

# Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge

Elgar Fleisch

Institut für Technologiemanagement, Universität St. Gallen und  
Departement „Management, Technology, and Economics“, ETH Zürich

Oliver Christ

SAP AG, Walldorf

Markus Dierkes

Intellion AG, St. Gallen

**Kurzfassung.** Dieser Beitrag beschreibt die Entwicklung und Konsequenzen des nächsten Schritts der betrieblichen Informationsverarbeitung aus ökonomischer Perspektive: Mit Radio Frequency Identification (RFID) und anderen Ubiquitous-Computing-Technologien bekommen Informationssysteme erstmals Augen und Ohren. Bisher mussten sie aufwendig von Menschen mit Hilfe von Tastatur und Barcode-Leser mit Daten gefüttert werden. Nun können Informationssysteme Daten aus der realen Welt automatisch in Echtzeit zu einem Bruchteil der Kosten sammeln. Dies ermöglicht einerseits die wirtschaftliche Gewinnung von wesentlich feingranulareren Daten und andererseits deutlich differenziertere Managementregelkreise. Denn Unternehmen können nur managen, was sie auch messen können, und nur wer Out-of-Stock und Schwund messen kann, kann wirksame Gegenmaßnahmen einleiten. In einem ersten Schritt führt der Technologieeinsatz damit zu sichereren, schnelleren und effizienteren Prozessen, in einem zweiten Schritt zu neuen „smarten“ Produkten und Dienstleistungen.

## 1 Die Lücke zwischen realer und virtueller Welt

Die betriebswirtschaftliche Informationsverarbeitung hat in den letzten vier Jahrzehnten viel zur Geschwindigkeit, Effizienz und Genauigkeit unternehmensinterner wie -übergreifender Prozesse beigetragen. Einige unternehmerische Problemstellungen konnte sie bisher jedoch nur sehr limitiert lösen. Dazu zählen:

- Im Einzelhandel sind 5 bis 10 % der nachgefragten Produkte nicht verfügbar [BGC02], bei speziell beworbenen Produkten sogar 15 % (Out-of-Stock) [GMA02]. Einzelhändler und Produzenten verlieren dadurch 3 bis 4 % ihres Umsatzes und empfehlen ihre Kunden an die besser organisierte Konkurrenz [IBM02].

- Diebstahl durch Mitarbeiter, Lieferanten und Kunden, Betrug durch Lieferanten und administrative Fehler führen zu ungeplanten Bestandsreduktionen (Shrinkage), die etwa bei US-amerikanischen Einzelhändlern jährlich Kosten von 33 Milliarden USD (1,8 % des Umsatzes) verursachen [HoD01].
- Der Handel mit gefälschten Produkten ist bereits für 5 bis 7 % des Welthandelsvolumens verantwortlich [OECD98]. Der Wert gefälschter Waren beläuft sich auf über 500 Milliarden EUR jährlich [ICC04]. In den Entwicklungsländern werden ca. 30 % aller pharmazeutischen Produkte gefälscht [IDT04]. Neben den primären Schäden durch entgangenen Umsatz bei den Originalmarken entstehen etwa im Bereich Medikamente und Flugzeuersatzteile hohe Risiken bei der Verwendung von qualitativ minderwertigen Fälschungen.
- Aufgrund vermeidbarer falscher Medikation sterben in den Spitälern der USA jährlich zwischen 44 000 und 98 000 Menschen [IDT04].
- Die Kosten für Rückrufaktionen sind etwa in der Automobilindustrie fester Bestandteil jeder Neueinführung geworden. Im Jahr 2003 musste die deutsche Automobilindustrie 144 offizielle Rückholaktionen initiieren [KBA04], im Jahr 2000 musste Firestone 14,4 Millionen Reifen zurückholen [Br00].
- Ab 2005 sind zahlreiche Branchen in der EU verpflichtet, das Recycling ihrer Produkte professionell und transparent zu organisieren. Automobilhersteller müssen Altwagen zurücknehmen und 85 % des Gewichts recyceln [EuU00]. Die Elektronikschrottverordnung zwingt Hersteller von Elektrogeräten zur Übernahme der Kosten aus der Elektronikverschrottung [EuU02]. Die eindeutige Zuordnung zwischen Bauteil und Unternehmen wird zum Schlüssel der Abrechnungssysteme.
- Der physische Lagerbestand stimmt mit den Lagerbestandsdaten in den entsprechenden Informationssystemen im Durchschnitt bei über 30 % aller Produkte nicht überein (Einzelfallbeispiel) [RDT01]. Die Realität unterscheidet sich maßgeblich vom ihrem digitalen Abbild, das die Grundlage für Managemententscheidungen liefert.

Der gemeinsame Nenner dieser Probleme ist die bis heute mangelhafte Integration zwischen der realen, physischen Welt bzw. der Wirklichkeit aus Molekülen auf der einen Seite und der digitalen Welt der Informationssysteme, des Internets bzw. der Wirklichkeit der Daten und Bits auf der anderen Seite. Diese „Lücke“ zwischen den beiden Welten hat 1999 zur Gründung des Auto-ID Centers<sup>1</sup> und 2001 zur Gründung des M-Labs<sup>2</sup> geführt. Unternehmen wie Wal-Mart, Tesco, Gillette, Metro, Novartis und Volkswagen haben sich an diesen Initiativen aktiv beteiligt. Sie wollten damit die Grundlagen für die Lösung obiger Probleme auf Basis des Ubiquitous Computing (UbiComp) schaffen. Heute, 2005, scheinen die Ankündigungen der großen Einzelhändler, Industrie-, Konsumgüter- und Softwarehersteller dieser Welt, von den USA über Europa bis Japan und China, die nächste Generation der betriebswirtschaftlichen Informationsverarbeitung und den Wandel zum Echtzeitunternehmen einzuläuten.

<sup>1</sup> [www.autoidcenter.org](http://www.autoidcenter.org) bzw. [www.autoidlabs.org](http://www.autoidlabs.org) und [www.epcglobalinc.org](http://www.epcglobalinc.org)

<sup>2</sup> [www.m-lab.ch](http://www.m-lab.ch)

## 2 Der Beitrag von UbiComp

Dieser Aufsatz liefert vier miteinander verzahnte Modelle zur Erklärung, warum UbiComp ein logischer nächster Schritt in der betrieblichen Informationsverarbeitung ist. Ausgangspunkt der Überlegungen ist der im Beitrag von Mattern beschriebene technologische Fortschritt in verschiedenen Bereichen.

Die Entwicklungsphasen der betrieblichen Informationsverarbeitung (Modell 1, siehe unten) zeigen, dass mit jeder neuen Informationssystemgeneration eine Erweiterung des Integrationsbereichs einhergeht. Das zweite Modell beschreibt die enge Verknüpfung von realer und virtueller Welt mit Hilfe von Sensoren und Aktuatoren als nächste Ausbaustufe des Integrationsbereichs. Die Folge ist ein geschlossener digitaler Managementregelkreis (Modell 3), der erstmals vollautomatisierte Führungsregelkreise ermöglicht und damit dem Begriff Echtzeitmanagement die bisher vermisste Substanz gibt. Eine weitere Konsequenz der Integration von realer und virtueller Welt ist die kostengünstige Verfügbarkeit von Daten über den Zustand der realen Welt. Sie führt dort, wo zusätzliche Daten Nutzen stiften, zu einer hohen Datengranularität (Modell 4), die neue Geschäftsprozesse und Geschäftsmodelle ermöglicht.

### 2.1 Entwicklungsphasen der betrieblichen Informationsverarbeitung (Modell 1)

Abbildung 1 zeigt die Phasen der Informatisierung anhand der Entwicklung des Integrationsbereichs [FIÖ00, Fle02]. Der Integrationsbereich beschreibt die Anzahl der Aufgaben, die ein Unternehmen bzw. ein Unternehmensnetzwerk in einem integrierten Informationssystem ausführt [ÖBW92]. Die Aufstellung zeigt, dass der Integrationsbereich mit zunehmender Entwicklung der Technologie größer wird. Er wächst entsprechend den Phasen von der isolierten Aufgabe über Unternehmensfunktion und innerbetrieblichem Prozess zum überbetrieblichen Prozessnetzwerk.

**Phase 1.** Ziel der Informatisierung isolierter Funktionen war es, einzelne Geschäftsfunktionen wie z.B. die Fakturierung zu automatisieren. Manuelle Vorgänge werden dabei in unveränderter Weise dem Computer übertragen. Das Ergebnis sind isolierte Lösungen, d.h. separate Informationssysteme, die Einzelvorgänge effizient unterstützen.

**Phase 2.** Durch die Informatisierung von Funktionsbereichen, wie z.B. Produktion, Finanzbuchhaltung oder Distribution, wurde eine Integration innerhalb der wichtigsten Geschäftsfunktionsbereiche erreicht und damit die Effizienz ganzer Abteilungen verbessert. IT ermöglichte erstmals die Anwendung neuer Methoden, wie z.B. Produktions- und Finanzplanung, durch die Geschäftsprozesse neu gestaltet und Mitarbeiter mit neuen Herausforderungen konfrontiert wurden.

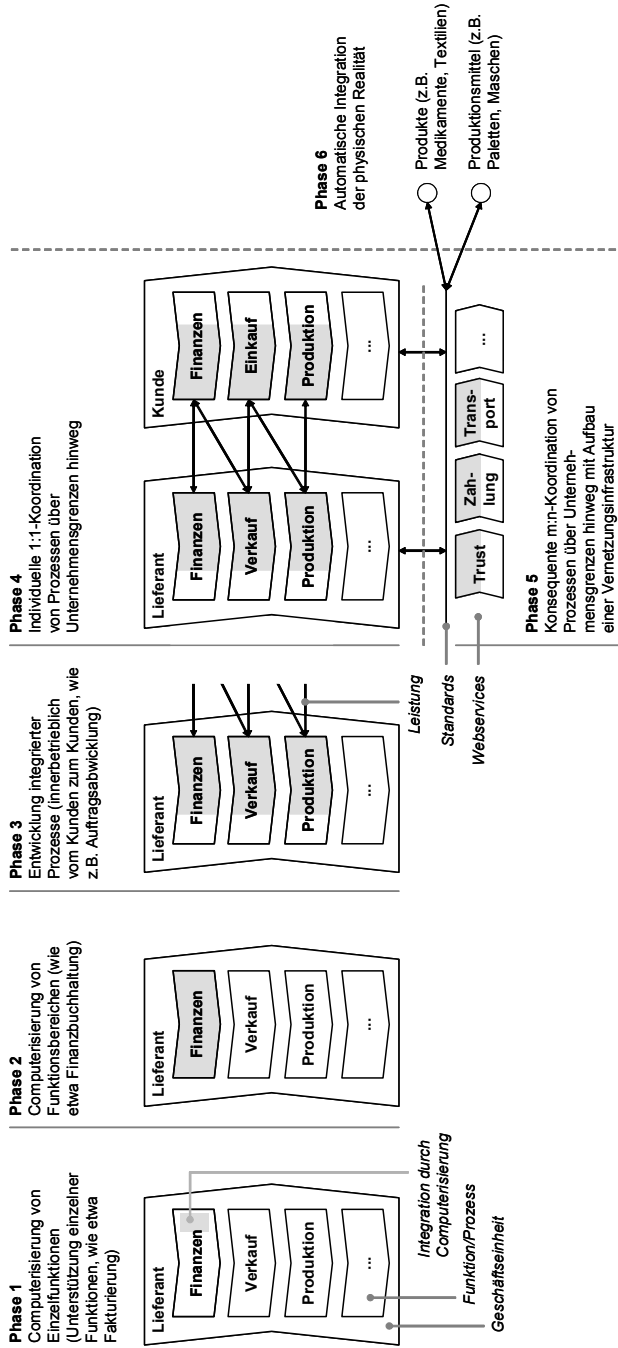


Abb. 1. Phasen der Informatisierung von Unternehmen

**Phase 3.** Die Entwicklung von Enterprise-Resource-Planning-Systemen (ERP-Systemen) bot den Unternehmen die Möglichkeit, abteilungs- bzw. funktionsübergreifend integrierte Prozesse einzuführen. Damit konnten durchgängige Prozesse (z.B. Auftragsbearbeitung) vom Kunden (z.B. Verkauf, Auftragserfassung) und zum Kunden (z.B. Vertrieb, Rechnungsstellung, Zahlungseingang) eingerichtet werden. ERP-Systeme wurden bald zum Nervensystem der Unternehmen und ermöglichten jedem (berechtigten) Mitarbeiter unverzögerten Zugang zu allen abgebildeten Betriebsinformationen.

**Phase 4.** Parallel zur Einführung von ERP-Systemen gingen einige Unternehmen dazu über, Verflechtungen mit ihren Kunden oder Lieferanten zu schaffen. Sie begannen in einem ersten Schritt, Systeme zum elektronischen Datenaustausch (Electronic Data Interchange, EDI) einzusetzen, um Massentransaktionen effizient abzuwickeln. Dies führte zum Aufbau aufwendiger 1:1- oder 1:n-Beziehungen – einer der wichtigen Gründe, weshalb EDI nicht die erwartete flächendeckende Verbreitung fand.

**Phase 5.** In dieser Phase verlangt der Käufermarkt einen neuen kundenorientierten Ansatz. Es sind nun die Prozesse der Kunden des Unternehmens, die den Ausgangspunkt für die Gestaltung eigener Dienstleistungen und Prozesse bilden. Neue Informationssysteme für Supply Chain Management und Electronic Commerce erfüllen diese Voraussetzungen, indem sie die überbetriebliche Integration von Informationen und Prozessen und damit einen Schritt hin zur Vision des grenzenlosen Unternehmens ermöglichen. Diese m:n-Vernetzung interner und externer Geschäftseinheiten stützt sich auf eine Vernetzungsinfrastruktur, die analog dem Straßennetz aus der physischen Welt funktioniert: Enthalten sind Normen (z.B. Straßenbreite, Verkehrsschilder, Verkehrsvorschriften), Koordinationstechnologien und -systeme (z.B. Ampeln, Navigationssysteme) und Dienstleistungen (z.B. Polizei, Straßenwartung, Gebühren, Mautabgaben, Automobilklubs).

