

## **Ubiquitous Computing – Der Trend zur Informatisierung des Alltags**

FRIEDEMANN MATTERN UND MARC LANGHEINRICH

Die Vision des Ubiquitous Computing sieht vor, Alltagsdinge an das Internet anzuschliessen und mit Sensorik auszustatten, um so den Menschen bei der Bewältigung seiner alltäglichen Aufgaben in unaufdringlicher und intuitiver Weise zu unterstützen. Der berühmte Kühlschrank, der selbständig Milch nachbestellt, mag zwar ein gern zitierter Vertreter einer solchen „schönen neuen Welt“ sein, doch täuschen derartige, eher abschreckende Beispiele leicht über die weitreichenden gesellschaftlichen und ökonomischen Implikationen hinweg, welche die überall eindringende Informationsverarbeitung bald auf uns haben dürfte.

### **Computer im Überfluss**

Der stetige Fortschritt der Mikroelektronik ist inzwischen fast eine Selbstverständlichkeit geworden: Schon seit Jahrzehnten verdoppelt sich etwa alle 18 Monate die Verarbeitungsgeschwindigkeit von Computern, und ähnlich hohe Effizienzsteigerungen sind bei der Speicherkapazität und im Bereich der Vernetzung zu beobachten. Dieser weiter anhaltende Trend führt dazu, dass elektronische Komponenten in Zukunft noch wesentlich leistungsfähiger, kleiner und billiger werden, womit Computerleistung bald im Überfluss vorhanden sein dürfte. Die nach Gebrauch wertlosen Telefonchipkarten oder die kurz vor der Masseneinführung stehenden smart labels (siehe Kasten) sind erste Hinweise auf die zu erwartenden Myriaden von „Wegwerfcomputern“. Diese Entwicklung hat langfristig dramatische Konsequenzen – Computer „verschwinden“ und werden gleichzeitig doch allgegenwärtig.

Neuere Technologien könnten den Computern der Zukunft eine gänzlich andere Form geben und dafür sorgen, dass diese auch äusserlich nicht mehr als solche wahrgenommen werden, weil sie vollständig mit der Umgebung verschmelzen. So wird beispielsweise an „smart paper“ und „elektronischer Tinte“ geforscht, welche Papier und Stift in Computer mit einer uns wohlvertrauten Nutzungsschnittstelle transformieren. Faszinierend sind auch kleinste Sensoren, welche unterschiedlichste Parameter der Umgebung aufnehmen und per Funk weitermelden. Auf dem Gebiet der drahtlosen Kommunikation ermöglichen bald neue Kommunikationstechniken im Vergleich zu heutigen Handys viel kleinere, billigere und energieärmere Ausführungen. Intensiv wird auch an verbesserten Möglichkeiten zur Positionsbestimmung mobiler Objekte gearbeitet, wobei neben einer Erhöhung der Genauigkeit das Ziel vor allem in einer deutlichen Verkleinerung der Module liegt.

Mit diesen Entwicklungen wird eine neue Ära der Computerisierung eingeläutet: Drahtlos kommunizierende Prozessoren und Sensoren können aufgrund ihrer geringen Grösse und ihres vernachlässigbaren Preises und Energiebedarfs bald in viele Gegenstände integriert oder anderweitig in die Umwelt eingebracht werden. Informationsverarbeitung gekoppelt mit Kommunikationsfähigkeit dringt so fast überall ein, sogar in Dinge, die zumindest auf den ersten Blick keine elektrischen Geräte darstellen. Damit sind aber auch die Grundlagen für eine skurril anmutende Welt gelegt: Alltagsdinge, die sich ihrer Position und ihres Zustandes bewusst sind und so ein an die jeweilige Situation angepasstes „smarteres“ Verhalten aufweisen.

### **Anwendungen für allgegenwärtige Computer**

Was bedeutet es, wenn der Computer eine Symbiose mit den Dingen der Umwelt eingeht und dadurch ubiquitär wird? Generell scheint das Anwendungspotential gross, wenn in Zukunft gewöhnliche Gegenstände miteinander kooperieren können und über Funk Zugriff auf externe Datenbanken haben oder passende Internet-basierte Services nutzen können. So gewinnt offenbar ein automatischer Rasensprenger nicht nur durch eine Vernetzung mit Feuchtigkeits-

sensoren im Boden an Effizienz, sondern auch durch die im Internet kostenlos erhältliche Wetterprognose.

