenn Information an „elektronisch aufgewertete“ Dinge angeheftet wird, physische Dinge also quasi selbst zu Medien werden, stellt sich auch die Frage, wer dann über den Inhalt bestimmen kann oder darf. Im Internet gibt es bekanntlich heute schon oft Streit darüber, wem eine Adresse „xyz.com“ gehört und ob man es verbieten kann, dass jemand einen Verweis auf die Homepage eines anderen setzt. Auch die Frage, welche WWW-Seiten Suchmaschinen liefern dürfen (Bauanleitungen für Bomben? Seiten mit rassistischer Weltanschauung?) und wer dafür die *Verantwortung* oder gar die *Haftung* übernimmt, entwickelt sich schon fast zu einem Politikum.

Wenn nun aber in Zukunft zum Beispiel Fertiggerichte ein elektronisches Etikett enthalten, könnte eine Verbraucherschutzinstitution diese Nummer mittels eines eigenen elektronischen Verzeichnisses auf eine andere Information abbilden als es der Hersteller beabsichtigt hat, um so beispielsweise vor Allergenen bei den Inhaltsstoffen zu warnen. Allgemein ausgedrückt: Wenn Dingen Information oder eine Identifikation anheftet, die es ermöglicht, dass ein – vielleicht in einer Brille befindlicher – persönlicher digitaler Assistent die Welt erläutert („Computer, was ist das?“), ist unklar, ob die Dinge der Welt dann vom Hersteller oder Besitzer der smarten Brille beliebig interpretiert werden dürfen.

Falls überhaupt die Frage der Zurechenbarkeit beantwortet werden kann, so bleibt die Klärung der *Verantwortlichkeit* und der *Haftbarkeit* von Ubiquitous-Computing-Systemen eine bestehende Herausforderung, die nicht zuletzt den Juristen noch einiges an Kopfzerbrechen bereiten dürfte.

Entscheidungsbefugnis und Entscheidungsgewalt: Ein erklärtes Ziel intelligenter Umgebungen und „smarter“ Objekte im Ubiquitous Computing ist es, die Lebensqualität des Menschen zu erhöhen. Dazu werden neue Mittel und Dienste bereitgestellt, die den Menschen unaufdringlich bei seinen täglichen Arbeiten unterstützen und gleichzeitig die Komplexität der technologiedurchdrungenen Welt vor ihm verbergen sollen. Doch der Weg dahin führt über einen schmalen Grat zwischen Pfüffigkeit und Verdruss, zwischen zuvorkommender Hilfsbereitschaft und starrköpfiger Bevormundung, und stellt auch eine Herausforderung für die Forschung [49] dar. Wann sollte ein intelligentes Gerät etwa den menschlichen Anweisungen Folge leisten, wann seiner eigenen „Überzeugung“ folgen? Verfügt das eigene Fahrzeug beispielsweise über eine Antriebs-Schlupf-Regelung, so heißt man auf einer eisglatten Straße das automatische Eingreifen der intelligenten Schlupfregelung gerne willkommen, wenn dadurch ein Ausbrechen des Fahrzeuges verhindert werden kann. Das intelligente Auto kann somit einen gewichtigen Beitrag zum „unfallfreien Fahren“ leisten [9].

Andererseits stelle man sich vor, das eigene Fahrzeug würde einen daran hindern, die Türen zu öffnen, da man unerlaubterweise in einer Parkverbotszone anhielt. Man könnte sich zwar darüber ärgern, aber letztendlich auch akzeptieren, dass das Auto im Grunde genommen zur richtigen Entscheidung gekommen ist. Was aber nun, wenn ich mich in einer Notfallsituation befinde und in Ermangelung verfügbarer Parkplätze im Halteverbot vor dem Krankenseingang zum Stehen komme, das „smarte“ Auto mich aber am Aussteigen hindert? In derartigen Fällen scheint daher eine Art von manueller Notsteuerung angebracht, die dem Benutzer im Ernstfall die volle *Entscheidungsbefugnis* und *Entscheidungsgewalt* – und damit auch die Verantwortung – für die zu treffenden Entscheidungen überlässt.

Wahrung der Machtbalance: Während in konkreten Alltagssituationen die sinnvolle Aufteilung der Entscheidungsgewalt zwischen smartem Gerät und Benutzer individuell zu regeln ist, stellt sich allgemein – sozusagen aus der Vogelperspektive – die Frage nach dem generellen Machtgleichgewicht in einer von Ubiquitous Computing durchdrungenen Welt. Smarte Produkte werden sicherlich auch dazu verwendet werden, Kunden fester an den Händler zu binden, indem sie z.B. zum Kauf anderer Produkte desselben Händlers raten. Wenn Produkte also über sich selbst informieren, stellt sich die Frage, wer dann die Objektivität und Richtigkeit der gemachten Aussagen garantiert. Die Dinge werden in gewisser Weise selbst zu Medien, die eine bestimmten „Ideologie“ (z.B. die des Herstellers eines Produktes oder die politisch motivierte Meinung einer Verbraucherschutzorganisation) vertreten. Wer kontrolliert gegebenenfalls diese neuen „Medien“? Betrachten wir den Fall, dass smarter Spielzeug den Weg ins Kinderzimmer findet. Wer bestimmt, was eine smarte Sprechpuppe den Kindern erzählt? Könnten die Kinder ideologisch polarisiert werden? Es besteht jedenfalls die Gefahr, dass die Puppe – ohne dass die Eltern sich dessen voll bewusst sind – Einfluss auf die Erziehung und Meinungsbildung der Kinder nimmt. Bettelt die Puppe außerdem um das neue Kleidchen aus der Fernsehwerbung, so können bei Kindern kommerzielle Begierden geweckt werden. Gewinnt der Hersteller mit Hilfe der Puppe zudem noch Wissen über die Spielgewohnheiten der Kinder und deren übrigen Spielsachen, so ist er in der Lage, gezielt auf eine einzelne Person bzw. einen einzelnen Haushalt hin Werbung zu betreiben.

Es ist spannend, inwieweit in Zukunft die Lebensverhältnisse sowohl in marktwirtschaftlicher als auch ideologischer Hinsicht durch die Hersteller und Betreiber von smarten Produkten beherrscht werden können, und auf welche Weise ein mögliches Kräfteungleichgewicht wieder

in eine *Machtbalance* überführt werden könnte.

5.3 Gesellschaftliche Kompatibilität

Eine weitere wesentliche Forderung an Ubiquitous-Computing-Systeme stellt deren gesellschaftliche Kompatibilität dar. Wenn wir als Menschen die Fähigkeit erlangen wollen, an hochdynamischen Systemen teilnehmen zu können, müssen die Randbedingungen entsprechend angepasst werden. Das Systemverhalten sollte in Bezug auf bestimmte Aspekte eine gewisse Trägheit bewahren, die es den Menschen erlaubt, sich auf Veränderungen einzustellen. Andererseits muss auch berücksichtigt werden, dass eine allgegenwärtige Infrastruktur, der man sich unter Umständen nicht mehr entziehen kann, auch den Bedürfnissen und Anforderungen einer möglichst breiten Schicht der Gesellschaft gerecht werden sollte.

