

---

Friedemann Mattern

# Leben und Lernen in einer von Informationstechnologie durchdrungenen Welt – Visionen und Erwartungen

## Zusammenfassung

Der stete Fortschritt der Mikroelektronik, Kommunikationstechnik und Informationstechnologie hält weiter an. Damit rückt auch die Vision einer umfassenden „Informatisierung“ und Vernetzung der Welt und ihrer vielen Gegenstände immer näher. Wir werden in Zukunft nicht nur mit unseren kleinsten elektronischen Helfern in Brillen und Kleidung immer einfacher und unmittelbarer an nahezu beliebige Informationen herankommen, sondern viele Alltagsdinge selbst werden „schlau“: diese wissen, wo sie sich gerade befinden, welche anderen Dinge oder Personen in der Nähe sind, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah und teilen ihre Erkenntnisse uns und anderen Gegenständen mit.

Der vorliegende Beitrag<sup>1</sup> geht auf drei Aspekte ein. Im ersten Teil werden einige *Technologietrends* skizziert, die hinsichtlich einer von Informationstechnologie durchdrungenen Welt von Bedeutung sind. In einem zweiten Teil werden die darauf beruhenden *Zukunftsvisionen* diskutiert. Schliesslich wird im dritten Teil der Frage nachgegangen, welche *Konsequenzen* diese Entwicklung für das Leben und Lernen in der Zukunft haben könnte.

## 1 Einleitung

Noch vor 30 Jahren hatte eine Universität oder eine Firma typischerweise nur einen einzigen Computer. Er kostete mehrere Millionen, besass wenige 100 Kilobyte Hauptspeicher, beschäftigte ein ganzes Rechenzentrum und diente allen Anwender gemeinsam. Ein PC, ein Internet oder gar ein „Web“ mit Multimedialinhalten, zu dem fast jeder Zugang hat und aus dem man sich nahezu beliebige Informationen besorgen kann, war unvorstellbar. Schon bald darauf, in den 1980-er Jahre, konnten sich dann aber immer mehr Leute einen eigenen kleinen Computer leisten: Das Zeitalter des *persönlichen Computers* („PC“) war angebrochen, und man steuerte auf ein zahlenmässiges Verhältnis von 1:1 zwischen Nutzern und Computern zu. Heute nun hat sich das Verhältnis umgekehrt: Jeder von uns besitzt viele Mikroprozessoren – eingebaut im Mobiltelefon, in der Armbanduhr und im Auto, wobei diese meist leistungsfähiger als die Grosscomputer vor 30 Jahren sind.

Diese erstaunliche Entwicklung, in der der Computer immer kleiner, billiger und unscheinbarer wird, verdanken wir im Wesentlichen dem steten Fortschritt der Mikroelektronik. Interessanterweise scheint der zugrundeliegende Trend ungebrochen: Wenn die letzten 30 Jahre eine solch dramatische Entwicklung bewirkten, was ist dann in den nächsten Jahren noch alles zu erwarten? Und wie könnte sich dies auswirken?

Es spricht jedenfalls manches dafür, dass die Computer in Zukunft so klein und billig werden, dass wir praktisch beliebige Alltagsgegenstände damit ausstatten können und dass sie uns in Form elektronischer Assistenten immer begleiten und uns immer zu Diensten sind – etwa versteckt in Brillen, wo sie uns Bilder, Graphiken und Text mit einem kleinen Laser durch die Pupille hindurch direkt auf die Retina projizieren. Der Informationszugang wird damit unmittelbar und allgegenwärtig.

---

<sup>1</sup> Dieser Beitrag beruht in Teilen auf früheren Veröffentlichungen des Autors, u.a.: *Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing*. In: F. Mattern (Hrsg.): *Total vernetzt – Szenarien einer informatisierten Welt*. Springer-Verlag, 1–41, 2003, sowie *Allgegenwärtige und verschwindende Computer*, Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK), 2005.

tig, die drahtlos mit dem Internet verbundenen kleinen Helfer stellen nicht nur ein persönliches externes Gedächtnis dar, sondern wissen überhaupt sehr viel über die Welt. Lohnt es sich dann aber noch, Fakten zu „pauken“? Und was sollen wir in einer total informatisierten Welt überhaupt noch sinnvoll lernen?

## 2 Technologietrends

Vieles treibt die Entwicklung der Informationstechnik auf ganz unterschiedlichen Ebenen voran. Der Fortschritt ist im Detail nicht planbar, und einzelne Entdeckungen geschehen eher zufällig. Dennoch lassen sich auf hoher Ebene, dort wo viele Einzelbeiträge zusammenfliessen, klare Trends ausmachen, die über lange Zeit anhalten. Durch Extrapolation solcher Trends kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit darauf geschlossen werden, was in näherer Zukunft möglich ist. Die wichtigsten dieser Technologietrends sollen nachfolgend kurz skizziert werden.

