

Vom Handy zum allgegenwärtigen Computer

– Ubiquitous Computing: Szenarien einer informatisierten Welt –

Friedemann Mattern

1. **Handys sind Vorreiter einer neuen Epoche der Computeranwendung**
2. **Technologietrends weisen auf „verschwindende“ und gleichzeitig allgegenwärtige Computertechnik hin**
3. **Alltagsdinge werden „schlau“ und vernetzen sich über das Internet**
4. **Mittelfristig erlangt das „Ubiquitous Computing“ große wirtschaftliche Bedeutung**
5. **Wachsende Technikabhängigkeit, Kontrolle über neue Medien sowie der Schutz der Privatsphäre bilden neue gesellschaftliche und politische Herausforderungen**

Zusammenfassung

1. Handys sind Vorreiter einer neuen Epoche der Computeranwendung

Das Mobiltelefon hat sich in kurzer Zeit von einem Sprachübertragungsgerät zu etwas entwickelt, das ein viel weitergehendes Potential besitzt. Handys stellen mittlerweile vollwertige Computer dar und werden nun mit einer Reihe von Zusatzfunktionen wie Ortslokalisierung, Internetanbindung oder Spracherkennung ausgerüstet. Sie dürften sich zur Schaltzentrale für vielfältige andere persönliche Assistenzdienste entwickeln, sich aber auch in einzelne funktionale Bestandteile auflösen, die als miteinander kooperierende Accessoires getragen werden.

2. Technologietrends weisen auf „verschwindende“ und gleichzeitig allgegenwärtige Computertechnik hin

Seit über 30 Jahren ist zu beobachten, dass sich die Leistungsfähigkeit von Mikroprozessoren etwa alle 18 Monate verdoppelt. Eine ähnlich hohe Leistungssteigerung gilt auch für einige andere Technologieparameter wie Speicherkapazität oder Kommunikationsbandbreite. Dieser weiterhin anhaltende Trend führt dazu, dass Computer noch wesentlich kleiner, preiswerter und damit quasi im Überfluss vorhanden sein werden – sie werden allgegenwärtig („Ubiquitous Computing“) und gehen letztendlich in Alltagsgegenständen auf.

3. Alltagsdinge werden „schlau“ und vernetzen sich über das Internet

Viele Alltagsdinge dürften „smart“ werden, indem sie mit Informationstechnik ausgestattet werden. Sie können dadurch miteinander kooperieren, das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Optimierung ihrer Zweckbestimmung mit einbeziehen und gegebenenfalls zusätzlich zu ihrer normalen Funktion weitere Aufgaben wahrnehmen.

4. Mittelfristig erlangt das „Ubiquitous Computing“ große wirtschaftliche Bedeutung

Werden industrielle Produkte (wie z.B. Fertiggerichte, Arzneimittel, Kleidungsstücke oder Spielzeug) durch integrierte Informationsverarbeitungsfähigkeit „schlau“ oder erhalten sie auch nur eine fernabfragbare elektronische Identität beziehungsweise Sensoren zur Wahrnehmung des Kontextes (wissen also z.B. stets, wo und in welcher Umgebung sie sich gerade befinden), so sind dadurch einerseits innovative Produkte und neue Services möglich, andererseits können klassische Aspekte des Produktmanagements wie Qualitätssicherung, Supply Chain Management, Reparaturen, Rückrufaktion und Entsorgung optimiert werden.

5. Wachsende Technikabhängigkeit, Kontrolle über neue Medien sowie der Schutz der Privatsphäre bilden neue gesellschaftliche und politische Herausforderungen

Eine stark informatisierte Alltagswelt mit Gegenständen, die Teilaspekte ihrer Umwelt erfassen und miteinander kommunizieren, hat mit Sicherheit Auswirkungen auf die Privatsphäre („Datenschutz“). Ebenso kritisch erscheint jedoch die Frage, wer darüber bestimmen kann oder darf, mit welchen Informationen elektronisch aufgewertete Dinge verknüpft werden. Schliesslich ist auch zu beachten, dass in einer wesentlich stärker informatisierten Welt das korrekte Funktionieren der informationstechnischen Infrastruktur überlebenswichtig für die Gesellschaft oder gar den Einzelnen werden kann.

1. Handys sind Vorreiter einer neuen Epoche der Computeranwendung

Die Wirkungen des rasanten Fortschritts in der Mikroelektronik, das Zusammenwachsen von Kommunikations- und Informationstechnologie sowie der Trend hin zur Computerisierung und Vernetzung von Alltagsdingen lassen sich gut am Beispiel von Mobiltelefonen verdeutlichen. Mobiltelefone waren noch vor wenigen Jahren so groß, teuer und in ihrer Funktionalität eingeschränkt, dass sie nur wenig Verbreitung fanden und oft mehr Statussymbole als nützliche Werkzeuge waren. Dies hat sich sehr schnell geändert (Abbildung 1): Inzwischen hat in vielen Ländern Europas die Zahl der Handynutzer die Zahl der Autofahrer überholt, und viele Nutzer haben sich so sehr daran gewöhnt und ihre berufliche oder gar private Lebensweise darauf eingestellt, dass sie dieses Instrument nicht mehr missen möchten.

Parallel dazu hat sich das Mobiltelefon innerhalb kurzer Zeit über die reine Funktionalität der Sprachübertragung hinaus zu einem Gerät entwickelt, für das die Bezeichnung „Handy“ tatsächlich besser zutrifft: Es ist nicht nur kleiner geworden, sondern bekam im Laufe der Zeit neue „handliche“ Funktionen hinzu. So hat insbesondere bei Jugendlichen das SMS-Kurznachrichtensystem einen völlig unerwarteten Boom ausgelöst und speziell für diese Zielgruppe werden nun farbige Displays, welche attraktivere Computerspiele und das Betrachten von zugesandten Fotos und Videoclips erlauben, in die neuesten Handy-Geräte integriert, ebenso wie MP3-Player für eine hochwertige Musikwiedergabe, die den klassischen „Walkman“ ersetzen können.

Eine weitere zusätzliche Funktionalität stellt die Internetanbindung dar. In Europa wurde dies mit dem WAP-System versucht, bei dem über das Handy auf WWW-Seiten im Internet zugegriffen werden kann. Dies hat in dieser Form jedoch keine große Akzeptanz gefunden: Zum einen war die zugrunde liegende Übertragungstechnik in den Jahren 1999 / 2000 noch nicht weit genug entwickelt (u.a. kein „always on“ und dadurch lange Wartezeiten beim Verbindungsaufbau und umständliche Nutzung), zum anderen wurde das WAP-System offenbar nicht adäquat vermarktet. Die Erwartungen waren jedenfalls zu hoch und die Enttäuschungen dementsprechend groß. Ganz anders verlief dagegen die Entwicklung in Japan mit dem i-mode System: Hier wurde nicht wie in Europa der mobile commerce als Anwendungsgebiet propagiert, sondern das System wurde bewusst als Lifestyle-Feature mit 20 bis 30-jährigen Frauen als Hauptzielgruppe vermarktet. Der Begriff „Internet“ taucht in der Werbung nicht auf, stattdessen stehen zielgruppenadäquate Dienste (wie etwa regionale Veranstaltungshinweise, Horoskop, Wettervorhersage und sogar Karaoke) im Vordergrund. Strikte Qualitätskontrolle, ein klares Tarifsystem mit vielen kostenlosen Diensten sowie die „always on“-Fähigkeit ohne expliziten Verbindungsaufbau sind weitere Kennzeichen des japanischen Systems, welches nun auch in anderen Ländern Fuß zu fassen beginnt und das außerordentlich erfolgreich ist: Im Jahr 2001 konnten täglich mehrere zehntausend neue Kunden gewonnen werden.

