



acatech BEZIEHT POSITION - Nr. 5

> INTELLIGENTE OBJEKTE - KLEIN, VERNETZT, SENSITIV

EINE NEUE TECHNOLOGIE VERÄNDERT DIE GESELLSCHAFT
UND FORDERT ZUR GESTALTUNG HERAUS

> INHALT

MITWIRKENDE UND PROJEKTVERLAUF	4
ZUSAMMENFASSUNG	8
1 EINFÜHRUNG	9
2 ELEKTRONIK – KLEINER, SCHNELLER, UNSICHTBAR	12
3 SOFTWARE – VERTEILEN, ANBIETEN, ORCHESTRIEREN	17
4 NETZE – MOBILER, FLEXIBLER, DICHTER	20
5 UMFELD – ERFASSEN, ERKENNEN, BEWERTEN	22
6 LEBENS- UND ARBEITSWELTEN – NEUE DIMENSIONEN IHRER GESTALTUNG	25
6.1 Körperintegrierte Systeme	26
6.2 Körpernahe Systeme	26
6.3 Intelligente Umgebungen	28
7 POTENZIALE UND HERAUSFORDERUNGEN	30
8 EMPFEHLUNGEN	33
8.1 Technische Gestaltung	33
8.1.1 Systematische Nutzereinbindung	33
8.1.2 Gestaltung der Benutzerschnittstelle	34
8.1.3 Verstärkte Interdisziplinarität	34
8.1.4 Energieversorgung	35
8.1.5 Interoperabilität	35
8.2 Wirtschaftliche Verwertung	35
8.2.1 Modellierung hochadaptiver Systeme	35
8.2.2 Effizienzsteigerung	36
8.3 Gesellschaftliche Wirkung	37
8.3.1 Informationelle Selbstbestimmung	37
8.3.2 Institutionelle Verantwortung	39

MITWIRKENDE AM PROJEKT

PROJEKTGRUPPE

- Prof. Dr. Otthein Herzog, Universität Bremen/acatech (Leitung)
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. oec. Thomas Schildhauer, Institute of Electronic Business e.V. und Universität der Künste Berlin (Leitung)
- Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Coy, Humboldt-Universität zu Berlin
- Prof. Dr. phil. habil. Dipl. Phys. Klaus Kornwachs, Brandenburgische Technische Universität Cottbus/acatech
- Prof. Peter Friedrich Stephan, Kunsthochschule für Medien Köln
- Prof. Dr. Werner Rammert, Technische Universität Berlin
- Dr.-Ing. Reiner Wichert, Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung, Darmstadt

PROJEKTMITARBEITER

- Dipl.-Ing. Christof Breckenfelder, Mobile Research Center Bremen
- Iris Bockermann, Universität Bremen
- Patrick Godefroid, Institute of Electronic Business e.V. Berlin
- Alexander Schlienz, Institute of Electronic Business e.V. Berlin

PROJEKTMANAGEMENT

- Dr. Ulrich Glotzbach, acatech Hauptstadtbüro
- Dr. Jens Pape, acatech Geschäftsstelle

WEITERE MITWIRKENDE

INTERVIEWPARTNER

- Dr. Ralf Ackermann, SAP Research CEC Dresden
- Dipl.-Ing. Tadeusz Brodziak, P3 solutions GmbH
- Dr. Christian Bürgy, teXXmo Mobile Solution GmbH & Co. KG
- PD Dr. med. Siegbert Faiss, Asklepios Kliniken
- Prof. Dr.-Ing. Heinz Gerhäuser, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg/acatech
- Dr. Wilko Heuten, OFFIS Institut für Informatik
- Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil, Universität Paderborn
- Dr. Holger Kenn, European Microsoft Innovation Center GmbH
- Dipl.-Ing. Pierre Kirisci, Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaften – BIBA
- Markus Klann, Fraunhofer-Institut für angewandte Informationstechnik
- Dr. Marc Langheinrich, ETH Zürich
- Dr.-Ing. Wolfgang Lauer, RWTH Aachen
- Prof. Dr. Michael Lawo, Universität Bremen
- Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. med. Steffen Leonhardt, RWTH Aachen
- Dr. phil. Stephanie Lücke, Charité Berlin
- Dr. Katrin Müller, Motorola GmbH
- Uwe Pöttgen, Asklepios Kliniken
- Dipl.-Ing. Michael Protogerakis, RWTH Aachen
- Prof. Dr. Werner Rammert, Technische Universität Berlin
- Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Herbert Reichl, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration
- Dr. Klaus Schaaf, AutoUni, Volkswagen AG
- Dipl.-Ing. Klaus Scherer, Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme
- Prof. Dr. Michael Sieck, Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
- Dr. med. Max Skorning, Universitätsklinikum Aachen
- Dr. oec. Dietmar Starke, CiS Institut für Mikrosensorik gGmbH
- Dr. Jutta Weber, Centre for Interdisciplinary Studies
- Dr. Hendrik Witt, Technologie-Zentrum Informatik, Universität Bremen
- Dr. Walter G. Wrobel, Retina Implant AG

WORKSHOP-REFERENTEN

- Dr. Heinrich Arnold, Deutsche Telekom AG
- Dipl.-Ing. Frank Bittner, ikom – Zentrum für Informations- und Kommunikationstechnologie
- Barbara Born, Deutsche Bahn AG
- Dr. Mohsen Darianian, Nokia GmbH
- Dr. Wolf Engelbach, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation
- Prof. Dr.-Ing. Gerhard Fettweis, Technische Universität Dresden
- Prof. Dr. Friedemann Mattern, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Universität Paderborn/acatech
- Dr. Guido Gehlen, Ericsson GmbH
- Dr. Boris Groth, Fraunhofer-Verbund Informations- und Kommunikationstechnik
- Markus Hansen, Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein
- Michael Herzog, Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
- Lars Holstein, Technologiestiftung Berlin
- Dr. Bettina Horster, VIVAI Software AG
- Prof. Dr.-Ing. Robert Hoyer, Universität Kassel
- Dr. Andrea Huber, Informationsforum RFID e. V.
- Dr. Holger Kenn, Mobile Research Center Bremen
- Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. Kurt Rothermel, Universität Stuttgart
- Prof. Dr. Michael Lawo, Universität Bremen
- Dirk Liekenbrock, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
- Dr. Michael Mesterharm, AutoUni, Volkswagen AG
- Dr. Florian Michahelles, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- RA Jan Möller
- Dr.-Ing. Katrin Müller, Motorola GmbH
- Prof. Dr.-Ing. Christian Müller-Schloer, Leibniz Universität Hannover
- Dr. Klaus Schaaf, AutoUni, Volkswagen AG
- Prof. Dr. Jürgen Sieck, Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
- Prof. Dr.-Ing. Lars Wolf, Universität Braunschweig
- Dr. Walter-G. Wrobel, Retina Implant AG

PROJEKTVERLAUF

Das Projekt wurde in den Jahren 2006-2009 durchgeführt und hatte zum Ziel, den Stand der Forschung und Technik in Deutschland und die wesentlichen Entwicklungstrends zu analysieren. Mehr als 3.000 Entwicklungs- und Forschungsprojekte wurden in einer Datenbankrecherche analysiert, 28 vertiefte Experteninterviews mit Forschern und Entwicklern durchgeführt und in sechs Workshops mit mehr als 80 Experten folgende Themen diskutiert: „Kommunikation“, „Kontext-Sensitivität“, „Mobilität“, „Schnittstellen-Gestaltung“, „Ökonomische und rechtliche Aspekte“ und „Soziotechnische Systeme“

Das Präsidium von acatech hat das Positionspapier „Intelligente Objekte – klein, vernetzt, sensitiv“ im April 2009 syndiziert.

Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Förderkennzeichen 16SV3684), der Siemens AG, der Volkswagen AG, der SAP AG, dem Institute of Electronic Business e.V. (IEB), dem Technologie-Zentrum Informatik der Universität Bremen (TZI), dem Integrierten EU-Projekt wearIT@work, dem Fraunhofer-Institut für graphische Datenverarbeitung (FhG-IGD) und der Alcatel-Lucent Stiftung für Kommunikationsforschung.

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn Miniaturisierung von Elektronik mit einer immer stärkeren Vernetzung von Informationssystemen und einer stetig leistungsfähigeren Umfelderkennung zusammenkommt, dann entsteht etwas völlig Neues: das Internet der Dinge und Services. Visionen von „intelligenter“ Kleidung und „intelligenten“ Häusern werden schon seit einiger Zeit diskutiert. Doch was gestern Zukunftsentwurf war, ist heute Wirklichkeit geworden. Die digitale Revolution hat – vielleicht noch weithin unbemerkt – eine neue Qualität erreicht.

Die Leistungsfähigkeit der Intelligenzen Objekte ist stetig gestiegen; mit immer kleineren Systemen werden immer größere Datenmengen übertragen, und auch die Möglichkeiten der Datenauswertung und Datenspeicherung sind gewachsen. Allgegenwärtige, alle Lebensbereiche durchdringende Intelligente Objekte können unseren Alltag und unsere Arbeitswelt dramatisch verändern.

acatech hat in einem dreijährigen Projekt mehr als 3.000 Entwicklungs- und Forschungsprojekte in einer Datenbankrecherche analysiert, 28 vertiefte Interviews mit Forschern und Entwicklern geführt und in sechs Workshops mit mehr als 80 Experten diskutiert. Das Ergebnis: Es müssen geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, dass Deutschland die wirtschaftlichen Potenziale dieses Technologiebereiches ausschöpfen kann, ohne dass individuelle Freiheiten und das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung in Gefahr geraten. Dies erfordert drei Schritte:

- systematische Nutzereinbindung in die Entwicklungsprozesse
- verstärkte Anstrengungen bei der Gestaltung der Benutzerschnittstellen
- eine Modernisierung des Datenschutzrechts.

1 EINFÜHRUNG

Schon im Juni 2005 stand das Thema auf der Tagesordnung – beim acatech Symposium in Berlin zum Thema „Computer in der Alltagswelt – Chancen für Deutschland?“ unter der Leitung von Prof. Dr. Dieter Spath. Zum einen ging es darum, in wie weit Intelligente Objekte bereits Alltag und Wirtschaftsleben durchdringen. Zum andern um die Chancen für Deutschland, die der große Wachstumsmarkt der so genannten „Ambient Intelligence“ bietet. Die Beiträge dieses Symposiums analysierten insbesondere die Markt-möglichkeiten aus Sicht der Wirtschaft und die Rahmenbedingungen aus Sicht von Politik und Gesellschaft. Darüber hinaus wurden die Themen Sicherheit, die Etablierung von Anwendungen und die Integration des neuen Wissensgebietes in die Ausbildung diskutiert.

Wegen der grundlegenden Bedeutung dieser neuen Technologien und zahlreicher offener Fragen wurde das Projekt „Intelligente Objekte“ zu einem Projekt des acatech Themennetzwerks „Informations- und Kommunikationstechnologie.“

Das Thema selbst wurde früh erkannt: 1997 veröffentlichte Jürgen Sciba im Nachrichtenmagazin „Der Spiegel“ einen Artikel mit der Überschrift „Die Chips erweitern die Sinne.“ Und im Untertitel hieß es: „Bahnt sich hinter den Kulissen der glitzernden PC-Welt die nächste Elektronik-Revolution an? Der Computer von morgen, so meinen Forscher, ist gänzlich unsichtbar: Ein allumfassendes Netz intelligenter Gegenstände werde unseren Alltag begleiten“.

In der Zwischenzeit hat diese Technologie die Forschungslabors verlassen und ist im Alltag angekommen. So werden zahlreiche Produkte für Anwendungen in Beruf und Freizeit angeboten.

Was 1997 noch weit in der Zukunft zu liegen schien, ist heute schon eine – oft noch nicht richtig erkannte – Realität. Denn wir erleben derzeit einen einzigartigen technischen

Wandel, der aufgrund seiner gesellschaftsverändernden Kraft vielleicht in die Reihe der wirklich epochalen Neuerungen gestellt werden sollte.

Durch kontinuierliche Miniaturisierungserfolge von Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik wächst die Zahl der Objekte, die durch Einbettung miniaturisierter elektronischer Systeme intelligent gemacht werden können. Die Vernetzung der Objekte sowohl untereinander als auch mit informationstechnischen Infrastrukturen, zum Beispiel Telekommunikationsnetzen, lassen mobile Intelligente Objekte entstehen. Sie können in Umgebungen ortsfester Intelligenter Objekte, also in Intelligen Umgebungen, ihr Potenzial besonders gut ausspielen, und zwar vor allem durch die Funktion der Kontextsensitivität.