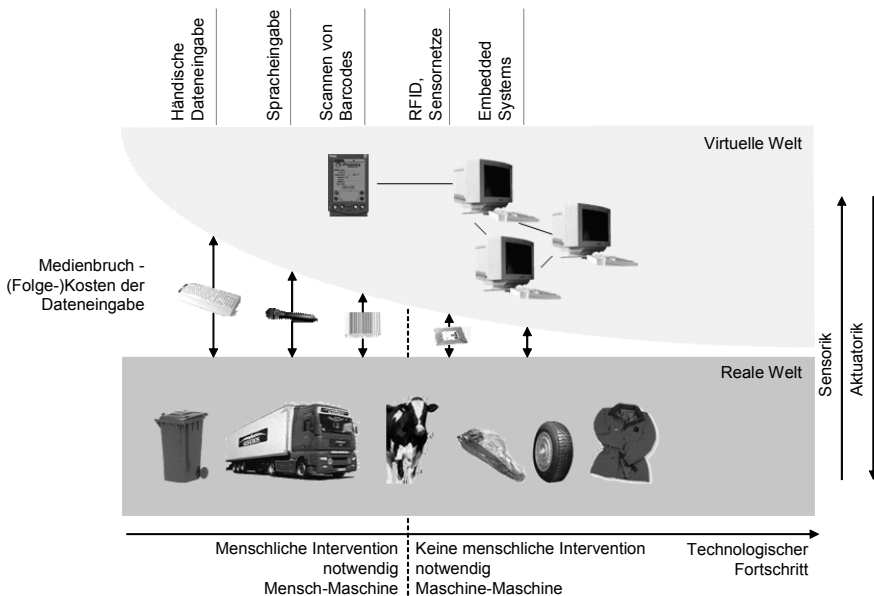
## 2.2 Integration der Realität (Modell 2)

Bis heute konzentrieren sich Forschung und Praxis der betrieblichen Informationsverarbeitung primär auf die Vernetzung von Unternehmen, Prozessen, Informationssystemen und Menschen. Sie verfolgen das Ziel, mit wachsenden Integrationsbereichen immer mehr Medienbrüche zu eliminieren (vgl. Tabelle 1). Ein Beispiel für einen Medienbruch ist die mehrfache Erfassung eines Auftrags in unterschiedlichen betrieblichen Informationssystemen innerhalb einer Wertschöpfungskette. Ein Medienbruch ist vergleichbar mit einem fehlenden Glied einer digitalen Informationskette und ist Mitursache für Langsamkeit, Intransparenz, Fehleranfälligkeit etc. inner- und überbetrieblicher Prozesse.

UbiComp-Technologien haben das Potenzial, den Medienbruch zwischen physischen Prozessen und deren Informationsverarbeitung zu vermeiden. Sie ermöglichen eine vollautomatisierbare Maschine-Maschine-Beziehung zwischen realen Dingen und Informationssystemen, indem sie Ersteren einen Minicomputer zufügen. Sie helfen, die Kosten der Abbildung realer Ressourcen und Vorgänge in Informationssystemen zu reduzieren (vgl. Abbildung 2), sie übernehmen die Auf-

gaben eines Mediators zwischen realer und virtueller Welt. Physische Ressourcen können so ohne zusätzliche menschliche Intervention über die unternehmensinternen und -externen Rechnernetze kommunizieren.

Aus der Perspektive des sich erweiternden Integrationsbereichs ist UbiComp ein logischer nächster Entwicklungsschritt der betrieblichen Informationsverarbeitung. Während integrierte Informationssysteme und E-Business-Systeme die Verknüpfung von immer mehr Applikationen und Datenbanken verfolgen, strebt UbiComp die Integration dieser Applikationen und Datenbanken mit der realen betrieblichen Umgebung wie etwa dem Lagerhaus an. UbiComp schließt die heute in vielen Fällen sehr kostspielige Lücke zwischen Informationssystem und Realität. Mittels Sensorik (und Aktuatorik) können UbiComp-basierte Systeme Zustandsänderungen in der realen Welt automatisch erkennen (bzw. herbeiführen) [AEG02]. Sie treffen ihre Entscheidungen aufgrund faktenbasierter Echtzeitdaten aus der Realität und nicht auf Basis fortgeschriebener buchhalterischer Werte aus den Informationssystemen.



**Abb. 2.** Integration von realer und virtueller Welt

Tabelle 1 zeigt die enge Verknüpfung zwischen technologischen Möglichkeiten und betriebswirtschaftlichen Konzepten. Erst unternehmensweit integrierte ERP-Systeme haben eine Prozesssicht zugelassen und ihr so zum Durchbruch verholfen. Mit den E-Business-Systemen sind die unternehmensübergreifenden Ansätze wie beispielsweise Supply Chain Management in den Vordergrund gerückt. UbiComp-Technologie, etwa die an anderer Stelle des Buches genauer besprochenen Auto-ID-Systeme, liefern die Grundlage zu Echtzeitkonzepten oder zu den etwas vollmundig formulierten Konstrukten *Silent Commerce* bzw. *Ubiquitous Commerce*. In einem neuen Garten möchte eben jeder einen Baum pflan-

zen. Die folgenden Abschnitte sollen zur Klärung beitragen, ob die neuen Begriffe gerechtfertigt sind.

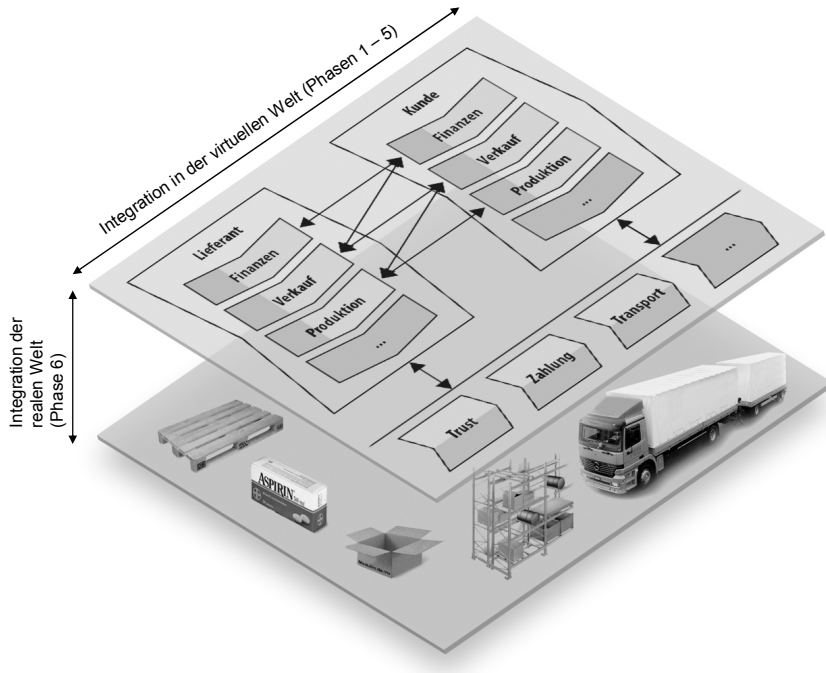
Tabelle 1 interpretiert die Integration der beiden Welten als die nächste Entwicklungsphase der Informatisierung von Unternehmen. Die zunehmende Miniaturisierung von Informationsverarbeitungs- und Kommunikationsgeräten führt zu einer neuen Ära der Vernetzung, in der die physische Realität automatisch mit deren Abbildung in den betrieblichen Informationssystemen kommuniziert. Mit UbiComp-Technologie aufgeladene Dinge wie Verbrauchsgüter (Medikamente, Textilien), Rohstoffe (Boden, Wasser, Holz) und Produktionsmittel (z.B. Container, Paletten, Schachteln, Werkzeugmaschinen) eröffnen neue Perspektiven in der Innovation von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen (vgl. Abbildung 3).

**Tabelle 1.** Medienbrüche, betriebliche Informationssysteme und betriebswirtschaftliche Konzepte

Phase	Integrationsbereich	Informationssysteme zur Überwindung der Medienbrüche	Betriebswirtschaftliche Konzepte
Phasen 1 & 2	Einzelne Unternehmensfunktionen (mehr Integrationsreichweite, vgl. Abbildung 14)	Funktionsorientierte Standardsoftwarepakete wie z.B. Finanzpakete oder Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme	Automatisierung
Phase 3	Unternehmensweite Prozesse (mehr Integrationsreichweite)	ERP-Systeme wie z.B. R/3 von SAP	Business Process Redesign, Business Process Engineering, Business Engineering
Phasen 4 & 5	Unternehmensübergreifende Prozesse (mehr Integrationsreichweite)	Unternehmensübergreifende Systeme wie z.B. E-Procurement- und Supply-Chain-Management-Systeme	e-Business, Business Networking, Supply Chain Management, Adaptive Enterprise
Phase 6	„Reale“ Prozesse (mehr Integrationstiefe)	Anwendungen des UbiComp, z.B. auf Basis von Radio Frequency Identification (RFID)-Technologie und Sensornetzen	Echtzeitmanagement, Ubiquitous Commerce, Silent Commerce

### 2.3 Digitalisierung des Managementregelkreises (Modell 3)

Die Verschmelzung der realen mit der virtuellen Welt erlaubt das Schließen des digitalen Managementregelkreises, wie im Folgenden am Modell eines Echtzeitunternehmens beschrieben (vgl. Abbildung 4).



**Abb. 3.** Integration der Realität als 6. Phase der betrieblichen Informationsverarbeitung

In idealtypischen Echtzeitunternehmen stehen Informationen unmittelbar nach ihrer Entstehung am so genannten „Point-of-Creation“ (POC) sowie an den Orten ihrer Verwendung bzw. „Point-of-Action“ (POA) zur Verfügung [FlÖ03]. Sowohl POC als auch POA können dabei unterschiedlichen Organisationseinheiten zugeordnet sein und dementsprechend inner- und überbetriebliche Informationsflüsse bedingen. Der POC kann beispielsweise die Scannerkasse eines Einzelhändlers sein, die dazugehörigen POA sind neben der Scannerkasse das interne Warenwirtschafts- und Logistiksystem sowie das überbetriebliche Beschaffungs- und Prognosesystem, das den Einzelhändler mit seinen Lieferanten verbindet.

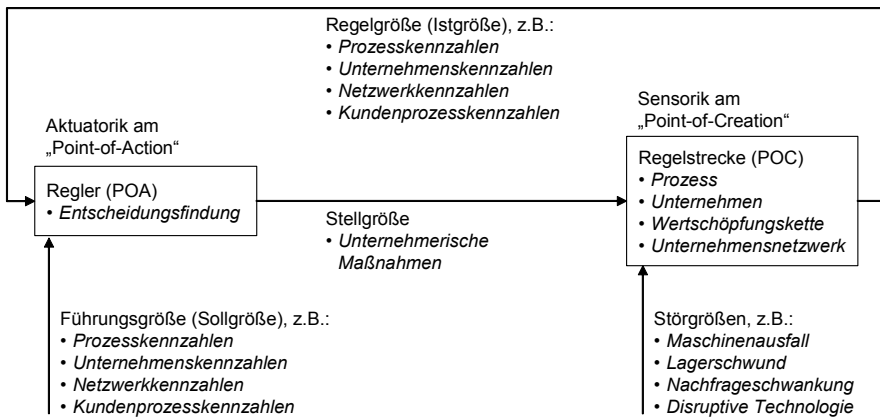
Wenn ein Verkäufer eine Packung Kompottringe über den Verkaufstisch schiebt oder wenn sich auf einer der Autobahnen im Raum Stuttgart ein Stau bildet, dann generieren die Ereignisse Informationen, die vor ihrer Weiterverarbeitung in Informationssystemen digital erfasst werden müssen.

Wie am Beispiel des Einzelhandels ersichtlich, lassen sich in Wertschöpfungsketten zahlreiche POC und POA identifizieren – immer genau dann, wenn eine Information entsteht oder verwendet wird. Die Wahl der POC und POA orientiert sich an der Domäne, die es zu steuern gilt – in der Mess- und Regeltechnik *Regelstrecke* genannt. Infrage kommen hier einzelne Aufgaben, interne wie überbetriebliche Prozesse, Unternehmensbereiche, Wertschöpfungsketten und Unternehmensnetzwerke. Auf sie wirken laufend Störgrößen wie Maschinenausfälle, Schwund, Qualitäts- und Nachfrageschwankungen, welche die Regelgrößen (Istgrößen) wie beispielsweise Prozess- oder Unternehmenskennzahlen beeinflussen



und ein zeitnahes Management verlangen. Am POA vergleicht der Entscheider (Regler) Sollgrößen (Führungsgrößen) mit Istgrößen und definiert Maßnahmen (Stellgrößen), welche die Regelstrecke so beeinflussen sollen, dass die Regelgrößen den Zielvorgaben besser entsprechen.

Jede Unterbrechung des Regelkreises führt zu Verzögerungen und zusätzlichen Störgrößen. Prozesse, Unternehmen und Unternehmensnetzwerke sind dann nicht in Echtzeit führbar. UbiComp-Technologien, insbesondere automatische Identifikation, Sensorik und Aktuatorik, sind die technischen Grundlagen zur Digitalisierung und Automatisierung von POC und POA. Sie sind notwendige Voraussetzungen zur Schaffung von geschlossenen digitalen Managementregelkreisen.