Handys stellen mittlerweile vollwertige Computer dar, die beliebige Programme ausführen können, sogar solche, die ihnen „über die Luft“ zugeschickt werden. Dies eröffnet vielfältige neue Anwendungsmöglichkeiten. Selbst beim japanischen i-mode System sind diese mobilen Computer derzeit allerdings noch nicht voll in das Internet mit all seinen Diensten integriert, sondern die Geräte bieten lediglich einen stark eingeschränkten Funktionsumfang, indem über das klassische Mobilnetz Zugriff auf Informationen im WWW ermöglicht wird. Dies dürfte sich jedoch bald ändern, entsprechende Prototypen mobiler „Internet Appliances“ existieren bereits. Damit einher geht die Nutzung vieler weiterer Dienste und Möglichkeiten.

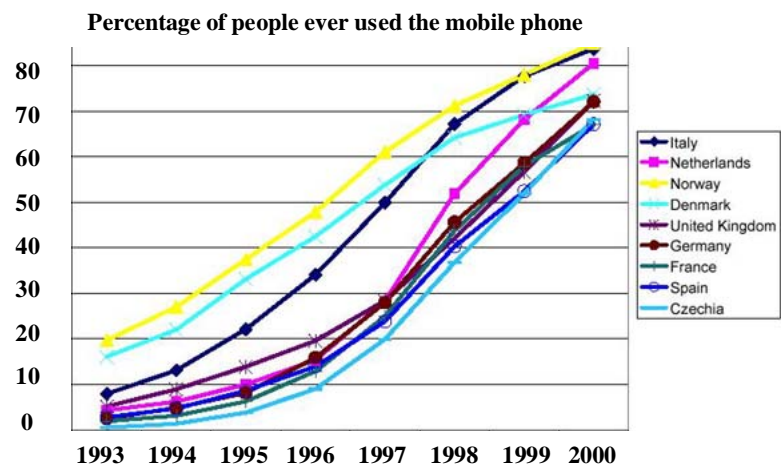


Abbildung 1 (Quelle: Eurescom 2001)

Die Weiterentwicklung der Handys schreitet derzeit in verschiedener Richtung voran. Eine Option besteht beispielsweise darin, diese mit Lokalisierungsfunktionalität zu versehen: Durch Funkpeilverfahren und andere Ortungsmöglichkeiten können Mobiltelefone jetzt schon bis auf wenige 100 m genau lokalisiert werden; durch die Nutzung des satellitengestützten GPS-Systems sind (außerhalb von Gebäuden) Genauigkeiten im Bereich von etwa 10 m möglich. Verfügen Handys über eine zusätzliche Funkschnittstelle für den Nahbereich (mit einem Tausendstel der sonst üblichen Sendeenergie kann ein Umkreis von ca. 10 m abgedeckt werden, wie dies etwa mit dem derzeit propagierten Bluetooth-Standard möglich ist), können auch andere persönliche Geräte des Nutzers von den Kommunikationsfähigkeiten und Lokalisierungsmöglichkeiten des Handys profitieren – das Handy wird damit implizit zu einer persönlichen Basisstation und Schaltzentrale für vielfältige andere Geräte und „schlaue Dinge“ in der Nähe, welche zur Nutzung von Internetdiensten und anderer Funktionalität dann nur mit einem einfachen und energiearmen (und daher billigen und sehr kleinen) Kommunikationsmodul geringer Reichweite ausgestattet werden müssen.

Eine andere Entwicklungslinie stellen so genannte Smartphones dar, die zusätzlich zur üblichen Handyfunktionalität auch die Aufgabe von PDAs („personal digital assistants“), also etwa Notizbuch- und Terminkalenderfunktion, übernehmen. Umgekehrt erhalten die PDAs zusätzliche Telefonfunktionen. Hierbei ergeben sich insofern Synergien, als dass nun beispielsweise der portable Terminkalender via Mobilkommunikation weitgehend automatisch mit seinem Gegenstück im Büro abgeglichen werden kann.

Die Integration zusätzlicher Funktionen in Mobiltelefone bedingt typischerweise, dass diese etwas größer werden – sei es auch nur, weil das Display eine Mindestgröße haben muss oder eine Eingabemöglichkeit vorgesehen werden soll. Dem steht ein anderer Trend entgegen, der auf die Desintegration der klassischen Handys hinausläuft: Am Ohr mag man (vielleicht bald sogar als Schmuckstück) nur ein leichtes Headset beziehungsweise ein „Earpiece“ tragen, das Mikrophon verschwindet in einem Hemdenknopf; beide Teile kommunizieren schnurlos mit dem eigentlichen Handy am Gürtel oder in der Armbanduhr, wobei Letztere auch die Anzeige von Kurznachrichten und Bedienungsfunktionen ermöglicht. Kommunikationsdienste, Bedienungselemente, Anzeigedisplays und Zusatzfunktionalitäten wie Lokalisierungsdienste, Internetzugriff und digitale Assistenz können also durchaus auf verschiedene, jedoch miteinander kooperierende persönliche „Geräte“ (oder besser vielleicht modische „Accessoires“) verteilt werden. Dies reicht bis hin zu Brillen, die äußerlich von normalen kaum zu unterscheiden sind, aber Informationen einblenden, so dass computergenerierte Bilder der normalen Sicht überlagert werden können oder gar mit dieser verschmelzen – was irgendwann einmal sogar den virtuellen roten Teppich ermöglichen mag, den das persönliche Navigationssystem zur Orientierung in einer fremden Umgebung vor den eigenen Augen ausrollt...

Die zuletzt genannten Aspekte werden oft unter dem etwas diffusen Begriff „wearable computing“ subsumiert. In technischer Hinsicht geht es dabei jedoch nicht etwa um futuristische Cyborg-Visionen, bei der Mensch und Computer zu einer Einheit verschmelzen, sondern die Erwartung ist schlicht, dass Computerfunktionalität und sie inkorporierende Geräte nicht nur „portabel“ sind, sondern in gewisser Weise Teil der Kleidung werden und mehr oder weniger direkt am Körper getragen werden – als Vergleich mag der Unterschied zwischen einer „tragbaren“ Taschenuhr, die zur Benutzung herausgeholt und aufgeklappt werden muss, und einer ständig ablesebereiten „anziehbaren“ Armbanduhr dienen. Ein wearable computer ist allerdings aufgrund körpernaher Sensoren gut dafür geeignet, den Gesundheitszustand des Benutzers zu überwachen (und im Bedarfsfall Werte der Vitalfunktionen per Telemetrie an ein medizinisches Callcenter weiterzumelden) oder seine Sinneswahrnehmung zu verstärken – insofern ergeben sich durch die Körpernähe neue Qualitäten und Funktionalitäten, die ein herkömmliches Handy kaum erbringen kann.

