

Digitale Visionen

Alexander Roßnagel · Tom Sommerlatte · Udo Winand
(Hrsg.)

Digitale Visionen

Zur Gestaltung allgegenwärtiger
Informationstechnologien

 Springer

Prof. Dr. Alexander Roßnagel
Häusserstr. 33
69115 Heidelberg
Germany
a.rossnagel@uni-kassel.de

Tom Sommerlatte
Falkenweg 6
65527 Niedernhausen-Engenhahn
Germany
sommerlatte.t@adlittle.com

Udo Winand
Gyrhofstr. 2
50931 Köln
Germany
winand@wirtschaft.uni-kassel.de

ISBN 978-3-540-77021-3

e-ISBN 978-3-540-77022-0

DOI 10.1007/978-3-540-77022-0

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk be- rechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Text und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Verlag und Autor können jedoch für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische noch irgendeine Haftung übernehmen.

Einbandgestaltung: KünkelLopka, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

9 8 7 6 5 4 3 2 1

springer.com

Vorwort der Herausgeber

Neueste technische Entwicklungen lassen eine Welt möglich erscheinen, in der viele Alltagsgegenstände mit Sensor-, Kommunikations- und Rechnertechnik ausgestattet sein werden. Eine allgegenwärtige, in den Hintergrund tretende Datenverarbeitung könnte den Menschen in allen Lebensbereichen – bei der Arbeit, beim Einkaufen, beim Reisen und zu Hause – unbemerkt und „mitdenkend“ unterstützen. Eine solche Entwicklung bietet nicht nur die Vision, intellektuelle und physische Begrenzungen des Menschen zu überwinden, sondern auch viele neue Herausforderungen für bisherige Werte und Lebensweisen. Daher drängt sich die Frage auf, wie wir angesichts dieser Möglichkeiten künftig leben wollen und wie wir die vor uns stehenden Entwicklungen beeinflussen können.

Die technischen Voraussetzungen sind prinzipiell vorhanden. Die Miniaturisierung aller technischen Komponenten (Prozessoren, Sensoren, Aktoren, Mikrofone und Kameras), die Steigerung der Rechenleistung und die Fortschritte bei der autarken Energieversorgung, die billige Verfügbarkeit dieser technischen Komponenten sowie die Fortschritte bei drahtlosen Kommunikationstechniken für Lang- und Kurzstrecken lassen diese Perspektive möglich erscheinen. Außerdem befördern Fortschritte in der Sensorik für Druck, Ton, Licht, Bild, Beschleunigung oder Temperatur diese Entwicklung. Daneben werden Techniken der Positionsbestimmung und Ortung für Navigationsaufgaben verbessert. Selbst kleinste informationsverarbeitende und kommunikationsfähige Sensoren sind zu erwarten, die als „smarter Staub“ jede Umweltbedingung „hautnah“ registrieren können. Die Schnittstelle zwischen Mensch und Technik wird durch neue Eingabemedien, wie Sprach-, Handschriften- und Bilderkennung, Steuerung mittels Blick und Gestik sowie angepasste Ausgabemedien wie Netzhautprojektion, akustische Sprachinformationen oder smartes Papier verbessert werden, die flexibler und praktischer als herkömmliche Tastaturen oder Bildschirmanzeigen einsetzbar sind. Um ein situationsadäquates Interagieren der smarten Artefakte zu ermöglichen, benötigen sie ein „Verständnis“ unserer Welt. Derzeit wird daran gearbeitet, durch Klassifikation des Gegenständlichen der realen Welt (also Gleiches gleich zu benennen)

Umweltvorgänge einzuordnen und in einem weiteren Schritt deren Kontextbedeutung interpretatorisch zu erfassen.