### 2.1 Das Gesetz von Moore

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

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

### 2.2 Kommunikationstechnik

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

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

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

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

Vielversprechend in Hinblick auf eine intuitive Nutzerinteraktion mit Geräten und smarten Dingen ist auch die erst kürzlich standardisierte Near Field Communication (NFC). Technisch gesehen handelt es sich um ein Kommunikationsprinzip, das analog zu RFID, allerdings nur über Distanzen von wenigen Zentimetern, funktioniert. Aktive NFC-Einheiten sind klein genug, um beispielsweise in einem Mobiltelefon untergebracht zu werden; passive Einheiten sind als RFID-Tags noch wesentlich kleiner und vor allem sehr billig. Bei der Kommunikation zwischen zwei Partnern genügt es, wenn einer von ihnen mit einer aktiven Einheit ausgestattet ist. Damit ermöglicht NFC ein neues Kommunikationsparadigma: Kommunikation durch physische Nähe. Aus Nutzersicht sieht es dabei so aus, als ob sich zwei benachbarte Geräte erkennen und miteinander kommunizieren, sobald sie sich berühren oder zumindest sehr nahe kommen. Indem beispielsweise ein NFC-fähiges Mobiltelefon an ein Objekt gehalten wird, das einen RFID-Chip enthält, kann dieser ausgelesen werden. Das Handy kann die gelesenen Daten dann entweder direkt interpretieren und anzeigen oder ergänzende Information über das Mobilnetz besorgen bzw. sogar mit einem zugehörigen Server im Internet interagieren, dessen Internetadresse auf dem RFID-Chip gespeichert ist. Dadurch sind etwa Szenarien denkbar, wo man mit einer Reklametafel oder einem Filmplakat interagiert und dabei Videoclips zugespielt bekommt, Kinokarten reserviert oder Musik herunterlädt und dies mit der Telefonrechnung bezahlt...

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

### 2.3 Neue Materialien

Aus dem Bereich der Materialwissenschaft kommen Entwicklungen, die den Computern der Zukunft eine gänzlich andere Form geben können oder sogar dafür sorgen, dass Computer auch äusserlich nicht mehr als solche wahrgenommen werden, weil sie vollständig mit der Umgebung verschmelzen. Hier wären unter anderem *Licht emittierende Polymere* („leuchtendes Plastik“) zu nennen, die Displays aus dünnen und hochflexiblen Plastikfolien ermöglichen.

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

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

## 2.4 Lokalisierung

Zur Lokalisierung mobiler Objekte existieren verschiedene technische Ansätze. Eine einfache, wenn auch etwas grobe, Möglichkeit besteht darin festzustellen, in welchen Empfangsbereichen bzw. Funkzellen von Sendern man sich befindet, deren Positionen bekannt sind. Da die Signalstärke mit zunehmender Entfernung von Sender und Empfänger abnimmt, kann dieser Faktor ebenfalls berücksichtigt werden; allerdings ist dieses Prinzip ungenau, da die Signalstärke durch viele Störeffekte beeinflusst wird. Eine etwas aufwendigere aber präzisere Methode besteht in der Laufzeitmessung von Funksignalen und daraus abgeleitet der Entfernungsbestimmung. Bekannt ist das satellitenbasierte „Global Positioning System“ (GPS); das ähnlich konzipierte europäische Galileo-System soll zwischen 2008 und 2011 einsatzbereit sein. Eine Einschränkung stellt dabei allerdings die Tatsache dar, dass dies bisher nur bei „Sichtkontakt“ zu den Satelliten, also im Freien, funktioniert.

An verbesserten Möglichkeiten zur Positionsbestimmung mobiler Objekte wird derzeit intensiv gearbeitet. Neben einer Erhöhung der Genauigkeit (derzeit einige Meter beim GPS-System) besteht das Ziel vor allem in einer deutlichen Verkleinerung der Module, einer Reduktion des Energiebedarfs sowie der Entwicklung von Techniken, die auch in geschlossenen Räumen funktionieren. Es wird erwartet, dass schon 2006 Chips für die satellitenbasierte Positionsbestimmung auf den Markt kommen, die wesentlich schwächere Signale verarbeiten können und deutlich weniger Energie benötigen, womit die Verwendung in Mobiltelefonen und ähnlichen Geräten möglich wird. Ausserdem sollte so auch im Fall einer nicht vorhandenen Sichtverbindung zu einem Satelliten oftmals noch eine Ortsbestimmung durchführbar sein.

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

Interessant ist eine neuere Lokalisierungsmöglichkeit, die auf WLAN-Zugangspunkten beruht: In vielen städtischen Gebieten sind WLAN-Basisstationen schon sehr dicht vorhanden, so dass man sich fast überall im Bereich eines oder mehrerer solcher Funknetze mit typischen Zellengrössen von einigen zig Metern befindet. Für Seattle wurde zum Beispiel im Herbst 2004 eine Dichte von ca.

1200 Stationen pro Quadratkilometer gemessen. Kennt man die Ortskoordinaten der festen Stationen (öffentlich zugängliche Datenbanken enthalten bereits über eine Million Netze mit deren eindeutiger Kennung und Ortskoordinaten), so kann damit eine Lokalisierungsgenauigkeit von 20 bis 40 Meter erreicht werden – auch innerhalb von Gebäuden, wo GPS bisher versagt. Städtische Bereiche können damit schon zu fast hundert Prozent abgedeckt werden.