Nachhaltigkeit: Menschen finden sich in hochdynamischen Umgebungen schlecht zurecht, und im täglichen Leben gibt es viele Sachverhalte und Informationen, die ihre Gültigkeit über einen längeren Zeitraum bewahren, wie z.B. die Preise für Lebensmittel im bevorzugten Supermarkt oder die Tarife für die öffentlichen Verkehrsmittel. Es ist die *Nachhaltigkeit* von Informationen, die es uns erlaubt, einmal erworbenes Wissen und gemachte Erfahrungen zur Bewältigung zukünftiger Situationen und Aufgaben heranzuziehen. Es stellt sich nun die Frage, inwieweit der Mensch sich in einer überreaktiven Ubiquitous-Computing-Welt, der ein gewisses Mindestmaß an Trägheit abhanden gekommen ist, noch zurechtfinden kann. Wie lässt sich sonst z.B. feststellen, wo man etwas am günstigsten einkauft, wenn sich die Preise in den verschiedenen Geschäften rund um die Uhr ändern? Oder wie kann man entscheiden, ob man nicht besser noch eine Minute länger auf die nächste Preisreduktion warten sollte? In einer hochdynamischen Welt droht die Nachhaltigkeit von Wissen und Information verloren zu gehen: Die Erfahrung, die in einem Augenblick eben noch gültig und nützlich war, ist im nächsten Moment unter Umständen bereits überholt und unbrauchbar. Wenn aber die Zustände der Welt oft nicht einmal mehr für kurze Zeitabschnitte ihre Gültigkeit bewahren, so besteht die Gefahr, dass die Abfolge der Zustandsänderungen im Alltag unsere Anpassungsfähigkeit überschreitet.

Eine Entwicklung hin zu hochdynamischen Systemen vermag also schwerwiegende Folgen in sich bergen, wie z.B. den Verlust bzw. die beschleunigte Wertminderung von langzeitigen Erfahrungen, was auf lange Sicht zu einer verstärkten Unsicherheit und Orientierungslosigkeit der Menschen in der Gesellschaft beitragen könnte.

Fairness: Ubiquitous-Computing-Technologie kann, wie oben diskutiert, durch personalisierte Direktwerbung dazu beitragen, ein effizientes 1:1-Marketing und cross selling von Produkten zu realisieren. Dies würde es Verkäufern erlauben, ihre Kunden sehr viel genauer zu taxieren und zu kategorisieren. Eine mögliche Konsequenz daraus könnte sein, dass maßgeschneiderte Angebote in Zukunft viel stärker den Profit des Händlers maximieren und der Kunde dabei das Nachsehen hat. Denn wenn Hersteller und Händler das Konsumentenverhalten der Kunden sehr genau einzuschätzen vermögen und, daraus abgeleitet, den einzelnen Kunden individuelle Angebote unterbreiten, verlieren die letzteren schnell den Überblick über die diversen Preiskategorien und Sonderangebote. Der Anspruch auf Gleichbehandlung würde dadurch jedenfalls in Mitleidenschaft gezogen, womit sich auch die Frage nach der *Fairness* derartiger Ubiquitous-Computing-Systeme stellt.

David Lyon, Professor für Soziologie an der Queen's University in Kanada, nennt diesen

Prozess „soziale Sortierung“ (social sorting): „categorizing persons and groups in ways that appear to be accurate, scientific, but which in many ways accentuate difference and reinforce existing inequalities“ [31]. Entsteht beim Kunden der Eindruck, dass er mit Hilfe der Ubiquitous-Computing-Technologie sozusagen „über das Ohr gehauen“ wird, könnte ein Ohnmachtsgefühl entstehen. Dies könnte sowohl zu offenen Protesten als auch zu einer schleichenden Gleichschaltung führen: Durch ein so genanntes „Closed-Loop“-Marketing, bei der durch Ubiquitous-Computing-Techniken „Reaktionen des Konsumenten auf kommunikative Maßnahmen besonders gut und kostengünstig gemessen werden können“ [43], könnten Kunden ihr Verhalten (bewusst oder unbewusst) so anpassen, dass ihnen möglichst keine Nachteile in ihrer „smarten“ Umwelt entstehen. Jedenfalls zeigt dieses Beispiel ein ethisches Problem: Es gilt zu klären, wie weit eine durch Ubiquitous-Computing-Technologie induzierte Abhängigkeit des Kunden von marktwirtschaftlichen Zwecken ausgenutzt werden darf.

Universeller Zugang: Heutzutage werden neue Geräte und Vorrichtungen oft schon im Entwurfsstadium für eine bestimmte Zielgruppe entwickelt. Dies kann dazu führen, dass z.B. technisch weniger versierte Menschen solchen Produkten von vornherein abweisend gegenüberstehen oder sie gar nicht benutzen können. So haben etwa ältere Menschen sehr häufig das Problem, dass sie von Kleinbildschirmen nicht lesen oder Tasten nicht benutzen können, da diese viel zu klein und unleserlich gestaltet werden [20]. Dabei bietet gerade das Ubiquitous Computing die Chance, auch Neben- und Randgruppen in der Gesellschaft beim technologischen Fortschritt zu integrieren. Insbesondere ältere und körperlich behinderte Menschen könnten vom Ubiquitous Computing profitieren, z.B. durch elektronische „Gedächtnisstützen“, Lesehilfen und Navigationsysteme [33].

Die Forderung nach dem *universellen Zugang* zu Ubiquitous-Computing-Systemen ist also einerseits aufgrund von moralischen und ethischen Beweggründen erstrebenswert: Der Nutzen von Ubiquitous Computing soll möglichst allen Schichten und Gruppen in der Gesellschaft offen stehen und kann dazu beitragen, auch Randgruppen in der Gesellschaft (zumindest technologisch) zu integrieren. Damit aber ein solcher universeller Zugang zu Ubiquitous-Computing-Technologien und Anwendungen realisiert werden kann, ist auch ein *universelles Design* [55] erforderlich: Auch die Nöte und Bedürfnisse von Minderheiten bzw. Randgruppen in der Gesellschaft sollten bereits in der Entwurfsphase berücksichtigt werden.

5.4 Akzeptanz

Wir haben in diesem Abschnitt an verschiedenen Beispielen eine Reihe potentiell problematischer Auswirkungen von Ubiquitous Computing auf unsere Gesellschaft aufgezeigt und daraus generelle Anforderungen an Ubiquitous-Computing-Systeme abgeleitet. Die Berechtigung einiger dieser Anforderungen mag auf den ersten Blick weniger offensichtlich erscheinen als klassische Anliegen, wie etwa das weiter oben diskutierte Thema *Privacy*. Dennoch sind sie nicht weniger zentral: Es sind Fragen von grundsätzlicher Bedeutung, die am Ende gar über die Akzeptanz und das Durchsetzungsvermögen von Ubiquitous-Computing-Technologie in großem Maßstab entscheiden mögen. Wird diesen Herausforderungen in Ubiquitous-Computing-Systemen nicht ausreichend Rechnung getragen, besteht die Gefahr, dass negative Seiteneffekte den anvisierten Nutzen von Ubiquitous Computing überschatten.