Die mit Rechenkapazität ausgestatteten Alltagsgegenstände begleiten die Menschen bei ihren Tätigkeiten und unterstützen sie scheinbar mitdenkend in einer sich selbst organisierenden Weise. So könnten etwa Funktionselemente von Gebäuden wie Hinweistafeln, Türschilder, Fenster, Beleuchtungsanlagen oder Aufzüge sowie Einrichtungen der urbanen Infrastruktur wie Verkehrszeichen, U-Bahn- und Bushaltestellen oder Ladengeschäfte sowie Alltagsgegenstände wie Kleidung, Einkaufswagen oder Mülltonnen die Fähigkeit haben, sich gegenseitig zu identifizieren, sich ihre Zustände mitzuteilen und Umweltvorgänge zu erkennen. Darüber hinaus werden sie kontextbezogen reagieren können. Diese kommunikationsfähigen Dinge fungieren dann nicht mehr nur als Träger und Mittler von Daten, sondern generieren Daten selbst, die sie untereinander austauschen, und „entwickeln“ ein eigenes „Gedächtnis“.

Durch die sich selbst organisierende Verbindung der Gegenstände, die Zusammenführung und Aggregation der Daten entsteht ein viele Lebensbereiche durchwirkendes Netz, in dem Körperlichkeit und Virtualität zusammenwachsen. Informationen aus der virtuellen Welt werden in der körperlichen Welt verfügbar, Informationen aus der realen Welt in die virtuelle Welt integriert.

Die Welt allgegenwärtiger Datenverarbeitung wird viele Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft voraussetzen und zur Folge haben. Sie wird das Weltbild und das Selbstbild der Menschen verändern, sie wird Verhaltensweisen modifizieren und Verhaltenserwartungen verändern, sie wird alte Konflikte entschärfen und neue Konflikte schaffen, sie wird bestehende Dienstleistungen überflüssig machen und neue Geschäftsfelder eröffnen, sie wird wirtschaftliche Strukturen umwälzen sowie wirtschaftliche und politische Macht verschieben. Die Aufgabe, diese technischen Entwicklungen, ihre Auswirkungen und ihre Gestaltungsmöglichkeiten rechtzeitig zu erkennen, ist eine große Herausforderung für nahezu alle Wissenschaftsdisziplinen.

Um die Prognose- und Bewertungssicherheit hinsichtlich dieser Entwicklungen durch einen interdisziplinären Diskurs zu erhöhen, veranstaltete die Universität Kassel in ihren Haydauer Hochschulgesprächen 2005 eine Vortragsreihe sowie eine Tagung im Kloster Haydau. Die dort geführten Diskussionen zwischen Informatik, Wirtschaftsinformatik, Rechtswissenschaft, Philosophie, Systemdesign und Psychologie waren der Ausgangspunkt für die Beiträge dieses Bandes. Sie wurden nachträglich unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen und Erkenntnisse für diese Veröffentlichung verfasst.

Die Herausgeber danken dem Otto Braun-Fonds für seine Förderung, Herrn Dietmar Baumgartl für seine tatkräftige Unterstützung und Herrn Christoph Schäfer für die Betreuung des Manuskripts.

Kassel, Januar 2008

*Alexander Roßnagel
Tom Sommerlatte
Udo Winand*

Inhaltsverzeichnis

Teil A: Technische Grundlagen und Visionen.....	1
Allgegenwärtige Datenverarbeitung – Trends, Visionen, Auswirkungen...	3
<i>Friedemann Mattern</i>	
1 Einleitung	4
2 Technologietrends	5
2.1 Das Gesetz von Moore	5
2.2 Kommunikationstechnik	6
2.3 Neue Materialien	9
2.4 Lokalisierung	9
3 Visionen des Ubiquitous Computing.....	11
3.1 Embedded Computing und „schlaue“ Alltagsdinge	12
3.2 Wearable Computing	13
3.3 Sensornetze	14
4 Leben in einer informatisierten Welt.....	15
4.1 Die Welt in 100 Jahren.....	15
4.2 Elektronische Assistenten	17
4.3 Smarte Alltagsdinge	18
4.4 Risiken und Nebenwirkungen der Alltagsinformatisierung.....	19
5 Fazit.....	26
6 Literatur.....	27
Kontextbezogene Systeme – die Welt im Computer modelliert.....	31
<i>Kurt Rothermel</i>	
1 Einleitung	31
2 Kontextbezogene Systeme	33
3 Merkmale kontextbezogener Anwendungen	35