### 3 Visionen des „Ubiquitous Computing“

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

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

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

#### 3.1 Embedded computing und „schlaue“ Alltagsdinge

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

Auf diese Weise können Alltagsgegenstände kommunizieren und sich beispielsweise über die wahrgenommenen Umgebungsbedingungen austauschen, wodurch die Grundlage für eine Kooperation von Dingen miteinander gelegt wird. Salopp ausgedrückt entstehen so „smarte“ Gegenstände. Diese können sich gewisse Vorkommnisse merken – wenn sie mit einem Lokationssensor ausgestattet sind, z.B. wo sie schon überall waren. Sie können sich – bei geeigneter Programmierung – auch kontextbezogen verhalten. Ein Rasensprinkler würde z.B. neben den Feuchtigkeitssensoren im Boden auch die Wettervorhersage im Internet konsultieren, bevor er sich entscheidet, den Rasen zu

wässern. Es geht übrigens nicht darum, Dinge wirklich „vernunftbegabt“ zu machen – vielmehr sollen sie sich „schlau“, also situationsangepasst, verhalten, ohne tatsächlich „intelligent“ zu sein!<sup>2</sup>

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

### 3.2 Wearable computing

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

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

Für Hermann Maurer, einen bekannten Informatik-Professor aus Graz und zugleich auch Visionär und Science-Fiction-Autor, werden PCs, wie wir sie heute kennen, in zehn Jahren kaum mehr existieren. Für ihn ist der PC der Zukunft generell ein „wearable“ in Form eines Retinaldisplays, wobei in die Brille auch Mikrofon, Kamera, Stereoton und GPS-System integriert sind [Mau04]. Weitere Sensoren ermitteln die Position des Kopfes, inklusive Blickrichtung und Kopfneigung, so dass der PC stets weiss, wohin der Benutzer gerade sieht. Der Brillen-PC der Zukunft kombiniert Mobiltelefon, Fotoapparat und Videokamera und ist ständig mit dem Internet verbunden. Die Eingabe von Informationen über Tastatur und Mausklicks wird ersetzt durch Sprach- und Gestenerkennung.

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

---

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

### 3.3 Sensornetze

Entwicklungen der Mikrosystemtechnik und vermehrt auch die Nanotechnik ermöglichen kleinste Sensoren, die unterschiedlichste Eigenschaften der Umgebung (Temperatur, Feuchtigkeit, Stärke eines Magnetfeldes, Anwesenheit von bestimmter Strahlung etc.) aufnehmen und die gemessenen Werte in elektrischer Form weitermelden. Sensoren stellen gewissermassen die „Sinnesorgane“ smarterer Dinge dar, mit denen diese ihre Umwelt wahrnehmen können. Bei der Sensortechnik wurden in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt. Besonders interessant wird es, wenn man Sensoren mit Funktechnologie ausstattet, so dass diese sich drahtlos vernetzen können – man erhält dann sogenannte Sensornetze.

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

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

## 4 Leben in einer informatisierten Welt

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

### 4.1 Die Welt in 100 Jahren

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

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

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

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

Auch alltägliche Verrichtungen werden von der zukünftigen Kommunikationstechnik revolutioniert: *„Überhaupt wird das Einkaufen zu jener Zeit ein noch viel grösseres Vergnügen sein als jetzt. Man wird einfach von seinem Zimmer aus alle Warenhäuser durchwandern können und in jeder Abteilung Halt machen, die man eingehender zu besichtigen oder wo man etwas auszuwählen wünscht... Alle diese Wunder der drahtlosen Telegraphie werden das kommende Zeitalter zu einem grossartigen, unglaublichen machen.“* Fast meint man, die Melancholie des Autors im letzten Satz zu spüren: Dass er dieses grossartige Zeitalter nicht mehr selbst erleben können!

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

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

## 4.2 Elektronische Assistenten

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



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

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

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

Wir kommen auf den elektronischen Assistenten, insbesondere hinsichtlich der möglichen Konsequenzen für das Lernen, weiter unten (Abschnitt 4.4) zurück.

### 4.3 Smarte Alltagsdinge

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

Viele weitere Nutzungsmöglichkeiten „schlauer“ und kommunizierender Alltagsdinge sind denkbar – welche Ideen wirtschaftlich sinnvoll sind, wird sich aber erst noch zeigen müssen. Allgemein ist zu erwarten, dass zunehmend hybride Produkte entstehen werden, die sich aus physischer Leistung (z.B. ein Medikament mit seinen biochemischen und medizinischen Wirkungen) und Informationsleistung (bei diesem Beispiel etwa aktuelle Hinweise zum Verlauf einer Grippeepidemie) zusammensetzen. Anfangs werden von den informationstechnischen Möglichkeiten sicherlich eher solche hochpreisigen Geräte und Maschinen profitieren, die durch sensorgestützte Informationsverarbeitung und Kommunikationsfähigkeit einen deutlichen Mehrwert erhalten. Sind die Grundtechni-

ken und zugehörigen Infrastrukturen dann erst einmal eingeführt, könnten bald darauf auch viele andere und eher banale Gegenstände ganz selbstverständlich das Internet mit seinen vielfältigen Ressourcen für die Durchführung ihrer Aufgaben nutzen, selbst wenn dies uns als Anwender gar nicht immer bewusst ist.