**Abb. 4.** Der digitale Managementregelkreis

Die durchgängige Digitalisierung des Regelkreises ermöglicht die Vollautomatisierung eines Regelzyklus. Bei gegebener Infrastruktur sind die Kosten eines solchen Zyklus, beispielsweise einer automatischen Regalinventur, bei der Regal und Produkte miteinander kommunizieren, niedriger als bei einer manuellen Inventur. Diese Kostendifferenz führt nicht nur zu einer Substitution des manuellen Regelkreises durch einen automatisierten Regelkreis, sondern aufgrund der Nachfrageelastizität auch zu einem Anstieg an kostengünstigen Prüfzyklen [MaC94]. Während die kostenintensive manuelle Inventur je nach Anwendungsfall nur ein Mal pro Periode (z.B. Tag, Woche oder Jahr) stattfindet, kann die automatische Inventur laufend erfolgen.

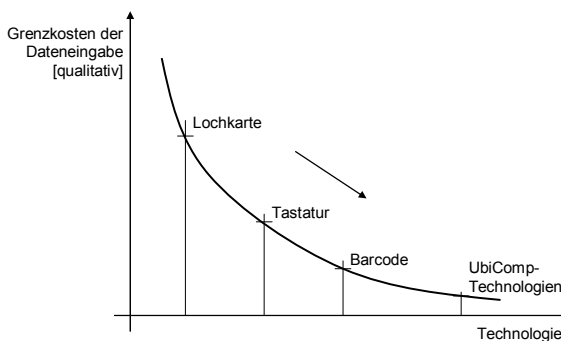
UbiComp-Lösungen übernehmen in der Regel kostenintensive Aufgaben an der Schnittstelle zwischen Informationssystemen und der realen Welt in eine Infrastruktur, die in der Lage sein soll, dieselben Aufgaben vollautomatisch und damit kostengünstiger und laufend durchzuführen. Solche Schnittstellenaufgaben sind Teil zahlreicher Prozesse, welche die reale Welt, also materielle Dinge und Menschen, einbeziehen. Sie sind häufig Daueraufgaben, die, wenn auch meistens im Hintergrund, ständig aktiv sind. Ihre Durchführung ist dementsprechend aufwendig.

## 2.4 Steigerung der Datenqualität (Modell 4)

Die heute eingesetzten Informationssysteme lösen schon zahlreiche Integrationsprobleme. Die Vision des Echtzeitunternehmens ist jedoch noch lange nicht erreicht. Unternehmen arbeiten immer noch mit hohen Ineffizienzen aufgrund schlechter Datenqualität. Beispiele sind die eingangs erwähnte schlechte Produktverfügbarkeit, unverkäufliche Ware, Diebstahl und Fälschungen. Wenn ein Einzelhändler genau wüsste, welche Produkte sich auf dem Verkaufsregal befinden und welche im filialeigenen Lager, könnte er seine Produktverfügbarkeit deutlich erhöhen [BGC02, IBM02]. Warum also sammeln Einzelhändler nicht einfach diese Daten oder leiten sie aus den Barcode-basierten Kassensystemen ab? Die Antwort auf diese Frage geht Hand in Hand mit dem oben skizzierten Integrationsproblem: Auf der Basis heutiger Technologie ist die Vollerhebung von Daten aus der realen Welt in vielen Fällen zu teuer.

Daher entwickelten Unternehmen Methoden zum Sammeln und Verarbeiten von Daten, die ihr Auskommen mit Teilerhebungen bzw. Stichproben finden. Weil die zuverlässige Vollerhebung eines Inventars teuer und zeitaufwendig ist, findet die Inventur eben nur ein Mal im Jahr statt. Weil die vollständige Überprüfung der ein- bzw. ausgehenden Lieferungen gegen die Daten in den entsprechenden Informationssystemen zu kostenintensiv ist, führen Unternehmen solche Checks auf statistischer Basis durch.

Die hohen Integrationskosten resultieren unweigerlich in Entscheidungen am POA, die auf Daten mit niedriger Qualität aufbauen. Entscheider am POA stützen sich heute stark auf Statistik, die ihre Aussagen aus Verarbeitung historischer Daten gewinnt.



**Abb. 5.** Sinkende Grenzkosten der Integration der realen Welt

UbiComp kann die Kosten der Integration der Realität reduzieren (vgl. Abbildung 5). Am POC nehmen Sensoren automatisch Daten von ihrer Umwelt auf, beispielsweise lesen RFID-Lesegeräte die Identifikationsnummern aller Objekte in Lesedistanz. Am POA übersetzen Aktuatoren die Daten von unterschiedlichen POC automatisch in Nutzen stiftende Aktionen, beispielsweise durch das Versenden einer „Out-of-Stock“-Nachricht an ein anderes Informationssystem oder einen Mitarbeiter. Wenn POC und POA die Daten automatisch sammeln und verarbei-

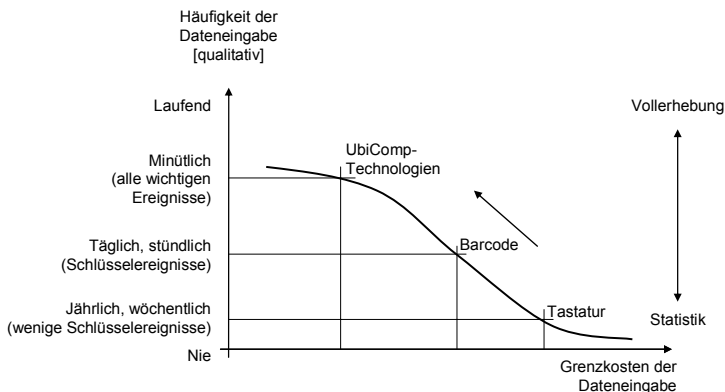
ten können, ist menschliche Intervention nicht mehr notwendig. Im dann digitalen Managementregelkreis können Daten in Echtzeit gesammelt, verarbeitet und verteilt werden.

Mit sinkenden Preisen von Sensoren und Aktuatoren substituieren UbiComp-Technologien die konventionellen Datenein- und -ausgabemethoden. Zusätzlich zum Substitutionseffekt kommt der Elastizitätseffekt zum Zug: Unternehmen setzen zusätzliche Sensoren und Aktuatoren dort ein, wo höhere Datenqualität Wert stiftet, d.h. wo der Nutzen aus zusätzlicher Datenqualität die entstehenden Kosten übersteigt.

Die hier benutzte Definition für Datenqualität setzt sich aus den vier Dimensionen *Zeit*, *Objekt*, *Ort* und *Inhalt* zusammen. Die folgenden Abschnitte beschreiben die Dimensionen und liefern damit eine weitere Grundlage zur Ableitung der betriebswirtschaftlichen Anwendungen des UbiComp.

### **Dimension „Zeit“**

Zwei Faktoren bestimmen die zeitliche Qualität von Information (vgl. Abbildung 6 und 8). Erstens, die Häufigkeit der Dateneingabe bzw. Granularität auf der Zeitachse: Die zeitliche Granularität ist niedrig bzw. grobkörnig, wenn, wie im Beispiel der Inventur bereits beschrieben, die Dateneingabe so kostenintensiv ist, dass sie sich unter Anwendung wirtschaftlicher Prinzipien nur bei vereinzelter Einsatz rechnet. Die zeitliche Granularität ist hoch, wenn Grenzkosten und Grenznutzen der Sensorik eine laufende Integration der Realität aus wirtschaftlichen Gründen favorisieren. Informationssysteme mit einer feinen zeitlichen Körnung müssen sich nicht auf statistische Methoden abstützen. Sie gründen ihre Entscheidungen immer auf Fakten.



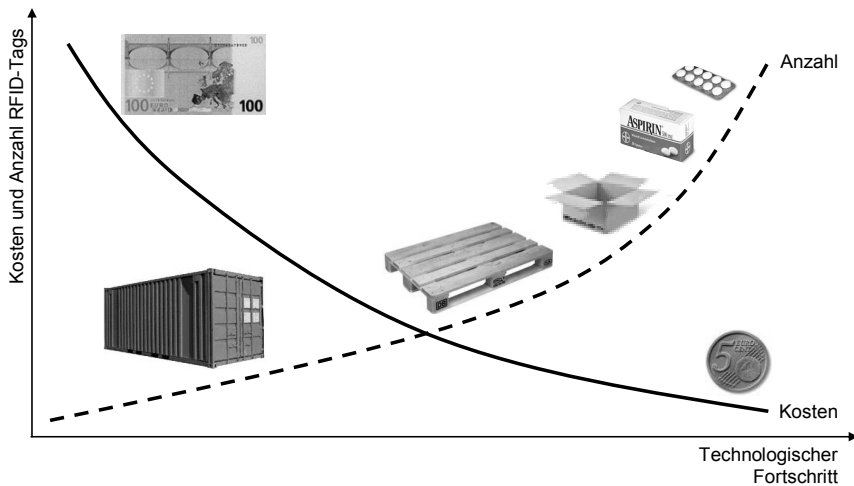
**Abb. 6.** Verfeinerung der zeitlichen Granularität

Zweitens, die Zeitspanne, die zwischen POC und POA, also der Erzeugung und Verwendung des Datums, verstreicht: Auch die feinkörnigsten Daten stiften nur dann Nutzen, wenn sie hinreichend zeitnah am Ort der Entscheidung zur Verfü-

gung stehen und nicht etwa in einem Datenspeicher auf die manuelle Weiterverarbeitung warten.

### **Dimension „Objekt“**

Auch die Qualitätsdimension „Objekt“ wird von zwei Faktoren bestimmt. Der erste Faktor beschreibt den Objekttyp. Die Weiterentwicklung der Kostenstruktur von UbiComp-Technologien erlaubt eine Integration der Technologie in immer kleinere und weniger wertvolle Objekte (vgl. Abbildung 7). Bereits heute sind die Return-on-Investment-Rechnungen (ROI) im Bereich Behältermanagement für wieder verwendbare Behälter wie Kleincontainer überwiegend stark positiv. Mit dem Mandat von Wal-Mart, dem US-amerikanischen Verteidigungsministerium, Metro, Tesco, Gillette u.a. steigt auch die Wahrscheinlichkeit, eine kritische Masse von mit Funkchips ausgestatteten Paletten und Schachteln zu erreichen [Rfi03, Met04, DoD03]. Diese Schwelle ist einerseits notwendig, um die Chippreise durch Skaleneffekte bei der Produktion weiter zu senken, andererseits, um die notwendigen Infrastrukturinvestitionen der Anwenderunternehmen wirtschaftlich rechtfertigen zu können. Die Entwicklung in einigen Industriebereichen, beispielsweise der Bekleidungsindustrie, die sich durch stark individuelle Produkte mit hohen Margen auszeichnet, deutet bereits heute auf eine positive ROI-Rechnung bei der Ausstattung von einzelnen Produkten mit RFID-Tags hin [Kau03].



**Abb. 7.** Verfeinerung der Objektgranularität

Der zweite Faktor beschreibt, wie viele Objekte einer Klasse (z.B. Schachteln) integriert sind. Bei sinkenden Technologiekosten und gegebenem Nutzen aus der Integration der Realität werden mehr Objekte (Instanzen von Schachteln) innerhalb einer Objektklasse (alle Schachteln) mit UbiComp-Technologie ausgestattet. Wenn beispielsweise ein Versandhandel 5 % seiner Videokameraschachteln mit

RFID-Tags ausstattet, ist diese Objektgranularität im Vergleich zu den möglichen 100 % relativ gering. Schon eine solche Lösung kann jedoch sehr wohl Nutzen stiften: etwa um festzustellen, an welchen Orten der Supply Chain hochwertige Lieferungen verloren gehen, verzögert oder gestohlen werden.

### ***Dimension „Ort“***

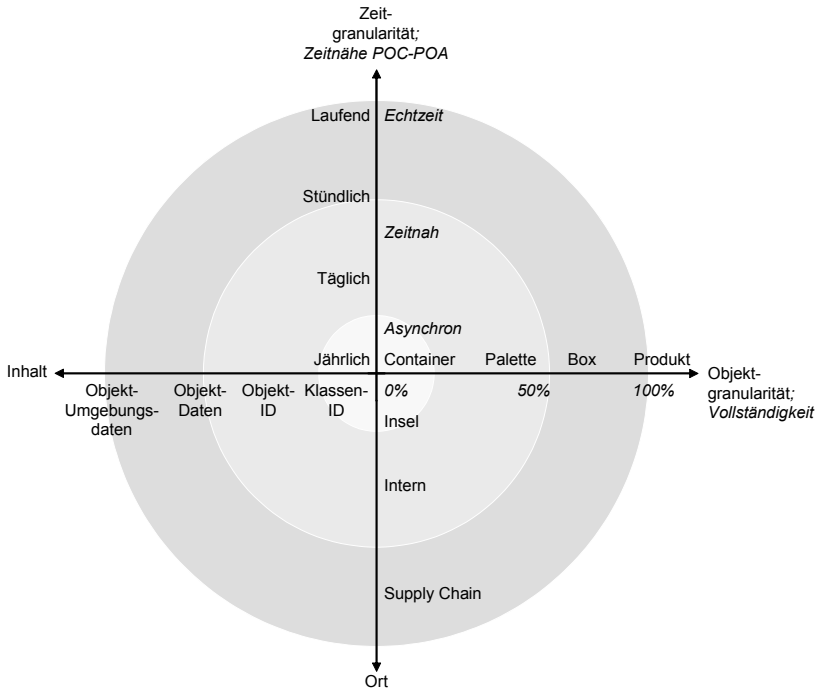
Wenn die Integration von realen Objekten kostengünstig wird, findet sie nicht nur zeitlich öfter statt, sondern auch an mehr Orten. Wie am Beispiel der Einzelhandelsfiliale ersichtlich, findet die Integration nicht mehr nur an der Scannerkasse statt, sondern auch am Regal, das in Zukunft mit RFID-Sensoren ausgestattet sein mag, bzw. beim Wareneingang im Filiallager. Mit der Ausbreitung von UbiComp-Standards und -Infrastruktur kann die Datensammlung über die Unternehmensgrenzen hinweg quer durch die gesamte Wertschöpfungskette erfolgen – im Lebensmittelbereich etwa von der Rinderfarm über die Fleisch verarbeitende Industrie hin zu Verteilzentren, Verkaufsstätten und schließlich dem Endkunden – immer unter Einbezug der Kühlkettenlogistik.