4	Beispiele kontextbezogener Anwendungen.....	36
5	Wissenschaftliche Herausforderungen	38
6	Zusammenfassung.....	41
7	Literatur.....	41
RFID und die Zukunft der Privatsphäre.....		43
	<i>Marc Langheinrich</i>	
1	Einleitung	43
2	Die Vorteile drahtloser Funketiketten	45
3	Ein kurzer Techniküberblick	46
4	Datenschutzimplikationen	49
5	Technische Schutzmaßnahmen	52
	5.1 Zugriffskontrolle	54
	5.2 Abhörsicheres Auslesen	56
	5.3 Proxy-basierter Schutz	58
6	Gesellschaftliche Trends zum Einsatz von RFID.....	58
	6.1 Bequemlichkeit und persönliche Produktivität	59
	6.2 Wirtschaftlichkeit.....	61
	6.3 Sicherheit	62
7	Werden wir auch in Zukunft noch eine Privatsphäre haben?.....	65
8	Literatur.....	66
Teil B: Wirtschaftliche Chancen und Risiken.....		69
Neue Geschäftsfelder, wirtschaftliche Impulse und Risiken.....		71
	<i>Udo Winand, Angela Frankfurth</i>	
1	Allgegenwärtige Datenverarbeitung.....	71
2	Neue Geschäftsfelder	73
	2.1 Technologie als Enabler am Beispiel RFID	74
	2.2 Telematik am Beispiel der Lkw-Maut.....	78
	2.3 Mobile Business am Beispiel SAP NetWeaver.....	83
3	Ausblick	87
4	Literatur.....	89
Mobile Anwendungen.....		93
	<i>Thomas Hess, Barbara Rauscher</i>	
1	Relevanz mobiler Anwendungen	93
2	Interdisziplinäre Betrachtung mobiler Anwendungen.....	95
	2.1 Disziplinspezifische Sichtweisen	96
	2.2 Interdisziplinäre Schnittstellen	99
3	Best-Practice-Fallbeispiele in der TIME-Branche	101
	3.1 Vorgehensweise und Auswahl der Studie	101
	3.2 Fallbeispiel 1: Mobile Marketing von MindMatics.....	102

- 3.3 Fallbeispiel 2: Mobile Entertainment
von Media Republic 103
- 3.4 Fallbeispiel 3: Telematikdienste der BMW Group 104
- 4 Fazit und Ausblick 106
- 5 Literatur 107

- Wirtschaftliche Aspekte der allgegenwärtigen Datenverarbeitung 109**
Ulrich Hasenkamp
- 1 Treiber erfolgreicher technologischer Entwicklungen 109
- 2 Ökonomische Chancen allgegenwärtiger Datenverarbeitung 110

- Lücken in der Innovations- und Servicementalität 113**
Wolfgang König
- 1 Vorbemerkungen 113
- 2 Zentrale Kommentare 114
 - 2.1 Fehlen einer Theorie für die Dienstleistungsproduktion 114
 - 2.2 Fehlen eines Koordinationskonzepts
für die Marktteilnehmer 116
 - 2.3 Mängel in der Innovations- und
Dienstleistungsmentalität 117

- Teil C: Gesellschaftliche Wirkungen und Gestaltungen 121**

- Selbst- oder Fremdbestimmung – Die Zukunft des Datenschutzes 123**
Alexander Roßnagel
- 1 Visionen 123
 - 1.1 Träume 124
 - 1.2 Alpträume 126
 - 1.3 Realisierungspotenzial 127
- 2 Informationelle Selbstbestimmung 128
- 3 Datenschutzrecht 131
 - 3.1 Besondere Zulassung 131
 - 3.2 Transparenz 131
 - 3.3 Zweckbindung 132
 - 3.4 Erforderlichkeit 132
 - 3.5 Mitwirkung 132
 - 3.6 Selbst- und Systemdatenschutz 132
- 4 Eignung des Datenschutzrechts 133
- 5 Grenzen normativen Datenschutzes 137
 - 5.1 Verantwortlichkeit 137
 - 5.2 Transparenz 140
 - 5.3 Einwilligung 141
 - 5.4 Zweckbindung 142