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

Mittel- und langfristig dürften die diversen Techniken des Ubiquitous Computing allgemein eine grosse wirtschaftliche Bedeutung erlangen und zu gravierenden Veränderungen in Geschäftsprozessen führen. Denn werden industrielle Produkte (wie z.B. Haushaltsgeräte, Werkzeuge, Spielzeug oder Kleidungsstücke) durch integrierte Informationsverarbeitung „schlau“, oder erhalten sie auch nur eine fernabfragbare elektronische Identität beziehungsweise Sensoren zur Wahrnehmung des Kontextes (wissen also z.B., wo und in welcher Umgebung sie sich gerade befinden), so sind dadurch nicht nur innovative Produkte, sondern auch zusätzliche Services und neue Geschäftsmodelle möglich: Der digitale Mehrwert eigener Produkte kann diese beispielsweise von physisch ähnlichen Erzeugnissen der Konkurrenz absetzen sowie Kunden stärker an eigene Mehrwertdienste und dazu kompatible Produkte binden. Ferner werden durch technisch ausgefeilte Methoden, welche die tatsächliche Nutzung von Gegenständen ermitteln und weitermelden, neue Abrechnungs- und Leasingmodelle möglich [FCD05]. Generell dürfte die zunehmende Informatisierung von Produkten auch zu einer stärkeren Serviceorientierung führen, denn smarte Dinge können nur dann ihr ganzes Potential ausspielen, wenn sie vernetzt werden und in eine umfassende Struktur von Dienstleistungen eingebunden sind.

#### **4.4 Was und wie lernen wir (nicht) in einer total informatisierten Welt?**

Neue technische Möglichkeiten haben immer wieder Anlass zur Hoffnung gegeben, dass diese das Lernen vereinfachen, verbessern oder zumindest verbilligen. Clifford Stoll bemerkt dazu in seinem Buch *High Tech Heretic – Why Computers Don't Belong in the Classroom and Other Reflections by a Computer Contrarian* [Sto99] etwas zynisch: „Ein Lehrer muss nur den Wandschrank öffnen, um auf einen Haufen veralteter und unbenutzter Lehrmittel zu stossen: Unterrichtsfilme, Fernsehantennen, Apple-Computer und jede Menge Videobänder. Jedes dieser Medienprodukte hat die Revolution im Klassenzimmer versprochen – und keines hat sie gebracht.“

Tatsächlich gab es hinsichtlich neuer Technologien und Medien immer wieder Voraussagen und Versprechungen, die sich nicht halten liessen. Erst sollte das Schulbuch durch den Film ersetzt werden, dann durch Radio, Schul- sowie Satellitenfernsehen und später durch Computer. 1922 verkündete etwa der berühmte Erfinder Thomas Alva Edison: „*The motion picture is destined to revolutionize our educational system and in a few years it will supplant largely, if not entirely, the use of textbooks*“, 1932 schrieb Benjamin Darrow in seinem Aufsatz „Radio: the Assistant Teacher“ in fast poetischer Weise: „*Radio may come as a vibrant and challenging textbook of the air*“, und

Seymour Papert meinte 1984 in [Pap84]: „*There won't be schools in the future.... I think the computer will blow up the school... But this will happen only in communities of children who have access to computers on a sufficient scale.*“ Alle irrten sich: Das Schulbuch und die Schule haben bis heute noch nicht ausgedient!

Man darf also zurecht etwas skeptisch fragen: Bringen es nun wirklich das Web, Laptop, Suchmaschinen und E-Learning? Eine Bildungsrevolution durch das Internet? 1993 verkündete der amerikanische Vizepräsident Al Gore [Mil93]: „*In the next decade it will be possible for an elementary school student to come home after class and instead of playing Nintendo, plug into the Library of Congress and explore an entire universe of information.*“ Clifford Stoll bemerkt dazu lapidar, dass die Kinder zehn Jahre später zwar tatsächlich den Katalog der Kongressbibliothek online konsultieren könnten, das aber nicht tun, weil sie dazu keine Lust haben, und sie stattdessen lieber weiterhin mit Computerspielen vorlieb nehmen.

Nun verändern Computer und Internet-Technologien zweifellos die Art und Weise, wie wir mit Information umgehen. Allerdings geht es beim Lernen natürlich nicht nur um eine Anhäufung von Information, dazu nochmals Clifford Stoll [Sto99]: „*Unser Denken wird nicht von Informationen gesteuert, sondern von Ideen, Erfindungen und Einfällen. Nicht ein Berg von Informationen führt zum Verstehen, sondern Wissen... Leider schätzt unsere Informationsgesellschaft Daten höher als Erfahrung, Reife, Einfühlungsvermögen und Erleuchtung.*“ Gerechterweise muss man aber anmerken, dass sich die an E-Learning geknüpften Hoffnungen eher auf Kosteneinsparung im Weiterbildungsbereich und die höhere Flexibilität in der Gestaltung des Lehrprozesses durch zeitliche und räumliche Unabhängigkeit beziehen, als auf eine Verbesserung von Bildung im Sinne der Entwicklung intellektueller, kultureller und menschlicher Fähigkeiten. Solche bescheidenere und realistischere Ansprüche lassen sich natürlich eher erfüllen.