Die treibende Kraft bei der Verbreitung von Ubiquitous-Computing-Technologien wird anfänglich vor allem im industriellen Bereich zu finden sein. Ein Beispiel stellt die *Logistik* dar, wo aufgrund des grossen Warenvolumens bereits kleinste Optimierungen erhebliche Einsparungen mit sich bringen: Mit smart labels, die auf Paletten und Produktverpackungen angebracht sind, kann eine lückenlose Verfolgung der Warenströme über die gesamte Lieferkette hinweg sichergestellt werden, indem Lesestationen an Laderampen und Hochregallagern den Zustand und Ort von Gütern ohne menschliche Intervention direkt in betriebliche Informationssysteme übernehmen.

Im Bereich des *Umweltmonitorings* wird in jüngster Zeit die Eignung drahtloser Sensornetze erkundet. Dabei wird eine grosse Zahl hochgradig miniaturisierter und sich spontan vernetzender Sensoren in die Umwelt (z.B. in waldbrandgefährdeten Gebieten) eingebracht. Durch den grossflächigen Einsatz der energiearmen Sensoren, die ihre Messwerte funkbasiert weitermelden, wird es möglich, Phänomene in bisher nie da gewesener Genauigkeit zu beobachten. Indem viele solche preiswerte Sensoren in physische Strukturen wie Brücken, Strassen oder Wasserleitungssysteme integriert werden, erhält man zukünftig auch dichte Überwachungsnetze für vielfältige weitere Zwecke (z.B. Verkehrsoptimierung oder präventive Wartungsarbeiten). Durch die geringe Grösse und dadurch, dass keine physische Infrastruktur (Verkabelung, Stromanschlüsse etc.) benötigt wird, kann die Instrumentierung in flexibler und nahezu unsichtbarer Weise geschehen.

Auch im *Automobilsektor* werden Ubiquitous-Computing-Technologien schon ansatzweise angewandt. So können viele Autos der Oberklasse sich selbständig mit Notfall- oder Sicherheitsdiensten in Verbindung zu setzen, um bei einem Unfall (sobald z.B. ein Auslösen der Airbags festgestellt wird) oder bei Diebstahl die eigene Position zu melden. Für die nächste Fahrzeuggeneration sind bereits Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikationsdienste in Planung, die mit Hilfe von Navigationssystem und Tachometer selbständig Staus feststellen bzw. mittels Sensoren Glatteis erkennen und dies an nachfolgende Fahrzeuge weitermelden. Selbst direkte Eingriffe wie Notbremsysteme zur Verhinderung von Auffahrunfällen sind nicht länger tabu: Smarte Autos, die es „besser wissen“ als ihre Fahrer und so beispielsweise die Höchstgeschwindigkeit oder den Mindestabstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen automatisch an die Verkehrslage anpassen, sind ein realistisches Szenario.

Im *Leasinggeschäft* könnten mit Sensoren und Kommunikationsmöglichkeiten ausgestattete Alltagsgegenstände neue Möglichkeiten eröffnen. Viele Gegenstände mögen sich nämlich für das *Pay-per-Use* als Alternative zum Kaufen eignen, vorausgesetzt, es kann festgestellt werden, wie oft oder wie intensiv die Nutzung erfolgt – etwas, das bislang eigentlich nur beim Telefonieren oder Stromverbrauch gut machbar war. Ein bereits erprobtes Beispiel sind dynamische Autoversicherungsprämien: Kriterien wie die Fahrweise des Besitzers, ob dieser das Auto auch anderen überlässt, die Tageszeiten, zu denen das Auto benutzt wird, sowie die Gegenden, in denen es abgestellt wird, bestimmen die Prämie. Auch wenn dies in den meisten Fällen zu erheblichen Einsparungen für den Kunden führen sollte, bleibt die Akzeptanz solcher Modelle vorerst jedoch fraglich. So ist es sicherlich nicht jedermanns Sache, einem neuen Lehnswesen Vorschub zu leisten und sich von einem Serviceprovider abhängig zu machen, der die Nutzung eines smarten Gegenstandes begrenzt und nach komplexen Preisstrategien einzeln abrechnet – eine *flat rate* durch Kauf und Besitz einer Sache mit dem dadurch erworbenen Anspruch auf unbeschränkten und anonymen Gebrauch kann in vielen Fällen attraktiver wirken.

Viele weitere Anwendungsgebiete „schlauer“ und kommunizierender Alltagsdinge sind denkbar. Generell beruhen die Grenzen ihres Einsatzes weniger auf technischen Aspekten, sondern sind eher ökonomischer oder sogar rechtlicher und moralischer Art (was darf der Gegenstand wem verraten und was darf er sich merken?). Auch wenn schlaue Produkte für den Endverbraucher heute noch weitgehend Zukunftsmusik sind: langfristig dürften die Techniken des Ubiquitous Computing eine grosse wirtschaftliche Bedeutung erlangen, da dadurch innovative Produkte und ganz neue Services möglich werden. Und sind die Basistechniken und zugehörigen Infrastrukturen dann erst einmal für höherpreisige Dienste eingeführt, könn-