5.5	Erforderlichkeit und Datensparsamkeit.....	145
5.6	Betroffenenrechte	147
6	Voraussetzungen für informationelle Selbstbestimmung.....	148
6.1	Informationelle Selbstbestimmung durch „Opt-in“.....	149
6.2	Gestaltungs- und Verarbeitungsregeln	150
6.3	Datenschutz durch Technik.....	152
6.4	Vorsorge für informationelle Selbstbestimmung	153
6.5	Freiheitsfördernde Architekturen	154
6.6	Technikgestalter als Regelungsadressaten	155
6.7	Einbezug privater Datenverarbeitung.....	156
6.8	Anreize und Belohnungen.....	156
6.9	Gefährdungshaftung.....	157
6.10	Institutionalisierte Grundrechtskontrolle.....	158
7	Künftige Chancen der Selbstbestimmung	158
8	Literatur.....	159
Der technisch aufgerüstete Mensch –		
Auswirkungen auf unser Menschenbild		165
<i>Christoph Hubig</i>		
1	Hybridisierung des Menschen?	165
2	„Klassische“ und „transklassische“ Technik.....	166
3	Biofakte.....	168
4	IT-Technik: „Mixed realities“.....	169
5	Interaktion mit „mixed realities“	172
6	Kompensation des Verlustes der Spuren:	
	Parallelkommunikation	173
7	Literatur.....	175
Technikgestaltung aus der Sicht des Nutzers		177
<i>Tom Sommerlatte</i>		
1	Problemstellung.....	178
2	Sozio-technische Systeme	178
3	Systemdesign als Forschungsansatz.....	180
4	Herausforderungen der Nutzerforschung und des Lösungsdesigns.....	181
5	Methoden der Nutzerforschung.....	182
6	Quintessenz	183
Gesellschaftliche Antworten auf allgegenwärtige Datenverarbeitung		185
<i>Ernst-Dieter Lantermann</i>		
1	Auswirkungen?.....	185
2	Transaktionale Perspektive.....	186
3	Mehrebenenbetrachtung	186
4	Individuelle Reaktionen	187

5	Individuelle Ziel- und Leitvorstellungen.....	187
5.1	Unbestimmtheits- und Bestimmtheitsorientierung.....	188
5.2	Kontrolle und Gewährenlassen	188
5.3	Sozialität und Privatheit	189
5.4	Fairness und Egoismus.....	189
5.5	Aktivität und Ruhe	189
6	Sichtbare und unsichtbare Technik	190
7	Ansprechen von Bedürfnissen und Werten	190
8	Optimum statt Maximum	191
9	Kontextabhängigkeit	192
10	Subversive Antworten	194

**Teil A:
Technische Grundlagen
und Visionen**

Allgegenwärtige Datenverarbeitung – Trends, Visionen, Auswirkungen

Friedemann Mattern

Institut für Pervasive Computing, ETH Zürich

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

Der vorliegende Beitrag¹ geht auf drei Aspekte ein. Im ersten Teil werden wesentliche *Technologietrends* skizziert, die hinsichtlich einer von Informationstechnologie durchdrungenen Welt von Bedeutung sind. In einem zweiten Teil werden

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

einige darauf beruhende *Zukunftsvisionen* diskutiert. Schließlich wird im dritten Teil der Frage nachgegangen, welche *Konsequenzen* diese Entwicklung in der Zukunft haben könnte: Wie ist der Mensch davon betroffen? Kommt hier vielleicht etwas auf uns zu, das zentrale Kategorien unserer Sicht der Welt und unseres Daseins berührt?

1 Einleitung

Noch vor 30 Jahren hatte eine Universität oder eine Firma typischerweise nur einen einzigen Computer. Er kostete mehrere Millionen, besaß wenige 100 Kilo-byte Hauptspeicher, beschäftigte ein ganzes Rechenzentrum und diente allen Anwendern gemeinsam. Ein PC, ein Internet oder gar ein „Web“ mit Multimedia-Inhalten, zu dem fast jeder Zugang hat und aus dem man sich sekundenschnell nahezu beliebige Informationen besorgen kann, war unvorstellbar. In fast nostalgischer und märchenhafter Poesie beschreiben *Angela* und *Karlheinz Steinmüller* diesen scheinbar schon so lange vergangenen Zustand so [Ste99]:

„Es gab einmal eine Zeit, in der hatten Computer keinen Bildschirm und wurden in großen Schränken untergebracht. Ihre Aufgaben erhielten sie vom User in Gestalt dicker Stapel von Lochkarten in Eisenkästen, und nach zwei oder drei Tagen durfte er sich die Ergebnisse vom Rechenzentrum abholen: einen dicken Paken Endlospapier. Meist hatte er sich auf der zehnten oder zwanzigsten Karte verlockt, dann ging das Warten von vorn los. Eines Tages dann durften die Nutzer ‚interaktiv‘ mit dem Computer verkehren: Sie tippten die Befehle in eine Art elektrische Schreibmaschine. Bald darauf begann der Zeilendrucker zu rattern. Nun konnten sie viel schneller herausfinden, wo sie sich verhasen hatten.“

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

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

2 Technologietrends

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

Der Fortschritt ist im Detail nicht planbar, und einzelne Entdeckungen geschehen eher zufällig. Dennoch lassen sich auf hoher Ebene, dort wo viele Einzelbeiträge zusammenfließen, klare Trends ausmachen, die über lange Zeit anhalten. Durch Extrapolation solcher Trends kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit darauf geschlossen werden, was in näherer Zukunft möglich ist. Dabei können wir allerdings nur 10 bis 15 Jahre in die Zukunft blicken, denn langfristig versagen solche Trendprojektionen meist, wie aus der Geschichte zur Genüge bekannt ist – „Wildcards“, materialisiert in Gestalt unvorhersehbarer Entwicklungen, Entdeckungen, Erfindungen, sowie „disruptive Technologien“ gewinnen dann typischerweise die Oberhand und bestimmen die konkrete Zukunft. So lag manche heute bedeutende Technik jenseits des Horizonts früherer Zukunftsdenker, weil sie sich nicht ohne weiteres aus der Verlängerung der seinerzeitigen Gegenwart ergab – der Computer beispielsweise oder das Radio, aber auch der Laser. Hierzu nochmals *Angela* und *Karlheinz Steinmüller* [Ste99]:

„Die spannendsten Wildcards ahnen wir heute noch nicht einmal. Für sie fehlen uns einfach noch die Begriffe, so wie vor 100 Jahren sich niemand eine Datenbank, Aktienderivate, Ultraschalldiagnostik oder kochbuchschreibende First Ladys vorstellte. Jede einzelne Wildcard hat für sich genommen kaum eine Realisierungschance. In ihrer schieren Menge aber prägen sie vielleicht nicht die nähere, aber doch die fernere Zukunft.“

Im Bewusstsein dieser Mahnung zur Vorsicht können nachfolgend aber doch einige der vermutlich wichtigsten Technologietrends skizziert werden, die zumindest in den nächsten 10 bis 15 Jahren das Erscheinungsbild (und damit im Wesentlichen auch die Wirkung) der Informationstechnologie bestimmen dürften.

2.1 Das Gesetz von Moore

Im Computerbereich hat in den letzten Jahrzehnten eine dramatische technische Entwicklung stattgefunden, einhergehend mit einer substantiellen Veränderung der Kostenrelationen, die aus dem teuren wissenschaftlichen Instrument „Rechner“ das Massenprodukt „PC“ gemacht hat und damit die Informationsverarbeitung im wahrsten Sinne des Wortes popularisiert hat. Ursache hierfür ist der stete Fortschritt in der Mikroelektronik, welcher weiterhin andauert und uns inzwischen

fast zur Selbstverständlichkeit geworden ist: Mit erstaunlicher Präzision und Konstanz gilt das bereits Mitte der 1960er-Jahre von Gordon Moore aufgestellte „Gesetz“ [Moo65], welches besagt, dass sich die Zahl der auf einen Chip integrierbaren elektronischen Komponenten etwa alle 18 bis 24 Monate verdoppelt.