### ***Dimension „Inhalt“***

Die vierte Dimension der Datenqualität, die mittels UbiComp-Technologien erhöht werden kann, ist die Datenvielfalt bzw. der Inhalt der automatisch gesammelten Daten. Als Minimum verlangt die Integration der realen Welt einen eindeutigen Identifikator der Objektklasse oder der Objektinstanz. Vor 25 Jahren begannen EAN/UCC dem Einzelhandel weltweit eindeutige Klassenidentifikatoren zur Verfügung zu stellen. In 2003 stellte das Auto-ID Center den Electronic Product Code (ePC) vor, einen eindeutigen Identifikator auf Instanzebene [AsS03]. Seit 2004 können Unternehmen ePC-Nummernkreise von EPCglobal, einer 100%-Tochter von EAN/UCC, beziehen.

Viele UbiComp-Applikationen, beispielsweise in der Automobil- und High-techindustrie, sammeln zusätzliche objektspezifische Daten. So speichern etwa Funkchips auf internen Transportbehältern Qualitätsdaten, nächste Produktionsschritte, Kundenname und Zielkonfiguration. Der Einbezug weiterer Sensoren zur Messung von Temperatur, Helligkeit, Feuchtigkeit etc. ermöglicht die zusätzliche Integration von Daten über die unmittelbare Umgebung des Objektes. Die Datenvielfalt steigt dadurch erneut an.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass UbiComp die Kosten der Integration der realen Welt reduziert. Es ermöglicht damit Informationssystemen die Sammlung wesentlich detaillierterer Daten am POC und verhilft Mitarbeitern und Maschinen am POA, ihre Entscheidungen auf hochwertigen Echtzeitdaten zu basieren.



**Abb. 8.** Dimensionen der Datenqualität

### 3 Betriebswirtschaftliche Konsequenzen

Den Modellen zur Beschreibung und Erklärung der Verknüpfung zwischen Ubi-Comp-Technologie und betriebswirtschaftlichen Konzepten folgen nun Überlegungen zur Gestaltung. Als Gegenstand der Gestaltung kristallisieren sich unternehmerische Kontrollaufgaben in Geschäftsprozessen, Produkten und Dienstleistungen heraus. Prozess, Produkt und Dienstleistung gehören untrennbar zusammen, denn Produkt und Dienstleistung sind Ergebnisse von Prozessen [Öst95]. Die folgende Darstellung muss daher einige wenige Überschneidungen zulassen. Sie beginnt mit einer kurzen Einführung in die aufgabenorientierte Datenqualität, die unter dem Begriff Abbildungsqualität den Kern der weiteren Argumentation bildet. Im Weiteren zeigt der Abschnitt auf, wie sich steigende Abbildungsqualität auf Prozesse, Produkte und Dienstleistungen auswirkt. Abbildung 9 stellt die diskutierten Wirkungsfelder im Überblick dar.

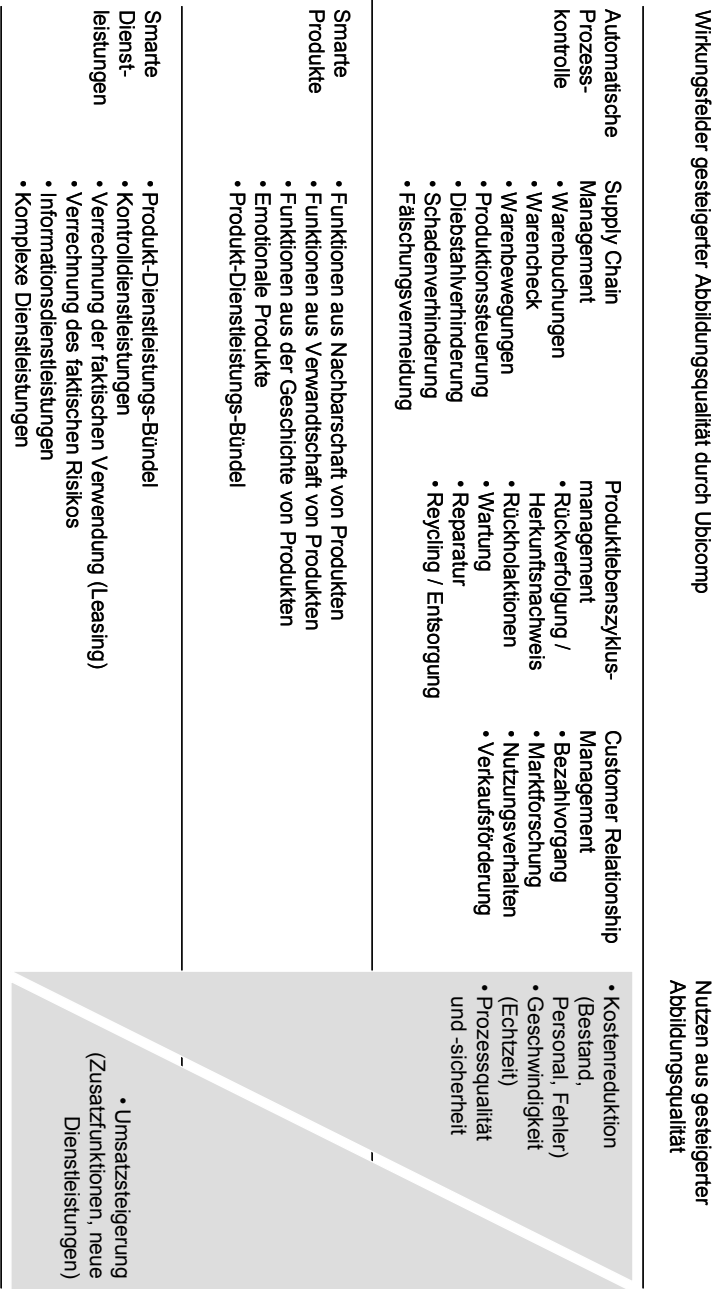


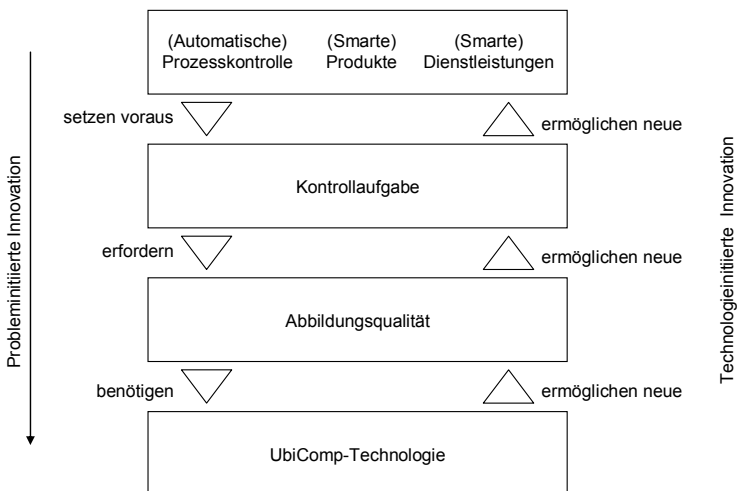
Abb. 9. Wirkungsfelder des Ubiquitous Computing

### 3.1 Kontrollaufgaben, Abbildungsqualität und Technologie

Im Kern der Gestaltung neuer Prozesse, Produkte und Dienstleistungen auf Basis von UbiComp-Technologien steht die Abbildungsqualität der realen in die virtuelle Welt. Die Abbildungsqualität erweitert den oben skizzierten Begriff Datenqualität um ein Abbildungsmodell zur zweckmäßigen Interpretation der Daten: Die Abbildungsqualität, beispielsweise die Erkennungsrate einer automatischen Eingangskontrolle per Videokamera, ist Ergebnis der Datenqualität (Bildauflösung) und des gewählten Abbildungsmodells (Modell zur Mustererkennung, wie etwa der Abstand zwischen Nase, Augen und Mund).

Die Abbildung eines Sachverhalts der realen Welt entspricht der Messgröße bzw. Istgröße eines Managementregelkreises. Die Güte der Abbildung entscheidet somit maßgeblich über die Qualität eines Managementregelkreises. Denn nur was gemessen werden kann, kann auch geführt werden.

Neue Technologie wie beispielsweise UbiComp kann die Abbildungsqualität erhöhen und damit neue Kontrollaufgaben ermöglichen, die ihrerseits neue Prozesse, Produkte und Dienstleistungen erlauben. Die Technologie bestimmt somit letztlich die maximale Qualität der Kontrollaufgabe (siehe Abbildung 10). Wenn die Technologie „Scannerkasse“ in den Einzelhandelsfilialen nicht in der Lage ist, die Regalfüllung hinreichend genau zu messen und damit abzubilden, dann ist das Management der Regalbeschickung eben unmöglich. Wenn eine einfache Beschriftung die eindeutige Bestimmung von Patienten und Medikamenten nicht zulässt, wird Falschmedikation in US-amerikanischen Spitälern weiterhin die achthäufigste Todesursache bleiben. Denn alle Abbildungstechnologien bzw. alle Abbildungsverfahren haben ihre natürlichen Grenzen. Ein Barcode wird beispielsweise nie dynamische Daten speichern können und wird nie ohne Sichtverbindung oder im Pulk erfasst werden können.

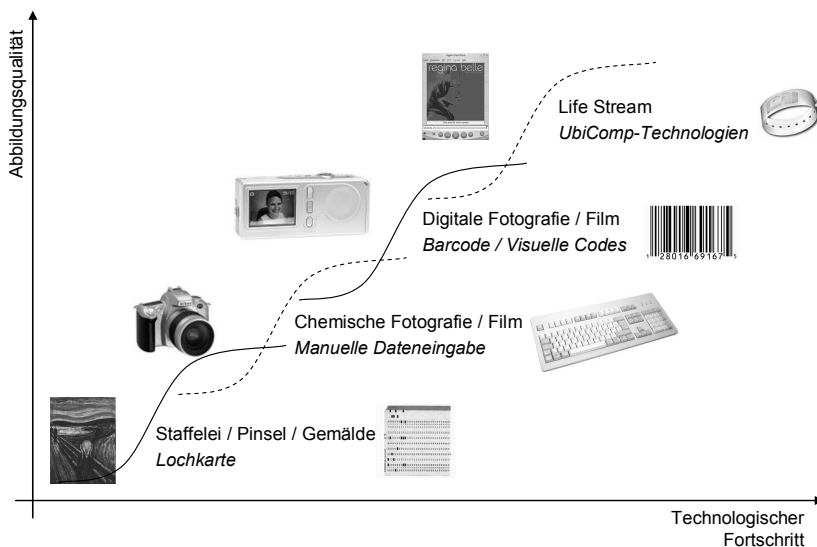


**Abb. 10.** Technologie, Abbildungsqualität und Kontrollaufgaben



Mit jedem Technologiesprung kommen Eigenschaften dazu, die die Abbildungsqualität erhöhen und die Einschränkungen der alten Technologie schrittweise auflösen, wie im Folgenden am Beispiel der visuellen Abbildung der realen Welt für das menschliche Auge dargestellt wird (vgl. Abbildung 11):

Zu den ersten Verfahren der visuellen Abbildung der realen Welt zählt die Malerei (deren Technologie Farbe, Pinsel, Leinwand, Lack, Staffelei sich erst über Millionen Jahre von der Höhlenmalerei her entwickelt hat). Sie erfordert bis heute eine Kunstfertigkeit, die nur wenige Menschen besitzen, ist relativ ungenau, statisch, zeitintensiv und fehleranfällig. Die chemische Fotografie löste die Malerei zu reinen Abbildungszwecken im 20. Jahrhundert völlig ab. Durch stetige Verbesserung der Technologie (Farbe, Film, Zoomobjektiv) wurde die Bildauflösung drastisch gesteigert und durch die Digitaltechnik sofort weiterverarbeitbar. Zudem integrierten die Technologiehersteller das Expertenwissen bezüglich Foto- und Filmerstellung und -bearbeitung in ihre Produkte und Dienstleistungen. So wurde die Fotografie für jeden eine einfach zugängliche Abbildungstechnologie. Mit dem Übergang vom Foto zum Film wurde aus Einzelinformationen ein Informationsstrom, der mit dem Live-Streaming (Live-Sendungen im Fernsehen wie Fußballspiele oder Schützengraben-Reportagen „eingebetteter“ Reporter, Überwachungskameras, Webcams) den zeitlichen Abstand zwischen Ereignis (POC) und dem Zuschauer (POA) auf nahezu null reduziert.



**Abb. 11.** Technologieentwicklung

So wie für die Technologien und Verfahren zur Abbildung der realen Welt für das menschliche Auge, lässt sich für die letzten 50 Jahre auch die Entwicklung der Abbildungsverfahren der realen Welt für den Computer nachvollziehen. Mit jedem Technologiesprung werden alte Technologien und mit ihnen Arbeitsschritte, Arbeitsplätze, Wissen und Unternehmen verdrängt. Allerdings verlieren diese

Technologien nicht immer vollständig ihre Existenzberechtigung, wie dies etwa bei der Lochkarte geschehen ist. Denn Unternehmen setzen für jede Kontrollaufgabe die jeweils kostengünstigste hinreichend genaue Technologie ein. Daher werden händische Dateneingabe und Barcodes noch lange einen großen Teil der Abbildungsverfahren ausmachen und nur dort ersetzt, wo sie aufgrund der Anforderung der Kontrollaufgaben an ihre natürlichen Grenzen stoßen bzw. höhere Kosten generieren.