Der noch unscharf definierte Begriff „Intelligentes Objekt“ besagt zunächst zweierlei: einerseits, dass es sich bei dem betreffenden Objekt um einen realen Gegenstand handelt. Zum andern, dass er zusätzlich über die Eigenschaft verfügt, mehr oder weniger „smart“ zu sein. Unter „smart“ wiederum versteht man die Fähigkeit, aufgrund eigener Informationsverarbeitung mit der Umwelt und den Menschen in der Umwelt kommunizieren zu können und anspruchsvolle Funktionalitäten anzubieten. Technisch gesehen bedeutet dies, dass mindestens ein Prozessor und ein Speicher vorhanden sind; gegebenenfalls auch ein oder mehrere Sensoren; dazu eine Energieversorgung und eine Vernetzungsmöglichkeit, zum Beispiel über eine Funkschnittstelle. Durch passive RFID-Transponder können Intelligente Objekte dann eine Identität erhalten und sich damit weltweit selbst identifizieren („Internet der Dinge und Services“). Kennzeichnend für die Leistungsfähigkeit dieses Technologiebereichs sind Funktionen, die weit über die Funktion von Prozessor und Speicher allein hinausgehen. Denn Sensorik und Vernetzung eröffnen neue Dimensionen, welche zugleich ein beachtliches wirtschaftliches und gesellschaftliches Veränderungspotential bergen.

Miniaturisierte intelligente Systeme werden hier entsprechend ihrer räumlichen Distanz zum Menschen klassifiziert. Sie können:

- körperimplantiert oder
- textilintegriert sein,
- in Form handlicher Geräte
- fest verbaut als Sensornetze in Häusern oder
- in Form einer mobilen Infrastruktur zur Verfügung stehen

Innovationen in Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik, Materialwissenschaft, Hochfrequenztechnik, Nachrichtentechnik und Informatik verbinden sich zu einem Strom von „intelligenten“ Anwendungen, die Charakter und Ablauf der beruflichen Arbeit ebenso verändern können wie die Organisation des Privaten. Die Informatisierung oder Computerisierung des wirtschaftlichen und privaten Alltags hat damit eine neue Qualität erreicht: Von der vormodernen Welt bestimmen bis heute real gegebene Objekte die menschlichen Handlungsmöglichkeiten. In einer Welt der „Intelligenten Objekte“ dagegen sind die informatisierten Objekte potenziell operativ gekoppelt: damit entstehen ständig neue

Abbildung 1: Epochaler Wandel: Von der vormodernen Welt über die Industrialisierung zur Informatisierung in eine neue Sphäre der historischen Entwicklung



Wirkungsketten, für die eine besondere Eigendynamik anerkannt werden muss – eine Eigendynamik der beteiligten Objekte, Apparate, Methoden, Institutionen und weiterer „Agencies“.

Die Rolle des Menschen innerhalb dieser „hybriden Handlungsträgerschaften“ wird dabei in der Tendenz herabgestuft auf einen Faktor unter vielen. Damit wird es zunehmend zur Herausforderung, bestimmte Handlungen bestimmten Subjekten zuzurechnen. Gut sichtbar ist diese Problematik dort, wo bereits umfangreiche technische Kontrollsysteme mit menschlichen Handlungen zusammenspielen, wie etwa in den Leitzentralen von Produktionsanlagen oder in Verkehrssystemen. Es ist dabei nicht leicht zu sagen, wer zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort „eigentlich“ handelt und eine Wirkung hervorbringt: der Schichtleiter selbst oder das Notkühlsystem, der Flugkapitän selbst oder der Fluglotse oder der Autopilot, der Autofahrer selbst oder das Antischleudersystem oder der Ermüdungsassistent – das Handeln ist „verteilt“.

Für den Gegenstandsbereich des vorliegenden Positionspapiers werden verschiedene, meist englische Fachbegriffe verwendet, die einen festen Platz in Forschung und Entwicklung haben. Die wichtigsten Begriffe sind:

- Ambient Intelligence, Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, Wearable Computing,
- Internet der Dinge,
- Cyber-Physical System,
- Ambient Assisted Living.

Die erstgenannten Begriffe sind fast synonym zu gebrauchen und bezeichnen teilweise verschiedene Aspekte desselben Technologiebereiches. Gemeinsam ist allen diesen Bezeichnungen, dass sie auf eine Erweiterung und Potenzierung technischer Automatisierung und menschlicher Handlungsmöglichkeiten hinweisen.

Die neuen Systeme ermöglichen zahllose neue Anwendungen und Dienste. Dadurch können neue Lebenswelten entstehen, Handlungsroutinen sich verändern, und auch das Selbstverständnis der Techniknutzer wird davon betroffen sein.

In Deutschland gibt es gute Voraussetzungen, den Bereich der Intelligenten Objekte als Produktfeld zu erschließen. Intelligente Objekte können die Wirtschaft effizienter und produktiver machen. Im privaten Bereich sind sie in der Lage, zu mehr Sicherheit und Komfort beizutragen wie auch ein langes, selbstbestimmtes Leben zu ermöglichen. Für den Weg dorthin wird in diesem Positionspapier, im Anschluss an den technologischen Aufriss, eine Reihe von Empfehlungen formuliert.

Zeitgleich wird mit diesem Positionspapier auch der Bericht der interdisziplinären acatech Projektgruppe „Intelligente Objekte“ in der Reihe acatech DISKUTIERT veröffentlicht.

2 ELEKTRONIK – KLEINER, SCHNELLER, UNSICHTBAR

Elektronik wird immer kleiner. Der Elektronikindustrie gelingt es fortgesetzt, die gleiche Leistung oder Funktion auf immer kleineren Raum unterzubringen, oder immer mehr Funktion zu integrieren – bei gleichzeitig fallenden Preisen. Miniaturisierungsbemühungen sind seit Jahrzehnten so erfolgreich, dass man inzwischen die Verkleinerungserfolge als quasi gesetzmäßig betrachtet und mit ihnen zu rechnen gelernt hat.

Zum Beispiel mobiles Telefonieren: Bundeskanzler Konrad Adenauer war unter den ersten in Deutschland, die mobil telefonierten. Das Autotelefon war in seinen Dienstwagen eingebaut, funkte im A-Netz und war 16kg schwer.¹ Mit dieser ersten Generation mobiler Telefone setzte eine beeindruckende Entwicklung ein, denn die Apparate wurden ständig kleiner – und zugleich leistungsfähiger.

Sie führte über portable handkoffergroße Geräte zum ersten „richtigen“ Handy, dem DynaTAC „Knochen“ von Motorola aus dem Jahr 1983 bis schließlich zu den Smart Phones von heute, die nur noch rund 100 Gramm wiegen und in jede Hosentasche passen.

Abbildung 3: Verkleinerung der Baugrößen am Beispiel der Mobiltelefone (Norman/Wikimedia Commons)



Der ungebrochene Verkleinerungserfolg scheint selbstverständlich geworden zu sein. Bei der Entwicklung neuer Produktlinien für den Handymarkt geht man heute davon aus, dass bis zum Produktionsstart Chips und Elektronikmodule zur Verfügung stehen werden, die zu diesem Zeitpunkt noch in der Entwicklung sind und deren wahrscheinlich noch geringere Baugröße wieder einen neuen Rekord markieren wird.

¹ Eine Sammlung von Mobiltelefonen prominenter Personen hat Olaf Sanger zusammengetragen: www.handymuseum.de.

Ist die Geschichte der Miniaturisierung also eine Erfolgsgeschichte ohne Rückschläge? Mitnichten. Denn die Fortschritte der Prozesstechnik kosten viel Zeit und Geld. Hinzu kommt: Gelegentlich treten auch unerwartet Qualitätsprobleme auf, deren Ursachen aufgrund der komplexen Prozesstechnik nicht einmal nachvollzogen oder im sinnvollen Zeitrahmen ergründet werden können. In solchen Fällen ist es oft das Beste, einen komplett aufgebauten Produktionsprozess aufzugeben und neu anzufangen². Deshalb gilt diese Technologie unternehmerisch als durchaus riskant.

In der Summe jedoch haben wir einen anhaltenden Trend zur erfolgreichen Miniaturisierung. Die Verkleinerung ist bereits so weit vorangeschritten, dass man manche Objekte kaum noch mit dem bloßen Auge wahrnehmen kann. Das soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

Unternehmen und Forschungsinstitute verwenden gerne, wenn sie neue Chips, Module oder Demonstratoren vorstellen, kleine Alltagsdinge zum Größenvergleich. Münzen oder Streichhölzer, werden für das Pressefoto neben das elektronische Objekt gelegt. Wenn ein Bild eines neuen, winzigen Elektronikmoduls dem interessierten Laien auch nicht viel sagen mag, an den zum Größenvergleich verwendeten Objekten lässt sich aber doch ungefähr ablesen, wo wir heute stehen: Die Dinge sind so klein geworden, dass es schwierig wird noch zu erkennen, worum es sich beim dargestellten Vergleichsobjekt handelt.

Vor wenigen Jahren waren die Vergleichsmöglichkeiten, wenn es um neueste kleinste Elektronikelemente ging, noch griffig und recht alltagsgängig.

Abbildung 4: Elektronikmodul (Sandia National Labs, Wikimedia), eGrains (Fraunhofer IZM)

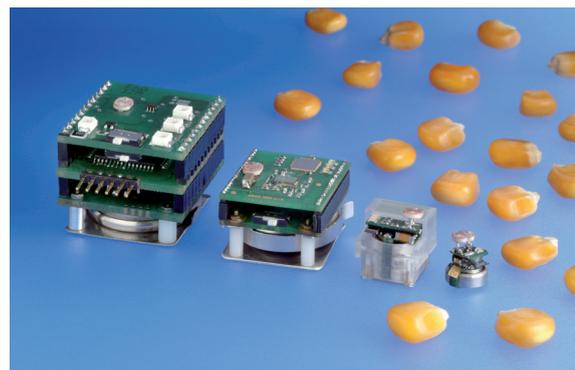
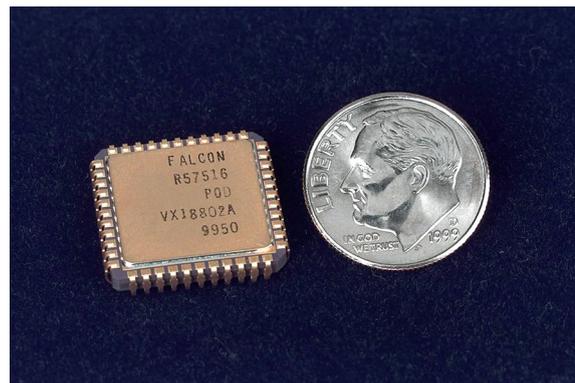


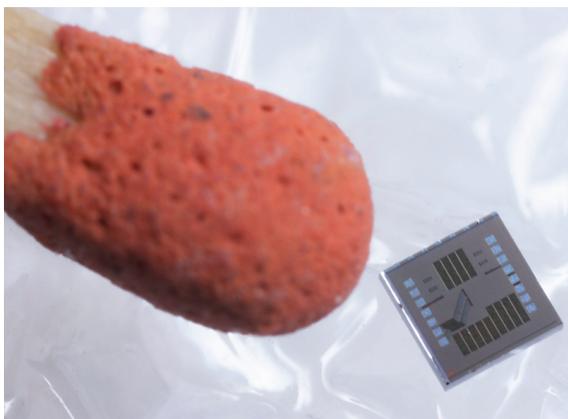
Abbildung 4 zeigt ein integriertes Elektronikmodul der Sandia National Laboratories (USA) aus dem Jahr 2001. Zum Größenvergleich wurde eine amerikanische Zehncent-Münze verwendet, ein so genannter „Dime“. Dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration ist es gelungen, seine eGrain-Module in den Jahren 2003-2007 auf Mais Korngröße zu verkleinern. Bei dem amerikanischen Modul handelt es sich um einen besonders

² Wagemann, H.-G.: Grenzen der Kausalität in der Halbleitertechnik, in: Lucas, K. (Hrsg), Kausalität in der Technik, BBAW, Berlin 2007.

kompakten und hochgenauen Zeitmesser, während eGrains funkfähige, sensorbestückte autarke und robuste Module sind, die sich selbsttätig und spontan („ad-hoc“) vernetzen und zur Umfeldüberwachung etwa von Rettungsdiensten oder in der Landwirtschaft eingesetzt werden sollen. Von der Münze zum Maiskorn – die Vergleichsobjekte schrumpfen in immer kürzeren Abständen.

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen musste kürzlich gar einen Streichholzkopf heranziehen (siehe Abbildung), um einen miniaturisierten, nur 1,5mm² großen Spannungswandler vorzustellen. Ein kleines Meisterwerk der Technik, das nach Institutsangaben eine Versorgungsspannung von nur 20mV benötigt, was aus Halbleiterphysikalischen Gründen eine besonders erwähnenswerte Leistung ist. Ein ganzes Streichholz wäre als Größenvergleich für diesen Spannungswandler unpassend gewesen; man hätte den Chip daneben kaum erkennen können. Nur ein Streichholzkopf aber, wie in der gezeigten Abbildung, ist beim flüchtigen Hinsehen kaum zu erkennen.