Die grosse Lernrevolution durch das Internet ist noch nicht eingetreten. Aber schon keimen auch bei der nächsten und neuesten technischen Entwicklungsstufe, dem Ubiquitous Computing, die Hoffnungen auf, dass damit eine neue Lernkultur möglich wird und höherwertige Bildungsziele erreicht werden können. So schreibt Susana Sotillo zum Beispiel [Sot03]: „*New developments in wireless networking and computing will facilitate the implementation of pedagogical practices that are congruent with a constructivist educational philosophy. Such learning practices incorporate higher-order skills like problem-solving, reasoning, and reflection.*“ Und Mona Laroussi meint [Lar04]: „*Ubiquitous computing leads to ubiquitous learning. Technology provides abundant opportunities for sharing information, constructing knowledge and stimulating personal growth... The term ubiquitous learning means that we are going to change the culture of learning, that we are being continually surrounded by, and absorbed in learning experiences.*“

Nun soll hier aber nicht darüber spekuliert werden, welchen Beitrag das Ubiquitous Computing im Sinne einer Lerntechnologie zu dem Problem leisten könnte, *wie* gelernt wird (hier ergeben sich sicherlich einige Möglichkeiten!), sondern es soll nachfolgend vielmehr die Frage diskutiert werden, *was* im Zeitalter des Ubiquitous Computing überhaupt (noch) gelernt werden sollte. Interessant ist dazu die Meinung von Hermann Maurer. Er geht davon aus, dass der zukünftige PC – etwa wie oben skizziert als ständiger Begleiter und Assistent in Form eines „wearable“ – und das dahinterliegende Netz immer mehr zu einer Erweiterung des menschlichen Gedächtnisses werden, ähnlich wie es seit Erfindung der Schrift schon Notizzettel als Erinnerungshilfen und Bücher als Speichermedien sind, und er postuliert als Konsequenz [Mau04]: „*Die ständige Verfügbarkeit von riesigen Informationsmengen macht grosse Teile des Faktenlernens in allen Bereichen unnötig, sei es Geschichte oder Geographie, Medizin oder Rechtswissenschaften. Selbst Aktivitäten wie Handschreiben (wird man das wirklich noch brauchen?) oder Fremdsprachenlernen (wie wichtig ist das, wenn es automatische Übersetzungsprogramme gibt?) könnten überflüssig werden.*“ An anderer Stelle [MaOI03] schreibt er: „*The ‚in-time‘ learning will be the natural thing to do, rather than learning just because certain things might be needed at some future time.*“ Viele Dinge müssten auch überhaupt nicht mehr gelernt werden, weil der elektronische Assistent die Aufgabe direkt lösen könne: „*If we look at a plant, the*

*speech command ‚explain flower‘ activates the camera and image processing, identifies what we are looking at and gives us information on the flower.“*

Man könnte zu dieser Vision jetzt einige „technische“ Einwände anbringen. So mag die Bilderkennung und -interpretation bei typischen Blumen vielleicht bald zuverlässig genug funktionieren, aber wie sieht es bei vielen anderen Objekten aus, wie zum Beispiel menschlichen Gesichtern? Wird die Eingabe über Sprach- und Gestenerkennung wirklich verlässlich möglich sein? Und wie sieht es mit der automatischen Übersetzung gesprochener Sprache aus? Der Fortschritt ist auf diesen Gebieten leider notorisch zäh, hier sind vor allem Erkenntnisse grundlegender Forschung gefragt, und immer wieder hat man sich dabei verschätzt. So schrieb etwa Karl Steinbuch 1966 in seinem vielbeachteten Buch „Die informierte Gesellschaft“ [Ste66]: *„Mit Hilfe eines so kleinen und leichten Gerätes, dass es nicht lästig ist, es dauernd bei sich zu führen... sollte es ermöglicht werden, jeden beliebigen anderen Menschen, wo immer er sich auch befindet, mühelos anzusprechen und sich mit ihm unterhalten zu können.“* Steinbuch postulierte ein Gerät, das *„gesprochene Sprache erkennt, übersetzt und dann in einer anderen Sprache wieder hörbar produziert. Ein solcher Automat könnte in den nächsten zwei oder drei Jahrzehnten gebaut werden.“* Es ging dabei um die Zukunft des Telefons, wörtlich den „langfristigen Endstand der Fernsprechtechnik“. Nun haben wir inzwischen mit dem Mobiltelefon als technisches Wunderwerk zwar den ersten Teil der Vorhersage erfüllt, eine automatische Sprachübersetzung ist aber nicht eingebaut und auch nicht in Aussicht.