Die Ursache dafür, dass solche Vorstellungen erst jetzt ansatzweise realisiert werden können, liegt schlichtweg darin, dass bisher die Technik nicht weit genug fortgeschritten war: Zum einen musste die Halbleitertechnik erst dahin kommen, komplexe Funktionen auf so kleinem Raum zu integrieren, dass Größe, Gewicht und Stromverbrauch im wahrsten Sinne des Wortes erträglich werden, zum anderen rücken erst jetzt adäquate Kommunikationstechniken für den extremen Nahbereich (zum Beispiel „body area networks“) in greifbare Nähe, und schliesslich standen bisher Komponenten wie miniaturisierte Mikrophone und hochauflösende kleinformatige Displays nicht als preiswerte Serienprodukte zur Verfügung. Da durch den technischen Fortschritt diese Hürden nun jedoch langsam überwunden werden, ist schon bald mit entsprechenden Produkten zu rechnen.

Experimentiert wird auch mit der Erkennung gesprochener Sprache bei Handys, da dies in Situationen wie beim Autofahren die Bedienung erleichtert. Im erweiterten Sinne ist Spracherkennung immer dann sinnvoll, wenn kein Platz für Bedienelemente vorhanden ist – so etwa bei zukünftigen Geräten, die in die Kleidung „integriert“ werden oder als kleine modische Accessoires getragen werden. Für einen stark eingeschränkten Diskursbereich ist die Qualität der Spracherkennung bereits relativ gut, höhere Prozessorgeschwindigkeiten sollen in Zukunft auch ausreichend hohe Erkennungsraten liefern, um damit andere digitale Assistenzfunktionen (wie z.B. Navigation in fremden Umgebungen oder Abfrage von Fahrplänen) zu ermöglichen. Auch bei der Ausgabe synthetischer Sprache darf man weitere Qualitätssteigerungen erwarten. Etwas anders sieht es aus bei Funktionen, die das „Verstehen“ gesprochener Sprache innerhalb eines Kontextes voraussetzen, wie z.B. die Sprachübersetzung. Zwar sind die Forschungsergebnisse ermutigend, dies bleibt aber eine generell schwierige Materie, wo nur langsam Fortschritte erzielt werden.

Funktionen, die hohe Rechenkapazität, große Datenbanken oder ein hohes Speichervolumen voraussetzen, müssen im Übrigen nicht „vor Ort“, in den IT-Accessoires selbst, realisiert werden: Ist ein Handy beziehungsweise ein fortgeschrittener digitaler Assistent so gut wie immer und mit ausreichender Geschwindigkeit mit dem Internet und seinen Servern und Diensten verbunden, so kann die Speicherung von Daten (z.B. Fotos oder Musik) oder die Informationsverarbeitung (z.B. für eine automatische Sprachübersetzung) auch an anderer Stelle „im Netz“ erfolgen, wo ausreichend Kapazität, Raum und Energie zur Verfügung stehen – lediglich die Ein- und Ausgabedaten müssen drahtlos zwischen Handy und Hintergrundsystem übertragen werden, um dem Benutzer die Illusion zu vermitteln, dass sein Gerät dies alles selbst kann. Eine Auslagerung von Daten in das Netz ist auch deswegen sinnvoll, weil dann bei einem Verlust der kleinen IT-Accessoires nicht auch deren Daten verloren gehen.

Welche der oben skizzierten Neuerungen zuerst kommen und wie stark sie sich durchsetzen, hängt natürlich von verschiedenen Umständen ab und lässt sich nur schwer prognostizieren. Hier spielen technische Faktoren (wie z.B. die verfügbare Bandbreite der drahtlosen Kommunikation), ökonomische Faktoren, vor allem aber auch Akzeptanzfragen eine Rolle. Aus technischer Sicht lässt sich schon allein durch Extrapolation des Mooreschen Gesetzes (Verdopplung der Leistungsfähigkeit von Prozessoren nach jeweils 18 Monaten bzw. entsprechende Verkleinerung und Verbilligung bei gleicher Leistungsfähigkeit) in etwa abschätzen, was in den nächsten Jahren zumindest prinzipiell machbar erscheint. Was dann davon unter ökonomischen Gesichtspunkten – etwa hinsichtlich des Aufbaus einer Infrastruktur oder möglicher Geschäftsmodelle – sinnvoll erscheint, das ist schon weitaus schwieriger zu beantworten, wie dies vor einiger Zeit erst wieder die teilweise skurrilen Ergebnisse der diversen UMTS-Frequenzversteigerungen demonstriert haben. Ähnlich schwierig ist auch die Akzeptanz persönlicher Informations- und Kommunikationstechnik vorherzusagen – das Satellitentelefonssystem entpuppte sich bekanntermaßen (jedenfalls zunächst) als Misserfolg, das SMS-Kurznachrichtensystem für Handys dagegen wurde in kürzester Zeit ein in dieser Größenordnung völlig unerwarteter Erfolg. Ob sich Neuerungen zum Nutzen der Bürger entwickeln und akzeptiert werden, lässt sich meist erst in einer Nachbetrachtung feststellen.

2. Technologietrends weisen auf „verschwindende“ und gleichzeitig allgegenwärtige Computertechnik hin

Handys mit Internetanbindung, Ortslokalisierung und Spracherkennung oder auch Chipkarten und PDAs, welche per Funks mit ihrer Umgebung kommunizieren, sind erste Vorboten eines anbrechenden und durch eine nahezu totale Vernetzung gekennzeichneten „Post-PC-Zeitalters“, wo der Computer nicht mehr primär in seiner Form als PC auftritt und welches von IBM-Chairman Lou Gerstner einmal so beschrieben wurde: „A billion people interacting with a million e-businesses through a trillion interconnected intelligent devices.“

Was darf man in dieser Hinsicht von dem sich noch weiter beschleunigenden technischen Fortschritt erwarten? Immer deutlicher wird, dass wir vor einer neuen Epoche der Computeranwendung stehen, die unser Leben radikal beeinflussen dürfte. Haben PC, Internet und das Web in den vergangenen Jahren vor allem im Geschäftsbereich bereits viel verändert, und sieht man derzeit allenthalben Anzeichen für eine große Konvergenz ganzer Industrien aus den Bereichen Medien, Unterhaltungselektronik, Telekommunikation und Informationstechnik, so wird die bevorstehende nächste Welle der technologischen Revolution uns alle viel unmittelbarer und in allen

Lebenssituationen betreffen: Es zeichnet sich ab, dass unsere nahe Zukunft voll sein wird von kleinsten, spontan miteinander kommunizierenden Prozessoren, welche aufgrund ihrer geringen Größe und vernachlässigbaren Preises in nahezu beliebige Alltagsgegenstände integriert sein werden.