ten bald darauf auch viele eher banale Gegenstände – Fertiggerichte, Möbelstücke, Spielzeuge – ganz selbstverständlich das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Durchführung ihrer Aufgaben mit einbeziehen, auch wenn sich die Nutzer selbst dieses Umstands gar nicht bewusst sind. Denn natürlich sind nicht nur Menschen am Zustand von Gegenständen interessiert, sondern ebenso die schlaun Dinge selbst: Eine Mülltonne mag beispielsweise neugierig auf die Recyclingfähigkeit ihres Inhaltes sein, ein Arzneischrank mag um die Verträglichkeit seiner Medikamente und deren Haltbarkeit besorgt sein und eine Wohnungsheizung könnte mit dem Auto oder anderen persönlichen Gegenständen der Bewohner konspirieren wollen, um zu erfahren, ob mit deren baldiger Rückkehr zu rechnen ist.

## Auswirkungen

Die Auswirkungen einer derart tief greifenden Integration von Informationstechnologie in unseren Alltag, wie sie das Ubiquitous Computing propagiert, sind bisher noch kaum abzusehen. Doch wenn gewöhnliche Dinge wissen, wo sie sich gerade befinden, welche anderen Dinge oder Personen in der Nähe sind, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah und sie das alles anderen Gegenständen mitteilen können, dann dürfte dies mit Sicherheit grössere wirtschaftliche und soziale Konsequenzen haben.

Eine mit smarten Dingen bevölkerte Welt mag allerdings anders aussehen, als wir sie uns wünschen. Viele Geschäftstransaktionen könnten beispielsweise ohne menschliches Zutun direkt von Ding zu Ding ablaufen, wozu eine Unternehmensberatung kürzlich einen provokativen Vorschlag machte: Man denkt beim „*silent commerce*“ nämlich nicht nur an Kopierer, die in eigener Verantwortung Papier nachbestellen, sondern präsentiert auch Spielzeugpuppen, die sich zum Entzücken der Kinder (und ihrer Eltern ...) nach Inspektion der vorhandenen Garderobe selbständig passende Kleidchen im Internet bestellen!

Implementiert man keine neuen „Anstandsregeln“, könnten smarte Produkte auch in subtiler Form Werbung betreiben. So könnte z.B. ein Kühlschrank Kochrezepte zu seinen Waren liefern und eine Vertrauensbasis zum Konsumenten aufbauen, indem er in gefälliger Weise über Ursprung und Inhaltsstoffe der Lebensmittel Auskunft gibt. Gleichzeitig kann er dann aber jedes Mal Bonuspunkte vergeben, wenn Produkte einer von ihm empfohlenen Marke darin aufbewahrt werden. Und warum sollte er nicht – vielleicht gegen weitere Bonuspunkte – die Essgewohnheiten weitermelden, um ein individuelles Marketing zu ermöglichen? Smarte Produkte können jedenfalls Verkäufer und Dienstanbieter mit so präzisen Informationen versorgen, dass nicht nur ein zielgruppengenaues, sondern sogar ein käufergenaues *One-to-One-Marketing* möglich wird – u.U. so, dass jeder Konsument einen individuellen Preis genannt bekommt.

Langfristig ergeben sich durch die Verlängerung des Internets in die Alltagswelt hinein viele spannende Herausforderungen. Wenn beispielsweise vernetzte und „elektronisch aufgewertete“ Alltagsdinge Information von sich geben, physische Dinge also quasi zu *Medien ihrer selbst* werden, dann stellt sich die Frage, wer über den Inhalt bestimmen darf und wer die Objektivität und Richtigkeit von „Aussagen“ smarter Produkte garantiert. Ein weiterer Aspekt stellt die *Zuverlässigkeit* dar: Funktionieren etwa alltägliche Dinge wie Türschlösser, Fotoapparate, Schreibstifte, Autos etc. nur noch dann ordnungsgemäss, wenn von diesen aus Online-Zugriff auf das Internet besteht, dann entsteht natürlich eine grosse Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Technik. Wenn diese versagt, wofür es unterschiedliche Ursachen – Entwurfsfehler, Materialdefekte, Sabotage, Überlastung, Naturkatastrophen, Krisensituationen etc. – geben kann, dann würde sich dies gleich in globaler Hinsicht katastrophal auswirken.