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

2.2 Kommunikationstechnik

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

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

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

Was man mit solchen RFID-Chips anstellen kann, zeigt ein „smartest Kartenspiel“, das an der ETH Zürich entwickelt wurde [FIM06]. Dabei trägt jede Spiel-

karte einen kleinen RFID-Chip. In einer flexiblen Matte auf dem Spieltisch sind einige größere Antennen angebracht, die registrieren, welche Karte jeweils ausgespielt wird. Dadurch kann die „intelligente“ Umgebung den Spielverlauf automatisch nachvollziehen und eventuelle Regelwidrigkeiten erkennen, die Spielpunkte zusammenzählen und den Gewinner ermitteln. Es ist aber noch mehr möglich: In drahtloser Weise werden den Mitspielern auf ihr jeweiliges Mobiltelefon spezifische Informationen zum Spielverlauf übermittelt. Diese sind natürlich nur für den jeweiligen Spieler einsehbar. Anfänger können so zum Beispiel auf die in der konkreten Situation spielbaren Karten in ihrer Hand aufmerksam gemacht werden. Für Außenstehende sieht das Ganze wie Magie aus – aber unsichtbare Technik ist ja oft „implementierte Magie“!

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

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

Ob solche Dinge wirklich realisiert werden, wenn RFID-Chips irgendwann einmal allgegenwärtig sind, und ob die Menschen dies dann auch haben wollen, lässt sich allerdings kaum vorhersagen. Vorerst beherrscht beim Thema RFID vor allem die mögliche Gefährdung der Privatsphäre die Diskussion in der Öffentlichkeit [Thi05]. Man misstraut den Supermärkten, die Waren mit Funketiketten anbieten, und unterstellt ihnen heimliches Datensammeln. Ferner möchte man nicht, dass irgendjemand, ausgestattet mit einem Handscanner, erfahren kann, was man bei sich trägt, weil ihm die Produkte ihre Identität preisgeben. Solche Sorgen sind ernst zu nehmen, unabhängig davon, ob derartige Szenarien wahrscheinlich oder eher unwahrscheinlich erscheinen und ob sie technisch überhaupt realistisch

sind [Lan05]. Jedenfalls hat das prototypische Anbringen von RFID-Chips an (bisher erst wenigen) Supermarktprodukten bereits zu organisierten Protesten geführt, und auch Gesetzesvorlagen wurden in den USA (letzten Endes allerdings erfolglos) schon eingebracht. Im Wesentlichen geht es bei den Datenschutzinitiativen darum, dass RFID-Chips nicht „heimlich“ an Verkaufswaren angebracht werden, dass die Kunden zustimmen müssen und dass die RFID-Chips außerhalb des Ladens nicht mehr aktiviert sind. Man wird sehen müssen, bis zu welchem Grade solche Forderungen realistisch sind bzw. tatsächlich im Interesse der Kunden liegen (die damit eventuell auf gewisse Vorteile verzichten müssten) und Aussicht auf Erfolg haben.

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

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

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

Verfahren möglich war, so dass insgesamt in viel größerem Umfang (aber mit weniger Energie) als heute „gefunkt“ werden kann.

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

2.3 *Neue Materialien*

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

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

Idealerweise sollte sich eine solche beschichtete Folie anfühlen wie Papier – ganz so weit ist man allerdings mit der Entwicklung noch nicht. Immerhin existieren jedoch schon Prototypen. Diese haben noch diverse Mängel, was zum Beispiel 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 oder Funkzellen von Sendern man sich befindet, deren

Positionen bekannt sind. Da die Signalstärke mit zunehmender Entfernung von Sender und Empfänger abnimmt, kann dieser Faktor ebenfalls berücksichtigt werden; allerdings ist dieses Prinzip ungenau, da die Signalstärke durch viele Störeffekte beeinflusst wird. Eine etwas aufwendigere, aber präzisere Methode besteht in der Laufzeitmessung von Funksignalen und daraus abgeleitet der Entfernungsbestimmung. Bekannt ist das satellitenbasierte „Global Positioning System“ (GPS); das ähnlich konzipierte europäische Galileo-System soll in den nächsten Jahren einsatzbereit sein. Eine Einschränkung stellt dabei allerdings die Tatsache dar, dass dies bisher nur bei „Sichtkontakt“ zu den Satelliten, vor allem also im Freien, funktioniert.

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

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

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

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

3 Visionen des Ubiquitous Computing

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

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

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

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