Aber einmal angenommen, früher oder später hätten wir einen elektronischen Assistenten (oder eine Assistentin?), der in etwa das leistet, was Maurer postuliert. Müssen wir dann noch Fakten lernen? Und wenn ja, welche? Zunächst ist festzuhalten, dass wir ohne eine gewisse Mindestmenge von direkt in unserem Gehirn gespeicherten Tatsachen sicherlich nicht intelligent agieren vermögen; wir können uns, wenn wir mit offenen Augen durch die Welt gehen, dem beiläufigen Lernen von Gegebenheiten ja auch nicht verschließen. Die Frage ist daher eher, ob wir noch zusätzlich Fakten explizit „pauken“ müssen – wo wir diese doch jederzeit und eventuell sogar in aktualisierter Form „just in time“ geliefert bekommen könnten. Geht vielleicht auch etwas verloren, wenn wir unser Gedächtnis nicht mehr durch Lernen von Vokabeln, Geschichtsdaten, Bibelzitaten, medizinischen Termini, Rechenregeln, Fahrvorschriften und Gesetzesparagrafen trainieren? Gelten Platons Bedenken zur Schrift *„diese Erfindung wird in den Seelen derer, die sie erlernen, Vergesslichkeit bewirken, weil sie ihr Gedächtnis nicht mehr üben; denn im Vertrauen auf Geschriebenes lassen sie sich von aussen erinnern durch fremde Zeichen, nicht von innen heraus durch sich selbst“* [Pla93] im übertragenen und erweiterten Sinne hier auch? Welche „Sekundärtugenden“ werden beim Lernen solcher Fakten eigentlich erworben, und geht das vielleicht auch anders, ohne das mühsame Faktenlernen?

Viele Frage! Und gleich noch mehr: Kann man die höhere Mathematik begreifen, ohne dass man die algebraischen Termumformungsregeln in der Schule gelernt hat? Ist Kopfrechnen nützlich, auch wenn man einen „eingebauten“ Taschenrechner hat, der das Ergebnis genauso schnell liefert? Gewinnt man den richtigen Eindruck von der Geographie seines Landes, wenn man nie Städte, Flüsse, Regionen gelernt hat – oder ist man dann dumm und ungebildet, kann andere Leute nicht „verorten“, politische Anzeichen nicht begreifen, historische Aspekte nicht verstehen, weil man sich im eigenen Kopf kein richtiges „Bild“ machen kann, obwohl man sich doch jederzeit eine Landkarte produzieren und ins Auge projizieren lassen kann? Hat man in der Schule den Osterspaziergang aus Goethes „Faust“ vielleicht auch deswegen auswendig gelernt, weil viele andere ihn auch gelernt haben und dies damit ein identitätsstiftendes Kulturelement wird? Werden wir andere Länder und Kulturen sowie deren Menschen vielleicht nicht mehr so gut verstehen, weil wir uns nicht der Mühe unterzogen haben, ihre Sprache zu lernen, da die Übersetzungsqualität unseres elektronischen Helfers für ein Überleben bei einer Geschäftsreise oder einem Urlaub ja ausreicht?

Wir können diese Fragen nicht beantworten. Die Probleme drängen sich aber auf und müssen zumindest in der Fachwelt diskutiert werden, wenn man überzeugt ist, dass der „elektronische Alleswisser“ kommen wird. Denn natürlich wird sich dann das Curriculum an Schulen und anderen Ausbildungsstätten stark wandeln müssen, und Warnungen wie „wenn man den Kindern einen

automatischen allwissenden Spickzettel gibt, untergräbt man das Lernen“ [Sto99] müssen ernst genommen werden. Vieles wird oder darf sich aber auch nicht ändern. Denn Kulturtechniken wie Lesen, Schreiben und Rechnen dürften, im Prinzip jedenfalls, noch lange ihre Bedeutung behalten. Und Problemlösungskompetenz, ein schnelles Auffassungsvermögen, gute Orientierungsfähigkeit sowie soziale Kompetenzen sind Bildungswerte, bei denen Defizite nur schwer von einem elektronischen Assistenten ausgeglichen werden können. Auch kommt es, zumindest in der Schule, gar nicht immer auf die Lerngegenstände selbst an, oft ist das *denken lernen* bei fast beliebigen Denkinhalten wichtiger [HuS92].

Jedenfalls scheint die Frage, *was* wir in einer zukünftigen von Informationstechnologie durchdrungenen Welt lernen sollen, vielleicht sogar wichtiger und spannender ist als die Frage, *wie* wir es lernen!

#### 4.5 Risiken und Nebenwirkungen der Alltagsinformatisierung

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

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

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

Schon das Internet mit seinen Suchmaschinen und Möglichkeiten, einzelne Mausclicks zu speichern und zu analysieren, schaffte einige neue Probleme hinsichtlich des Schutzes der Privatsphäre. Mit dem Einzug in das Zeitalter des Ubiquitous Computing verschärft sich die Situation noch [LaM02, Mat05]: Smarte Gegenstände und sensorbestückte Umgebungen häufen eine Unmenge von Daten an, um den Nutzern jederzeit ihre Dienste anbieten zu können. Allerdings wissen wir nie genau, ob wir bei irgendwelchen Handlungen beobachtet werden. Eine einzelne Beobachtung mag für sich genommen auch harmlos sein – aber wenn verschiedene solche Erkenntnisse zusammengeführt werden, kann dies u.U. eine folgenschwere Verletzung der Privatsphäre nach sich ziehen.