Abbildung 5: Spannungswandler (FhG-IIS/Fuchs)



Ein ähnliches Problem müssen die Fachleute von der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit gehabt haben, als zur CeBIT 2007 von Hitachi ein winziger RFID-Chip vorgestellt wurde. Für das Pressefoto platzierte man ihn auf einer Fingerkuppe. Die Schwierigkeit: für das bloße Auge sah er lediglich wie ein winziger schwarzer Fleck aus.

Abbildung 6: RFID-Chip (Hitachi)



Vergrößert man den Ausschnitt aber angemessen, so ist nicht mehr zu erkennen, dass es sich um eine Fingerkuppe handelt. So haben manche Agenturen und Online-Magazine das Bild doppelt gezeigt. Einmal den Finger mit winzigem, kaum erkennbarem Chip und daneben als Ausschnitt diesen Chip vergrößert mit einem dann kaum noch als Fingerkuppe erkennbarem Hintergrund. Andere haben sich durch Einfügen eines Pfeils beholfen, dessen Spitze auf diesen staubkorngroßen Chip zeigt. Ein Winzling, der nur

0,16mm² misst, dünner ist als ein menschliches Haar und nach Unternehmensangaben in Papier eingebettet werden kann.

An diesen Beispielen wird eines deutlich: Wir haben begonnen, ganze Elektroniken in Baugrößen herzustellen, die sich schon aufgrund ihrer Größe einem Zugriff mit den Händen, und sogar der Wahrnehmung durch das bloße Auge, zunehmend entziehen.

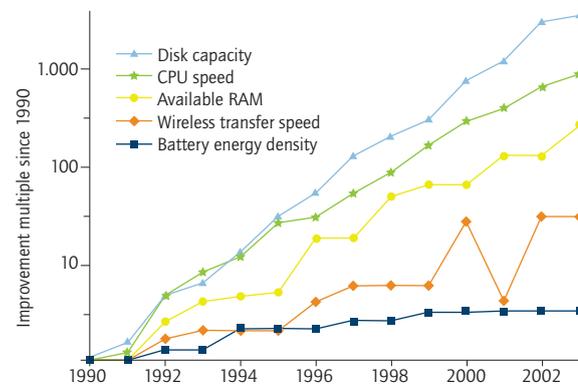
Intelligente Objekte bestehen bislang allerdings nur selten aus einem einzigen Mikrochip. Vielmehr bilden sie meist mehr oder weniger komplexe Systeme. Für die Größe, beziehungsweise mögliche Kleinheit dieser Systeme, gilt deshalb: auch die Baugrößen der weiteren Systemelemente und die Fortschritte in der Aufbau- und Verbindungstechnik sind von erheblicher, wenn nicht entscheidender Bedeutung.

Hervorgehoben sei an dieser Stelle die Problematik der Energieversorgung. In mobilen Systemen ist gewöhnlich die Batterie oder der Akku das bei weitem größte einzelne Systemelement. Dieser Trend verstärkt sich. Die durchaus vorhandene und für sich genommen beeindruckende Verbesserung bei den Leistungsdichten der Akkus – dies ist ein Maß dafür, wie viel Energie in einem bestimmten Bauvolumen steckt und entnommen werden kann – hält mit der mikroelektronisch und informationstechnischen Entwicklung nicht Schritt. Im Gegenteil: sie hinkt der erreichten Erhöhung von Speicherkapazität und Rechengeschwindigkeit hinterher.

Die nachstehende Abbildung zeigt im Überblick, wie im Zeitraum von 1990-2003 die Schere zwischen Speicherkapazität (Disk Capacity) und Leistungsdichte der Akkus (Battery Energy Density) immer weiter auseinandergeht. Dieser Trend hält unvermindert an.

Trotz des Einsatzes zunehmend energieeffizienter Prozessoren und stetig sinkendem Energiebedarf für die gleiche Speicherkapazität bedeutet das: der Akku oder die Batterie ist immer noch – für alle kleinen verteilten Systeme und insbesondere für alle mobilen Systeme – das größenbestimmende Element und wird es weiter sein.

Abbildung 7: Die Schere zwischen Leistungsfähigkeit der Rechner und Leistungsdichte der Akkus geht immer weiter auf.³



Nur wenige Elektronikmodule kommen wie der passive RFID-Transponder ohne eigene Energieversorgung aus. Und auch in diesem Fall geht es genau genommen nicht ohne Bereitstellung einer Energieversorgung. Denn die zum Auslesen des Transponders benötigte Energie wird dem Transponder vom Lesegerät zugesendet. Und dieses muss also selbst über eine Energieversorgung oder einen Energiespeicher verfügen.

Für mobile Systeme wünscht man sich nicht nur eine kleine, sondern möglichst autarke Energieversorgung. Lästiges Akkuaufladen oder Akkuwechseln soll vermieden werden. Das

³ Paradiso, J. A./Starner, T.: Energy Scavenging for Mobile and Wireless Electronics, Pervasive Computing, IEEE 2005.



Intelligente Objekte

kann im Prinzip dadurch realisiert werden, dass kontinuierlich aus der Umgebungswärme oder aus der Bewegung von Massen Energie entnommen wird (Energy Scavenging, Energy Harvesting).

Die unter realistischen Bedingungen erreichten Erträge der entsprechenden Energiewandler liegen bisher nur im Mikrowattbereich. Sie wurden mit thermoelektrischen und photovoltaischen Technologien erzielt, auch beim „Anzapfen“ von Vibrationsenergie. Damit lässt sich ein leistungsfähiger Kleincomputer nicht betreiben. Höhere Leistungen liefern mikro-elektromechanische Generatoren, die von der sich selbst aufziehenden Armbanduhr her bekannt sind. In größerer Bauform könnten sie beispielsweise im Schuh untergebracht werden, um Bewegungsenergie beim Gehen zu entnehmen. Ihr mögliches Anwendungsgebiet ist jedoch begrenzt.

3 SOFTWARE – VERTEILEN, ANBIETEN, ORCHESTRIEREN

So wie intelligente Komponenten in Sensoren, Hardware oder anderen technischen Komponenten verteilt sind, muss auch die Software, die diese Komponenten steuert oder auf sie zugreift, verteilt und „orchestriert“ werden. Durch das Verschmelzen von Hard- und Software sowie deren Abstraktion zu „Diensten“ entstehen gänzlich neue Geschäftsmodelle und -szenarien. Außerdem können neue Konzepte wie der Handel von produktbegleitenden Diensten auf Internet-Plattformen realisiert werden.

Das Internet der Dienste (Internet of Services) beschreibt die Vision der Erstellung, Vermittlung und Nutzung von Dienstleistungen im Internet. Dienste, die über das Internet angeboten werden, erfüllen einen doppelten Zweck: Sowohl Verbraucher als auch technische Systeme können mit ihrer Hilfe Geschäftsfunktionen abrufen, die von Partnerunternehmen zur Verfügung gestellt werden. Neben der Handelbarkeit von Services ist deren (beliebige) Komponierbarkeit bzw. Wiederverwendung Bestandteil der Vision vom Internet der Dienste.

Im Internet der Dinge hingegen (Internet of Things) werden Objekte, die mit Sensoren, bestimmten lokalen Verarbeitungsfunktionen und Kommunikationsmöglichkeiten versehen werden, zur Quelle jeweils aktueller und genauer Informationen, und teilweise auch zu Akteuren in der Interaktion zwischen Objekten und deren Umwelt. Typische Beispiele für Entwicklungen im Bereich des Internets der Dinge sind zum Beispiel der Einsatz von RFID-Tags, von Sensorknoten und Sensornetzen und kommunizierenden eingebetteten Systemen (Embedded Systems)¹.

Zur Verteilung von Softwarekomponenten ist ein neues Architekturparadigma unverzichtbar. An dieser Stelle setzen dienstorientierte Architekturen (Service Oriented Architec-

ture - SOA) an, die gezielt um unternehmensübergreifende und betriebswirtschaftliche Aspekte erweitert wurden.² Im Wesentlichen handelt es sich bei SOA um eine Komponententechnologie, die komplexe Informationssysteme in einzelne Komponenten bzw. Dienste zerlegt und diese mit standardisierten Schnittstellen beschreibt. Unter einem Dienst wird im Kontext von SOA zunächst eine abstrakte Dienstleistung verstanden, die als „Baustein“ in Prozessen verwendet werden kann. Ein Dienst kann dabei sowohl automatisch, z.B. als eine Datenbankabfrage oder Berechnung, als auch manuell, wie etwa durch eine Eingabemaske zur Datenerfassung, realisiert sein. Dienste abstrahieren in sich geschlossene und sinnvolle Funktionen und können hierarchisch aufeinander aufbauen. Ähnlich wie in der Objektorientierung „kapseln“ Dienste ihre interne Funktionalität bzw. Implementierung, da diese Details für den Dienstverwender nicht wichtig sind. Prinzipiell ist die Implementierung eines Dienstes jederzeit austauschbar, so lange die Schnittstelle stabil bleibt und eine gewisse Funktionalität zusichert. Ferner sind Dienste im Prinzip verwendungsneutral definiert, um ihre Wiederverwendung in neuen oder angepassten Prozessen zu erleichtern. Dienstorientierung ist nicht grundsätzlich neu. Allerdings sind durch die zunehmende Akzeptanz von de-facto Standards, insbesondere aus dem Web Service Bereich, die technischen Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz geschaffen. Zudem erlauben die Standards die Entwicklung von interoperablen Werkzeugen für die Dienstentwicklung oder deren Orchestrierung.

Die Dienstorientierung ist die Grundlage für eine effiziente Gestaltung und die Verteilung von Software auf unterschiedliche Plattformen und Geräte. Auch wenn andere Techniken zum Einsatz kommen können, werden auf Implementierungsebene dienstorientierte Architekturen in der Regel mit Web Services assoziiert. Die Schnittstelle eines

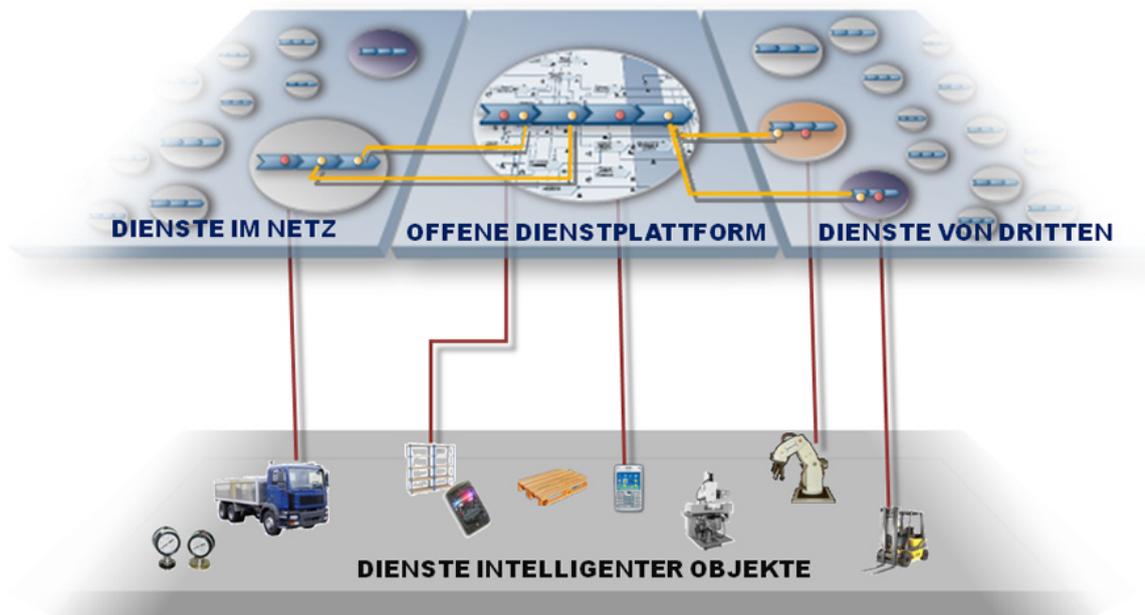
1 Deren Einsatz wird zum Beispiel im IKT 2020 Projekt SemProM (www.sempro.org) untersucht. In enger Interaktion mit diesem werden im IKT 2020 Projekt Aletheia (www.aletheia-projekt.de) Informationen zusammengeführt, harmonisiert und unter Einsatz semantischer Mechanismen angereichert.

2 Das Teilprojekt TEXO (www.theseus-programm.de/anwendungsszenarien/txo/default.aspx) des Leuchtturmprojektes Theseus der Bundesregierung realisiert eine erste Infrastruktur für das Internet der Dienste.

Web Service wird in der Web Service Description Language (WSDL) beschrieben und enthält unter anderem Angaben über die zur Verfügung gestellten Funktionen und mögliche Eingabe- und Ausgabedaten. Ergänzend zu den genannten Techniken, die vor allem in kommerzieller Geschäftssoftware Verwendung finden, wurden „leichtgewichtiger“ Konzepte entwickelt, die sich einfacher und schneller implementieren lassen. Im Web-Bereich sind beispielsweise „REST-Services“ verbreitet, die Ein- oder Ausgabedaten weniger „streng“ beschreiben.