Eine Ursache hierfür liegt im langfristigen Trend der Mikroelektronik: Mit erstaunlicher Präzision und Konstanz gilt das bereits Ende der 1960er-Jahre von Gordon Moore aufgestellte und nach ihm benannte „Gesetz“, welches besagt, dass sich die Leistungsfähigkeit von Prozessoren etwa alle 18 Monate verdoppelt. Für die chipherstellende Industrie stellt dies mittlerweile fast eine selbsterfüllende Prophezeiung dar, sie orientiert sogar ihre auf die Zukunft gerichteten „technology roadmaps“ nach diesem Gesetz. Ein ähnlich hohes Effizienzwachstum ist auch für einige andere Technologieparameter wie Energiebedarf pro Computerinstruktion (Abbildung 2 zeigt den Parameter MIPS/W für ausgewählte Prozessoren), Speicherdichte (Abbildung 3) oder Kommunikationsbandbreite zu beobachten; umgekehrt ausgedrückt fällt mit der Zeit bei gleicher Leistungsfähigkeit der Preis für mikroelektronisch realisierte Funktionalität radikal. Technologieexperten gehen davon aus, dass dieser Trend noch eine ganze Reihe von Jahren anhalten wird. Computerprozessoren und Speicherkomponenten werden also noch wesentlich leistungsfähiger, kleiner und billiger.

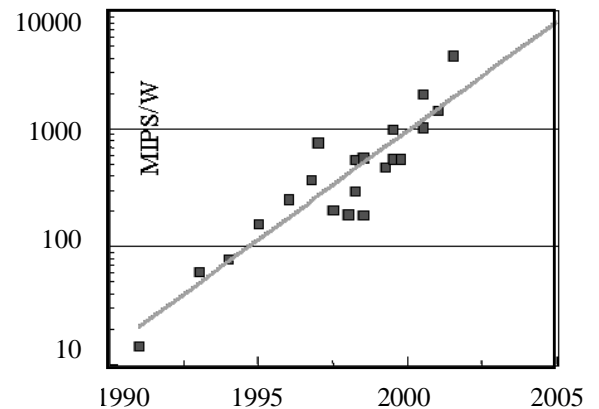


Abbildung 2

Aus dem Bereich der Materialwissenschaft und der Festkörperphysik 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 leuchtmitterende Polymere („leuchtendes Plastik“) zu nennen, die Displays aus hochflexiblen, dünnen und biegsamen Plastikfolien ermöglichen – man mag in Zukunft vielleicht statt eines Thermometers oder Barometers sein Internet-Portal zum Wetterdienst als Klebefolie am Schlafzimmerfenster anbringen. Laserprojektionen aus einer Brille direkt auf die Augenretina stellen eine weitere gegenwärtig untersuchte Möglichkeit zur Substitution klassischer Ausgabemedien von Computern dar. Es wird aber auch an „elektronischer Tinte“ und „smart paper“ geforscht, welche Papier und Stift zum vollwertigen, interaktiven und

hoch mobilen Ein- und Ausgabemedium mit einer uns wohlvertrauten Nutzungsschnittstelle erheben. Zwar ist hier noch einiges an technischer Entwicklungsarbeit zu leisten und man dürfte von einem breiteren kommerziellen Einsatz noch einige Jahre entfernt sein, jedoch existieren bereits Prototypen von elektronischem Papier und elektronischer Tinte, und 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.

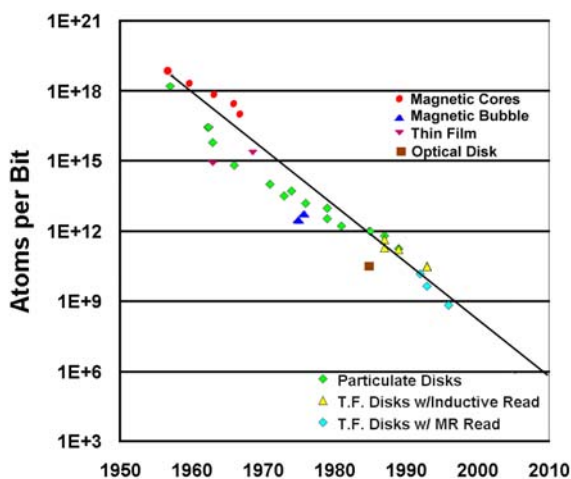


Abbildung 3

Immer wichtiger werden auch Ergebnisse der Mikrosystemtechnik und vermehrt auch der Nanotechnik; sie führen beispielsweise zu kleinsten integrationsfähigen 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 (indem er z.B. mit Mikrowellen bestrahlt wird) oder einfach direkt aus dem Messvorgang (wie Temperaturänderung oder Druck).

Ohne eigene Energieversorgung funktionieren auch die elektronischen Etiketten (so genannte passive „smart labels“ oder RFIDs für „Radio Frequency Identification“). Diese sind je nach Bauform weniger als ein Quadratmillimeter groß und dünner als ein Blatt Papier. In der Form von flexiblen Selbstklebeetiketten kosten sie derzeit mit fallender Tendenz zwischen 0,5 und 1 € pro Stück und haben dadurch das Potential, in gewissen Bereichen die klassischen Strichcodeetiketten zur Identifikation von Waren abzulösen. Von Vorteil ist dabei vor allem, dass keine Sichtverbindung zum „Lesegerät“ bestehen muss (wie noch bisher beim Laserscanner im Supermarkt), dass einzelne Produkte und nicht nur ganze Produktgruppen unterschieden werden können und dass ein elektronisches Etikett mehrfach verwendet werden kann, indem es mit unterschiedlicher Information beschrieben wird. 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 einige hundert Byte gelesen und geschrieben werden – je nach Bauform und zugrunde liegender Technik bis zu einer Distanz von einigen Zentimetern bis ca. zwei Meter.

Interessant an solchen fernabfragbaren elektronischen Markern ist, dass sich dadurch Objekte der realen Welt 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 und Methoden zur Informationsverarbeitung 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, wie weiter unten skizziert wird.

Große Fortschritte werden derzeit auch auf dem Gebiet der drahtlosen Kommunikation erzielt. So ist die GSM-Mobiltelefontechnik mittlerweile großflächig etabliert und wird derzeit als so genannte Systeme der dritten Generation (UMTS) hinsichtlich höherer Bandbreiten und besseren Möglichkeiten für die Datenkommunikation ausgebaut. Interessant sind vor allem neuere Kommunikationstechniken im Nahbereich, die viel weniger Energie benötigen und 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.

Spannend sind auch Entwicklungen im Bereich von „Body Area Networks“ – hier wird der menschliche Körper selbst als Medium zur Übertragung von Signalen sehr geringer Stromstärken genutzt. Allein durch Anfassen eines Gerätes oder Gegenstandes kann diesem dann eine eindeutige Identifikation (die beispielsweise von der Armbanduhr in den Körper eingespeist wird) übermittelt werden; auf diese Weise könnten Zugangsberechtigungen, personalisierte Konfigurationen von Geräten oder die Abrechnung von Dienstleistungen erfolgen. Auch mit Kleidern aus Stoffen, die leitfähige Fasern enthalten, wird im Bereich des „wearable computing“ experimentiert. Fasern, die beim Dehnen ihren elektrischen Widerstand ändern, ermöglichen jedenfalls interessante Mensch-Maschine-Schnittstellen, da so Körperbewegungen erfasst werden können oder Funktionen durch leichtes Ziehen an einem Stück der Kleidung ausgelöst werden können.