Eine nahezu unsichtbare aber allgegenwärtige Überwachungstechnik, wie sie drahtlose Sensornetze und smarte Alltagsdinge darstellen, zieht eventuell massive gesellschaftliche Probleme nach sich: Es könnte damit die delicate Balance von Freiheit und Sicherheit aus dem Gleichgewicht gebracht werden, weil die qualitativen und quantitativen Möglichkeiten zur Kontrolle derart ausgeweitet werden, dass auch Bereiche erfasst werden, die einem dauerhaften und unauffälligen Monitoring bisher nicht zugänglich waren.

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

Der drohende Verlust der Privatsphäre ist einer der am häufigsten genannten Kritikpunkte an der Vision des Ubiquitous Computing. Darüber hinaus werden die Auswirkungen einer informationstechnischen Aufrüstung der Welt auf Umwelt und Gesundheit hinterfragt [Hil03]; der diesbezügliche Erkenntnisstand ist aber noch weitgehend unklar. Vor allem von sozial- und geisteswissenschaftlicher Seite wird auch die Sorge um weitere negative Auswirkungen und schädliche Seiteneffekte vorgebracht, wie beispielsweise eine drastische Dynamisierung und Beschleunigung des Lebenskontextes oder ein Kontrollverlust durch illoyale smarte Dinge, verbunden mit einem Ohnmachtsgefühl und Orientierungslosigkeit, welche diese Technik als eine Bedrohung erscheinen lassen [BCL04].

Weitere potentielle Problembereiche einer total informatisierten Welt seien hier nur noch angedeutet: Wenn beispielsweise vernetzte und „elektronisch aufgewertete“ Alltagsdinge Information von sich geben, physische Dinge also quasi zu Medien ihrer selbst werden, dann stellt sich die Frage, wer über den Inhalt bestimmen darf und wer die Objektivität und Richtigkeit von „Aussagen“ smarter Produkte garantiert. Wer legt beispielsweise fest, was eine smarte Sprechpuppe den Kindern erzählt? (Darf sie um das neue Kleidchen aus der Fernsehwerbung betteln?) Oder darf eine Verbraucherschutzinstitution die in einem elektronischen Etikett eines Fertiggerichtes gespeicherte Identifikationsnummer auf eine andere Information umlenken, als es der Hersteller vorgesehen hat, um so beispielsweise vor Allergenen bei den Inhaltsstoffen zu warnen? Anders ausgedrückt: Wenn Dingen Information oder eine Identifikation anheftet, die es ermöglicht, dass ein – etwa in einer Brille residierender – persönlicher digitaler Assistent die Welt erläutert, dürfen die Dinge der Welt dann vom Hersteller der smarten Brille beliebig interpretiert werden? Ein weiterer Aspekt ist die „dependability“: Funktionieren etwa in Zukunft viele eher alltägliche Dinge nur noch dann ordnungsgemäss, wenn Zugriff auf das Internet oder eine vergleichbare Infrastruktur besteht, dann entsteht natürlich eine grosse Abhängigkeit von diesen Systemen und der zugrunde liegenden Technik. Wenn diese versagt, wofür es unterschiedliche Gründe – Entwurfsfehler, Materialdefekte, Sabotage, Überlastung, Naturkatastrophen, Krisensituationen etc. – geben kann, dann kann sich dies gleich in globaler Hinsicht katastrophal auswirken.

## 5 Fazit

Die Informatik hat es mit dem Internet geschafft, nahezu alle Rechner und PCs der Welt, immerhin mehrere 100 Millionen an der Zahl, zu vernetzen. Und ohne sich dessen so richtig bewusst zu sein, beginnt sie nun, in die reale Welt einzugreifen, indem sie deren Gegenstände informatisiert und zu

einem „Internet der Dinge“ vernetzt. Die langfristigen Konsequenzen einer solcherart geschaffenen „augmented reality“ dürften gewaltig sein.

Die durch den Fortschritt der Informationstechnologie induzierten Veränderungen geschehen allerdings nicht über Nacht. Vielmehr handelt es sich bei diesem Prozess um eine schleichende Revolution, deren treibende Kräfte die Mikroelektronik und die Informatik bilden, unterstützt durch Grundlagenforschungen in vielen anderen Bereichen. Die dynamische Entwicklung in diesen Gebieten geht ungebremst weiter, die Auswirkungen ihrer technischen Errungenschaften betreffen daher immer grössere Teilbereiche des täglichen Lebens.

Eine von Informationstechnologie durchdrungene Welt dürfte langfristig positive wie negative Auswirkungen haben, welche über die offensichtlichen, technischen Folgen weit hinausgehen: Durch massiv in die Umwelt eingebrachte Miniatursensoren lassen sich ökologische Effekte wesentlich besser als bisher ermitteln und kontrollieren, analog gilt dies auch für gesundheitlich relevante Parameter, die in unaufdringlicher Weise direkt am Körper gemessen werden können. Mit elektronischen Assistenten in Form von smarten Brillen hat man in allen Lebenssituationen unmittelbaren Zugang zu nahezu beliebigen Informationen und braucht daher viel weniger Fakten „auf Vorrat“ zu lernen. Andererseits könnte sich allein schon durch die umfassende Überwachungsmöglichkeit, die die Technik im weitesten Sinne bietet, das politische und wirtschaftliche Machtgefüge verschieben, neue Geschäftsmodelle könnten eine stärkere Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Technik und damit eine höhere Anfälligkeit im Krisenfall begründen, und nicht zuletzt besteht die Gefahr, dass wir das Vertrauen in eine kaum mehr durchschaubare, allzu smarte Umgebung verlieren und so grundlegend unsere Einstellung zu der uns umgebenden Welt ändern.