Mit dem Konzept des „Cloud Computing“ ist derzeit eine besonders starke Ausprägung in Bezug auf Verteilung und Dienstorientierung von Software erreicht.³ Kunden können beispielsweise (virtuelle) Rechner gegen eine geringe Gebühr mieten, um dort eigene Software oder Serverdienste zu betreiben. Aus konzeptioneller Sicht ändern sich durch das Cloud Computing sowohl Entwicklung als auch Bereitstellung und Betrieb von Software, da diese nicht mehr lokal sondern verteilt betrieben wird. Außerdem wird von physischen Rechnern abstrahiert und entkoppelt. In Bezug

Abbildung 8: Zukünftige Anwendungen werden erstellt durch die Orchestrierung von Diensten Intelligenter Objekte, Diensten im Netz und Diensten von Drittanbietern (SAP AG)



3 Prominentes Beispiel für einen Cloud Computing Dienst ist die sogenannte Elastic Compute Cloud (EC2) des Anbieters Amazon.



auf Intelligente Objekte und das Internet der Dinge kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft eine Kombination von verteilten Diensten zu erwarten ist: Gewisse Dienste werden direkt auf dem Objekt selbst ausgeführt, andere sind wiederum in der Cloud verfügbar.

Die Verteilung von Softwarekomponenten und das Einbinden von Hardware, Sensoren und Maschinen aller Art setzt eine kompetente Auseinandersetzung mit Prozessen voraus. Denn nur die Berücksichtigung von sowohl technischen als auch nicht-technischen Aspekten in Kombination ermöglicht ein sinnvolles Design der Informationssystemarchitektur. Prozesse verknüpfen automatische und/oder manuelle Services sowie Geräte in sinnvollen Abläufen. Man spricht von „Orchestrierung“. Durch Änderungen im Prozessablauf, wie zum Beispiel der Reihenfolge von Dienstaufrufen oder das Einfügen eines neuen Dienstes können geänderte Anforderungen verhältnismäßig einfach realisiert werden. Durch die Einführung von definierten Serviceschnittstellen für Intelligente Objekte können diese nahtlos in den normalen Prozessablauf einbezogen werden. Auf diese Weise kann beispielsweise eine Werkzeugmaschine in der Fertigung den aktuellen Bearbeitungsstatus und die zu erwartende Restbearbeitungszeit eines Werkstückes an das zentrale ERP-System melden. Die Prozessorientierung vereinfacht insbesondere auch das Anpassen der Infrastruktur an geänderte Anforderungen. Da die Prozesse aus klar definierten und abgegrenzten Bausteinen bestehen, können Änderungen durch neue Verknüpfungen bzw. Prozesspfade, das Weglassen/Hinzufügen von Diensten oder durch Änderungen in diesen erreicht werden. Damit ist diese Verknüpfung unterschiedlicher Komponenten mit Hilfe von Prozesstechnologien ein elementarer Bestandteil zur Beherrschung und Vereinigung von Diensten und Dingen im Internet.

4 NETZE – MOBILER, FLEXIBLER, DICHTER

Neben der zunehmenden Miniaturisierung der Elektronik gibt es einen zweiten wesentlichen Trend: es ist die zunehmende Vernetzung der elektronischen Systeme. Durch die Vernetzung der Systeme entstehen mehr oder weniger großräumige technische Strukturen, in welchen Daten- oder Informationsaustausch, Datenspeicherung und Datenauswertung stattfinden.

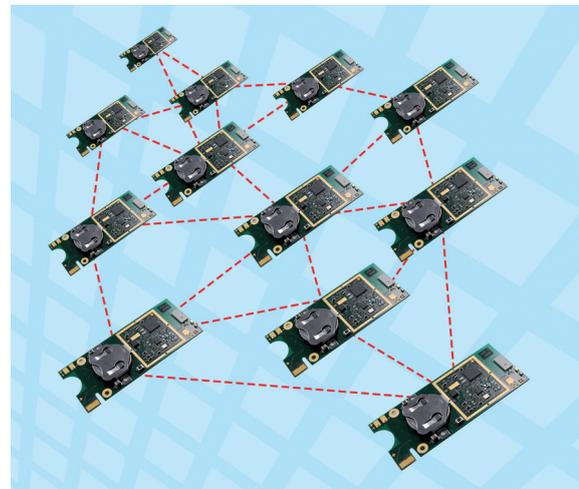
Mit der Vernetzung eingebetteter miniaturisierter elektronischer Systeme entsteht auch das „Internet der Dinge“. Es ist eine raumgreifend vernetzte informationstechnische Struktur. Sie kann den Menschen – gleichsam als eine neue zweite Natur – vollständig umgeben. Dieses Internet der Dinge revolutioniert nicht nur die Alltagswelt. Es ermöglicht auch ganz neue Prozesse der vollautomatisierten Produktion und Logistik in der Industrie.

Die Vernetzung wird entweder durch Festnetzverbindungen (wired) oder durch Funkverbindungen (wireless) realisiert. Häufig liegt der funktionale Grund für die Vernetzung bereits in dem Erfordernis, dass ein mobiles Endgerät (front end) mit einem leistungsfähigen stationären Rechner (back end) verbunden werden muss. Es wäre nicht praktikabel, die gesamte benötigte Rechenleistung zu mobilisieren. So befinden sich auch bei der Mobiltelefonie für den Nutzer kaum sichtbar umfangreiche Hardware-Einrichtungen und, nicht zu vergessen ein hoher Softwareaufwand, im Hintergrund. Der vielfach umstrittene Mobilfunk-Sendemast ist nur ein vereinzelt sichtbares Symbol für das Vorhandensein dieser großen allgegenwärtigen Infrastruktur.

Bei Technologiekonzepten wie etwa den eGrains der Fraunhofer-Gesellschaft ist die Vernetzung der einzelnen Elemente oder „Elektronik-Körnchen“ fundamental für die Funktion. Und zwar in der Weise, dass Datenpakete per Funk von einem Element zum nächsten übertragen werden. Außerdem werden einzelne Ausfälle im Ensemble dadurch kompensiert, dass bei einem Ausfall selbsttätig vom System

ein neuer Weg für die Daten – sozusagen um das defekte Element herum – festgelegt wird. Damit kann dieses robust überbrückt werden (Ad-hoc-Netz).

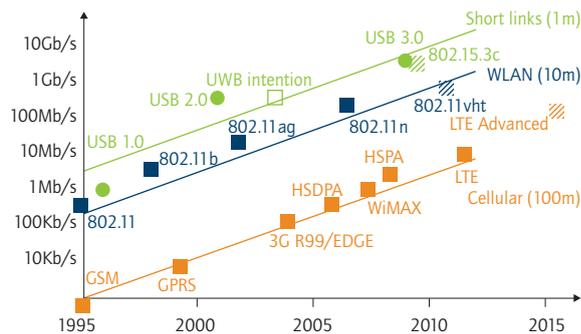
Abbildung 9: Ad-hoc Sensornetz (Fraunhofer IIS)



Der Fortschritt bei der Steigerung der Übertragungsrate von Daten ist enorm – sowohl im Festnetz, als auch im Funknetz. Die Wachstumsraten entsprechen hier ganz den großen Erfolgen bei der Miniaturisierung der Elektronik und sind technologisch in der Tat eng mit dieser Entwicklung verknüpft.

Die nachstehende Abbildung zeigt, dass sich die Datenübertragungsrate in den gängigen Funknetzen alle fünf Jahre verzehnfacht hat. Es ist zu erwarten, dass dieser Trend mit dem Übergang auf neue Übertragungsstandards anhält. Also mit dem Übergang von HSDPA (UMTS) auf WiMax und LTE (Long Term Evolution) beim Mobilfunknetz (typische Reichweite 100m), beim WLAN (Reichweite 10m) auf den Standard 802.11vht, und auf den neuen USB-Standard 3.0 beim Nahstreckenfunk (Reichweite 1m).

Abbildung 10: Alle 5 Jahre verzehnfacht sich die Datenübertragungsrates in Funknetzen¹



Netzen – aufgrund fehlender Schnittstellen sogar unmöglich. Der Funkraum ist bereits eine knappe Ressource, da Frequenzen oder Frequenzbänder nicht beliebig vermehrbar sind. Allerdings werden die Bandbreiten heute noch statisch zugewiesen, ohne dass dabei die jeweilige Anwendung mit ihrem Bedarf berücksichtigt wird. Neue Übertragungsverfahren können diese Situation im Prinzip verbessern, indem die nötige Bandbreite adaptiv zugewiesen wird. Durch diese Flexibilisierung kann einerseits die nötige Übertragungsgüte gesichert werden, andererseits aber auch das Spektrum für zusätzliche Anwendungen bereit gestellt werden.

Mobile intelligente Systeme können miteinander (wie bei den eGrains), oder mit einer oder mehreren Basisstationen (wie beim Mobilfunk) funkvernetzt sein. Daraus ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten. Denn mit der Anbindung an eine Basisstation, sei es direkt oder über ein anderes mobiles System, kann ein Intelligentes Objekt sehr leicht zu einem Bestandteil des weltumspannenden Internets mit seinen vielen hundert Millionen Servern werden.

Damit ist die Dimension der möglichen allumfassenden Vernetzung hier nur angedeutet. Auf zwei Besonderheiten der zunehmenden Funkvernetzung sei zum Schluss noch hingewiesen:

- Aus Sicht des mobilen Nutzers ist ein gleitender, unmerklicher Übergang von einer Funkzelle zur nächsten, von einem Netz in das andere wünschenswert. Übergänge zwischen verschiedenen Netzbetreibern oder verschiedenen Technologien wie z. B. zwischen Mobilfunk und Wireless LAN sind in der Praxis jedoch häufig problematisch. Oder sie sind – und dies betrifft insbesondere den Übergang zwischen verschiedenen

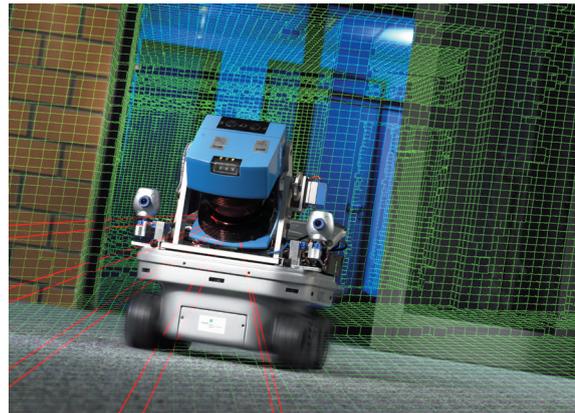
¹ Fettweis, A./Zimmermann, E.: ICT Energy Consumption – Trends and Challenges, WPMC 2008.

5 UMFELD – ERFASSEN, ERKENNEN, BEWERTEN

Ein wichtiges Ziel von Forschung und Entwicklung im Bereich der Intelligenzen Objekte ist technisch höchst anspruchsvoll. Obwohl das, was dabei technisch erreicht werden soll für den Menschen so selbstverständlich ist: Als vernunftbegabte und soziale Wesen haben wir fast immer eine recht gute und zutreffende Einschätzung, in welcher Situation wir uns gerade befinden, was also in dieser Situation zu tun ist oder getan werden kann. Insbesondere können wir in der Regel auch zutreffend beurteilen, was im betreffenden Moment nicht in Frage kommt. Man steigt an einer roten Ampel nicht aus und geht spazieren; man lacht nicht laut an der leisesten Stelle im symphonischen Konzert. Ein Mobiltelefon jedoch könnte an genau dieser Stelle klingeln, denn es „weiß“ nichts von der Situation „Konzert“ und ihrer Bedeutung.

Nun könnte man entgegenhalten: Es sollte doch nicht so schwer sein, die Technik auf automatisch umgebungsgerechtes Verhalten einzustellen. Doch das Gegenteil ist der Fall. Und das ist nicht nur eine Frage der Übertragung von richtigem oder gutem Benehmen, also von moralischen Standards, auf Maschinen. Was Menschen in jungen und jüngsten Jahren lernen und dann selbstverständlich ein Leben lang mehr oder weniger gut beherrschen – nämlich sich zurechtzufinden in der Welt – das ließ sich bislang für technische Systeme nur mit größter Mühe und auch nur ansatzweise konstruieren.

Abbildung 11: Roboter mit Sensorik zur Umfelderkennung (Fraunhofer IuK)



Um vom mobilen technischen System aus zu bestimmen, in welchem Umfeld, in welcher Umgebung oder gar sozialen Situation dieses System sich gerade befindet, ist gewöhnlich ein hoher Aufwand an Sensorik und Datenverarbeitung erforderlich. Das ist eine erste und notwendige, aber noch keineswegs hinreichende Bedingung für den Erfolg. Denn selbst wenn das betreffende Umfeld und die in ihm ablaufenden Bewegungen und Aktivitäten korrekt erfasst werden, bleibt noch eine besonders unangenehme Eigenschaft der realen Welt zu bewältigen. Es ist die Tatsache, dass nämlich oftmals Situationen nicht eindeutig sind.