Intensiv wird derzeit auch an verbesserten Möglichkeiten zur Positionsbestimmung mobiler Objekte (etwa mittels satellitengestützter Systeme wie GPS oder Funkpeilverfahren bei Handys) gearbeitet. Neben einer Erhöhung der Genauigkeit besteht das Ziel vor allem in einer Verkleinerung der Empfänger und in einer Reduktion des Energiebedarfs. GPS-Empfänger werden inklusive der notwendigen Antenne schon bald nur noch etwa die Größe von Kreditkarten haben.

Viele dieser technologischen Entwicklungen lassen sich zusammenführen oder gar integrieren. So werden etwa für den Bereich „eingebettete Systeme“ vollwertige Computer inklusive Sensoren und drahtloser Vernetzungsfunktionalität auf einem einzigen Chip entwickelt, die zu Steuerungsaufgaben in beliebige Geräte oder Alltagsgegenstände eingebaut werden können. Es geht dabei weniger um hohe Prozessorgeschwindigkeit als vielmehr darum, einen solchen Chip klein, billig und stromsparend auszulegen. Bei solchen Mikrochips handelt es sich – gegebenenfalls im Verbund mit geeigneten externen Sensoren, Ein- / Ausgabeschnittstellen und Kommunikationsmöglichkeiten – um die primären Komponenten, welche Alltagsdinge „smart“ machen können.

Fasst man die genannten Technikrends und Entwicklungen zusammen – kleinste und preiswerte Prozessoren mit integrierten Sensoren und drahtloser Kommunikationsfähigkeit, Anheften von Information an Alltagsgegen-

stände, Fernidentifikation von Dingen, präzise Lokalisierung von Gegenständen, flexible Displays und Halbleiter auf Polymerbasis, elektronisches Papier sowie verbesserte Spracherkennung – so wird deutlich, dass damit die technischen Grundlagen für eine skurril anmutende Welt gelegt sind: Alltagsdinge, die in gewisser Weise „smart“ sind, und mit denen wir unter Umständen sogar auf halbwegs natürliche Art kommunizieren können.

3. Alltagsdinge werden „schlau“ und vernetzen sich über das Internet

Die durch den nachhaltigen technischen Fortschritt induzierte „schleichende Revolution“ hinsichtlich Quantität aber auch Qualität der Informationsverarbeitungsfähigkeit führt dazu, dass schon bald Rechenleistung fast im Überfluss vorhanden sein wird – die nach Gebrauch wertlosen Chipkarten in Form von Telefonkarten oder die als Ersatz für Strichcode-Etiketten dienenden und vor der Masseneinführung stehenden elektronischen Etiketten sind erste Hinweise auf die in großer Zahl zu erwartenden „Wegwerfcomputer“.

Mit dieser absehbaren Durchdringung der Welt mit Informationsverarbeitungskapazität wird ein Paradigmenwechsel in der Computeranwendung eingeläutet, für den der Begriff „Ubiquitous Computing“ geprägt wurde: Kleinste und billige Prozessoren können in viele Alltagsdinge eingebettet werden, welche über ebenfalls integrierte Sensoren die Umgebung erfassen und „ihren“ Gegenstand mit Informationsverarbeitungs- und Kommunikationsfähigkeiten versehen. Auf diese Weise wird Alltagsgegenständen eine neue, zusätzliche Qualität verliehen – diese könnten dann zum Beispiel erfahren, wo sie sich befinden, welche anderen Gegenstände in der Nähe sind und was in der Vergangenheit mit ihnen geschah, ferner können sie mit anderen „smarten“ Gegenständen kommunizieren und kooperieren sowie prinzipiell auf beliebige Ressourcen im Internet zugreifen. Dinge und Geräte können sich damit situationsangepasst verhalten und wirken auf diese Art „schlau“, ohne tatsächlich „intelligent“ zu sein.

Bemerkenswert am Paradigma des Ubiquitous Computing ist, dass es in seinem Anspruch, den Computer in die Welt zu bringen, der Maxime der Virtuellen Realität, die Welt in den Computer zu bringen, diametral entgegensetzen scheint. Tatsächlich geht es in der Vision des Ubiquitous Computing gerade nicht darum, sich von der realen Welt abzukapseln und eine künstliche Welt aufzubauen, sondern im Gegenteil soll die natürliche, dem Menschen vertraute Umgebung durch diskret in den Hintergrund tretende Technik angereichert und angenehm gestaltet werden.

Dadurch, dass Dinge miteinander kommunizieren können (indem diese z.B. ihren Aufenthaltsort oder Sensorwerte anderen interessierten und dazu befugten Dingen mitteilen), wird auch das Internet einen drastischen Wandel erleben. Tatsächlich ist das Wachstum des Internet ja nicht nur durch einen stürmischen, derzeit noch immer nahezu exponentiell verlaufenden Zuwachs hinsichtlich der angeschlossenen Computer charakterisiert (hält das gegenwärtige Wachstum an, erwartet man über eine Milliarde internetfähiger Geräte im Jahr 2005), mindestens genauso interessant ist sein Wachstum in qualitativer Hinsicht: Wurde es in den 1980er-Jahren vor allem als Kommunikationsmedium von *Mensch zu Mensch* genutzt – E-Mail war seinerzeit die dominierende Anwendung – so brachten bereits die 1990er-Jahre mit dem WWW eine ganz andere Nutzungsform hervor: Nun kommunizierten *Menschen* via Browser auf der einen Seite mit *Maschinen*, nämlich WWW-Servern, auf der anderen Seite. Damit einher ging eine Vervielfachung des Datenverkehrs; gleichzeitig stellte dies die Voraussetzung für die schnelle Kommerzialisierung und Popularisierung des Internet dar. Jetzt zeichnet es sich indes ein weiterer Qualitätssprung ab: Das Internet wird in Zukunft vor allem für die Kommunikation von *Maschine zu Maschine* – oder vielleicht besser von *Ding zu Ding* – verwendet werden. Nachdem mittlerweile so gut wie alle Computer der Welt an das Internet angeschlossen sind, steht nun also quasi eine Verlängerung des Internet bis in die Alltagsgegenstände hinein an.

Was bedeutet es, wenn Dinge miteinander kommunizieren können? Konkrete Anwendungen einzuschätzen ist schwierig. Das Potential scheint jedoch groß, wenn Gegenstände miteinander kooperieren können und prinzipiell Zugriff auf jegliche in Datenbanken oder im Internet gespeicherte Information haben bzw. jeden passenden Internet-basierten Service nutzen können. So gewinnt offenbar ein automatischer Rasensprenger nicht nur durch eine Vernetzung mit Feuchtigkeitssensoren im Boden an Effizienz, sondern auch durch die im Internet kostenlos erhältliche Wetterprognose. Ein anderes Beispiel sind Schreibstifte, die alles digitalisieren, was mit ihnen ge-

geschrieben wird und dies auch gleich an eine geeignete Stelle kommunizieren. Viele andere Anwendungen sind denkbar. Die Grenzen liegen dabei weniger in der technischen Natur, sondern sind eher ökonomischer Art (Geschäftsmodelle, Standards, Amortisation der Infrastruktur, Kosten des Informationszugriffs etc.).