Damit droht schließlich auch ein Vertrauensentzug von Seiten der Benutzer und der Ver-

lust der Bereitschaft, sich auf die Vorzüge des Ubiquitous Computing einzulassen. Dies hätte auch zur Folge, dass die entwickelten Systeme entweder gar nicht von der breiten Öffentlichkeit benutzt würden, oder aber dass sie entgegen deren Willen und Überzeugung installiert und betrieben werden.

Wie sich derartige *Akzeptanzprobleme* äußern, wird im folgenden Abschnitt ersichtlich: Die Auseinandersetzung mit der frühen Ubiquitous-Computing-Kritik eröffnet einen weiteren Blickwinkel und trägt zu einer differenzierteren Betrachtung der potentiellen Auswirkungen des Ubiquitous Computing auf die reale Welt bei.

6 Kritik an Ubiquitous Computing

Während die etwas spektakuläreren Auswirkungen des Ubiquitous Computing auf das Wirtschafts- und Sozialgefüge noch kaum Thema öffentlicher Diskussionen sind, erregen profanere Folgen wie mögliche Umwelteffekte der damit verbundenen Technik eher die Aufmerksamkeit, so etwa in der Pervasive-Computing-Studie des Schweizer Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung [58].

Tatsächlich gibt die Vision einer drahtlosen Kommunikation vieler Alltagsgegenstände und tragbarer „information appliances“ Anlass zur Sorge hinsichtlich des noch immer nicht restlos geklärten Gesundheitsrisikos elektromagnetischer Strahlung. Schon aus Gründen beschränkter Ressourcen und kurzer Kommunikationsdistanzen sowie der Tatsache, dass ein „Batteriewechsel“ bei Alltagsgegenständen nicht zumutbar ist, wird die Strahlungsleistung in diesen Fällen allerdings um Größenordnungen geringer sein als bei heutigen Mobiltelefonen (zur Strahlungsbelastung durch Mobiltelefone existiert eine Vielzahl von Studien, z.B. [61]) und dürfte damit kaum ins Gewicht fallen – wobei allerdings zukünftige Entwicklungen wie „body area networks“ kritisch zu hinterfragen wären.

Der Einfluss auf Umweltaspekte wie Entsorgung, Rohstoff- und Energieverbrauch durch einen großflächigen Einsatz von Ubiquitous-Computing-Technologie ist schwer vorherzusehen, nicht zuletzt auch deswegen, weil veränderte Lebensstile, dynamischere Wirtschaftskreisläufe und andere Konsumgewohnheiten als Folge der neuen Technik auf diese Parameter zurückwirken werden. Zwar dürfte sich durch den Einzug von Low-Cost-Mikroelektronik in viele vormals nicht elektrifizierte Gegenstände der „Elektronikschrott“ in Siedlungsabfällen deutlich erhöhen, jedoch lässt sich aus heutiger Sicht noch keine eindeutige Umweltbilanz angeben. Werden etwa alle Supermarktwaren in Zukunft mit smart labels versehen, so würden in Deutschland jährlich Milliarden solcher winzigen und einzeln eher harmlosen Chips in den Hausmüll gelangen, was sich allerdings auch bei einem Einzelgewicht von weit unter einem Gramm auf mehrere tausend Tonnen „Elektronikschrott“ summieren würde. Andererseits ermöglicht aber gerade die Fern-Identifikation durch smart labels eine lebenswegübergreifende Produktinformation und damit auch eine effiziente stoffliche Erkennung und Separierung von Abfallprodukten.

Umwelteffekte spielen bei der Beurteilung einer Technologie, die das Leben zukünftiger Generationen nachhaltig beeinflussen dürfte, natürlich eine wichtige Rolle. Schwerwiegender scheinen allerdings die weitreichenden Implikationen des Ubiquitous Computing in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht, die in den vorangegangenen Abschnitten thematisiert wurden. Diesbezüglich ist es nicht überraschend, dass Ubiquitous Computing sowohl von sozial- und geistes-

wissenschaftlicher Seite, als auch von Seiten der Medien zum Teil sehr kritisch eingeschätzt wird. Eine Analyse der Kritik aus den verschiedenen Richtungen führt nicht nur zu einem besseren Verständnis der mit Ubiquitous Computing verbundenen Vorbehalte und Ängste, sondern auch zu einer Betrachtung der Implikationen von Ubiquitous Computing in der realen Welt aus einem weiteren Blickwinkel.

Die in dieser Hinsicht auftauchende Kritik kann grob in drei Kategorien eingeteilt werden:

- Kritik, die sich auf die *Vision* und die *Ziele* des Ubiquitous Computing bezieht, besonders auf dessen allumfassende Natur im Hinblick auf die betroffenen Objekte und Personen, die räumliche Ausdehnung und die zeitliche Permanenz;
- Sorge um negative Auswirkungen und schädliche Seiteneffekte der *Verheißungen* des Ubiquitous Computing, die diese Technik in eine *Bedrohung* verwandeln;
- Kritik am *Kosten-Nutzen-Verhältnis*, die im Wesentlichen besagt, dass die erwarteten positiven Effekte – so sie denn eintreten sollten – die Entwicklung und den Einsatz von Ubiquitous Computing nicht rechtfertigen.

Im Folgenden werden diese Aspekte näher betrachtet. Dabei wird versucht, einige der in den vorausgegangenen Abschnitten genannten Implikationen in den expliziten Kritikpunkten zu identifizieren.

6.1 Eine totalitäre Technologie? – Vision und Ziele

Mark Weiser beschreibt Ubiquitous Computing als eine Technologie, die dem Menschen neue Möglichkeiten der Interaktion mit der Welt eröffnet, basierend auf dem zugrunde liegenden Prinzip, dass Computer aus dem Bewusstsein ihrer Benutzer „verschwinden“ und in die alltägliche Umgebung eingewoben werden, bis sie von dieser nicht mehr zu unterscheiden sind [63]. Kritiker dagegen sehen Ubiquitous Computing als den „Versuch einer gewalttätigen technologischen Durchdringung des Alltagslebens“ [4], als den „fieberhaften Traum von Gespenstern und Spionen – nämlich eine ‘Wanze’ in jedes Ding einzupflanzen“ [57] oder gar als „ein Projekt, das auf Totalität abzielt und natürlich auch nah am Totalitären steht“ [3]. Warum ruft Ubiquitous Computing solch heftige Kritik hervor?