Als Menschen erfassen wir Situation intuitiv und ganzheitlich, und liegen trotzdem noch manchmal falsch. Das technische System aber muss im Prinzip mit einem vergleichsweise starren Repertoire an Indikatoren, Schwellenwerten und gerasterten Parametern von Vergleichssituationen, arbeiten, selbst, wenn eine gewisse Lernfähigkeit gegeben sein sollte.

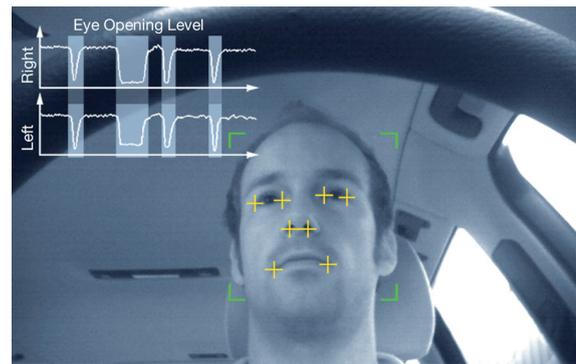
Gegenüber hochfliegenden Erwartungen an die Erkenntnisfähigkeit technischer Systeme der 1980er Jahre gilt daher heute „Kontextsensitivität“ als Forschungs- und Entwicklungsziel. Bescheiden interpretiert bedeutet dies, dass ein technisches System durch mehr oder weniger aufwendige Sensorik Daten aus seiner Umgebung, also dem Kontext, erhebt, zur Verfügung gestellt bekommt und auswertet.

Stehen Umgebungsdaten in geeigneter Weise zur Verfügung, lässt sich eine Fülle von Assistenzfunktionen realisieren. Welches Potenzial hier noch liegt, sei beispielhaft durch den Unterschied zwischen den beliebten Navigationssystemen für Fahrzeuge und den neuerdings auch auf den Markt kommenden „Aufmerksamkeitsassistenten“ angedeutet.

Navigationssysteme zeigen mit einem wechselnden Kartenausschnitt und einem darin platzierten Pfeil den Weg zum Ziel. Notwendig ist hierfür die Erfassung der geographischen Position des Wagens. Dies wird heute durchweg über Satellitenortung realisiert. Die Positionsdaten des Wagens werden datentechnisch auf einer hinterlegten Karte eingetragen und es wird ein Pfeil für die Fahrtrichtung ermittelt. So gesehen ist dies ein einfaches Assistenzsystem.

Die Realisierung eines Aufmerksamkeitsassistenten ist ungleich schwieriger. Er soll zuverlässig auf eine drohende Ermüdung des Fahrers hinweisen, sie warnend anzeigen und so den gefährlichen Sekundenschlaf verhindern. Möglich ist dies zum Beispiel durch Analyse der Augenbewegungen und des Lidschlags des Fahrers. Oder durch eine Analyse der Lenkbewegungen, inwieweit nämlich das aktuelle Lenkverhalten vom normalen Lenkverhalten dieses Fahrers abweicht. Letzteres erfordert die Auslegung des Systems als lernfähiges System und die fahrerspezifische Personalisierung der Vergleichswerte.

Abbildung 12: Aufmerksamkeitsassistent (Lidschlagerkennung, Hella)



Mit der Analyse oder Auswertung ist die Aufgabe aber noch nicht gelöst. Wurde ein Ermüdungszustand detektiert, sollte der Fahrer zwar nachdrücklich, aber unaufdringlich und ohne Bevormundung gewarnt werden. Wie man sieht, spielen hier eine Fülle persönlicher und psychologischer Faktoren mit hinein.

Gelingt es aber, Kontexte und Situationen richtig zu erfassen, macht dies eine Fülle von Assistenzsystemen möglich. Das Auto wird durch solche Systeme zu einem quasi intelligent reagierenden Umfeld des Menschen. Die Fahrerassistenzsysteme sind hier neben Gesundheitsassistenten, Montageassistenten, Reparaturassistenten und Einkaufsassistenten nur ein Anwendungsbereich unter vielen.

Durch die Erfassung von Kontexten kann ein technisches System flexibel auf Umgebungs- und Situationsänderungen reagieren. Das kann möglicherweise bis hin zur Anpassung an die momentane Stimmung des Nutzers gehen. Untersuchungen zur informationstechnischen Analyse von Mimik und Gestik von Nutzern jedenfalls werden seit einigen Jahren angestellt.



Intelligente Objekte

Kontextsensitivität macht technische Systeme situationsangepasst flexibel. Jedes technische System braucht, um seine Funktion entfalten zu können, ein organisatorisches Umfeld. Im Gebrauch verändert sich dieses Umfeld, es muss geeignet organisiert werden. Wir nennen dies die organisatorische Hülle. Das Neue an solchen kontextsensitiven Systemen ist, dass sie in der Lage sind, den Zustand der organisatorischen Hülle zu einem gewissen Grade wahrzunehmen und darauf zu reagieren. Das „stählerne Gehäuse“ der Technik, um hier abschließend einmal mit Max Weber zu sprechen, wird durch Miniaturisierung, Vernetzung und Kontextsensitivität zu einer flexiblen Hülle, die den Menschen mehr umfließt, als dass sie ihn noch in irgendeinem starren Sinn umgibt.

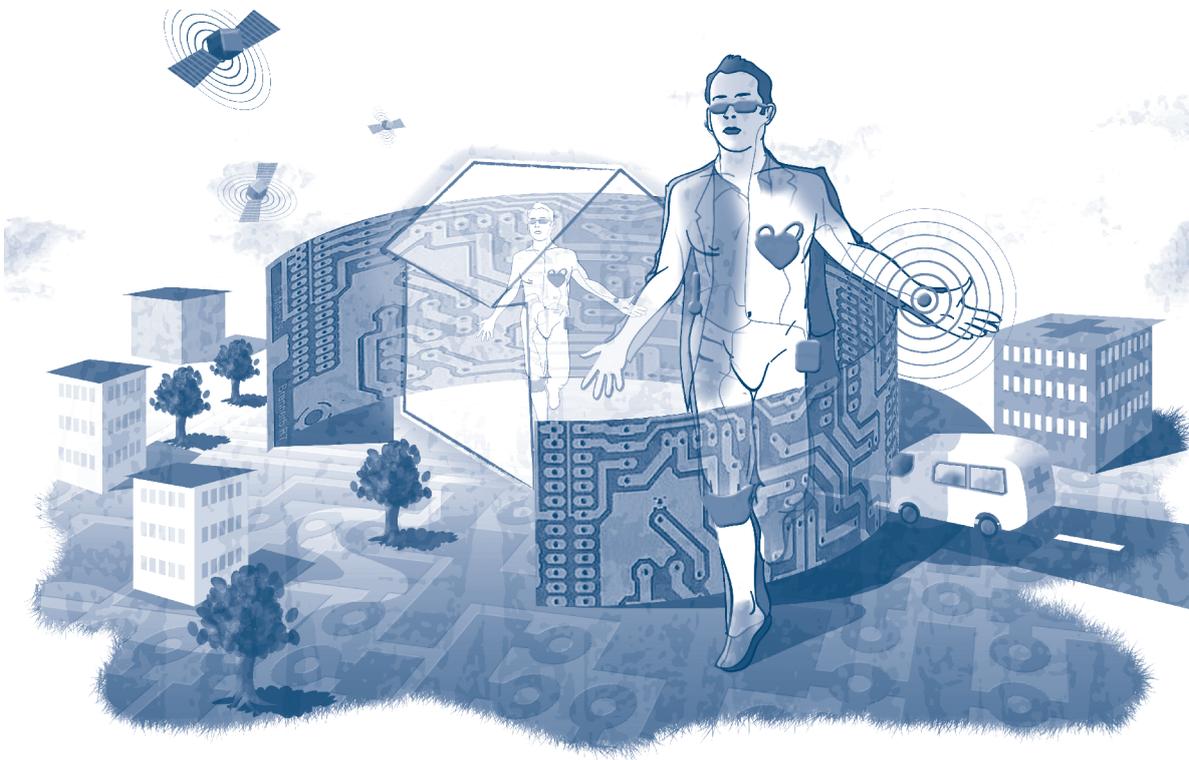
6 LEBENS- UND ARBEITSWELTEN – NEUE DIMENSIONEN IHRER GESTALTUNG

Handlicher, mobiler, unauffälliger. Das sind die Vorzüge der elektronischen Geräte, die dank der kontinuierlichen Verkleinerung der Elektronik hergestellt werden können. Von Vitaldatenerfassung, wie beispielsweise beiläufiger Blutzuckersensoren, über Airbags für Fußgänger, bis hin zu Navigationssystemen im Handy oder in der Brille (Head-Mounted-Display) reichen die Anwendungen.

Umfang und Tiefe des gesellschaftlichen Wandels und der Veränderung des Alltagslebens sind bei zunehmender Verbreitung intelligenter Objekte kaum zu überschätzen. Intelligente Objekte haben bereits begonnen, den wirtschaftlichen und privaten Alltag sowie den menschlichen Körper selbst in einer realen Weise zu durchdringen.

Damit werden alte Fragen in ganz neuer Weise bedeutsam. Fragen nach dem Wunsch oder Recht auf Privatheit und nach dem informationellen Selbstbestimmungsrecht. Aus ganz praktischen Gründen entstehen auch Fragen nach der Zuverlässigkeit oder Robustheit der Intelligenzen Objekte. Wenn diese neue informationstechnische Struktur, diese neue Hülle oder „Zweite-Natur“ des Menschen nicht robust und fehlertolerant aufgebaut wird, können Intelligente Objekte zum Ärgernis werden oder sogar Menschen gefährden.

Abb. 13: Intelligente Objekte im Menschen (Implantate), am Menschen (Wearables) und in seiner Umgebung formen neue Lebenswirklichkeiten

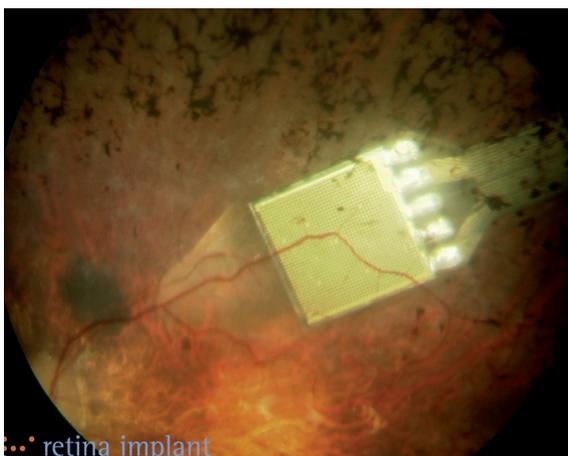


6.1 KÖRPERINTEGRIERTE SYSTEME

Neben dem Herzschrittmacher zählen in diesem Bereich das Cochlea-Implant für Hörgeschädigte und die Vagus-Nerv-Stimulation zur Behandlung depressiver Erkrankungen zu den bekannten und bereits vielfach eingesetzten körperintegrierten Technologien. Miniaturisierung der Elektronik erlaubt zunehmend weitere Anwendungen im Körperinneren.

Zum Beispiel kann Patienten geholfen werden, die aufgrund einer Schädigung der Retina – also jener Schicht im Augenhintergrund, die für die Umwandlung des einfallendes Lichtes in Nervenimpulse verantwortlich ist – ihr Sehvermögen eingebüßt haben. Ein künstlicher Ersatz vermag wieder zu mindestens vagen Lichtempfindungen zu verhelfen. Hier gibt es verschiedene technologische Lösungsansätze. In einer Variante wird dem Patienten ein kleines flexibles Implantat bestehend aus Mikrochip und lichtempfindlichen Sensoren eingesetzt. Das Implantat speist elektrische Impulse in die Nervenfasern ein, wenn Licht auf die fotoempfindlichen Sensoren fällt. Das Implantat übernimmt also partiell die Aufgabe der degenerierten Sehzellen.

Abbildung 14: Retinaimplantat (Retina Implant AG)



Die hiermit bislang erreichten Lichtempfindungen erlauben noch nicht, von einem wirklichen „Sehen“ zu sprechen. Die Systeme werden jedoch immer leistungsfähiger, auch kleiner, und das Problem der Energieversorgung einer solchen implantierten Elektronik wird zunehmend komfortabel gelöst.

6.2 KÖRPERNAHE SYSTEME

Elektronische Systeme, die Körpertemperatur, Blutdruck, Puls und Blutsauerstoffgehalt messen, können heute in Bekleidung eingearbeitet werden. So wird eine kontinuierliche Erfassung der sogenannten Vitalparameter des Trägers der Kleidung möglich. Das ist nicht nur interessant für Leistungssportler, sondern möglicherweise auch sinnvoll als Gesundheitsüberwachung für ältere Menschen. Wiederum durch Vernetzung, insbesondere Funkvernetzung dieser Systeme, zum Beispiel dem mobilen Anschluss ans Internet, können verschiedene Dienste realisiert und angeboten werden.