Ein hohes Anwendungspotential besitzen auch Lokalisierungstechnologien. Wird man in Zukunft kaum mehr etwas verlieren können bzw. das verlorene fast immer wieder finden, weil ein Gegenstand stets weiss, wo er ist und dies bei Bedarf mitteilen kann? Noch sind Lokalisierungsmodule, die beispielsweise auf dem GPS-System beruhen, für viele Anwendungen zu groß, zu teuer, zu ungenau und zu energiehungrig. Bei allen vier Parametern erzielt man allerdings kontinuierliche Fortschritte, und für größere und wertvolle Dinge rechnet sich dies schon heute – so sind z.B. manche Mietautos insgeheim mit Lokalisierungsmöglichkeiten ausgestattet. Mit dem Fortschritt der Technik werden nach und nach auch einfachere Gegenstände von dieser Möglichkeit profitieren. Eltern könnten es beispielsweise zu schätzen wissen, wenn Schuhe und Jacken der Kinder ihren Aufenthaltsort verraten und diese sogar noch Alarm schlagen, wenn sich die Gegenstände außer Haus zu weit voneinander entfernen.

In gleicher Weise können „Fahrtenschreiber“ für beliebige Dinge realisiert werden: Weiss ein Gegenstand, wo er sich befindet, dann braucht er dies nur regelmäßig zusammen mit einem Zeitstempel abzuspeichern oder auf seiner privaten (und nicht jedermann zugänglichen) Homepage im Internet zu vermerken – im Nachhinein lässt sich dann die „Lebensspur“ des Gegenstandes einfach rekonstruieren und durch den Abgleich verschiedener solcher Lebensspuren kann der gemeinsame Kontext verschiedener Dinge ermittelt werden oder es kann über diese Historie einfach Zugang zu anderen Informationen (z.B. das Hotel, in dem sich eine ortsbewusste Reisetische befand) erlangt werden.

Anfangs werden von einer ubiquitären Vernetzung und „Artefaktintelligenz“ sicherlich eher solche höherpreislichen Haushaltsgeräte, Werkzeuge und andere Dinge profitieren (und damit zur Verbreitung der Techniken und Infrastrukturen beitragen), die durch sensorgestützte Informationsverarbeitung und Kommunikationsfähigkeit einen deutlichen Mehrwert erhalten. Bald dürften jedoch auch viele andere und eher banale Gegenstände – vom Terminkalender bis zum Möbelstück, vom Spielzeug bis zur Konservendose – ganz selbstverständlich das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Durchführung ihrer Aufgaben mit einbeziehen, auch wenn sich die Nutzer selbst dieses Umstands gar nicht bewusst sind. Für Geschäftstransaktionen, die ohne menschliches Zutun von Maschine zu Maschine oder von Ding zu Ding ablaufen, wurde jedenfalls von findigen Unternehmensberatern schon ein Begriff geprägt: „silent commerce“.

4. Mittelfristig erlangt das „Ubiquitous Computing“ große wirtschaftliche Bedeutung

Die sich durch den Fortschritt der Informations- und Kommunikationstechnik ergebenden neuen Basisfunktionen (wie Identifikation von Objekten aus der Ferne, „Intelligenz“ vor Ort, Vernetzung von Dingen über das Internet, unkonventionelle Mensch-Computer-Interaktionsprinzipien etc.) und die dadurch möglichen Anwendungen dürften mittel- und langfristig große wirtschaftliche Bedeutung erlangen. Dies soll hier am Beispiel der Fernidentifikation dargelegt werden.

Zur Identifikation von Gegenständen über eine Distanz von einigen Metern steht eine Reihe von laufend weiter perfektionierten Techniken zur Verfügung. Neben den noch nicht für eine breite Anwendung geeigneten Möglichkeiten einer Markierung mit biochemischen Mitteln oder der rein optischen Erkennung (viel versprechende Erfolge gibt es hier allerdings bereits mit der automatischen Identifikation von Gesichtern oder Fahrzeugen), sind dies vor allem die oben erwähnten elektronischen Etiketten. In etwas aufwändigerer und daher teurerer und größerer Bauform senden diese batteriegespeist in regelmäßigen Zeitabständen ein eindeutiges Funksignal aus, das von der Umgebung erkannt wird. Im Unterschied dazu benötigen die papierdünnen und nur noch wenige Quadratmillimeter großen *passiven* elektronischen Etiketten, die auf Gegenstände geklebt oder bei der Herstellung von Produkten in diese integriert werden, zwar aufwändigere „Detektoren“, welche die Etiketten gewissermaßen anfunken und deren eindeutige Funkechos erkennen, diese sind jedoch preiswerter und arbeiten ohne Batterie, sind also für den Masseneinsatz prädestiniert.

Bislang werden solche „smart labels“ in prototypischer Weise zur Erhöhung der Fälschungssicherheit von Markenprodukten (als eine Art elektronisches Siegel) oder zur Optimierung von Lagerhaltung und Produktionsprozessen eingesetzt. So kontrollieren beispielsweise Teileboxen an Montagebändern bei einem Autohersteller automatisch ihren Bestand und senden ein Signal an das Lager und an die Lieferanten, sobald sie ersetzt werden müssen. Zulieferer erhalten auf diese Weise präzise Informationen zum Bedarf und können die benötigten Teile zeitnah liefern. Ein anderes Beispiel ist eine Pilotanwendung einer englischen Supermarktkette, bei der elektronisch etikettierte Mehrwegbehälter für verderbliche Produkte eine deutliche Verkürzung der Durchlaufzeit in der Logistikkette und so eine Verlängerung der Verweilzeit auf dem Verkaufsregal ermöglichen. Dabei identifizieren Detektoren im Zwischenlager und beim Einzelhändler vollautomatisch jede Box inklusive des Ablaufdatums des Inhalts.

Die meisten Pilotanwendungen für „smart labels“ finden sich bisher in der Automobilindustrie, in der Logistik und im Transportwesen. Neuere Anwendungsbeispiele kommen aus den Life Sciences und dem Einzelhandel. Einfache Anwendungen beschränken sich dabei auf Basisfunktionen des Ubiquitous Computing wie Identifikation, Lokalisierung und Ortsverfolgung, wobei lediglich der Identifikator dezentral auf dem Gegenstand gespeichert wird. Komplexere Anwendungen nutzen zunehmend Sensoren zur dezentralen Sammlung von Daten aus der Umwelt und arbeiten mit so genannten notification services, d.h. smarte Dinge melden sich autonom, wenn eine vorgegebene Bedingung eintritt oder wenn gegen eine vorprogrammierte Regel (z.B. bezüglich zulässiger Temperatur oder Aufenthaltsdauer) verstoßen wird.

Allgemein ausgedrückt kann sich also ein smartes Produkt einerseits automatisch (aus einer Datenbank oder sogar von seiner eigenen Homepage) die neuesten Informationen wie Zielort oder aktualisierte Gebrauchsanleitung herunterladen, andererseits kann es sein informationelles Gegenstück, das irgendwo im Internet residiert, selbständig mit Sensordaten wie etwa seinem Aufenthaltsort versorgen. Man kann so in gewisser Weise den Gegenstand mit dem elektronischen Etikett oder den Funksensoren als den „Körper“ des Objektes ansehen, sein informationelles Gegenstück dagegen als dessen „Seele“, das die objektspezifischen Daten speichert und gegebenenfalls sogar als aktive Informationseinheit autonom agieren und kommunizieren kann.