### 3.2 Automatisierung der Prozesskontrolle

Die Innovation aufgrund neuer Abbildungsqualität kann, wie in Abbildung 10 dargestellt, aus zwei Richtungen erfolgen. Einerseits kann sie ihren Ursprung in betriebswirtschaftlichen Problemstellungen wie beispielsweise Diebstahl oder Fälschungen finden. Dann müssen sich die Innovatoren die Frage stellen, welche Messungen bzw. Abbildungsqualität notwendig sind, um einen Prozess unter Kontrolle halten zu können, und mit Hilfe welcher Technologien diese Messungen kostengünstig durchführbar sind.

Solche *problemintiierte Innovationen* führen meist zu inkrementellen Prozessverbesserungen, nicht aber zu radikalen Veränderungen. Sie gehen von einem bestehenden Problem aus und versuchen, dieses durch höhere Abbildungsqualität zu reduzieren, eventuell sogar vollständig zu beheben. Sie setzen dort an, wo bisherige Technologien zu wenig Abbildungsqualität erreicht haben und hoher Nutzen aus zusätzlicher Abbildungsqualität zu erwarten ist. Im Bereich Supply Chain Management sind dies Kontrollaufgaben bei Warenbuchungen, Warenchecks, Warenbewegungen, Produktionssteuerung, Diebstahlverhinderung, Schadensverhinderung und Fälschungsvermeidung. Im Bereich Produktlebenszyklusmanagement sind es Kontrollaufgaben bei Rückverfolgung/Herkunftsnachweis, Rückholaktionen, Wartung, Reparatur, Recycling/Entsorgung, und im Bereich Customer Relationship Management sind es Kontrollaufgaben bei Bezahlvorgang, Marktforschung, Nutzungsverhalten und Verkaufsförderung.

Die Kontrollaufgaben (vgl. Abbildung 9) werden typischerweise vor, während oder kurz nach kritischen Prozessschritten wie beispielsweise Eigentumswechsel oder Ereignissen, die Wert zerstören oder generieren können, durchgeführt. In der typischen manuellen Kontrollaufgabe misst eine Arbeitskraft den aktuellen Wert in der realen Welt und vergleicht ihn mit dem vorher definierten Sollwert bzw. den zulässigen Ober- und Untergrenzen, die sie im relevanten Informationssystem findet. Beispielsweise öffnet ein Arbeiter in der Versandabteilung mancher Bekleidungshersteller jede auszuliefernde Schachtel und überprüft, ob Anzahl, Typ und Größe der Kleidungsstücke mit dem Lieferschein im Computer übereinstimmt. Dieser manuelle Qualitätscheck ist sehr zeit- und kostenaufwendig und außerdem fehleranfällig. Aus diesem Grund überprüfen viele Unternehmen nur einen kleinen Anteil ihrer Lieferungen detailliert. Sie vertrauen auf Stichprobenmessungen und versuchen so, vom optimalen Verhältnis aus Kontroll- und Fehlerkosten zu profitieren.

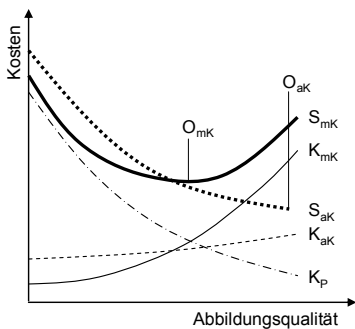
Gerry Weber hat diese Kontrollaufgaben auf Basis von RFID-Technologie automatisiert und damit die Kontrollkosten gesenkt und gleichzeitig die Kontroll-

aufgabe schneller und sicherer durchgeführt (vgl. den Beitrag von Tellkamp und Quiede in diesem Buch). Wie in vielen anderen Fällen rechnet sich die Automatisierung der Kontrollaufgabe hier (vgl. Fall A in Abbildung 12), wenn die entsprechenden Voraussetzungen gegeben sind. Zu diesen zählen, dass die Kosten einer manuellen Kontrolle bei steigender Abbildungsqualität wesentlich stärker ansteigen als bei einer automatischen Kontrolle und dass die Prozesskosten inklusive der Fehler- und Folgekosten entsprechend niedrig werden. Die optimale Abbildungsqualität bei manueller Kontrolle ist dann im Verhältnis zur automatischen Kontrolle geringer und dies bei gleichzeitig höheren Kosten.

Fall B in Abbildung 12 zeigt jedoch auch, dass es Konstellationen gibt, in denen die Automatisierung von Prozesskontrollen keinen Zusatznutzen stiftet. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Kostenschere aus manueller und automatischer Kontrolle gering ausfällt und die zu erwartenden Einsparungen niedrig sind.

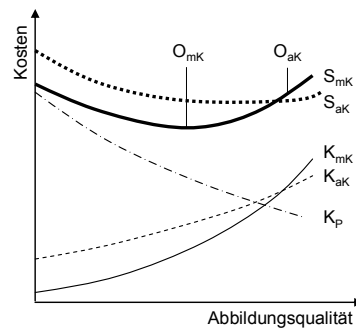
Das geeignete Suchfeld für Prozessverbesserungen auf Basis von UbiComp-Technologien sind demzufolge wenig automatisierte Prozesse, deren Probleme durch genauere Messungen und bessere Abbildungsqualität weitgehend gelöst werden können. Hier entscheidet das Problem über die einzusetzende Technologie und nicht umgekehrt. Wie in zahlreichen Beispielen belegt, kann eine RFID-Machbarkeitsstudie ohne Weiteres zu einer Empfehlung zur sorgfältigen Einführung von Barcode inklusive der notwendigen Lieferantenanbindung über EDI führen.

Fall A: Automatisierung rechnet sich



Kosten aus manueller Kontrolle:  $K_{mK}$   
 Kosten aus automatischer Kontrolle:  $K_{aK}$   
 Prozesskosten inkl. Fehler- und Folgekosten:  $K_P$

Fall B: Automatisierung rechnet sich nicht



Summe Kosten bei manueller Kontrolle:  $S_{mK} = K_{aK} + K_P$   
 Summe Kosten bei automatischer Kontrolle:  $S_{aK} = K_{mK} + K_P$   
 Optimale Abbildungsqualität bei manueller Kontrolle:  $O_{mK}$   
 Optimale Abbildungsqualität bei automatischer Kontrolle:  $O_{aK}$

**Abb. 12.** Kosten manueller und automatischer Kontrollaufgaben

Die meisten heute diskutierten RFID-Projekte verfolgen diesen *Top-down-Ansatz*. Sie versuchen, ein ihnen bekanntes Prozessproblem mit einer neuen Technologie zu lösen. Das Ergebnis sind inkrementelle Prozessverbesserungen, welche den großen Teil der Potenziale einer neuen Technologie oft nur sehr limitiert nutzen.

### 3.3 Smarte Produkte

Die *technologieinitiierte* bzw. *Bottom-up-Innovation* (vgl. Abbildung 10) geht den anderen Weg. Sie beginnt mit der technologischen Möglichkeit der hoch qualitativen Abbildung und sucht nach bisher nicht kontrollierbaren Aufgabenstellungen, die nun messbar und damit managebar werden. Sie geht davon aus, dass alles, was durch neue Technologie messbar wird, prinzipiell auch bewirtschaftet werden kann. Diese Bewirtschaftung führt zu neuen bisher nicht handelbaren Leistungen, die im Fall von UbiComp in Zukunft in Form von smarten Produkten bzw. smarten Dienstleistungen am Markt angeboten und nachgefragt werden.

Der Begriff „smart“ drückt dabei aus, dass der Mensch einen Teil seiner Kontrollaufgaben, die er bislang aufgrund seiner Fähigkeit zur Generierung von qualitativ hochwertigen Abbildungen selber durchgeführt hat („darf dieses Giftfass neben jenem Chemikalienfass stehen?“), an Dinge und Dienstleistungen abgibt. Mit der Gewöhnung an diesen zumindest zum Teil gewünschten Kontrollverlust dürfte dann auch der Begriff „smart“ wieder verschwinden.

Smarte Produkte sind in diesem Sinne Produkte, die Zusatzfunktionen aus der neuen höheren Abbildungsqualität durch UbiComp-Technologie erzielen. Sie machen ihre Funktionen abhängig von der unmittelbaren Umgebung, von der Nachbarschaft, Verwandtschaft, Vertrautheit und Geschichte der Bauteile, Betriebsmittel, Verbrauchsteile, Ersatzteile und Werkzeuge, mit denen sie interagieren. Die neue Abbildungsqualität erlaubt ihnen beispielsweise, folgende Fragen zu beantworten:

- **Verbrauchsteile.** Welche Verbrauchsteile sind die richtigen? Welche Funktion muss ich pro Verbrauchsteil starten?
- **Ersatzteile.** Welche Ersatzteile sind die richtigen? Wann muss ich sie ersetzen? Wann verfallen sie oder eine ihrer Funktionen?
- **Bauteile.** Welche Teile gehören zusammen, d.h. dürfen nur zusammen funktionieren?
- **Lagergut.** Welche Teile dürfen nicht zusammen sein? Welche Teile müssen zusammen sein?
- **Produkte.** Welche Funktionen stelle ich an welchem Ort zur Verfügung? In Verbindung mit welchen anderen Teilen? In Verbindung mit welcher Geschichte? Welche Funktionen stelle ich unter welchen Umgebungsbedingungen zur Verfügung (Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.)?

Die Beantwortung dieser Fragen führt zu zahlreichen neuen Produktfunktionen. Einige von ihnen – die meisten davon sind bereits operativ in Betrieb oder befinden sich in Entwicklung – sind in folgender Liste aufgeführt:

- Waffe bzw. Kreditkarte funktioniert nur mit entsprechendem Chip am Handgelenk des Schützen bzw. Käufers [Wir04].
- Basisgerät eines Konsumguts (elektrische Zahnbürste, Drucker, Kaffeemaschine) funktioniert nur in Zusammenhang mit Original-Verbrauchsteil. Basisgerät lässt nur ein Upgrade der Verbrauchsteile zu, nicht aber ein Downgrade.

- Maschine (Werkzeugmaschine, Auto, Flugzeug) funktioniert nur, wenn Ersatzteile Originale sind. Maschine bestellt Ersatzteil nach, wenn zuvor bestimmte Belastungsgrenze erreicht ist.
- Bauteile signalisieren während der Montage, ob sie an den richtigen Baugruppen montiert sind, beispielsweise bei Druckwalzen.
- Bauteile informieren über ihre genauen Maße und vereinfachen damit das kostenintensive Konstruieren und Abstimmen von Toleranzen.
- Giffass stellt sicher, dass es sich nicht in einem Raum mit anderen Chemikalien befindet, die zu einer erhöhten Explosionsgefahr führen würden [Int04a].
- Werkzeugkoffer überprüft sich auf Vollständigkeit [FMÖ02].
- Die Austernverpackung stellt sicher, dass die Kühlkette nicht unterbrochen wird.
- Produktionslose kommunizieren ihren Aufenthaltsort und den nächsten Arbeitsschritt. Produktionsmaschinen überprüfen vor dem nächsten Arbeitsschritt, ob das richtige Los geladen ist [Int04b].
- Der Verkaufsautomat benachrichtigt seinen Betreiber, wenn seine Bestände aufgefüllt, seine Kassen geleert oder seine Mechanik vorsorglich gewartet bzw. repariert werden soll (vgl. den Beitrag von Tellkamp und Kubach in diesem Buch).

Für Unternehmen stellt sich nun die Frage, wie sie solche Zusatzfunktionen mit Kundennutzen identifizieren können. Eine mögliche Herangehensweise bietet die Kommunikationsdimension smarter Produkte: Die These von Watzlawick et al. [WBJ69, S. 53], dass Menschen „*nicht nicht* kommunizieren können“, lässt sich auch für Produkte postulieren. Wenn Produkte *nicht nicht* kommunizieren können, dann kommunizieren sie ebenso wie Menschen immer, entweder auf der Funktions- oder aber auf der Beziehungsebene.

Für die Gestaltung der Beziehungsebene ist das industrielle Design zuständig. Sein Ziel ist die Maximierung des ästhetischen Nutzens sowie die intuitive und einfache Anwendbarkeit. Es hilft sowohl dem Kunden, der sich in der Umgebung der Maschine wohl fühlt, als auch dem Produzenten, der seine Marktposition verteidigen bzw. verbessern kann.

Für die Gestaltung des funktionalen Nutzens eines Produktes ist vor allem die Produktentwicklung zuständig. Ihr Ziel ist es, den vom Anwender wahrgenommenen funktionellen Nutzen zu maximieren.

Kommunikationsdesign und Funktionsdesign sind stark interdependent, denn je reichhaltiger die Funktionalität eines Gegenstandes, desto umfangreicher ist dessen Kommunikationsbedürfnis: Während ein Hammer heute noch gut ohne Leuchtdioden, Pfeiftöne oder Minibildschirm auskommt, sind funktional reichhaltigere Dinge wie Kaffeemaschinen, Videorekorder, Mobiltelefone, Lastkraftwagen oder Werkzeugmaschinen auf Kommunikationshilfen angewiesen. Der Zusammenhang zwischen Funktionsvielfalt und Kommunikationsbedürfnis ermutigt zum Umkehrschluss: UbiComp erhöht die Kommunikationsfähigkeit und mit ihr auch den wahrnehmbaren Nutzen aus zusätzlicher Funktionalität: Je mehr Abbildungsqualität desto mehr Kommunikation, Funktion und Nutzen. Die etwas provokant formulierte These zur Ableitung von Nutzen stiftender Funktionen lautet somit: „Gute Produkte wollen kommunizieren.“ Genauer müsste sie lauten: Pro-

duzenten wollen, dass ihre Produkte durch Kommunikation Wettbewerbsvorteile schaffen. Sie nutzen das Produkt als Agenten, dem sie die Fähigkeit mit auf den Weg geben, seiner Umgebung, insbesondere den Kunden, aber auch dem Produzenten selber, durch Kommunikation Nutzen zu stiften.