Abbildung 15: Messgerät zur Erfassung von Blutsauerstoffsättigung und eines EKG-Signals (Fraunhofer IuK)



Ein Diensteanbieter kann beispielsweise beim Sport erhobene Vitaldaten aufbereiten und dem Nutzer in personalisierter Form zur Verfügung stellen; eine betreuende Einrichtung oder ein Arzt kann alarmiert werden, wenn kontinuierlich aufgenommene Vitaldaten einer älteren oder gebrechlichen Person Anlass zur Sorge geben. Im Sportbereich sind erste Monitoring-Produkte bereits auf dem Markt

Abbildung 16: Intelligentes Textil zur körpernahen Vitaldatenerfassung (Projekt NutriWear)

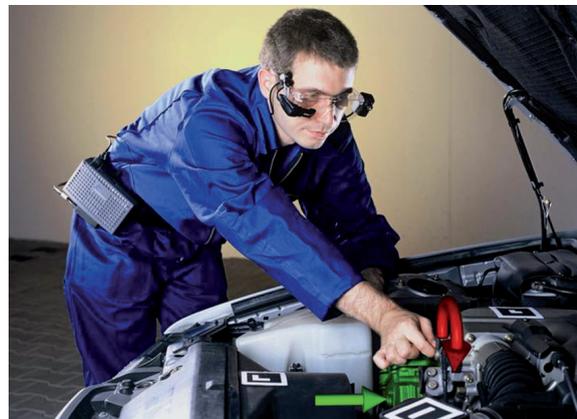


Der Forschungsbereich Smart Textiles mutet heute noch exotisch an. Diese Technologie wächst jedoch zunehmend aus ihrem Nischendasein heraus. Vor allem für Militärs und Sondereinsatzkräfte ist die Entwicklung neuer Bekleidung mit integrierten Kommunikationseinrichtungen und Vitaldatenerfassung interessant. Daneben zeigt die Modebran-

che großes Interesse an Smart Textiles. Erste textiladaptierte Systeme in Gestalt von mp3-Player-Jacken und mp3-Player-Handschuhen wurden werbewirksam als Lifestyle-Produkte platziert. Angestrebt wird in jedem Fall, die elektronischen Systeme in das textile Material zu integrieren, also textile Sensoren, textile elektrische Leiter und womöglich bald auch textile Leiterplatten zur Anwendungsreife zu bringen. Wenn elektronische Computersysteme unauffällig, mobil und körpernah in der Bekleidungsschicht untergebracht werden, eröffnen sich wiederum weitere Möglichkeiten für neue praktische Assistenzsysteme im beruflichen und privaten Bereich.

Mit textilelektronisch bestückten Armbändern, Handschuhen oder Westen können beiläufig Eingaben in Computersysteme getätigt und Informationen zurück an den Nutzer gespielt werden. Und zwar ohne von der eigentlichen Tätigkeit, z. B. bei einer Wartungstätigkeit, abgelenkt zu werden.

Abbildung 17: Interaktives Assistenzsystem (Fraunhofer IuK)



6.3 INTELLIGENTE UMGEBUNGEN

Die drei großen Trends – Miniaturisierung, Vernetzung und Herstellung von Kontextsensitivität – schaffen auch im Bereich der intelligenten Umgebungen (Ambient Intelligence) eine Fülle von Anwendungsfeldern. Im industriellen Bereich etwa zeigen neue vernetzte Produktions- und Logistikumgebungen bereits großes wirtschaftliches Potenzial (Maschine-Maschine-Kommunikation, selbststeuernde logistische Prozesse).

An der Schnittstelle Mensch-Maschine gewinnen außerdem mobile Assistenzsysteme an wirtschaftlicher Relevanz. Denn mit ihnen lassen sich bedeutende Effizienzpotenziale in Arbeitsprozessen verwirklichen. So kann ein Unternehmen, etwa im Maschinenbau, seinen Kunden durch die Verbesserung des Wartungsservices einen echten Mehrwert anbieten – und sich so von Mitbewerbern und Plagiatoren absetzen.

Auch im Konsumgüterbereich werden erste häuslich vernetzte Umgebungen präsentiert. So gibt es zum Beispiel integrierte intelligente Steuerung von Licht, Unterhaltungs-

Abbildung 18: Beispielszenario Ambient-Assisted-Living



elektronik (Musik, Fernsehen, Video), einzelnen Küchenfunktionen wie Einkaufsliste erstellen, Kaffeekochen und Hausüberwachung.

Darüber hinaus sind Assistenzsysteme auch für die älter werdende Gesellschaft besonders nutzbringend. Aufgrund des demographischen Wandels ist unter dem Namen „Ambient Assisted Living“ (AAL) eine Sonderform dieser intelligenten häuslichen Umgebungen in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. So engagieren sich Forschungseinrichtungen und Fördermittelgeber, intelligente Umgebungen speziell zur Unterstützung älterer Menschen zu befördern.

Altersgerecht unterstütztes Wohnen soll Menschen möglichst lange gestatten, das selbstbestimmte Leben in den eigenen vier Wänden zu führen. Und das bei nachlassenden Körperkräften und zunehmendem Gesundheitsrisiko. Dazu gehört auch die altersbedingte Einschränkung des physiologischen Wahrnehmungsraums, etwa durch das sich verengende Sehfeld und die Verminderung der hörbaren Tonfrequenzen.

Intelligente häusliche Umgebungen – speziell für Senioren – gelten als Markt der Zukunft. Zum einen gibt es in dieser Altersgruppe eine kaufkräftige Klientel. Zum anderen wird diese Technologie womöglich auch bei sinkendem Wohlstandsniveau gebraucht, um Pflegekassen zu entlasten oder deren drohenden Kollaps abzuwenden.

Die genannten Beispiele deuten die Potenziale des durch Miniaturisierung, Vernetzung und Kontextsensitivität möglich gewordenen Technisierungsschubs an.

7 POTENZIALE UND HERAUSFORDERUNGEN

> Wirtschaftliche Potenziale

Intelligente Objekte führen nicht nur zu grundlegenden Re-Konfigurationen der Wertschöpfungsprozesse sowie integrierten Transaktionssystemen. Sie ermöglichen auch neue Produkte und Dienstleistungen.

Mit Hilfe Intelligenter Objekte kann eine Syndikation und Integration von Applikationen und Datenbeständen erfolgen – mit der realen Umgebung und dem Kontext, in dem sich ein Nutzer befindet. Intelligente Objekte schließen damit die kostspielige Lücke zwischen Informationssystem und Realität. Damit erlauben sie beispielsweise eine laufende Prozesskontrolle oder kontextsensitive Informationsbereitstellung auf Basis von Echtzeitinformationen. Die Folge sind neue Prozessfähigkeiten, die zu Kosteneinsparungen, Qualitätssteigerungen und neuen Angeboten und Geschäftsmodellen führen können.

Die Geschäftspotenziale Intelligenter Objekte liegen jedoch nicht nur in der betrieblichen Prozessoptimierung, sondern auch in den aufkommenden Produkten und Dienstleistungen für vielfältige Nutzungsbereiche. Dazu zählen u. a. das „Intelligente Haus“, die Gesundheit, die Verkehrssteuerung und Location Based Services. Die Bereiche Verkehrssteuerung und Logistik bieten ebenfalls entwicklungsfähiges Potenzial. Die Etablierung der RFID-Technologie in der Logistik ist hier nur eine erste Realisierung von Automatisierungspotenzialen durch „smarte“ Technologie.

Durch die Kombination unterschiedlichster Intelligenter Objekte und ihre Vernetzung wird sich die Funktionalität von technischen Geräten (wie Autos oder medizinische Apparate) erhöhen.

Das trifft zum Beispiel auch im Bereich des Ambient-Assisted-Living zu, denn hier lassen sich Lösungen der Gebäudesteuerung mit medizinischen Überwachungs- und

Hilfesystemen zielgruppengerecht koppeln. Die potenzielle Massenverbreitung für Gesundheitsassistenten ist durchaus möglich.

Darüber hinaus ermöglichen Intelligente Objekte und Umgebungen personalisierte Werbeangebote und individualisierte Einkaufsempfehlungen. Außerdem eröffnen sie Möglichkeiten der Preisdifferenzierung: Das gleiche Produkt wird kontextabhängig und/oder kundenabhängig zu verschiedenen Preisen angeboten. So kann die ebenfalls kontextabhängige Zahlungsbereitschaft des Kunden wirtschaftlich besser ausgenutzt werden.

Für Softwareunternehmen entstehen durch Serviceorientierung und Prozess-Orchestrierung neue Märkte und Geschäftsfelder – und etablierte Vertriebswege und Geschäftsmodelle verändern sich. Als Konsequenz aus der Verbindung von Serviceorientierung mit leistungsfähigen Netzinfrastrukturen ist hier insbesondere das „Software-as-a-Service“ (SaaS) Konzept zu nennen. Statt Lizenzen für Software zu verkaufen bieten Hersteller im SaaS-Modell Software zur Miete über das Internet an. Aus Kundensicht entfallen der aufwändige und oft kostspielige Betrieb der Software sowie eine hohe Einstiegsinvestition, da diese in monatlichen Raten bezahlt werden kann. Aus dem Produkt Software wird auf diese Weise ein Dienst. Kunden wie Anbieter erwarten von diesem Modell sowohl eine bessere Skalierfähigkeit mit wachsenden oder sich ändernden Anforderungen, als auch Kostenvorteile durch effizienteren Betrieb und Konzentration auf Kernkompetenzen.

Beim Cloud Computing (siehe Kapitel 3) ergeben sich anbieterseitig Skaleneffekte durch effiziente Ressourcenauslastung und Betrieb der Plattform in sehr großen Rechenzentren. Aus Kundensicht hat dies, neben den entfallenden Investitionskosten für eigene Hardware, vor allem den Vorteil des (nahezu) unbegrenzten Skalierens, da bei Bedarf sehr schnell zusätzliche Rechenkapazität angemietet werden kann. Für viele im Bereich Web2.0 tätige Start-

up-Unternehmen, die bei Erfolg unter Umständen einen großen Kundenansturm binnen kurzer Zeit bewältigen müssen, sind solche Dienste daher elementarer Bestandteil der Unternehmensstrategie.

Der Markt für intelligente Implantate ist sicher begrenzt. Das Nutzenpotenzial und die erzielbaren Preise sind jedoch erheblich. Dabei geht der Einsatzbereich intelligenter Implantate über den Organersatz hinaus und erschließt auch die Möglichkeit selektiver Organverstärkung, vor allem im Bereich der Sinnesorgane. Hier deutet sich ein aussichtsreicher Zukunftsmarkt bereits an.

> Gesellschaftliche Herausforderungen

Die Einführung der hier betrachteten neuen Technologien stellt die Gesellschaft in verschiedener Hinsicht vor große Herausforderungen.

Das Recht auf Privatheit, wie es heute in unserem Rechtssystem verankert ist, und nach Umfragen auch von einer breiten Bevölkerungsmehrheit gewünscht wird, ist bei einer Reihe der geschilderten Anwendungen gefährdet. Die zunehmend umfassender werdende Erhebung von Daten, ihre Vernetzung und Verwertung, lässt den privaten Raum durchsichtig werden. Diese Tendenz weckt Befürchtungen und ruft Kritiker auf den Plan. So wird vom „Gläsernen Menschen“ gesprochen, beispielsweise in der Diskussion um die RFID-Technologie. Es ist deshalb dringend geboten,

die möglichen Konsequenzen solcher Anwendungen öffentlich und sachverständig zu diskutieren und, wo notwendig, gesetzliche Bestimmungen zu erlassen oder freiwillige Vereinbarungen der Anbieter zu erwirken die einen Missbrauch der Daten so weit wie möglich verhindern.