Die neuen Techniken des Ubiquitous Computing automatisieren damit die Verknüpfung der realen Welt der Alltagsdinge, Produkte und Betriebsmittel mit der virtuellen Welt des Internets bzw. der Electronic Commerce- und Supply Chain Management-Systeme und ersetzen so vielfach den Menschen als Mediator zwischen realer und virtueller Welt. Die Folge davon sind unter anderem neue Geschäftsprozesse, welche Herstellern, Lieferanten und Kunden hohen Zusatznutzen stiften. Sie helfen Durchlaufzeiten, Lagerbestände, Risiken und Fehlerraten zu reduzieren, können zu neuen Lösungen in den Bereichen Wartung und Reparatur, Sicherheit und Haftung, Qualitätssicherung, Entsorgung und Wiederverwertung führen und ermöglichen schliesslich vor allem auch zahlreiche neue Dienstleistungen sowie die konsequente Individualisierung bzw. Personalisierung von Gütern über deren gesamten Lebenszyklus.

Fast schon ein wenig beängstigend klingt das, was Peter Harrop als Experte von IDTechEx diesbezüglich schreibt: „The next evolution involves fully automated communications on a vast scale. The fast-moving consumer goods industry will be transformed by trillions of one cent smart labels... Many new consumer benefits will be offered such as the food that tells the microwave how to cook it... Many markets for position services will be created such as low-cost gadgets that trace lost children, assets and animals and tags on one million vehicles permitting them to be located and their tax, license, etc. verified remotely.“

Längerfristig lassen die Verfahren der entfernten Identifikation von Gegenständen zusammen mit dem drahtlosem Informationszugriff sowie Techniken der Mobilkommunikation und des „wearable computing“ allerdings Möglichkeiten zu, die über die oben erwähnte Optimierung von Geschäftsprozessen weit hinausgehen und die gewissermaßen auf eine Informatisierung der Welt hinauslaufen.

Dazu stelle man sich vor, dass Alltagsgegenstände wie Möbelstücke, verpackte Lebensmittel, Arzneimittel oder Kleidungsstücke mit einem elektronischen Etikett versehen sind, das als digitale Information eine jeweils spezifische Internetadresse (also eine „URL“) enthält, welche – vereinfacht ausgedrückt – auf die Homepage des Gegenstandes verweist. Kann man diese Internetadresse dann mit einem Handy-artigen Gerät auslesen, indem man

damit auf den Gegenstand zeigt, so kann das Handy von sich aus, ohne weitere Zuhilfenahme des „anvisierten“ Gegenstandes, die entsprechende Homepage über das Mobilnetz besorgen und anzeigen.

Für den Nutzer entsteht so der Eindruck, als habe ihm der Gegenstand selbst eine ihm angeheftete Information „zugefunkt“, obwohl diese tatsächlich vom Handy in indirekter Weise über die URL aus dem Internet besorgt wurde. Bei der Information kann es sich beispielsweise um eine Gebrauchsanweisung eines Werkzeugs handeln, oder um ein Kochrezept für ein Fertiggericht, oder auch um den Beipackzettel eines Arzneimittels. Was im Einzelnen angezeigt wird, dies 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 oder welchen Welterklärungsservice eines Lexikonverlags er abonniert hat – aber vielleicht ja auch davon, ob er seine Steuern brav bezahlt hat oder der richtigen Partei angehört...

Bei dem hier noch als „Handy“ bezeichneten Gerät mag es sich in Zukunft, wie weiter oben dargelegt, in Kombination mit einem „Zeigestab“ auch um eine spezielle Brille oder um ein Stück elektronisches Papier zur Anzeige der Information handeln. Weiterhin sind natürlich nicht nur menschliche Nutzer an Zusatzinformation zu Gegenständen interessiert, sondern ebenso andere „schlaue“ Dinge. Die Mülltonne mag beispielsweise sehr neugierig auf die Recyclingfähigkeit ihres Inhaltes sein, der Arzneischrank mag um die Verträglichkeit seiner Medikamente und deren Haltbarkeit besorgt sein. Prinzipiell spricht – zumindest aus technischer Hinsicht – auch gar nichts dagegen, dass Gegenstände (bzw. deren informationelle Gegenstücke im Internet) Information untereinander austauschen, sich also quasi miteinander unterhalten, sofern eine gemeinsame Verständigungsbasis in Form einer normierten, formalen Sprache vorhanden ist. Entsprechende Bemühungen, Produktbeschreibungssprachen zu definieren, gibt es bereits.

Auch wenn dies im Einzelnen derzeit noch nicht abgeschätzt werden kann, dürfte klar sein, dass um die vielen schlaunen Dinge herum völlig neue Anwendungen entstehen werden. Der digitale Mehrwert eigener Produkte kann diese von physisch ähnlichen Erzeugnissen der Konkurrenz deutlich absetzen und Kunden stärker an eigene Mehrwertdienste und dazu kompatible Produkte binden. Die Pflege und Weiterentwicklung der für derartige Aspekte notwendigen globalen Infrastruktur – einschließlich Maßnahmen, um dem in einer solchen Umgebung erhöhten Bedürfnis nach Sicherheit und Datenschutz gerecht zu werden – mag vielleicht sogar einmal eine ganze Industrie beschäftigen, analog den heutigen Energie- und Telekommunikationsunternehmen.

5. Wachsende Technikabhängigkeit, Kontrolle über neue Medien sowie der Schutz der Privatsphäre bilden neue gesellschaftliche und politische Herausforderungen

Während eine Technikanalyse höchstens die Frage beantworten kann, was die Zukunft bringen *kann*, muss die Frage, was die Zukunft bringen *darf*, durch einen gesellschaftlichen Prozess beantwortet werden.

Wenn Information an „elektronisch aufgewertete“ Dinge angeheftet wird, physische Dinge selbst also quasi zu Medien werden, wer kann oder darf dann über den Inhalt bestimmen? 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 eigene Homepage setzt. Auch die Frage, welche WWW-Seiten Suchmaschinen liefern dürfen (Bauanleitungen für Bomben? Seiten mit pornographischem Inhalt?) und wer dafür die Verantwortung übernimmt, entwickelt sich schon fast zu einem Politikum. Wenn nun aber in Zukunft beispielsweise Fertiggerichte ein elektronisches Etikett enthalten, darf dann eine Verbraucherschutzinstitution diese Nummer mittels eines eigenen elektronischen Verzeichnisses auf eine andere Information abbilden als es der Hersteller beabsichtigt hat (und so beispielsweise vor Allergenen bei den Inhaltsstoffen warnen)? Ist das zumindest dann gestattet, wenn der „Betrachter“ dies explizit wünscht?