In seinen Konsequenzen hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung, aber auch der Abhängigkeit von einer sicheren und verlässlichen globalen IT-Infrastruktur und den Fragen der Sozialverträglichkeit zu Ende gedacht, dürfte das „Projekt“ der totalen Informatisierung der Welt, in das wir unverhofft hineingeschlittert sind, über kurz oder lang eine hohe gesellschaftliche und ökonomische Brisanz bekommen und damit vielleicht sogar zu einem Politikum werden. Wir leben zweifellos in interessanten Zeiten, und man darf auf die Zukunft gespannt sein!

## Literatur

[BCL04] J. Bohn; V. Coroama; M. Langheinrich; F. Mattern; M. Rohs: *Living in a World of Smart Everyday Objects – Social, Economic, and Ethical Implications*. Journal of Human and Ecological Risk Assessment, 10(5), 763–786, 2004.

[Bre10] A. Brehmer (Hrsg): *Die Welt in 100 Jahren*. Berlin, Verlagsanstalt Buntdruck GmbH, 1910.

[FCD05] E. Fleisch; O. Christ; M. Dierkes: *Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge*. In: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg): *Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis*, Springer-Verlag, 2005.

[Hil03] L. Hilty; S. Behrendt; M. Binswanger; A. Bruinink; L. Erdmann; J. Fröhlich; A. Köhler; N. Kuster; C. Som; F. Würtenberger: *Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft. Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt*. Studie des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS), TA 46/2003.

[HuS92] M. Huth; C.-J. Schröder: *Was sollen SchülerInnen lernen?* In: M. Büttner (Hrsg): *Neue Lerninhalte für eine neue Schule*, Luchterhand Verlag, 90–107, 1992.

[LaM02] M. Langheinrich; F. Mattern: *Wenn der Computer verschwindet: Was Datenschutz und Sicherheit in einer Welt intelligenter Alltagsdinge bedeuten*. *digma – Zeitschrift für Datenrecht und Informationssicherheit*, 3(2), 138–142, September 2002.

[Lar04] M. Laroussi: *New E-Learning Services Based on Mobile and Ubiquitous Computing: Ubi-Learn Project*. [www-clips.imag.fr/calie04/actes/Laroussi\\_final.pdf](http://www-clips.imag.fr/calie04/actes/Laroussi_final.pdf)

- [MaOl03] H. Maurer; R. Oliver: *The future of PCs and implications on society*. Journal of Universal Computer Science, 9(4), 300–308, 2003.
- [Mat05] F. Mattern: *Ubiquitous Computing: Eine Einführung mit Anmerkungen zu den sozialen und rechtlichen Folgen*. In: J. Taeger; A. Wiebe (Hrsg): *Mobilität, Telematik, Recht* (DGRI-Jahrestagung 2004), Verlag Dr. Otto Schmidt, 2005.
- [Mau04] H. Maurer: *Der PC in zehn Jahren*. Informatik-Spektrum 27(1), 44–50, Februar 2004.
- [Mil93] M. Mills: *Clinton's Computer 'Highway' to Spur Information Age*. Congressional Quarterly Weekly Report #51, 827–832, April 3, 1993.
- [Moo65] G. Moore: *Cramming More Components onto Integrated Circuits*. Electronics 38, 114–117, April 1965.
- [Odl03] A. Odlyzko: *Privacy, Economics, and Price Discrimination on the Internet*. [www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/privacy.economics.pdf](http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/privacy.economics.pdf), 2003.
- [Pap84] S. Papert: *Trying to Predict the Future*. Popular Computing 3(13), 30–44, October 1984.
- [Pla93] Platon: *Phaidros (Werke III / 4, übersetzt von Ernst Heitsch)*. Vandenhoeck u. Ruprecht, 1993.
- [Sat01] M. Satyanarayanan: *M. Satyanarayanan on Mobile and Pervasive Computing (Interview)*. IEEE Distributed Systems Online, 2(6), 2001.
- [Sot03] S. Sotillo: *Pedagogical Advantages of Ubiquitous Computing in a Wireless Environment*. The Technology Source, May/June 2003. <http://ts.mivu.org/default.asp?show=article&id=950>
- [Ste66] K. Steinbuch: *Die informierte Gesellschaft*. DVA, 1966.
- [Sto99] C. Stoll: *High Tech Heretic. Why Computers Don't Belong in the Classroom and Other Reflections by a Computer Contrarian*. Doubleday, New York, 1999.
- [Wei91] M. Weiser: *The Computer for the 21st Century*. Scientific American 265(3), 66–75, 1991.
-