Um die neuen Funktionen abzuleiten, sehen Produzenten ihre Produkte als Schnittstelle zu ihren Kunden (vgl. Abbildung 13) und stellen folgende zwei Fragen: Welche Zusatzfunktionen können sie dem Kunden zur Verfügung stellen? Welche Zusatzfunktionen vermitteln dem Produzenten Vorteile?

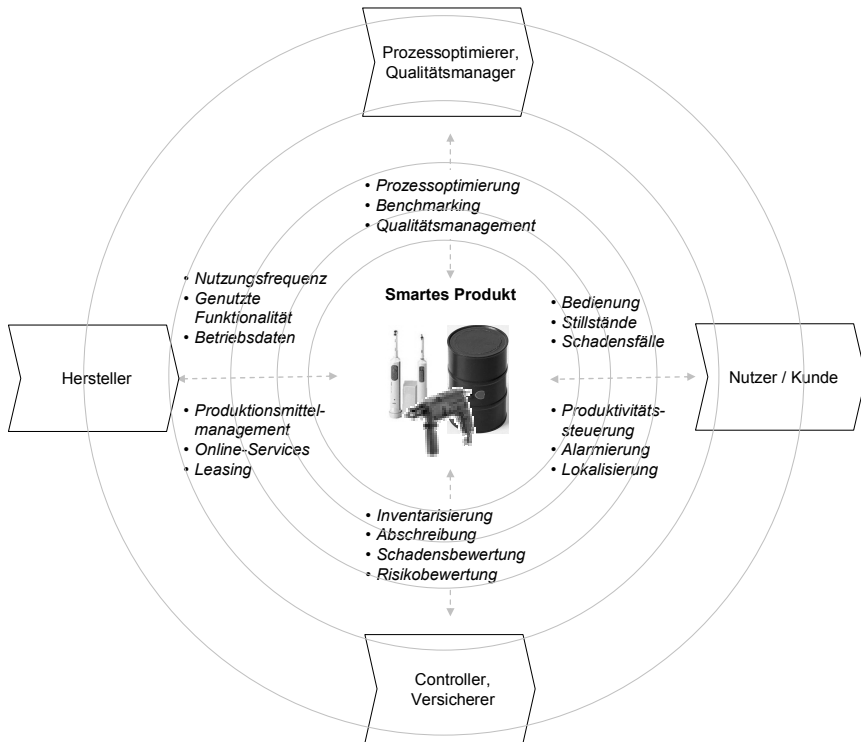
Typische Informationen, mit denen ein Produkt sowohl dem Kunden als auch dem Produzenten Nutzen stiften kann, sind Statusinformationen wie etwa Ort und Produktidentifikationsnummer bzw. Umgebungszustand. So könnte ein Hammer seinem Besitzer mitteilen, wo er sich befindet, und seinem Produzenten, wie oft er schon verwendet worden ist. Liegt das Werkzeug in einem „fremden“ Werkzeugkoffer, meldet es sich selbstständig. Auch beim Verlassen eines vordefinierten Raumes sendet das smarte Werkzeug eine Meldung an die betroffenen Parteien und trägt so beispielsweise zur Diebstahlsicherung bei (vgl. Abbildung 13).

Im Bereich „Business-to-Business“ wenden Unternehmen UbiComp-Technologien heute i.d.R. in Produktionsmitteln an, z.B. Maschinen, Werkzeugen, Transportbehältern und Regalsystemen. Der Zusatznutzen für den Produzenten von Produktionsmitteln basiert auf den gewonnenen Daten über die Art und Weise ihrer Verwendung durch den Kunden bzw. Nutzer. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein Transportbehälter laufend seine Position und Auslastung, eine Bohrmaschine ihren Betriebszustand sowie die beim Gebrauch genutzte Funktionalität und ein Regalsystem laufend seine aktuelle Belegung und derzeitigen Umschlag mitteilt.

Jedes Produktionsmittel wird damit zur Prozessschnittstelle und neuen Informationsquelle für seinen Hersteller und seine Nutzer. Auf der Herstellerseite interessieren insbesondere Informationen über die genutzte Funktionalität, Nutzungsfrequenz und -charakteristik der Produktionsmittel, die in zukünftige Produktentwicklungen und -konfigurationen sowie in die Sortimentspolitik einfließen. So können Auslastungen, Transport- und Stillstandszeiten von Transportbehältern, Paletten und Lastkraftwagen bilanziert oder Drehzahlen und Beanspruchungsspitzen von Bohrmaschinen mit dem Ziel erfasst werden, produktivere Produktionsmittel oder produktivitätsstiftende, ergänzende Produkte zu entwickeln bzw. dem Nutzer besser geeignete Produktionsmittel zur Verfügung zu stellen.

Auf der Nutzerseite interessiert beispielsweise der Ort, die Auslastung sowie die mit einem Werkzeug erzielte Produktivität für die eingesetzte Aufgabe. Zusätzlich können über mehrere Einsätze des Produktionsmittels automatisch Benchmark- und Prozessinformationen gewonnen und dem Nutzer mitgeteilt werden. Das smarte Regal weiß beispielsweise selbst, wie gut sein Nutzer das Lager organisiert und betreibt.

Dies alles verdeutlicht, dass das smarte Produkt bald im Zentrum eines Netzwerks aus Nutzern, Herstellern und verschiedenen Organisationseinheiten oder Dienstleistern wie Versicherern, Controllern, Prozessoptimierern und Qualitätsmanagern steht und die zukünftige Wettbewerbslandschaft rund um den Produktions- und Nutzungsprozess beeinflussen wird [Wal02].



**Abb.13.** Das smarte Produkt und sein Kommunikationsnetzwerk

### 3.4 Smarte Dienstleistungen

Das Messbarmachen von bisher nicht wirtschaftlich Messbarem heißt nicht nur Steuerbarmachen von bisher nicht wirtschaftlich Steuerbarem. Es führt in letzter Konsequenz zur Bewirtschaftung, Bepreisung und damit Handelbarkeit von bisher nicht Handelbarem. Wenn die Benutzung von Straßen, Werkzeugen, Winterreifen, Aufzügen, Sitzgelegenheiten etc. nicht zuverlässig und hinreichend genau gemessen werden kann, so kann sie auch nicht nutzungsbasiert verrechnet werden. Und Leistungen, die nicht verrechnet werden können, bleiben als Gemeinkosten in derselben Bilanzhülle. Sie können nicht an externe Dienstleister ausgelagert werden.

Höhere Abbildungsqualität führt zu neuen handelbaren Dienstleistungen und infolge zu mehr Arbeitsteilung. Beispielsweise erschienen mit der kommerziellen Einführung von GPS erstmals elektronische Navigationsdienste am Markt. Als Nächstes folgten GPS-basierte Stau- und Unfallwarnungen. Bei der geplanten Steigerung der Auflösungsqualität von GPS-ähnlichen Systemen von derzeit ca. 10 auf einige wenige Meter und darunter sind weitere Services wie etwa ein War-

nungsservice vor Geisterfahrern denkbar. Die Rückverfolgung von Gütern, die Sicherstellung der Authentizität von Markenartikeln oder der Nachweis der Echtheit von Medikamenten sind auf Basis von UbiComp-Technologien bepreisbar und werden in den nächsten Jahren von neuen wie bestehenden Unternehmen als hoch spezialisierte Dienstleistungen angeboten. Smarte Dienstleistungen sind Services, die aus höherer Abbildungsqualität entstehen.

Auch Produktunternehmen haben seit einigen Jahren die Lukrativität von Dienstleistungen erkannt. Die Forschung aus dem Bereich der industriellen Dienstleistungen zeigt, dass Produktunternehmen, die auch produktbezogene Dienstleistungen verkaufen, im Durchschnitt mehr Gewinn erwirtschaften als Unternehmen, die ausschließlich Produkte vertreiben [FrG05, WiB99]. Die Gründe dazu liegen auf der Hand: Einerseits werden Produkte immer mehr zu vergleichbaren Massenartikeln mit sinkenden Margen. Außerdem verschenken viele produzierende Unternehmen zahlreiche produktbezogene Services beim Verkauf ihrer Produkte sozusagen als Rabattmarken, was die Margen weiter reduziert. Auf der anderen Seite ist der Kunde durchaus bereit, seine Koordinationsaufgaben an einen Dienstleistungsanbieter auszulagern und das Servicegeschäft selber ist wegen seinen finanziellen (Ertrag, Marge und Stabilität des Geschäfts), marketingorientierten (Cross-Selling mit Produkten) und strategischen Chancen (arbeitsintensiv und damit schwer imitierbar) lukrativ. Zahlreiche Produktunternehmen versuchen daher zurzeit, sich in Richtung Hybrid aus Produzent und Dienstleistungsanbieter zu transformieren.

UbiComp-Technologie bietet Möglichkeiten, ein Produkt mit ertragsträchtigen Dienstleistungen zu verknüpfen. Denn oft stiftet nicht der ins Produkt integrierte Minicomputer den nachgefragten Kundennutzen, sondern die mit dem smarten Produkt verknüpfte Dienstleistung. Beispielsweise plant Chep, der weltgrößte Paletten- und Container-Pool-Operator, seine über 250 Millionen wieder verwendbaren Paletten mit Funketiketten auszustatten, um seinen Kunden nicht nur Transportmittel, sondern auch Logistikinformationsservices zur Verfügung stellen zu können. Die Funketiketten sind das Bindeglied zwischen den Paletten und dem Service.

In Praxis und Forschung beginnen verschiedene Typen von UbiComp-basierten Dienstleistungen sichtbar zu werden. Zu den wichtigsten Dienstleistungstypen zählen:

- **Kontroll-Dienstleistungen.** Unternehmen lagern Kontrollaufgaben wie Track&Trace, Diebstahlsicherung, Fälschungssicherung, Rückverfolgung und Nachbestellung an hoch spezialisierte Dienstleister aus.
- **Leasing-Dienstleistungen.** Eine hohe Abbildungsqualität ermöglicht die Umstellung der Berechnungsgrundlage von Besitzerinformationen auf Nutzungsinformationen. Die Nutzung wird bezahlt, nicht mehr der Besitz. Dies kann Vorteile für Anbieter (finanzieller, marketingorientierter und strategischer Natur) wie für Nachfrager (keine hohen Anfangsinvestitionen, Flexibilität, Ausfallsicherheit etc.) mit sich bringen.
- **Risiko-Dienstleistungen.** Versicherungsunternehmen nehmen nicht nur Kontroll-Dienstleistungen in Anspruch, um Risiken vorzeitig zu erkennen und zu minimieren, sondern entwickeln Methoden zur Einschätzung und Verrechnung des de facto entstehenden Risikos. Beispielsweise ersetzen detaillierte, von



UbiComp-Technologie im Auto im Lauf des Monats erfasste Daten zu Fahrstrecke (Autobahn, Landstraße, Stadt), Tageszeit (Tag, Nacht), Geschwindigkeit etc. die sonst üblichen Schätzwerte zur Berechnung der monatlichen Versicherungskosten [Pro00].

- **Informations-Dienstleistungen.** Das Besondere an diesen Dienstleistungen ist, dass sie Menschen ermöglichen, schnell und ohne viel Zwischenschritte und Medienbrüche Information zu erhalten oder zu versenden. Eine Beispielgruppe bilden hier die Gemälde, Konsumgüter oder Denkmäler, die einem PDA bzw. Smartphone die Adresse ihrer Homepage zur Darstellung zugehöriger Informationen zusenden [RoG04]. Die schnelle Weiterleitung der mit Smartphones geschossenen Bilder von in flagranti geknipsten Verkehrssündern und Bankräubern an die Polizei oder andere Ordnungshüter wäre ein weiteres Beispiel [GeF02].
- **Komplexe Dienstleistungen.** Sie stellen eine Kombination der obigen Dienstleistungen dar. Beispielsweise verknüpft die komplexe Dienstleistung „Flottenmanagement“ für Werkzeuge Kontroll- und Leasingdienstleistungen zu einem neuen Dienstleistungsbundle.

## 4 Entwicklungstrends

### 4.1 Von der Integrationsweite zur -tiefe

Die obigen Ausführungen zeigen deutlich, dass die von Mark Weiser bereits 1991 formulierte Vision des Ubiquitous Computing ein logischer und zwingender nächster Schritt in der betriebswirtschaftlichen Informationsverarbeitung ist [Wei91]. Sie ist damit trotz des gegenwärtig zu beobachtenden RFID-Hypes keine Modeerscheinung.

Viele Begriffe mögen noch unscharf sein und sich im Laufe der Zeit den jeweils herrschenden Lehren und Marketingvokabeln anpassen, von Pervasive Computing über Ambient Intelligence und Context Aware Computing bis hin zu Silent Commerce. Unabhängig von der Namensgebung bringt das *Konzept UbiComp* aber eine neue Qualität in die betriebliche Informationsverarbeitung. Während die klassische Entwicklung der Informationsverarbeitung von lokalen Inselsystemen bis hin zu unternehmensübergreifenden E-Business-Systemen das Netz der zur besseren Organisation gewonnenen Daten in erster Linie *vergrößert* hat – von anfänglich einzelnen Abteilungen erstreckt es sich heute über ganze Wertschöpfungsketten (vgl. Abbildung 1) –, macht UbiComp das Datenerfassungsnetz *feinmaschiger*. Während der E-Business-Trend die Integrationsreichweite erhöht, steigert der UbiComp-Trend die Integrationstiefe (vgl. Abbildung 14). Mit der Erhöhung der Abbildungsqualität erlaubt UbiComp feingranulares Bewirtschaften von Massenressourcen: einzelne Produkte anstelle der üblichen Produktklassen, Transportbehälter zusätzlich zu den bisher schon bewirtschafteten Produktionsmaschinen, Zeit- und Ortspunkte anstelle von ungenauen Zeit- und Ortsräumen, Umgebungsinformation zusätzlich zu Objektinformation. UbiComp ermöglicht damit auch die kosteneffiziente Bewirtschaftung von B- und C-Ressourcen.