Vor allem aber ist dem *Schutz der Privatsphäre* besondere Beachtung zu schenken. Denn im Unterschied zu heute ist zukünftig mit dem Ausschalten des PCs keineswegs auch die elektronische Datensammlung beendet: Smarte Gegenstände und sensorbestückte Umgebungen sind fast immer aktiv und häufen eine Unmenge von Daten an, um den Nutzern jederzeit ihre Dienste anbieten zu können. Werden aber beispielsweise mit Sensornetzen nicht Ökosysteme überwacht, sondern in indirekter oder gar direkter Weise Menschen, dann zieht eine solche nahezu unsichtbare Technik natürlich massive gesellschaftliche Probleme nach sich: Es könnte damit die delikate Balance von Freiheit und Sicherheit aus dem Gleichgewicht ge-

bracht werden, weil die qualitativen und quantitativen Möglichkeiten zur Überwachung derart ausgeweitet werden, dass auch Bereiche erfasst werden, die einem dauerhaften und unauffälligen Monitoring bisher nicht zugänglich waren.

## Fazit

Der Technologietrend zeigt eindeutig in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt, die Auswirkungen betreffen immer grössere Teilbereiche des täglichen Lebens. Langfristig zeichnen sich positive wie negative Konsequenzen ab: Durch massiv in die Umwelt eingebrachte Miniatursensoren lassen sich beispielsweise ökologische Effekte wesentlich besser als bisher kontrollieren, andererseits könnte sich allein schon durch die umfassende Überwachungsmöglichkeit, die die Technik im weitesten Sinne bietet, das politische und wirtschaftliche Machtgefüge verschieben. Neue Geschäftsmodelle könnten die Wirtschaft stimulieren, aber gleichzeitig auch eine stärkere Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Technik begründen. Nicht zuletzt besteht die Gefahr, dass wir das Vertrauen in eine kaum mehr durchschaubare, allzu smarte Umgebung verlieren und so grundlegend unsere Einstellung zu der uns umgebenden Welt ändern.

In seinen Konsequenzen zu Ende gedacht, dürfte die Vorstellung einer von Informationstechnik im wahrsten Sinne des Wortes durchdrungenen Welt jedenfalls über kurz oder lang eine gesellschaftliche und ökonomische Brisanz bekommen und so dem Ubiquitous Computing auch eine politische Dimension verleihen.

### Smart labels

Bei „smart labels“ (oder „RFID tags“ für „Radio Frequency Identification“) handelt es sich um papierdünne, quadratmillimetergrosse Chips ohne eigene Energiequelle, die mit einem Hochfrequenzsignal bestrahlt werden, dieses decodieren, aus ihm Energie beziehen und dann eine Antwort (z.B. einen Produktcode) zurückfunken. Sie funktionieren ähnlich wie die bekannten Diebstahlsicherungen und Türschleusen von Kaufhäusern, allerdings geht es hier nicht mehr um die Information „bezahlt/gestohlen“, sondern es können „durch die Luft“ auf eine Distanz von einigen Metern und innerhalb von Millisekunden Hunderte von Zeichen gespeichert bzw. ausgelesen werden. Die Chips kosten mit fallender Tendenz einige wenige Cent und haben dadurch das Potential, die klassischen Strichcodeetiketten zur Warenidentifikation abzulösen. Von Vorteil ist dabei, dass im Unterschied zum Laserscanner im Supermarkt keine Sichtverbindung zur Lesestation bestehen muss.

Die fernabfragbaren elektronischen Marker ermöglichen Anwendungen, die weit über den ursprünglichen Zweck der automatisierten Lagerhaltung oder des kassenlosen Supermarktes hinausgehen: Sind beispielsweise Alltagsgegenstände wie Möbel, Arzneimittel oder Kleider mit einem quasi unsichtbaren smart label versehen, das eine jeweils spezifische Internetadresse gespeichert hat, dann kann diese Adresse mit einem handlichen Gerät in Stiftform ausgelesen werden, indem man damit auf den Gegenstand zeigt. Dieser Stift kann dann von sich aus, ohne Zuhilfenahme des anvisierten Gegenstandes, eine produktspezifische (und vielleicht von der aktuellen Situation anhängige) Information über das Mobilfunknetz aus dem Internet besorgen und anzeigen. Für den Nutzer entsteht so der Eindruck, als habe ihm der „smarte“ Gegenstand etwas (z.B. eine Gebrauchsanweisung oder ein Kochrezept für ein Fertiggericht) „zugefunkt“.

### Zum Thema

Um Kommunikation und Kooperation zwischen informatisierten Alltagsdingen zu ermöglichen, bedarf es geeigneter informationstechnischer Infrastrukturen. Die Gruppe „Verteilte Systeme“ am Institut für Pervasive Computing der ETH Zürich beschäftigt sich mit der Konzeption und Implementierung derartiger Infrastrukturen für zukünftige smarte Umgebungen. Weitere Informationen finden sich unter [www.inf.ethz.ch/vs](http://www.inf.ethz.ch/vs) und in dem Buch „Total Vernetzt – Szenarien einer informatisierten Welt“ (Springer-Verlag, 2003), welches das Thema umfassend darstellt.