Weitreichende Auswirkungen: Eine nahe liegende Antwort auf diese Frage lässt sich in der Vision selbst begründen. Das explizit erklärte Ziel besteht darin, durch eine revolutionäre Veränderung des Alltagslebens wesentliche Auswirkungen auf *alle* Aspekte der Existenz *jedes* Menschen in unserer schon jetzt technisierten Gesellschaft zu erzielen. Die Vision zielt auf die Durchdringung der alltäglichen Umgebung mit Informationstechnologie, durch die „jede Person fortwährend mit hunderten von in der Nähe befindlichen drahtlos vernetzten Computern interagiert“ [64]. Während die Veränderung des Alltagslebens in unserer Gesellschaft in anderen Gebieten der Informatik kein explizites Ziel war, sondern eher ein sich ergebender Nebeneffekt, schlägt die Vision des Ubiquitous Computing ausdrücklich die Transformation der Gesellschaft durch eine alles umfassende Computerisierung vor. Nach Auffassung von Adamowsky [3] bezieht sich diese Transformation letztlich auf die Gesamtheit der Dinge und Lebewesen. Ubiquitous Computing erscheine deshalb als ein Forschungsparadigma, das auf „Totalität“ abziele

und in seinem Anspruch „nah am Totalitären“ stehe. In der von Mark Weiser formulierten Vision ist tatsächlich jedes Ding, jeder Ort und jedes Lebewesen berührt, ohne dem Einzelnen eine Wahlfreiheit zu lassen, teilzunehmen oder nicht. Darüber hinaus hat die angesprochene „Totalität“ auch eine zeitliche Dimension. Die Technologie des Ubiquitous Computing soll den Menschen permanent umgeben, nicht nur in bestimmten abgrenzbaren und überschaubaren Situationen, sondern während des gesamten Tagesablaufs hindurch, von der Geburt bis zum Tod. Diese Permanenz kritisiert Doheny-Farina [11], wenn er den Ubiquitous-Computing-Prinzipien entgegengesetzt, der Standardzustand eines Computers solle „AUS“ sein, die normale Beziehung eines Menschen zu einem Computernetzwerk sei „OFFLINE“, und der Aufenthaltsort eines jeden Menschen solle dem System normalerweise „UNBEKANNT“ sein.

Unbestimmtheit der Vision: Viele Kritiker [3, 4, 30] führen an, dass die vorgeschlagenen Szenarien äußerst vage erschienen, wenn man den zur ihrer Realisierung erforderlichen enormen Forschungsaufwand und die Dimension des anvisierten Ziels betrachte. Die Welt solle nur „irgendwie smart“ gemacht werden, ohne das „irgendwie“ näher zu spezifizieren. Der technologische Fortschritt, wie Miniaturisierung, steigende Rechenleistung und drahtlose Kommunikation, eröffneten zwar neue Anwendungsmöglichkeiten, aber es sei bis jetzt unklar, wie man diese Möglichkeiten wirklich konstruktiv nutzen könne.

„Alles wird mit allem anderen vernetzt sein“, aber „niemand wird auch nur die leiseste Ahnung haben, was all diese Verbindungen zu bedeuten haben“ [30]. Es gebe eine Lücke zwischen den technischen Machbarkeiten und unserer Fähigkeit, diese zu einem Nutzen stiftenden Einsatz zu bringen, oder auch nur ihr Potential geeignet einzuschätzen. John Thackara bezeichnet diese Divergenz zwischen wachsender technischer Machbarkeit und sinkendem subjektiv wahrgenommenen Nutzen als *Innovationsdilemma*: Wir wüssten zwar, *wie* wir unglaubliche Dinge hervorbringen können, aber nicht, *was* wir hervorbringen sollen: „We are brilliant on means, but pretty hopeless on ends“ [59].

Um der genannten Kritik begegnen zu können, wäre es wichtig, eine konkretere Vision des Ubiquitous Computing zu entwickeln, die attraktive, glaubwürdige und realistisch erscheinende Ziele ins Zentrum stellt.

6.2 Verheißungen und Bedrohungen

Obwohl noch kaum Klarheit über die potentiellen Auswirkungen des Ubiquitous Computing besteht, ist es relativ einfach, sich allgemeine negative Konsequenzen einer solchen Entwicklung vorzustellen. Die in der Literatur genannten Kritikpunkte entsprechen im Wesentlichen den Kategorien, die in den obigen Abschnitten herausgearbeitet wurden.

Gefahr der Überwachung und des Verlusts der Privatsphäre: Es ist nicht überraschend, dass die unmittelbarste Befürchtung, die mit Ubiquitous Computing verbunden ist, darin besteht, dass dessen Mechanismen für eine effiziente und lückenlose universelle Überwachung missbraucht werden und damit zu einer Einschränkung oder einem völligen Verlust der Privatsphäre führen könnten (vgl. dazu Abschnitt 3). Um Lucky [30] zu zitieren: „The old sayings that ‘the walls have ears’ and ‘if these walls could talk’ have become the disturbing reality. The world is filled with all-knowing, all-reporting things.“ In der Industrie ist man sich der Problematik eines solchen Erscheinungsbildes der Ubiquitous-Computing-Technologie durchaus bewusst. Während durch sie einerseits das schon verkaufte Produkt in ein Marketinginstrument

verwandelt werden kann, indem es Informationen über sich oder ähnliche Produkte anbietet und Nutzungsinformationen sammelt und automatisch meldet, könnte es gleichzeitig als Überwachungsinstrument erscheinen: „A very cautious approach is needed [...] with this kind of monitoring otherwise newspaper headlines such as ‘Spy in the Kitchen’ would soon appear, killing the intelligent appliance before it takes off“ [24].

Falsche Versprechungen: Winner [68] argumentiert, dass Ubiquitous Computing falsche Erwartungen wecke, wenn es verspreche, seine Realisierung würde unser Leben vereinfachen, uns helfen, Zeit zu sparen und uns von mühevoller Arbeit entlasten. Für ihn ist dies eine durch das gesamte zwanzigste Jahrhundert hindurch immer wiederkehrende Behauptung von Seiten der Konsumgüter-Industrie. Er zitiert anthropologische Studien über Angestellte im Silicon Valley, die zeigten, dass diese eine überaus geschäftige, komplizierte, sorgfältig austarierte und angestrenzte Existenz führten, in der sich die traditionellen Grenzen zwischen Arbeit und Freizeit aufgelöst hätten. Er ist der Meinung, dass das Hinzufügen „smarter Maschinen“ überall in der bebauten Umgebung in einer solchen Situation nicht helfe, die vorhandenen Muster von Eile, Hast, Stress und Abgetrenntsein von anderen Menschen zu überwinden. Der Einsatz von Ubiquitous-Computing-Technologien führt seiner Ansicht nach nicht zu mehr Freizeit oder einem entspannteren Lebensstil, sondern erlaube den Menschen lediglich, ihre Aktivitäten effektiver durchzuführen. Der Stresslevel bliebe gleich, es ließe sich nur noch mehr mit gleichem Aufwand erledigen, da sich die Tätigkeiten besser koordinieren lassen und einzeln weniger Aufwand erfordern. Wenn man die ökonomischen Implikationen, die in Abschnitt 4 dargestellt worden sind, betrachtet, so ist es leicht vorstellbar, dass die treibenden Kräfte hinter zukünftigen Ubiquitous-Computing-Systemen eher durch höhere Produktivität und größeren Profit, als durch die Vereinfachung des alltäglichen Lebens motiviert sind.

Verlust der Kontrolle: Ein wichtiger Aspekt beim Entwurf von Ubiquitous-Computing-Systemen ist es, den Benutzern ein Gefühl der Kontrolle über ihre Umgebung und der „Loyalität“ der darin vorhandenen Dinge zu vermitteln. Wenn ein Kühlschrank sich z.B. weigern würde, die Tür zu öffnen, nachdem er die Waage im Badezimmer konsultiert hat, oder ein Auto die Insassen nicht aussteigen ließe, weil man versucht hat, illegal zu parken, würde man sich leicht „von Feinden und Verrätern umgeben“ [30] fühlen. Aufgrund der neuen technischen Möglichkeiten – verbunden mit daran angepassten rechtlichen Gegebenheiten – wäre es denkbar, dass das Auto oder andere Produkte, als Bestandteile eines Ubiquitous-Computing-Netzwerks, sich ihren Benutzern gegenüber nicht mehr völlig „loyal“ verhalten, sondern stattdessen die Vorgaben der Versicherungsgesellschaft, der Justiz oder des Herstellers durchsetzen.