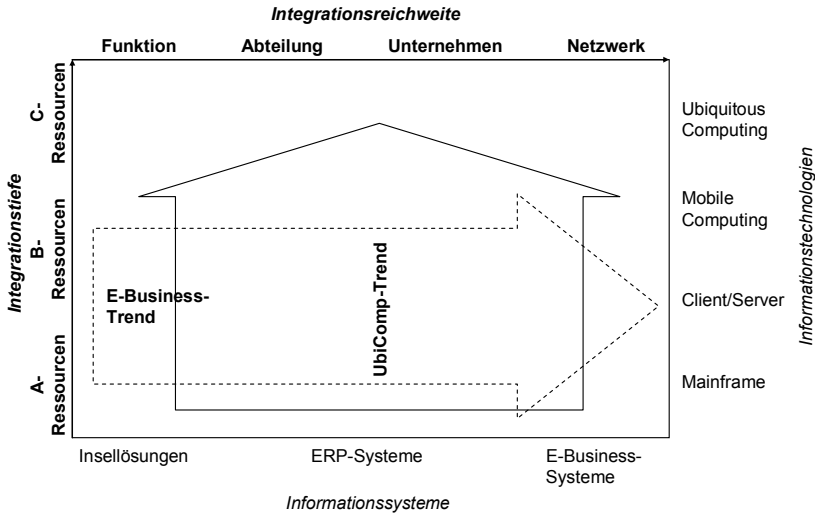


Abb. 14. Integrationsweite und -tiefe

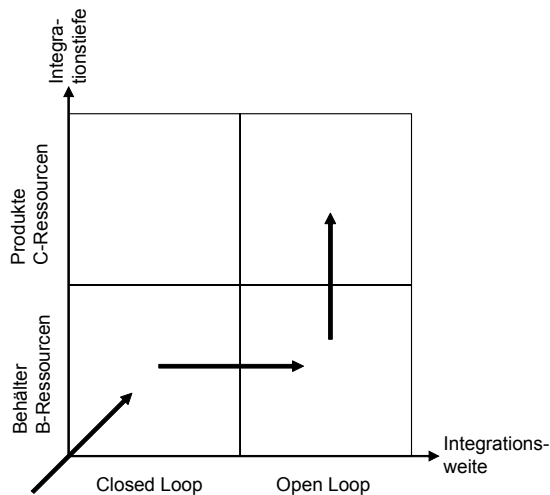
## 4.2 Von geschlossenen zu offenen Kreisläufen

Eine Analyse der bisher implementierten UbiComp-Lösungen im Bereich RFID zeigt, dass die Steigerung der Integrationstiefe typischerweise in geschlossenen Kreisläufen (closed loops) beginnt (vgl. Abbildung 15). Der Grund dafür liegt erstens darin, dass die Durchsetzung innovativer Projekte innerhalb eines Unternehmens einfacher ist als in einem Netzwerk mit mehreren gleichberechtigten Partnern, die unterschiedliche Interessen verfolgen und über unterschiedliche Budgets verfügen. Hierarchischer Druck ist eben einfacher zu erzeugen als Win-Win-Situationen im Unternehmensnetzwerk. Zweitens ist die Rentabilitätsrechnung von UbiComp-Lösungen in vielen Fällen nicht trivial. Denn UbiComp-Lösungen erfordern eine neue Infrastruktur aus informationstechnischen Einrichtungen, Kommunikationsnetzen, Middleware und Datenbanken, deren kurzfristiger und quantitativer Nutzen oft genug ähnlich schwierig zu berechnen ist wie jener einer neuen Werksstraße. Die Entscheidung für oder gegen beispielsweise RFID ist eine Entscheidung für oder gegen eine neue Infrastruktur.

Herausforderungen bei der Verteilung von Kosten und Nutzen von UbiComp-Lösungen bilden den dritten Grund, der für einen Adoptionsstart innerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen spricht. Denn in Closed-Loop-Anwendungen entstehen sowohl Kosten als auch Nutzen in derselben Bilanzhülle. Bei offenen Systemen sind dagegen Kosten und Nutzen auf unterschiedliche Bilanzhüllen verteilt. Zur Lösung der Fragen „Wer hat welchen Nutzen? Wer hat welchen Teil der Kosten bezüglich Ausrüstung, Infrastruktur und Transformation zu tragen?“ bedarf es in der Regel eines langwierigen politischen Prozesses, der von der Machtvertei-

lung innerhalb des Netzwerks aber auch von Unsicherheit über den faktischen Nutzen geprägt ist.

Sind die ersten Erfahrungen beispielsweise im internen Behältermanagement gemacht und Wissen im Umgang mit UbiComp-Technologie aufgebaut, hat sich das Unternehmen eine gute Position zur Teilnahme an offenen Lösungen erarbeitet. Allerdings nur dann, wenn es auf die richtigen Standards gesetzt hat. Denn Behälter und Produkte, die nur intern kommunizieren können, sind nur so wertvoll wie ein Haustelefon im internationalen Geschäft. Die aktive Teilnahme an Standardisierungsinitiativen, wie im Bereich RFID die Auto-ID Labs bzw. EPCglobal, ist für Erst- und Frühanwender von RFID-Technologie daher unverzichtbar.



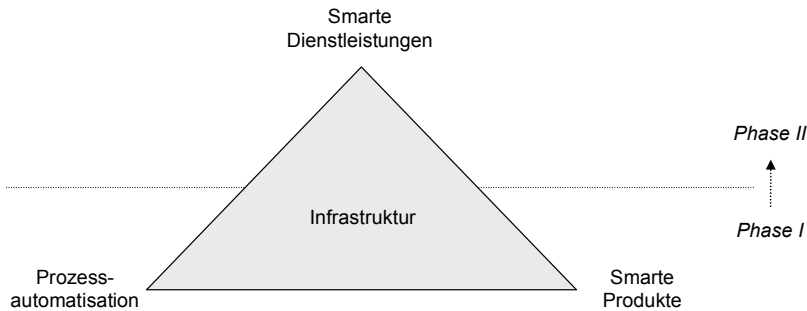
**Abb. 15.** Typischer Technologieadoptionspfad

### 4.3 Dienstleistungen folgen Prozessen und Produkten

Zahlreiche Unternehmen nutzen die hohe Abbildungsqualität der UbiComp-Technologie in einem ersten Schritt lediglich, um ihre De-facto-Prozesse („Wann und wo findet der Diebstahl statt?“) und De-facto-Verwendung ihrer Produkte („Welchen Temperaturen und Beschleunigungen ist das Produkt tatsächlich ausgesetzt?“) besser kennen zu lernen. Sie verwenden UbiComp lediglich als Monitorinstrument, wobei die damit ermittelten Fakten anschließend die Grundlage zur Analyse der Probleme und Möglichkeiten zur Gestaltung verbesserter Prozesse und Produkte bilden.

Es zeichnet sich ab, dass die Entwicklung von smarten Dienstleistungen erst in einer zweiten Phase stattfindet (vgl. Abbildung 16). Denn sie setzt nicht nur eine zumindest regional funktionierende Infrastruktur (eben das Internet der Dinge – oder aus Sicht der Telekommunikationsunternehmen das Telefon der Dinge) vor-

aus, sondern auch bereits erworbene Erfahrung im Umgang mit höherer Abbildungsqualität, insbesondere mit automatisierten Prozesskontrollen und smarten Produkten. So setzt beispielsweise ein Service, der Fußballfans, Trainer und Spieler über Ballkontakte, Schussgeschwindigkeit, Gegnerkontakte und gelaufene Kilometer pro Halbzeit informiert, neben smarten Fußbällen und smarten Fußballschuhen, auch eine funktionierende Infrastruktur in allen maßgeblichen Stadien voraus.<sup>3</sup> Die Interdependenzen zwischen Produkt-, Prozess-, Dienstleistungs- und Infrastrukturentwicklung nehmen zu.



**Abb. 16.** Zusammenhang zwischen Prozess, Produkt, Dienstleistung und Infrastruktur

## 5 Ausblick

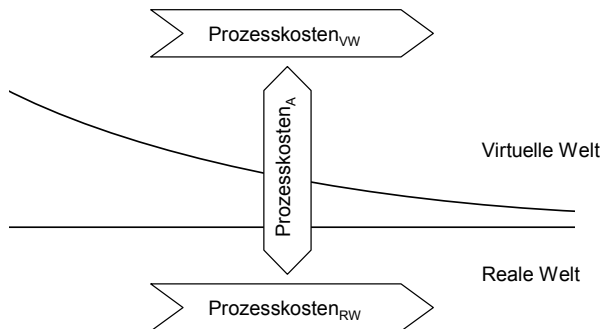
### 5.1 Reduktion der Wertschöpfungstiefe

Der Einsatz von UbiComp-Technologien ermöglicht eine feinmaschigere und genauere Messung der physischen Realität, erhöht damit die Abbildungsgenauigkeit und befähigt letztlich zur Steuerung, Bewirtschaftung, Bepreisung und Handelbarkeit von Leistungen, die bisher nicht wirtschaftlich messbar und steuerbar waren. Die Handelbarkeit lässt sich auf die Reduktion der Spezifität im Sinne der Transaktionskostentheorie zurückführen [Wil91], die sich aus der besseren Messbarkeit und der damit einhergehenden Digitalisierung der Leistung erklärt. Die Reduktion der Spezifität bedeutet für Leistungen, deren transaktionskostenoptimale Organisationsform bisher die Hierarchie war, dass das neue Transaktionskostenoptimum sich in Richtung Netzwerk bzw. Markt bewegt. Diese potenziell neu gewonnene Handelbarkeit bedeutet eine Reduktion der Wertschöpfungstiefe des auslagernden Unternehmens und neue Geschäftschancen für alte und neue Anbieter. Spezialisierung und Arbeitsteilung steigen. Insbesondere im Bereich Lokation, Verfolgen und Authentifizieren von Produkten entstehen am Markt derzeit neue Dienstleistungsangebote, die noch vor fünf Jahren kaum vorstellbar waren.

<sup>3</sup> vgl. [www.cairos.de](http://www.cairos.de)

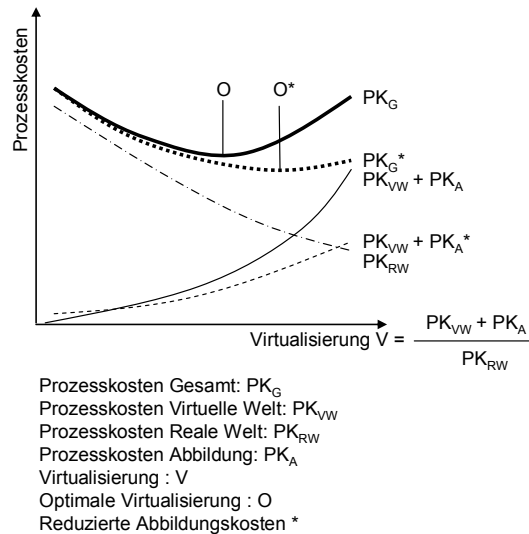
## 5.2 Zunahme der Digitalisierung

Als ökonomische Gebilde sind Unternehmen stets bestrebt, ihre Prozesskosten zu minimieren. Die Gesamtkosten  $PK_G$  eines Prozesses setzen sich zusammen aus den Kosten des physischen Prozesses  $PK_{RW} = f$  (Arbeitskräfte, Lagerbestände, Anlagen etc.), jenen des digitalen Prozesses  $PK_{VW} = f$  (Software, Hardware, Einführung, Wartung) und den Kosten der Abbildung in beide Richtungen  $PK_A = f$  (Sensorik, Aktuatorik), siehe Abbildung 17 und 18. Das Kostenoptimum bezogen auf den Grad der Digitalisierung bzw. „Virtualisierung“ befindet sich an der (in der Praxis im Allgemeinen eindeutigen) Stelle  $(PK_{VW} + PK_{RW} + PK_A)' = 0$ . Reduzieren sich nun die Abbildungskosten  $PK_A$  und sind Grenzkosten der physischen Prozesse höher als jene der virtuellen Prozesse inklusive der Abbildung, so verschiebt sich das Gesamtkostenoptimum in Richtung höherer Virtualisierung und damit Digitalisierung. Der Grad der Virtualisierung  $V$  ist das Verhältnis zwischen den virtuellen Prozesskosten inklusive den Abbildungskosten zu den Prozesskosten der physischen Realität  $(PK_{VW} + PK_A) / PK_{RW}$ . Dieser Wert ist im Minimum 0, z.B. in einem Handwerksbetrieb, der noch keine Informationssysteme verwendet, und „unendlich“ in einem Unternehmen, das keine physischen Prozesse mehr besitzt, etwa einer idealtypischen virtuellen Bank.