Sozialgeschichtlich kann man den Umgang mit den neuen Technologien unterschiedlich interpretieren. Man mag wirtschaftliche und gesellschaftliche Phänomene wie die zunehmende (Selbst-)Veröffentlichung von privaten Inhalten (Blogs, StudiVZ, Facebook) als neue und breit akzeptierte Kommunikationsformen beschreiben. Oder man kann sie für nichts grundsätzlich Neues halten. Denn im Laufe des Zivilisationsprozesses haben sich die Auffassungen von Privatheit beständig gewandelt. Die zunehmende Auswertung persönlicher Daten durch Dritte (Einkaufsverhalten, Bewegungsprofile) kann als Zeichen einer zunehmenden Überwachung gesehen werden – oder als Ausdruck einer freizügigen und im gegenseitigen Einverständnis transparenten Mediengesellschaft. Der Wunsch nach einem unantastbaren Raum für individuelle Selbstverwirklichung und Privatheit, die Sehnsucht nach einem Ort der Ruhe oder des In-Ruhe-gelassen-werdens, ist erst ein Produkt der Neuzeit. Somit unterliegt der Grad der gewünschten Privatheit dem zeitlichen Wandel. Dennoch erscheint Privatheit heute als ein schützenswertes Gut. Viele sehen in der Privatsphäre eine wichtige Errungenschaft westlicher Demokratien und eines humanistisch geprägten Verständnis von Menschenrechten. Unter den Bedingungen eines sich immer weiter ausdifferenzierenden Wertpluralismus und unter dem Eindruck der neuen technischen Möglichkeiten wird sich die Frage nach den Grenzen und Spielräumen privater Räume und Sphären neu stellen. Hier ist dringend eine gesellschaftliche Debatte unter Einschluss der Nutzer und anderer betroffener Menschen zu führen

So verrücken Intelligente Objekte die Grenzen zwischen Öffentlichkeit und Privatsphäre und stellen sie gleichzeitig in Frage. Sie stellen aber auch die Frage nach dem Selbstbestimmungsrecht einer Person, und zwar im Hinblick auf die Erzeugung, Speicherung und Auswertung persönlicher Daten. Intelligente Umgebungen, zu deren Funktion es unmittelbar gehört, ständig in Betrieb zu sein, können in der Regel nicht nach individueller Maßgabe an- und ausge-

schaltet werden. So ist beispielsweise das Bahnfahren heute schon an vielen Orten für den Reisenden alternativlos mit der Anfertigung von Videoaufnahmen des Reisenden verbunden (Es ist kein „Opt-out“ möglich). Das mag je nach Standpunkt sinnvoll oder nicht sinnvoll sein, hier ist nur von Interesse, dass in Intelligenten Umgebungen die Technik zunehmend unsichtbar wird und nicht mehr von den handelnden Personen wahrgenommen wird, obwohl sie über diese Menschen Informationen aufnehmen und weiterleiten können. Intelligente Objekte büßen nahezu vollständig ihren klassischen Werkzeugcharakter ein. Der Mensch taucht ein in diese Systeme, die für ihn im Alltag unsichtbar bleiben und sich deshalb der bewussten Wahrnehmung entziehen. Im Zuge des Einsatzes von miniaturisierten mobilen Intelligenten Objekten in vernetzten Umgebungen könnte sich ein neues Mensch-Technik-Verhältnis ergeben. Zumindest fällt auf, dass in vielen Beschreibungen für künftige wie aktuell schon mögliche Anwendungen auch unausgesprochene anthropologische Grundannahmen gemacht werden. Da solche Grundannahmen bei der Gestaltung von Technologien Konsequenzen für eine spezifisch neue Fassung des Verhältnisses von Ich und Welt zeitigen, muss man auch darüber nachdenken, ob diese Konsequenzen wirklich erwünscht sind. Eine Voraussetzung, solche Fragen zu beantworten, besteht darin, den künftigen Benutzer über die Wirkmächtigkeit solcher Technologien nicht im Unklaren zu lassen.

Der Technologiebereich Intelligente Objekte stellt damit zumindest potentiell herkömmliche Sichtweisen des Mensch-Technik-Verhältnisses in Frage. Hierin liegt ein Risiko, aber auch eine Chance für die Zivilgesellschaft.

8 EMPFEHLUNGEN

Die Informatisierung des wirtschaftlichen und privaten Alltags durch Intelligente Objekte bewirkt einen Technisierungsschub neuer Qualität und damit die Erschließung völlig neuer IuK-Anwendungsfelder. Dieses Geschehen betrifft nicht nur die wirtschaftliche Zukunft Deutschlands, sondern verändert auch individuelle Lebens- und Arbeitswelten.

Es sollten geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, so dass Deutschland die wirtschaftlichen Potenziale dieses Technologiebereiches ausschöpfen kann, ohne dass individuelle Freiheiten und Spielräume in Gefahr geraten. Dazu ist es notwendig, die Chancen wie Risiken für Wirtschaft und Gesellschaft möglichst genau zu erfassen, um bei auftretenden Fehlentwicklungen schnell und wirkungsvoll gegensteuern zu können.

Die neuen miniaturisierten, verteilten und vernetzten Systeme können nicht mehr als Objekte oder Instrumente im klassischen Sinn von Werkzeuggebrauch betrachtet werden. Adäquater sind diese neuen Strukturen als soziotechnische Systeme aufzufassen, in denen das Handeln auf menschliche und nicht-menschliche Akteure, auf Personen und technische Agenten oder Instanzen verteilt ist. Die Fachwissenschaften sind eben erst dabei, eine angemessene Beschreibungssprache für diese neue Qualität der Technik und ihre Strukturen zu entwickeln.

Bei allen Schwierigkeiten, die in dieser Situation einer Formulierung konkreter Desiderate entgegenstehen, lassen sich doch einige Orientierungen und Handlungsempfehlungen angeben. Diese betreffen sowohl die technische Gestaltung als auch die wirtschaftliche Verwertung und die gesellschaftliche Wirkung.

8.1 TECHNISCHE GESTALTUNG

Betrachtet man den Entstehungsprozess von Produkten, von der ersten gestalterischen Idee bis zur Markteinführung, werden gewöhnlich zu einem recht frühen Zeitpunkt wesentliche Festlegungen getroffen, die neben der gewünschten Funktionalität auch die Möglichkeit alternativer oder adaptiver Verwendungsweisen betreffen. Der Produktentstehungsprozess ist demnach kritisch für die Möglichkeit der gesellschaftlichen Integration der Intelligenzen Objekte und Systeme.

8.1.1 SYSTEMATISCHE NUTZEREINBINDUNG

Erst wenn eine Erfindung sich am Markt bewährt, wird sie zur Innovation. Insofern sind Endnutzer oder Anwender von Technik immer schon ins Innovationsgeschehen eingebunden. Ohne Anwendung und tatsächliche Nutzung ist aller Erfindungsreichtum wenig Wert. Es zeigt sich jedoch, dass viele Entwicklungen weit voran oder bis an den Markt gebracht wurden und werden, ohne dass die Sichtweisen und Lebenslagen der potenziellen Nutzer im Entwicklungsprozess in angemessener Weise berücksichtigt worden wären. Dies kann als ein wesentlicher Grund für den wirtschaftlichen Misserfolg von technologiegetriebenen Entwicklungen gelten.

> acatech empfiehlt

Möglichst frühzeitig und möglichst intensiv sollten Nutzerperspektiven in den Prozess der Entwicklung der neuen Intelligenzen Objekte und Systeme eingebunden werden. Hierfür sollten bekannte Mittel verstärkt eingesetzt, aber auch weitere und neue Formate herausgebildet werden. Zu denken ist hier an das Lead-User-Konzept, also die Ausnutzung frühzeitiger Anforderungsdefinitionen durch Testkunden oder Testunternehmen, an räumlich definierte Test- und Felderprobungen von Technologien im gesellschaftlichen

Raum (LivingLab-Konzepte) oder auch an rollenbasiertes Stellvertreterhandeln im Rahmen von entwicklungsbegleitenden Szenariotechniken. Damit ist sichergestellt, dass die Entwicklungen nicht am Markt und potenziellen Nutzern vorbei gehen

8.1.2 GESTALTUNG DER BENUTZERSCHNITTSTELLE

Wer ein sogenanntes Endgerät erworben hat, steht vor dem Problem der sachgerechten Bedienung. Idealerweise erschließt sich diese intuitiv über eine entsprechend gestaltete Benutzungsoberfläche. Übergroße Funktionsumfänge und vollkommen unverständliche Bedienungsanleitungen weisen auf Defizite hin. Mit fortschreitender Entwicklung des Technologiebereiches werden sich die Intelligenzen Objekte, mindestens insofern es sich um verteilte Strukturen handelt, allerdings zunehmend der (bewussten) Wahrnehmung ihrer Nutzer entziehen. Dies erfordert eine neue, umsichtige Gestaltung von Benutzungsschnittstellen.

> acatech empfiehlt

Bedienoberflächen sollten daher dort, wo sie notwendig sind, verständlich und aufgabenorientiert gestaltet werden. Sie müssen darauf angelegt sein, dass die Nutzer ohne Zwänge, und bewusst und eigenverantwortlich mit ihnen umgehen können. Bei Intelligenzen Objekten, die sich in der Anwendung der Wahrnehmung ihrer Nutzer entziehen, ist darüber hinaus dafür Sorge zu tragen, dass Persönlichkeitsrechte der Nutzer, wie etwa der Wunsch nach Privatheit, zu jeder Zeit geachtet werden. Es reicht nicht hin, dem Nutzer die Möglichkeit der Privatheit durch die Möglichkeit einer entsprechenden, nutzerseitig vorzunehmenden Konfiguration des Gerätes oder Systems zu geben. Voreinstellungen solcher Systeme und ihre Betriebsmodalitäten durch den Anbieter sollten, im Einklang mit gesellschaftlich geschätzten Werthaltungen, das Gebot der Datensparsamkeit bei Aufnahme, Speicherung und Übertragung von Daten sowie die Gewährung relativer Anonymität verwirklichen.

Darüber hinaus sollten durch verstärkte Anstrengungen in Forschung und Entwicklung die Mensch-Technik-Schnittstelle im Bereich der Intelligenzen Objekte so gestaltet werden, dass Nutzer der Technologie jederzeit ein zur Beurteilung der eigenen Involviertheit oder aktuell gegebenen „Durchsichtigkeit“ geeignetes und hinreichendes Anschauungsniveau gewinnen können, ohne dass die erwünschte Techniknutzung gehemmt wird.

8.1.3 VERSTÄRKTE INTERDISZIPLINARITÄT

Die Entwicklung von Intelligenzen Objekten wird typischerweise nicht von einer einzigen Fachdisziplin geleistet. Kenntnisse und Kompetenzen einer Vielzahl von Fachrichtungen müssen zusammenfließen. An vielen Entwicklungsprojekten sind allerdings ausschließlich technische Disziplinen beteiligt, die zudem häufig verwandt oder benachbart sind.

> acatech empfiehlt

Die besondere gesellschaftliche Relevanz der Entwicklungen im Bereich der Intelligenzen Objekte macht eine verstärkte sozial- und geisteswissenschaftliche Begleitung notwendig. Es ist insbesondere eine möglichst direkte Beteiligung der nicht-technischen Disziplinen an der Produktentwicklung im Sinne eines nutzerorientierten Designs wünschenswert. Sozial- und Geisteswissenschaften sollten gemeinsam mit den Technikwissenschaften an der Produktentstehung und der Produkterprobung mitwirken. Das Mühevollere solcher Auseinandersetzungen und Projekte ist bekannt. Trotzdem ist diese interdisziplinäre Integration die beste Möglichkeit, eine unreflektiert betriebene Technikentwicklung zu vermeiden, die an den Wünschen, Bedürfnissen und kulturellen Werten vorbeigeht und damit letztlich auch zu wirtschaftlichen Verlusten führen kann.

8.1.4 ENERGIEVERSORGUNG

Für den erfolgreichen Einsatz miniaturisierter und hochmobiler Intelligenter Objekte sind relativ autonome Energieversorgungseinheiten notwendig, die hohe Leistungsdichten und eine hohe Lebensdauer aufweisen. Dieser Punkt wird in seiner Bedeutung für die Zukunft des Technologiebereiches Intelligente Objekte oft unterschätzt. Zusätzlich ist zu bedenken, dass der Betrieb von großen Systemen Intelligenter Objekte – zum Beispiel das mobile Internet – nicht nur die zuverlässige Bereitstellung kleiner Energiemengen auf Seiten der mobilen Endgeräte, sondern auch großer Energiemengen auf Seiten der IuK-Infrastrukturen erfordert.

> acatech empfiehlt

Forschungsinteresse und Förderlandschaft sollten der fundamentalen Bedeutung zuverlässiger miniaturisierter Energieversorgungseinheiten für den Einsatz und den Markterfolg neuer verteilter Systeme Intelligenter Objekte gerecht werden. Die sicherlich im Weiteren bestehende Problematik, Produktlebenszyklen dieser Energiesysteme nachhaltig zu gestalten, verstärkt hier die Notwendigkeit nach mehr Forschung und Entwicklung. Daneben verdient der wachsende Energieverbrauch der neuen IuK-Infrastrukturen besondere Aufmerksamkeit. Bemühungen zur Verbesserung ihrer Energieeffizienz sollten wesentlich verstärkt werden.

8.1.5 INTEROPERABILITÄT

Das Zusammenspiel der Endgeräte und Dienste im Bereich Intelligenter Objekte ist bislang mangelhaft. Einerseits bedingt durch die vorhandene und gewiss wünschenswerte Diversifizierung des Marktes auf der Anbieterseite, andererseits bedingt durch fortdauernde erhebliche Schwierigkeiten bei der internationalen Standardisierung, stellt sich der Bereich der Intelligenen Objekte anwenderseitig als sehr heterogen dar. Häufig muss der Nutzer mit

Medienbrüchen und eingeschränkter räumlicher oder zeitlicher Nutzbarkeit der erworbenen Technik umgehen. Dies wirkt zweifellos markthemmend.