Vernetzte Alltagsgegenstände, die in ein Ubiquitous-Computing-System eingebettet sind, verlieren einen Teil ihrer Autonomie und weisen damit auch eine höhere Abhängigkeit von der Infrastruktur auf. Für den Benutzer verringert sich die „Objekt Konstanz“ der ihn umgebenden Gegenstände, wie das Beispiel elektronischer Bücher aus Smart Paper zeigt: Das Lesen eines solchen Buches setzt möglicherweise eine regelmäßige Verbindung zu einem Server (Lizenzserver, Abrechnungsserver, etc.) voraus. Dadurch erscheint es fehleranfälliger und weniger autonom als ein „normales“ Buch. Dieses kann man immer lesen, das elektronische nur, wenn die Infrastruktur funktioniert. Außerdem können automatische Updates mit neuen „Features“ und Verbesserungen der Funktionalität ein etwas anderes Verhalten des elektronischen Buches bewirken, was beim Nutzer zu Irritationen führen kann. Wie schon in den Abschnitten 4 und 5 angedeutet, könnte wirklicher Besitz von Gütern in vielen Fällen durch Lizenzmodelle ersetzt

werden, die nur die Benutzung gewisser Eigenschaften erlauben, ohne jedoch eine völlige Kontrolle zuzulassen – ein Konzept, das neue Abhängigkeiten schafft und das natürlich Bedenken und Vorbehalte gegenüber einer solchen Zukunft auslöst.

Gefahr einer neuen digitalen Spaltung: Wenn man von der digitalen Spaltung spricht, dann meint man heute die bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen unterschiedlich ausgeprägte Fähigkeit, an der Informationsgesellschaft teilzunehmen, d.h. insbesondere die Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten, die das Internet bietet, effektiv zu nutzen. Während im Moment noch keine Einigkeit darüber besteht, ob sich die digitale Spaltung in Zukunft abschwächen oder eher verstärken wird, so ist jedenfalls anzunehmen, dass sie im Rahmen des Ubiquitous Computing eine andere Qualität bekommen wird.

Wenn Dinge „smart“ werden und Informationen über sich selbst und andere Objekte anbieten, werden sie gleichsam zu neuen Medien und schaffen dadurch neue Informationsmöglichkeiten. Ein Mehr an Informationsmöglichkeiten heißt aber nicht zwangsläufig mehr Gerechtigkeit oder Freiheit, denn die möglichen Abhängigkeiten und Manipulationsmöglichkeiten könnten so zahlreich werden, dass sie den Einzelnen überfordern. Während Zeitung, Fernsehen und PC als zentrale Informationsmedien vielleicht noch überschaubar und physisch auf einen Punkt eingrenzbar sind, werden die Informationsträger einer ubiquitären Welt in der gesamten physischen Umgebung verteilt sein. Es wird eine auf Alltagsdingen basierende „reale Informationsumgebung“ entstehen, in der ein uneingeschränkter Informationszugang und ein Mindestmaß an Informationsgerechtigkeit nicht ohne weiteres gegeben sind.

Sicherlich werden bei smarten Produkten die Interessen der Hersteller in der Gestaltung der jeweiligen „Informationsseite“ dieser Produkte eine große Rolle spielen. Wer Informationen an Dinge heften und Gegenstände als Informationskanäle nutzen kann, bekommt damit aber gleichsam eine Definitionsmacht über die Wirklichkeit der Produktnutzer. Es könnte somit eine Frage des Geldbeutels werden, ob man sich unabhängige und „objektive“ Informationen leisten kann, oder man über die Produkte eines Herstellers, ohne es recht zu merken, auch dessen Welt-sicht vermittelt bekommt. Kooperierende Objekte als neue Medien könnten dem Hersteller ein sehr genaues Bild des jeweiligen Haushalts liefern und damit die Basis für maßgeschneiderte Angebote und Informationen bilden. Der Einzelne dürfte noch schwerer als heute die Vertrauenswürdigkeit einer Information respektive ihrer Quelle beurteilen können. Unkritische oder werbemäßig gesponsorte und daher einseitige Information dürfte gratis erhältlich sein, während unabhängige und qualitativ hochwertigere Information Geld kosten wird. Da es bei Ubiquitous Computing aber nicht nur um Informationen an sich geht, sondern diese mit Dingen der realen Welt inhärent verknüpft ist, könnte auf diese Weise aus der digitalen Spaltung leicht eine entsprechend reale Spaltung der Gesellschaft werden.

6.3 Subjektiver Nutzen und soziale Kosten

Über die Vision und die eigentlichen Folgen des Ubiquitous Computing hinausgehend, wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis der erwarteten Änderungen – selbst wenn sie im Prinzip als positiv bewertet werden – oft in Frage gestellt. Begründet wird dies damit, dass die scheinbar marginalen positiven Auswirkungen, die sich aus dem Einsatz von Ubiquitous Computing ergäben, die gewaltigen Entwicklungsausgaben nicht aufwiegen oder aufgrund von ernst zu nehmenden negativen Begleiterscheinungen nicht zu rechtfertigen seien.

Marginaler wahrgenommener Nutzen: Nach Ansicht von Araya und Winner [4, 68] sind die Bedürfnisse, die in vielen Ubiquitous-Computing-Szenarien angesprochen werden, von marginalem Charakter. Auch Marc Weiser selbst stellt fest, dass Ubiquitous Computing nichts völlig Neues ermögliche, sondern dass dadurch, dass alles schneller und einfacher – nämlich mit weniger Anstrengung und „mentaler Gymnastik“ – zu erledigen sein werde, sich die Auffassung dessen, was offensichtlich machbar sei, verändere [63]. Aus Arayas Sicht [4] rechtfertigt dies allerdings nicht die enormen Forschungsaufwendungen und die Komplexität der dazu erforderlichen Infrastruktur. Für ihn hat Ubiquitous Computing wenig mit echten menschlichen Bedürfnissen, sondern in erster Linie mit der Entfaltung von Technologie per se zu tun. Er bezeichnet dieses scheinbare Primat der Technologie über menschliche Bedürfnisse als *technologischen Absolutismus*. Der „Durchschnittsbürger“ könnte versucht sein, dem zuzustimmen. Ein Leser eines Newsweek-Artikels [41] zum Thema Ubiquitous Computing schreibt: „Descriptions of the world of ubiquitous computing are dazzling, if only for their sheer silliness. If you rate humanity’s needs for the coming century on a scale of 1 to 10, none of the products and services depicted [. . .] rises much beyond a score of 1.5.“