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?“), dürfen die Dinge der Welt dann vom Hersteller der smarten Brille beliebig interpretiert werden? Da Weltsichten schon oft Anlass zum Streit waren, darf man sich in dieser Hinsicht nun, wo der Cyberspace mit der Realität auf Tuchfühlung geht, dieser stellenweise überlagert wird oder sogar mit ihr verschmelzen wird, noch

auf einiges gefasst machen – letztendlich dürften sich dabei tatsächlich politische Fragen mit einer gewissen Brisanz stellen.

Viele weitere Fragen ergeben sich bei der zunehmenden Informatisierung der Welt, von denen hier nur einige noch angerissen werden sollen: Funktionieren etwa viele Dinge nur noch dann ordnungsgemäß, wenn Zugriff auf das Internet oder eine vergleichbare Infrastruktur besteht, dann entsteht natürlich eine große Abhängigkeit von diesen Systemen und der zugrunde liegenden Technik. Wenn diese versagt, wofür es unterschiedliche Gründe – Entwurfsfehler, Materialdefekte, Sabotage, Überlastung, Naturkatastrophen etc. – geben kann, dann kann sich dies gleich in globaler Hinsicht katastrophal auswirken. Ist das korrekte Funktionieren der informationstechnischen Infrastruktur überlebenswichtig für die Gesellschaft und den Einzelnen, müssen nicht nur geeignete Sicherungsmechanismen vorgesehen werden, sondern Systeme sollten von vornherein im Bewusstsein dieser Verantwortung entworfen werden.

Eine anderer Fragenkomplex betrifft die sozialverträgliche Gestaltung der skizzierten Technologien und ihrer Anwendungen. Sicherlich sollte auch die Nutzung der wichtigsten Funktionen einfach und allgemein möglich sein, um eine sonst tief in das alltägliche Leben hineinreichende „digitale Spaltung“ der Gesellschaft zu vermeiden. Genauso wichtig scheint es aber auch, den Aspekt, welche Kartelle, Monopole oder Machtkonzentrationen sich durch die Verlängerung des Internets in die Alltagswelt hinein herausbilden könnten und wie dies in einer demokratischen Gesellschaft moderiert werden kann, im Auge zu behalten.

Schliesslich ist dem Aspekt des Schutzes der Privatsphäre besondere Beachtung zu schenken. Die Vision des allgegenwärtigen Computers erweitert jedenfalls die aus dem Internet bekannte Problematik der „Online-Historie“, also der detaillierten Erfassung von Mausclicks und besuchten Web-Seiten, zur umfassenden „Offline-Historie“: Während sich bisher die Web-Überwachung einer Person zumindest klar abgrenzbar auf die Benutzung von PCs beschränkt, wird es in einer Welt voll smarter Alltagsgegenstände oft gar keine eindeutige Unterscheidung zwischen dem „Online“ und dem „Offline“ mehr geben. Dadurch gewinnen die allgegenwärtig erhobenen Daten zwangsweise an Qualität: Wo vorher nur ein relativ begrenzter Aspekt einer Person durch Stöbern in den Datenspuren erfassbar war, offenbart sich in der ubiquitären Vision ein weitaus umfassenderes Bild dieser Person und ihres Verhaltens im Alltagsleben.

Klar scheint jedenfalls, dass man ohne effektive Maßnahmen zum Datenschutz mit den Techniken des Ubiquitous Computing eine Überwachungsinfrastruktur schaffen würde, welche viele bestehende Gesetze und Mechanismen zum Schutz der Privatsphäre ineffektiv machen könnte. Es sind daher grundlegende rechtliche Überlegungen, neue technische Ansätze und auch intensive gesellschaftliche und organisatorische Anstrengungen auf den Gebieten Sicherheit und Datenschutz nötig, um diese schöne neue Welt voller „smarter“ und kommunikationsfreudiger Dinge nicht in einen orwellischen Überwachungsstaat zu verwandeln.

Perspektiven

Der Trend zeigt eindeutig in Richtung einer weiteren Informatisierung der Welt – beispielsweise durch die Einbettung von immer mehr Prozessoren in Alltagsdinge und durch den zunehmenden Anschluss von allerlei Geräten an das Internet. Alleine in technischer und organisatorischer Hinsicht ergeben sich dabei allerdings noch vielfältige Herausforderungen – etwa die Energieversorgung der Artefakte, Standards zur Kommunikation und vieles mehr.

Wenn durch den technischen Fortschritt indessen mehr und mehr Alltagsdinge „smart“ werden und sich dadurch dem Menschen gegenüber in unkonventioneller Weise verhalten, dann führt dies letztlich zu einer anderen Welt als wir sie bisher gewohnt sind. Die Veränderungen geschehen allerdings nicht über Nacht, vielmehr handelt es sich bei diesem Prozess eher um eine schleichende Revolution. In seinen Konsequenzen zu Ende gedacht, dürfte eine von Informationstechnik im wahrsten Sinne des Wortes durchdrungene Welt über kurz oder lang jedoch größere gesellschaftliche und ökonomische Konsequenzen nach sich ziehen und damit auch von politischer Relevanz sein.

Die treibenden Kräfte hinter den zugrunde liegenden technischen Errungenschaften bilden die Mikroelektronik und die Informatik, unterstützt durch Grundlagenforschungen in den Bereichen Physik und Materialwissenschaft. Die dynamische Entwicklung in diesen Gebieten geht ungebremst weiter, ihre Auswirkungen betreffen daher immer mehr Aspekte des täglichen Lebens. Damit wird auch deutlich, dass das 21. Jahrhundert wohl weniger, wie frühere populäre Zukunftsprognosen es nahe legten, durch Mondkolonien, Unterwasserstädte und Atomautos geprägt sein wird, die alle den Einsatz großer Technikstrukturen voraussetzen, als vielmehr durch die Anwendung kleinster und damit quasi unsichtbarer, aber gerade dadurch leicht replizierbarer und verbreitbarer Technik, wozu neben der Mikroelektronik auch die Biotechnik und Nanotechnik gehören. Und blickt man in die fernere Zukunft, dann sollten gerade letztere einen weiteren entscheidenden Beitrag zu smarten Umgebungen liefern, nämlich kleinste Akteure, die in und an der physischen Welt tatsächliche Änderungen vornehmen.

Bevor sich aber die Hoffnungen auf die Nanotechnik erfüllen können, darf man zunächst auf die Wirkungen des Ubiquitous Computing gespannt sein. Worin dabei die Chancen in wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Hinsicht liegen und welche sozialen und rechtlichen Konsequenzen dies alles haben könnte, vor allem aber auch welche Rolle Europa bei der Gestaltung des „Internet der Dinge“ spielen sollte, darüber nachzudenken lohnt sich sicherlich schon jetzt!

Zum Autor

Prof. Dr. Friedemann Mattern ist Ordinarius für Informatik an der ETH Zürich und leitet dort das Fachgebiet „Verteilte Systeme“. Zuvor war er als Professor an der Universität des Saarlandes sowie an der TU Darmstadt tätig. 1999 etablierte er in Zürich eine Forschungsgruppe für Ubiquitous Computing und ist seitdem an Industriekooperationen und europäischen Forschungsprojekten zu diesem Thema beteiligt.

Der Autor dankt seinem Kollegen Elgar Fleisch für Beiträge zur wirtschaftlichen Nutzung der Ubiquitous Computing-Technologien.