**Abb. 17.** Reale und virtuelle Welt und Abbildungskosten eines Prozesses

Die Geschichte der betrieblichen Informationsverarbeitung gibt Anlass zur Vermutung, dass in vielen Industriebereichen mit starkem Bezug zur physischen Welt der Grad der Virtualisierung aufgrund der sinkenden Abbildungskosten zunimmt. Digitale Prozesskontrollen sind in vielen Fällen eben kostengünstiger als physische bzw. manuelle. Wenn beispielsweise ein Basisteil sicherstellen soll, dass es nur in Zusammenhang mit gewissen Verbrauchsteilen funktioniert, so kann diese Kontrollfunktion mechanisch oder elektronisch gebaut werden. Die mechanische Lösung arbeitet etwa mit unterschiedlichen Passformen, die sich gegenseitig ausschließen. Sie ist intuitiv und damit einfach anzuwenden. Doch sie benötigt mehrere Werkzeuge, ist statisch und damit kostenintensiv. Eine elektronische Lösung kann auf ein und derselben Infrastruktur unterschiedliche digitale Passungen realisieren und diese relativ kostengünstig verändern.



**Abb. 18.** Ubiquitous Computing fördert die Zunahme der Digitalisierung

### 5.3 Steigerung der Überlebensfähigkeit

Nach der These von Conant und Ashby „Every good regulator of a system must be a model of that system“ kann eine Steuerung eines Systems nur so gut sein wie dessen Modell [CoA81]. Diese Aussage stützt sich auf ein fundamentales Gesetz der Kybernetik, das besagt, dass Varietät nur durch Varietät absorbiert werden kann („Only variety can absorb variety“) [Ash56], was beispielsweise bedeutet, dass eine gute Fußballmannschaft mit Einfallsreichtum und flexiblem Spiel eben nur von einer ebenso einfallsreichen und flexiblen Fußballmannschaft besiegt werden kann oder dass jemand mit einem Wortschatz von 3000 Wörtern Shakespeare nicht ins Deutsche übersetzen kann. Übertragen auf das Management bedeutet dies, dass die Varietät des Managements immer der Varietät der aktuellen Situation entsprechen muss [Mal98, Sch01].

Die Varietät ist dabei das Maß für die Komplexität eines Systems. Sie wird in der Kybernetik definiert als die Anzahl der möglichen unterscheidbaren Zustände, die ein System haben kann. Um ein komplexes System zu kontrollieren, benötigt der Kontrollierende demnach mindestens das gleiche Maß an Komplexität. Die Anzahl der möglichen Systemzustände hängt maßgeblich von der Messgenauigkeit des Systems ab. Je höher die Messgenauigkeit und mit ihr die Abbildungsqualität, desto höher die Varietät und umgekehrt. Die Aufgabe des Managements liegt nun darin, die angemessene Varietät zu wählen. Diese wird von der aktuellen Situation am Markt bestimmt. Die Maximierung der Eigenvarietät ist dabei ein genauso falsches Patentrezept wie das oft zitierte „keep it simple“.

Unternehmen wie Metro, Wal-Mart und British Petrol, die heute stark mit RFID oder Sensornetzen experimentieren, gehen von einem komplexer werden-

den Umfeld aus und versuchen – wohl mehr implizit als explizit – auch mit Hilfe engmaschigerer Messsysteme ihre Varietät und damit Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen, denn höhere Fähigkeiten erwachsen nur aus mehr Komplexität [Bre83].

## 5.4 Büchse der Pandora

Als Prometheus der Menschheit Feuer, Freiheit, Technik und Kunst geschenkt hat, wurden er und die Menschheit von Zeus dafür bestraft, denn Prometheus hatte Zeus zum Vorteil der Menschen überlistet. Zeus ließ Prometheus an seinen Felsen ketten und schickte Pandora mit einer Büchse gefüllt mit allem Übel auf die Erde. Pandora öffnete die Büchse und alles Übel entwich. Seither stehen Pandora und ihre Büchse für die Zerstörungsmacht des Fortschritts. Mit Pandora fand die Schattenseite Eintritt in das Leben, jedes Gut erhielt sein widriges Gegenstück, Gut und Böse sind seither nicht nur miteinander vermischt, sondern unauflöslich; sie sind untrennbar ineinander verwoben [Jac98].

Wenn man den griechischen Mythen Glauben schenkt, dann kann die Anwendung von UbiComp nicht nur in höherer Überlebensfähigkeit von Organisationen, in besseren Prozessen, Produkten und Dienstleistungen, kurz in einer Welt, die von Vorteilen für alle geprägt ist, münden. Sie führt gleichermaßen zu fragwürdigen Anwendungen und neuen Problemen, die genauso wenig vorhersehbar sind wie Zukunft an sich: „Unforeseen consequences stand in the way of all those who think they see clearly the direction in which a new technology will take us. Not even those who invent a technology can be assumed to be reliable prophets [...]” [Pos93, S. 15].

Eine Schattenseite der Automatisierung von Kontrollaufgaben ist der ungewünschte Kontrollverlust der Anwender, der schon in der UbiComp-Bezeichnung „Human-out-of-the-loop-computing“ [Ten00] seine Andeutung findet [BCL04]. Der Umgang mit dem Kontrollverlust steht auch im Zentrum der Diskussion zur Wahrung der Privatsphäre. Die Beiträge von Langheinrich sowie Thiesse in diesem Buch sind der Beschreibung, Erklärung und Gestaltung dieses Phänomens gewidmet.

Eine weitere bisher wenig diskutierte Schattenseite stellen die so genannten Sekundäreffekte der automatischen Prozesskontrolle, smarten Produkte und Dienstleistungen dar. Ein Sekundäreffekt beschreibt eine indirekte nicht unmittelbar einsichtige Konsequenz einer Entwicklung. So führt beispielsweise ein neuer Automotor, der den Benzinverbrauch um 50 % reduziert, nicht nur zu Einsparungspotenzialen bei Treibstoff, sondern aufgrund der Nachfrageelastizität auch zu mehr gefahrenen Kilometern. Der gesamte Spritverbrauch sinkt also wegen des Sekundäreffektes um weniger als 50 %.

UbiComp-Technologie führt im Effekt erster Ordnung zu automatischen, besser steuerbaren und damit sichereren Prozessen. Dies hat im Effekt zweiter Ordnung zur Folge, dass sich Mitarbeiter auf die neuen automatischen Prozesse verlassen und das Wissen über das innere Funktionieren der automatischen Steuerung vergessen. Ändern sich Rahmenbedingungen oder versagt die Steuerung ausnahmsweise aus technischen Gründen, wird der Prozess unkontrollierbar, denn der flexible Mensch ist nicht mehr Teil des Managementregelkreises oder er

hat das entsprechende Wissen nicht mehr zur Verfügung. Während die Summe an Fehlern tendenziell abnimmt, nimmt der potenzielle Effekt eines einzelnen Fehlers tendenziell überproportional zu (vgl. dazu das Konzept der Diseconomies of Risk von [Hal04]).

Die faktenbasierte Risikorechnung gibt ein weiteres Beispiel für einen Sekundäreffekt, der deutlich zeigt, dass die Einführung einer neuen Technologie ihre Grenzen finden muss. UbiComp ermöglicht einerseits die Erstellung einer genauen Versicherungsrechnung aufgrund der in Realität physisch erlebten Risiken (siehe Beispiel zur Kfz-Versicherung weiter oben). Die zweite Ableitung zeigt andererseits, dass die bis ins Detail messerscharf erfassbare Rechnung Risikoprofile offen legt, die auf ökonomischer Basis nicht mehr rechenbar und damit auch nicht versicherbar sind. Die genaue Rechenbarkeit im ersten Effekt führt zur Nichtrechenbarkeit im zweiten Effekt. Sie entzieht der Versicherung damit einen Teil der Grundlage ihres Geschäfts, das auf dem Ausgleich der Risiken aufbaut.

## 5.5 Aktuatorik

Im Jahr 2001 startete das M-Lab seine Forschungsaktivitäten mit dem Ziel, die betriebswirtschaftlichen Applikationen und Konsequenzen des Ubiquitous Computing zu erarbeiten. Das Forscherteam erkannte schnell, dass die erste und grundlegende Funktion einer UbiComp-Anwendung die Identifikation der Dinge ist. So vertiefte sich ein Teil des Teams in Identifikationstechnologien, allen voran RFID, und engagierte sich im Auto-ID Center, heute Auto-ID Labs/EPCglobal. Gemeinsam mit Laboratorien rund um die Welt arbeitet es als Auto-ID Lab St. Gallen/Zürich an der Infrastruktur des „Internets der Dinge“.

Die nächsten absehbaren Schwerpunktfunktionen lauten Lokalisierung und Sensorik. Mit RFID können Dinge im Wesentlichen nur mitteilen, wer sie sind. Auf ihren Ort kann nur indirekt über die Lokation der Lesegeräte geschlossen werden. Neue Lokalisierungstechnologien, wie beispielsweise energiearme GPS-Module mit integrierter Kommunikationseinheit, ermöglichen neue Abbildungsqualitäten und damit neue Applikationen. Sensoren können darüber hinaus die Zustände eines Dings und dessen Umgebung erfassen und in Sensornetzen ohne zentrale Steuereinheit kommunizieren.

Im Zentrum von RFID, Lokation und Sensorik steht die Abbildung der realen in die virtuelle Welt, nicht aber umgekehrt. Sie ist bemüht, möglichst jene Abbildungsqualität zu erzeugen, die eine neue betriebswirtschaftliche, medizinische oder militärische Anwendung benötigt. Die Abbildung der Rechenergebnisse der virtuellen Welt zurück in die reale Welt wird heute noch größtenteils dem Menschen überlassen. Er erhält vom Computer die Arbeitsanweisung, überprüft z.T. ihre Richtigkeit und setzt sie in der physischen Realität um. Zunehmend übernehmen Maschinen, so genannte Aktuatoren, diese Abbildung der digitalen Welt in die physische Welt (vgl. Abbildung 2), vom Auto zusammenschweißenden Industrieroboter über den Fenster schließenden Elektromotor bis hin zum Security Roboter, der nachts mit Infrarotscheinwerfern bestückt durch die leeren Werkshallen fährt und nicht vorhergesehene Aktivitäten aufdeckt. Diese Roboter haben wenig gemeinsam mit den menschenähnlichen Androiden aus den Filmen der 50er-Jahre



des letzten Jahrhunderts. Heute ist Rechenleistung so kostengünstig zu erwerben, dass sich der Bau eines Roboters für Spezialaufgaben lohnt. In der Industrie werden Roboter seit etwa 1960 eingesetzt. Heute arbeiten weltweit mehr als 800 000 solcher Maschinen. Ihre Anzahl wächst durchschnittlich mit 7 % p.a., Tendenz steigend.

Technologiefortschritt und Stückkostendegression sind dafür verantwortlich, dass sich die Preise von Industrierobotern seit 1990 auf ein Fünftel reduziert haben. Damit werden auch private Haushalte für den Robotermarkt interessant. Laut BusinessWeek [Bus04] wird der Haushaltsmarkt den Industriemarkt erstmals im Jahr 2006 übertreffen. Staubsauger (das Modell Roomba von iRobot wurde bereits über 200 000 Mal verkauft), Rasenmäher und Spielsachen wie der elektronische Hund „Aibo“ von Sony sind Vorboten einer von Robotern und anderen Aktuatoren bevölkerten Welt. Die Effekte, die Aktuatoren auf Gesellschaft, Wirtschaft und einzelne Unternehmen haben werden, sind heute allerdings so wenig bekannt wie jene von großflächig eingesetzten Lokalisierungs- und Sensorfunktionen.

Forscher aus unterschiedlichsten Disziplinen sind aufgefordert, die Vision des UbiComp konstruktiv-kritisch zu durchleuchten und über Konsequenzen und Gestaltungsmöglichkeiten aufzuklären. Das Wissen über UbiComp und dessen Einsatz darf nicht auf wenige Köpfe beschränkt sein, sondern muss, wie die zugrunde liegende Technologie, ubiquitär werden.

## Literatur

- [AEG02] Abowd GD, Ebling MR, Gellersen HW (2002) Context-Aware Pervasive Computing. *IEEE Wireless Communications* 9(5): 8–9
- [Ash56] Ashby WR (1956) *An Introduction to Cybernetics*. Wiley
- [AsS03] Ashton K, Sarma S (2003) *Introducing the EPC Network*. EPC Symposium, Chicago, USA, September 16, 2003
- [BCL04] Bohn J, Coroama F, Langheinrich M, Mattern F, Rohs M (2004) Living in a World of Smart Everyday Objects – Social, Economic, and Ethical Implications. *Journal of Human and Ecological Risk Assessment* 10(5): 763–786
- [BGC02] Bharadwaj S, Gruen TW, Corsten DS (2002) *Retail Out of Stocks – A Worldwide Examination of Extent, Causes, and Consumer Responses*. Grocery Manufacturers of America, Food Marketing Institute and CIES – The Food Business Forum
- [Bre83] Bresch C (1983) *Zwischenstufe Leben. Evolution ohne Ziel?* Piper
- [Bri00] Bridgestone/Firestone (2000) Bridgestone/Firestone Announces Voluntary Recall of 3.85 million RADIAL ATX and RADIAL ATX II Tires, and 2.7 million Wilderness AT Tires. Bridgestone/Firestone Press Release, August 9, 2000, [www.bridgestone-firestone.com/news/mediacenter/recall\\_archives/news/mediacenter/news/000809a.htm](http://www.bridgestone-firestone.com/news/mediacenter/recall_archives/news/mediacenter/news/000809a.htm)
- [Bus04] BusinessWeek (2004) Robots: Today, Roomba. Tomorrow... May 6, 2004, [www.businessweek.com/technology/content/may2004/tc2004056\\_2199\\_tc\\_168.htm](http://www.businessweek.com/technology/content/may2004/tc2004056_2199_tc_168.htm)
- [CoA81] Conant RC, Ashby WR (1981) Every good regulator of a system must be a model of that system. In: Conant R (ed) *Mechanisms of Intelligence – Ashby's Writings on Cybernetics*. Intersystems Publications, pp 205–214

Das Internet der Dinge

Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen,  
Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen

Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.)

2005, VIII, 378 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-24003-7