Änderungen in der Mensch-Welt-Beziehung: Philosophische Analysen des Ubiquitous Computing betrachten dessen Auswirkungen auf die Beziehungen des Menschen zur Welt. Araya [4] meint, Ubiquitous Computing verändere die Umgebung, in der wir leben, grundlegend. Die physische Umgebung werde gleichsam zu einer Extension unseres Körpers, während Ubiquitous Computing unser Nervensystem durch künstliche Sensoren erweitere. Die Umgebung werde zu einem „dienstbaren Artefakt“ [4]: „By this weaving of extensions of ourselves into the surroundings, significant parts of the environment lose important aspects of their otherness and the environment as a whole tends to become more and more a subservient ‘artifact’. This artifact, which the world immediately surrounding us becomes, is almost entirely ‘us’ rather than ‘other’. In this sense, the surrounding world has almost disappeared.“ Adamowsky stellt in diesem Zusammenhang die Frage, ob wir wirklich bereit sind, „ohne ein Außen zu leben“ [3]. Nach ihrer Auffassung wird das „Außen“ verschwinden und wir werden in „Setzungen“ leben – Entsprechungen bestimmter Aspekte der realen Welt in der digitalen Welt, die in Form von Modellen, Simulationen und Datenschatten realisiert werden. Wir modellieren die physische Welt dabei auf eine uns plausibel erscheinende Weise und „setzen“ ihr eine virtuelle Welt gegenüber. Araya bezeichnet diese Setzungen als „digitale Surrogate“ und betrachtet sie als charakteristisch für das Ubiquitous Computing: Das Unvermögen, die physische Welt in genügend flexibler Weise zu handhaben, zwingt uns dazu, diese durch digitale Surrogate zu ersetzen, was zu einer Transformation, Dislokation, Substitution und dem Verlust grundlegender Eigenschaften der Welt führe.

6.4 Implikationen der Kritik

Die Realisierung des Ubiquitous Computing hat weitreichende Auswirkungen auf das einzelne Individuum und die Gesellschaft als Ganzes. Daher sollten die vorgeschlagenen Zukunftsszenarien eingehend hinsichtlich relevanter Fragen untersucht werden, wie z.B. welche der in den Szenarien dargestellten Situationen und Probleme wirklich durch technische Mittel – wie das Ubiquitous Computing eines darstellt – verbessert bzw. gelöst werden können, wie die uns zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten im Rahmen des Ubiquitous-Computing-Paradigmas konstruktiv weiterentwickelt werden können und wie weit die Technisierung der

Gesellschaft getrieben werden soll bzw. von wem sie legitimiert wird.

Was die Ubiquitous-Computing-Kritik, die hier dargestellt wurde, deutlich macht, ist die Notwendigkeit einer öffentlichen Debatte über die Ziele und Ideen des Ubiquitous Computing. Solange keine solche Debatte stattfindet, besteht die Gefahr, dass Ubiquitous Computing fehlinterpretiert wird und dadurch zum Teil irrationale Vorbehalte und Ängste hervorgerufen werden. Ein Beispiel ist das grundlegende Paradigma des Ubiquitous Computing, nämlich Computer aus dem Bewusstsein der Benutzer verschwinden und in den Hintergrund treten zu lassen. Dies wird von manchen Kritikern als der Versuch gesehen, Ubiquitous Computing unbeachtet von der breiten Masse in das Alltagsleben eindringen zu lassen, um etwaige gesellschaftliche Widerstände zu umgehen. Diese Sicht wird bei Araya [4] durch ein Zitat von Marc Weiser gestützt, das isoliert betrachtet tatsächlich missverstanden werden kann: „the most profound revolutions are not the ones trumpeted by pundits, but those that sneak in when we are not looking“ [65]. Eine breitere Debatte über Ubiquitous Computing könnte als Chance genutzt werden, um den Entwicklungsprozess in die richtige Richtung zu lenken – nämlich das enorme uns zur Verfügung stehende technische Potential konstruktiv und in einer die Gesellschaft voranbringenden Weise zu nutzen.

7 Schöne neue Welt?

Der Einsatz von Ubiquitous-Computing-Systemen in der realen Welt wird in vielen Fällen Auswirkungen haben, welche über die offensichtlichen, technischen Folgen weit hinaus gehen. Ob es sich nun um den Schutz persönlicher Daten, Implikationen für die Makroökonomie oder die soziale Akzeptanz handelt – Entwickler von Ubiquitous-Computing-Systemen können viel durch eine sorgfältige Evaluation der Folgen solch einer Technologie im Rahmen etablierter Konzepte aus der Soziologie, der Ökonomie und den Rechtswissenschaften profitieren.

So schwierig Vorhersagen über die Zukunft oft auch sind, so lässt die vorhergehende Diskussion doch einige der möglichen Implikationen eines großflächigen Einsatzes von Ubiquitous Computing erahnen: Soziale Werte und Beweggründe verändern sich; persönliche Grenzen werden durch neuartige Überwachungs- und Suchtechnologien verletzt; neue Geschäftsmodelle erhöhen Profite, möglicherweise aber auf Kosten von Sicherheitsmargen; das politische und wirtschaftliche Machtgefüge verschiebt sich; die wirtschaftliche Entwicklung wird beschleunigt und beginnt, unsere gesellschaftlichen Werte nachhaltig zu verändern; und nicht zuletzt besteht die Gefahr, dass wir das Vertrauen in unsere Umwelt verlieren und so grundlegend unsere Einstellung zu der uns umgebenden Welt ändern.

„Science Finds – Industry Applies – Man Conforms.“ Dieses Motto der Chicagoer Weltausstellung von 1933 macht deutlich, wie stark sich die Haltung von Wissenschaftlern und Ingenieuren, aber auch das der Gesellschaft insgesamt, seither verändert hat. Die Idee der *Technikgestaltung*, also einer expliziten gesellschaftlichen Reflexion neuartiger Technologien, ist eine Errungenschaft der 1970er-Jahre, in denen Staat und Wirtschaft nicht mehr automatisch „das Neue fortschrittsoptimistisch mit dem Guten (oder wenigstens mit dem Besseren) identifizierten“ [21]. Ubiquitous Computing mit seinen möglicherweise dramatischen Auswirkungen verlangt von uns eine weitaus umfassendere Analyse der Wirkungen und einen konsequenteren Umgang mit Technikglauben und -skeptizismus als bisher, indem wir ausdrücklich zuerst die

menschlichen und gesellschaftlichen Ansprüche untersuchen, bevor wir mit dem großflächigen Einsatz neuer Konzepte aus der Informatik beginnen. Ideen aus dem an Aufmerksamkeit gewinnenden Gebiet der *Ethik in den Ingenieurwissenschaften* [39, 69] könnten dabei als Richtschnur für den verantwortungsvollen Entwurf von Ubiquitous-Computing-Systemen dienen. Vielleicht gelingt es uns dann, durch die konsequente Anwendung einer nutzerorientierten, praktischen Ethik, zusammen mit einer gründlichen Analyse von möglichen gesellschaftlichen und ökonomischen Auswirkungen, adäquate Entwurfsmethoden für die Konzeption und den Einsatz sozialverträglicher Ubiquitous-Computing-Systeme zu finden.