> acatech empfiehlt

Es sollten verstärkt Standardisierungsbemühungen gefördert werden, wie etwa Bemühungen um standardisierte mobile Schnittstellen. Um eine breite Verfügbarkeit zu gewährleisten, sind für Intelligente Objekte gemeinsame Industriestandards für Hardware- und Software-Schnittstellen und Middleware sowie für ihre Kommunikationsprotokolle zu vereinbaren. Da viele kleine und mittelständische Unternehmen nicht über ausreichende Ressourcen verfügen, um sich direkt an internationalen Standardisierungsprozessen zu beteiligen, sollten sie durch geeignete Instrumente der Delegation oder der kumulativen Entscheidungsfindung befähigt werden, an diesen Prozessen der internationalen Standardisierung aktiv mitzuwirken.

8.2 WIRTSCHAFTLICHE VERWERTUNG

Ein Spezifikum von Intelligenen Objekten ist ihr dualer Charakter; sie bestehen aus einer Kombination von Medium und Information in Form einer vermarktungsfähigen Ware oder Dienstleistung. Den eigentlichen Kernnutzen liefert die Information, die aber eines Mediums als Mittel zur Darstellung und Repräsentation kommunikationsfähiger Sachverhalte bzw. Inhalte bedarf.

8.2.1 MODELLIERUNG HOCHADAPTIVER SYSTEME

Jede Technik ist gesellschaftlich eingebettet. Im Bereich der Intelligenen Objekte ist jedoch eine hochgradige Vernetzung oder Verknüpfung von sozialen, technischen und wirtschaftlichen Systemen zu beobachten. In vielen Anwendungsbereichen findet eine zunehmende Verschmelzung

von Produkten und Dienstleistungen statt. Es gilt, unter Wahrung der informationellen Selbstbestimmung jedes Individuums, die Potenziale zu nutzen, die durch Automatisierung der kostenintensiven Aufgaben an der Schnittstelle zwischen bereits etablierten Informationssystemen und der realen Welt bestehen. So können Fehlerquellen durch Vermeidung von Medienbrüchen reduziert, Kosteneinsparungen, Qualitätssteigerungen und neue Geschäftsmodelle, insbesondere im Bereich der Location Based Services realisiert werden.

> acatech empfiehlt

Wie und in welchem Ausmaß interdependente und dynamisch verknüpfte soziale, wirtschaftliche und technische Systeme im Bereich der Intelligenten Objekte verstanden und modelliert werden können, sollte ein Schwerpunkt der Forschung sein. Dazu sollten die geeigneten Rahmenbedingungen nicht zuletzt für eine interdisziplinäre Forschungsförderung geschaffen werden. Interdisziplinarität kann hier in besonderer Weise nutzbar gemacht werden. Teams von Ingenieuren, Wirtschaftswissenschaftlern und Designern sollten gemeinsam Benutzungsschnittstellen entwickeln, die intuitiv bedienbar sind und sich automatisch und individuell anpassen. Das würde sich positiv auf gesteigerte Nutzungsmöglichkeiten und damit auch auf einen erhöhten Umsatz auswirken.

Es gilt darüber hinaus verschiedene Produkt- und Services-Anbieter miteinander zu vernetzen. Hersteller, Betreiber und Service-Anbieter sollten vermehrt bei der Entwicklung und Bereitstellung von leicht nutzbaren Anwendungen zusammenarbeiten. Dazu wäre die Bildung von Allianzen zwischen Content-Anbietern und Technologiefirmen sowie die Produktbündelung durch ebenenübergreifende Integration hilfreich. Infolge der verbesserten Kooperation kann eine

angemessenere Verteilung der Anbahnungs- und Investitionskosten und damit verbunden eine Reduktion von Doppel- und/oder Fehlinvestitionen erreicht werden.

Auch aus wirtschaftlicher Sicht ist dem Thema Privatheit und Selbstbestimmung des Nutzers beim Entwurf konsumentennaher Anwendungen ein wichtiger Stellenwert beizumessen. Dadurch können Akzeptanzprobleme vermieden und es kann die Kaufbereitschaft der Nutzer verbessert werden.

8.2.2 EFFIZIENZSTEIGERUNG

Intelligente Objekte können mit Gewinn in einer Vielzahl wirtschaftlicher Prozesse eingesetzt werden, von der Produktionssteuerung über die Waren- und Güterlogistik bis hin zur Unterstützung von Außendienstmitarbeitern und der gezielten Erhöhung des Abverkaufs von Waren und Dienstleistungen. Dieses hohe wirtschaftliche Potenzial im industriellen Bereich wird durch Anwendungen im privaten Bereich ergänzt. Intelligente Objekte verändern Einkaufsmöglichkeiten und Einkaufsroutinen, ermöglichen neue Formen der Freizeitgestaltung, bieten mehr Lebensqualität für Risikopatienten und ältere Menschen, erhöhen die Sicherheit im Straßenverkehr, usw. Eine Reihe von Anwendungen, sei es im Bereich RFID oder im Bereich der Applikationen für Smart-Phones, ist bereits erfolgreich im Einsatz.

> acatech empfiehlt

Das Potenzial Intelligenter Objekte zur Optimierung der innerbetrieblichen und unternehmensübergreifenden Wertschöpfung und Leistungserstellung sollte verstärkt erschlossen werden. Notwendig sind dafür eine hinreichende Mitarbeiterakzeptanz (siehe auch Empfehlung 8.3.1), das

Vertrauen der Partner entlang einer Wertschöpfungskette und die Standardisierung der Technik (siehe auch Empfehlung 8.1.5). Zudem sollte die Integrations- und Netzwerkfähigkeit der Unternehmen, die die Intelligenten Objekte in ihren Prozessen nutzen möchten, ausgebaut werden.

Die Bereitstellung von Informationsprodukten- und dienstleistungen unterliegt häufig interaktions- und verbreitungsabhängigen Effekten: der Nutzen eines Netzwerks, bzw. darüber erbrachter Dienstleistungen, steigt mit der Anzahl der Netzteilernehmer an. Damit solche Strukturen über die kritische Schwelle wachsen können, kann es für den Anbieter solcher Güter, deren Nutzen für die Anwender sich aufgrund indirekter Netzwerkeffekte ergibt, vorteilhaft oder sogar unumgänglich sein, komplementäre Güter selbst zu offerieren und/oder ihre Bereitstellung durch andere Unternehmen anzuregen bzw. zu fördern. Die Verbreitung wird dadurch gesteigert, schneller eine kritische Masse und damit höherer Umsatz/Deckungsbeiträge erreicht.

Zur Steigerung der Effizienz ist es notwendig, Strategien hinsichtlich des unternehmerischen Handelns im Entwicklungsumfeld Intelligenter Objekte kontinuierlich den sich wandelnden Umfeldbedingungen anzupassen:

- Höhere Servicedifferenzierung durch gezieltere Identifikation attraktiver Kundenpotenziale
- Produktdifferenzierung: Unterbreitung maßgeschneiderter Angebote (up-selling und cross-selling)
- Preisdifferenzierung: Ermittlung und Ausnutzung der Zahlungsbereitschaft des Kunden durch individuelle Preissetzung

Dadurch erfolgt eine Absicherung der Investitionsentscheidung in Angebote im Kontext intelligenter Objekte. Die Entwicklung von Reaktionsmustern zur Anpassung der Angebote und eine Stabilisierung des wirtschaftlichen Erfolgs werden ermöglicht.

8.3 GESELLSCHAFTLICHE WIRKUNG

Neue Anwendungen im Bereich der Intelligenten Objekte und Systeme eröffnen zweifellos ein heute noch kaum abschätzbares großes Marktpotential und bieten die Chance für Deutschland, hier in Forschung und Entwicklung eine internationale Spitzenstellung einzunehmen. Vom mobilen E-Ticketing bis zu den Assistenzsystemen für die alternde Bevölkerung dienen viele Anwendungen einer Verbesserung von Lebensqualität und Effizienz.

8.3.1 INFORMATIONELLE SELBSTBESTIMMUNG

So verständlich der Wunsch mancher Nutzer sein mag, dass sie jetzt und in Zukunft die Entscheidung haben und behalten möchten, welche Informationen über sie, ihre Aufenthaltsorte und Handlungen, wie erfasst, an wen übertragen und von wem gespeichert werden, so unrealistisch in psychologischer Hinsicht und technisch aufwändig erscheint es doch aufgrund der zu erwartenden Vielzahl und relativen Unsichtbarkeit der Objekte und Anwendungen, den Nutzern selbst eine solche Aufgabe ständig zuzumuten. Viele neue Systeme der hier betrachteten Art befinden sich im Dauerbetrieb und decken umfassend Räume ab.

Hier ist eine grundsätzliche gesellschaftliche Auseinandersetzung um die neue „allgegenwärtige“ Technik angebracht. Hat jemand die Freiheit, zu einer angebotenen Technik Alternativen verfügbar zu haben, dann ist weitaus eher mit Akzeptanz zu rechnen, als wenn eine Technik dem Individuum als alternativlos übergestülpt wird. Vor allem zeigen psychologische Untersuchungen, dass die Wahrnehmung eigener Kontrollfähigkeit, also Geräte selber steuern zu können, eine wichtige Bedingung für Akzeptanz darstellt. Diese Bedingung ist aber bei den meisten Anwendungen der neuen Intelligenten Objekte nicht einhaltbar, da sie ja gerade ohne menschliches Zutun ihren Dienst

leisten sollen. Deshalb ist die häufig erwünschte Ubiquität und Unsichtbarkeit dieser Systeme eine besondere Herausforderung für gesellschaftliche Akzeptanz.

> acatech empfiehlt

Es muss sichergestellt werden, dass Nutzer Einsicht in alle im Zusammenhang mit ihren Handlungen erhobenen Daten und ihre Verwendung erhalten können. Einer dezentralen, nutzerorientierten Datenhaltung ist dabei der Vorzug zu geben, um die Möglichkeiten des Datenmissbrauchs zu

minimieren. Es sollten, wo möglich, keine „passiven“ Dienste ohne ausdrückliche Einwilligung der Nutzer installiert werden.

Das bestehende Datenschutzrecht muss angesichts der neuen Entwicklungen angepasst und fortentwickelt werden. Die zunehmende Verbreitung von Intelligenten Objekten lässt den durch das vorhandene Recht gegebenen Schutz als nicht mehr ausreichend erscheinen.

Abbildung 19: Überwachungs-Szenario



Hierbei ist auf eine auf die Freiheit menschlicher Handlungen ausgerichtete, auf die Souveränität des Individuums achtende und auf eine die Fähigkeiten des Menschen erweiternde Technologieentwicklung zu achten. Wie dies im Einzelnen umgesetzt werden kann, lässt sich nicht am Reißbrett entwerfen. Erst im Zusammenspiel von Technik, Recht und gesellschaftlichen Interessen und Werten kann eine kultur- und sozialverträgliche Entwicklung angeregt und gefördert werden.

8.3.2 INSTITUTIONELLE VERANTWORTUNG

Die Frage bleibt offen, ob eine zunehmende Verbreitung und Verwendung von Intelligenten Objekten und der mit ihnen erreichbaren Transparenz ein demokratisches Staatswesen mit rechtsstaatlicher Verfasstheit grundsätzlich stützt, oder in manchen Aspekten auch gefährden kann. Dass die neuen Systeme in vielen Fällen allein schon qua Funktionalität dem Zugriff und der Eingriffsmöglichkeit des Einzelnen entzogen sind, legt es nahe, die Gestaltungsbedingungen und Anwendungsbereiche im Einklang mit Nutzern und Entwicklern festzulegen. Die gemeinsam ausgehandelten Regeln müssen dann institutionell abgesichert werden.

> acatech empfiehlt

Es ist der Zweck Intelligenter Objekte, im Alltag reibungslos und möglichst unsichtbar zu funktionieren. Darüber hinaus besteht häufig für den Einzelnen keine Möglichkeit mehr, sich ihnen zu entziehen (kein Opt-out möglich). Deshalb sollten neue Möglichkeiten ausgelotet werden, wie man die potenziellen Nutzer und Betroffenen dieser Technologien in die Ausgestaltung der Einsatzbedingungen miteinbindet und wie man eine institutionell verfestigte Form der Mitbestimmung oder Mitgestaltung der Nutzung verwirklichen kann. Dazu erscheinen offene soziale Netze, die sich auf Vertrauensbeziehungen gründen, besonders geeignet.

> acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

acatech vertritt die Interessen der deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu erleichtern und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um die Akzeptanz des technischen Fortschritts in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft deutlich zu machen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten aus Industrie, Wissenschaft und Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland; das Präsidium, das von den Akademiemitgliedern und vom Senat bestimmt wird, lenkt die Arbeit. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin vertreten.

Weitere Informationen unter www.acatech.de

> DIE REIHE „acatech BEZIEHT POSITION“

In der Reihe „acatech bezieht Position“ erscheinen Stellungnahmen der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften zu aktuellen technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Themen. Die Veröffentlichungen enthalten Empfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Stellungnahmen werden von acatech Mitgliedern und weiteren Experten erarbeitet und dann von acatech autorisiert und herausgegeben.