Literatur

- [1] ABOWD, GREGORY D., BARRY BRUMITT und STEVEN SHAFER (Herausgeber): *Proceedings of Ubicomp 2001*, Atlanta GA, USA, September 2001. Springer-Verlag.
- [2] ACCENTURE TECHNOLOGY LABS: *Silent Commerce Applications*. Verfügbar unter: [/xd/xd.asp?it=enweb\&xd=services\technology\vision\silent_commerce.xml](#) auf [www.accenture.com](#), 2001.
- [3] ADAMOWSKY, NATASCHA: *Kulturelle Relevanz. Ladenburger Diskurs „Ubiquitous Computing“*, Februar 2000. Verfügbar unter: [www.inf.ethz.ch/vs/events/slides/adamowldb.pdf](#).
- [4] ARAYA, AGUSTIN A.: *Questioning Ubiquitous Computing*. In: *Proceedings of the 1995 ACM 23rd Annual Conference on Computer Science*. ACM Press, 1995. Verfügbar unter: [doi.acm.org/10.1145/259526.259560](#).
- [5] BELLOTTI, VICTORIA und ABIGAIL SELLEN: *Design for Privacy in Ubiquitous Computing Environments*. In: *Proceedings of the Third European Conference on Computer Supported Cooperative Work (ECSCW'93)*, Seiten 77–92. Kluwer, September 1993.
- [6] BRIN, DAVID: *The Transparent Society*. Perseus Books, Reading MA, USA, 1998.
- [7] COCHRANE, PETER: *Head to Head*. Sovereign Magazine, Seiten 56–57, März 2000.
- [8] COUNCIL OF EUROPE: *Convention on Cybercrime*. Verfügbar unter: [conventions.coe.int/Treaty/EN/projets/FinalCybercrime.htm](#), November 2001.
- [9] DAIMLERCHRYSLER AG: *Die Vision vom unfallfreien Fahren*. Hightech Report 2001, August 2001.
- [10] DICK, PHILIP K.: *Minority Report*. Fantastic Universe, Januar 1956.
- [11] DOHENY-FARINA, STEPHEN: *Default = Offline Or Why UbiComp Scares Me*. Computer-Mediated Communication Magazine, Oktober 1994. Verfügbar unter: [www.december.com/cmc/mag/1994/oct/last.html](#).
- [12] *Rrrrrrrrecession?* The Economist, 361(8203), Januar 2001.

- [13] ESTRIN, DEBORAH, DAVID CULLER, KRIS PISTER und GAURAV SUKHATME: *Connecting the Physical World with Pervasive Networks*. IEEE Pervasive Computing – Mobile and Ubiquitous Systems, 1(1):59–69, Januar 2002.
- [14] ETZIONI, AMITAI: *The Limits of Privacy*. Basic Books, New York NY, 1999.
- [15] FERGUSON, GLOVER T.: *Have Your Objects Call My Objects*. Harvard Business Review, 80(6):138–144, Juni 2002.
- [16] FINKENZELLER, KLAUS: *RFID-Handbuch*. Hanser-Verlag, September 2002.
- [17] FLEISCH, ELGAR: *Von der Vernetzung von Unternehmen zur Vernutzung von Dingen*. In: SCHÖGEL, MARCUS, TORSTEN TOMCZAK und CHRISTIAN BELZ (Herausgeber): *Roadm@p to E-Business – Wie Unternehmen das Internet erfolgreich nutzen*, Seiten 124–135. Thexis, St. Gallen, 2002.
- [18] GARFINKEL, SIMSON: *Database Nation*. O’Reilly, Sebastopol CA, USA, 2000.
- [19] GOLDENBERG, ANNA, GALIT SHMUELI, RICHARD A. CARUANA und STEPHEN E. FIENBERG: *Early statistical detection of anthrax outbreaks by tracking over-the-counter medication sales*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99(8):5237–5240, April 2002.
- [20] GONÇALVES, DANIEL J.: *Ubiquitous Computing and AI Towards an Inclusive Society*. In: HELLER, RACHELLE [22], Seiten 37–40. Siehe auch: virtual.inesc.pt/wuau01/.
- [21] GRUNWALD, ARMIN und STEPHAN SAUPE (Herausgeber): *Ethik in der Technikgestaltung – Praktische Relevanz und Legitimation*. Springer-Verlag, 1999.
- [22] HELLER, RACHELLE (Herausgeber): *Proceedings of the 2001 EC/NSF Workshop on Universal Accessibility of Ubiquitous Computing: Providing for the Elderly*, Alcácer do Sal, Portugal, Mai 2001. ACM Press. Siehe auch: virtual.inesc.pt/wuau01/.
- [23] HITACHI, LTD.: *The mu-Chip*. Verfügbar unter: www.hitachi.co.jp/Prod/mu-chip/.
- [24] IBM GLOBAL SERVICES: *Switching on revenue streams in services*. White Paper, 2001.
- [25] JOSHI, YOGESH V.: *Information Visibility and its Effect on Supply Chain Dynamics*. Master’s Thesis, MIT, Juni 2000.
- [26] KREPS, DAVID M.: *A Course in Microeconomic Theory*. Princeton University Press, 1990.
- [27] LANGHEINRICH, MARC: *Privacy by Design – Principles of Privacy-Aware Ubiquitous Systems*. In: ABOWD, GREGORY D. et al. [1], Seiten 273–291.
- [28] LEE, HAU L., V. PADMANABHAN und SEUNGJIN WHANG: *The Bullwhip Effect in Supply Chains*. MIT Sloan Management Review, 38(3):93–102, Frühjahr 1997.
- [29] LESSIG, LAWRENCE: *Code and Other Laws of Cyberspace*. Basic Books, New York NY, 1999.

- [30] LUCKY, ROBERT: *Everything will be connected to everything else*. Connections. IEEE Spectrum, März 1999. Verfügbar unter: www.argreenhouse.com/papers/r lucky/spectrum/connect.shtml.
- [31] LYON, DAVID: *Facing the Future: Seeking Ethics for Everyday Surveillance*. Ethics and Information Technology, 3(3):171–180, Juli 2001.
- [32] MAEDER, THOMAS: *What Barbie Wants, Barbie Gets*. Wired Magazine, 10(1), Januar 2002.
- [33] MAKRIS, PANTELIS: *Accessibility of Ubiquitous Computing: Providing for the Elderly*. 2001 EC/NSF Workshop on Universal Accessibility of Ubiquitous Computing: Providing for the Elderly, Mai 2001. Verfügbar unter: virtual.inesc.pt/wuau01/procs/pdfs/makris_final.pdf.
- [34] MARX, GARY T.: *Murky Conceptual Waters: The Public and the Private*. Ethics and Information Technology, 3(3):157–169, Juli 2001.
- [35] MATTERN, FRIEDEMANN: *Ubiquitous Computing – Szenarien einer informatisierten Welt*. In: ZERDICK, AXEL et al. [70].
- [36] MAYO, ROBERT N.: *The Factoids Project*. Verfügbar unter: www.research.compaq.com/wrl/techreports/abstracts/TN-60.html.
- [37] MÜLLER, WOLFGANG (Herausgeber): *Duden Bedeutungswörterbuch*. Dudenverlag, 2. Auflage, 1985.
- [38] MOORE, GORDON E.: *Cramming more components onto integrated circuits*. Electronics, 38:114–117, April 1965.
- [39] MORIARTY, GENE: *Three Kinds of Ethics for Three Kinds of Engineers*. IEEE Technology and Society Magazine, 20(3):31–38, September 2001.
- [40] NAGEL, KRISTINE S., CORY D. KIDD, THOMAS O’CONNELL, ANIND DAY und GREGORY D. ABOWD: *Family Intercom: Developing a Context-Aware Audio Communication System*. In: ABOWD, GREGORY D. et al. [1], Seiten 176–183.
- [41] NEWSWEEK: *Griping about Gadgets – Letters to the editor*. Newsweek, (25), Mai 1999.
- [42] O’HARROW JR, ROBERT: *Prozac Maker Reveals Patient E-Mail Addresses*. The Washington Post, Juli 2001.
- [43] PFAFF, DONOVAN und BERND SKIERA: *Ubiquitous Computing – Abgrenzung, Merkmale und Auswirkungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht*. In: BRITZELMAIER, BERND, STEPHAN GEBERL und SIEGFRIED WEINMANN (Herausgeber): *Wirtschaftsinformatik: Der Mensch im Netz – Ubiquitous Computing*, Seiten 24–37. Teubner, Leipzig, 2002.
- [44] RHODES, BRADLEY: *The Wearable Remembrance Agent: A System for Augmented Memory*. Personal Technologies Journal. Special Issue on Wearable Computing, 1(4):218–224, Januar 1997.

- [45] RHODES, BRADLEY, NELSON MINAR und JOSH WEAVER: *Wearable Computing Meets Ubiquitous Computing – Reaping the Best of Both Worlds*. In: *Proceedings of The Third International Symposium on Wearable Computers (ISWC '99)*, Seiten 141–149, San Francisco CA, Oktober 1999.
- [46] ROSSNAGEL, ALEXANDER, ANDREAS PFITZMANN und HANSJÜRGEN GARSTKA: *Modernisierung des Datenschutzrechts, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums des Inneren*. Eigenverlag des Bundesinnenministeriums, Berlin, 2001.
- [47] ROTENBERG, MARK: *Testimony and Statement for the Record*. Hearing on Privacy in the Commercial World before the Subcommittee on Commerce, Trade, and Consumer Protection, U.S. House of Representatives, März 2001. Verfügbar unter: www.epic.org/privacy/testimony_0301.html.
- [48] RÖSSLER, BEATE: *Den Wert des Privaten ergründen*. *digma: Zeitschrift für Datenrecht und Informationssicherheit*, 2(3):106–113, September 2002.
- [49] SATYANARAYANAN, MAHADEV: *Pervasive Computing: Vision and Challenges*. *IEEE Personal Communications*, 8(4):10–17, August 2001.
- [50] SATYANARAYANAN, MAHADEV: *A Catalyst for Mobile and Ubiquitous Computing*. *IEEE Pervasive Computing Magazine*, 1(1):2–5, Januar 2002.
- [51] SIEGELE, LUDWIG: *How about now? A survey of the real-time economy*. *The Economist*, 362(8257):3–18, Januar 2002.
- [52] SIEGELE, LUDWIG: *Tante Emma lebt*. *Die Zeit*, (42):27, Oktober 2002.
- [53] SKIERA, BERND und MARTIN SPANN: *Preisdifferenzierung im Internet*. In: SCHÖGEL, MARCUS, TORSTEN TOMCZAK und CHRISTIAN BELZ (Herausgeber): *Roadm@p to E-Business – Wie Unternehmen das Internet erfolgreich nutzen*, Seiten 270–284. Thexis, St. Gallen, 2002.
- [54] SPRENGER, POLLY: *Sun on Privacy: 'Get Over It'*. *Wired.com*, Januar 1999. Verfügbar unter: www.wired.com/news/politics/0,1283,17538,00.html.
- [55] STEPHANIDIS, CONSTANTINE: *Towards Universal Access in the Information Society*. 2001 EC/NSF Workshop on Universal Accessibility of Ubiquitous Computing: Providing for the Elderly, Mai 2001. Verfügbar unter: virtual.inesc.pt/wuau01/procs/pdfs/stephanidis_final.pdf.
- [56] STUNZ: *Privacy's Problem and the Law of Criminal Procedure*. Wie zitiert in [29].
- [57] TALBOTT, STEVE: *The Trouble With Ubiquitous Technology Pushers, or: Why We'd Be Better Off without the MIT Media Lab*. *NetFuture: Technology and Human Responsibility*, Januar 2000. Verfügbar unter: www.netfuture.org/2000/Jan0600_100.html#3.

- [58] TA-SWISS ZENTRUM FÜR TECHNOLOGIEFOLGEN-ABSCHÄTZUNG: *Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft – Auswirkungen des Pervasive Computing auf die Gesundheit und die Umwelt*. Bern, in Vorbereitung. Siehe: www.ta-swiss.ch bzw. www.ta-swiss.ch/www-remain/projects_archive/information_society/pervasive_d.htm.
- [59] THACKARA, JOHN: *The design challenge of pervasive computing*. Interactions, 8(3):46–52, Mai 2001. Verfügbar unter: doi.acm.org/10.1145/369825.369832.
- [60] USA TODAY: *Amazon May Spell End for 'Dynamic' Pricing*, September 2000. Verfügbar unter: www.usatoday.com/life/cyber/tech/cti595.htm.
- [61] VDE: *Positionspapier Mobilfunk und Gesundheit*. Frankfurt am Main, März 2002. Verfügbar unter: www.vde.de/vde/img/aktuelles/position_mobilfunk.pdf.
- [62] WARREN, SAMUEL und LOUIS BRANDEIS: *The Right to Privacy*. Harvard Law Review, 4(1):193 – 220, Dezember 1890.
- [63] WEISER, MARK: *The Computer for the 21st Century*. Scientific American, 265(3):94–104, September 1991.
- [64] WEISER, MARK: *Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing*. Communications of the ACM, 36(7):75–84, Juli 1993.
- [65] WEISER, MARK: *Ubiquitous Computing*. IEEE Computer, 26(10):71–72, Oktober 1993.
- [66] WESTERLUND, BO, SINNA LINDQUIST und YNGVE SUNDBLAD: *Cooperative Design of Communication Support for and with Families in Stockholm*, September 2001. Verfügbar unter: interliving.kth.se/papers.html.
- [67] WESTIN, ALAN F.: *Privacy and Freedom*. Atheneum, New York NY, 1967.
- [68] WINNER, LANGDON: *The Voluntary Complexity Movement*. NETFUTURE: Technology and Human Responsibility, September 1999. Verfügbar unter: www.netfuture.org/1999/Sep1499_94.html#3.
- [69] WITTOWSKY, ALEXANDER: *Die Verantwortung des Ingenieurs*. In: GRUNWALD, ARMIN und STEPHAN SAUPE [21], Seiten 11–25.
- [70] ZERDICK, AXEL, ARNOLD PICOT, KLAUS SCHRAPE, JEAN-CLAUDE BURGELMAN und ROGER SILVERSTONE (Herausgeber): *E-Merging Media – Digitalisierung der Medienwirtschaft*. Springer-Verlag, 2002.