



ACADEMIA ENGELBERG

2nd Dialogue on Science – 15 - 17 October 2003
in Engelberg, Switzerland

Ubiquitous Computing aus betriebswirtschaftlicher Sicht

Elgar Fleisch, Prof. Dr.,
Institut für Technologiemanagement,
Universität St. Gallen (HSG),
St. Gallen, Schweiz

Dr. Markus Dierkes,
Intellion AG,
Lerchenfeldstr. 5, CH-9014 St. Gallen

Kontakt:
Unterstrasse 22, CH-9000 St. Gallen
E-Mail: elgar.fleisch@unisg.ch



Kernpunkte für das Management

Ubiquitous Computing-Technologien ermöglichen die Verbesserung von Geschäftsprozessen in den Bereichen Supply-Chain-Management, Produktlebenszyklusmanagement und Customer-Relationship-Management. Sie ermöglichen außerdem neue Geschäftsmodelle wie beispielsweise Leasing oder verursachergerechte Abrechnung.

- Ubiquitous Computing (UbiComp) ist ein logischer nächster Entwicklungsschritt der betrieblichen Informationsverarbeitung.
- Die dazu notwendige globale Standardisierung im Bereich der Automatischen Identifikation (Auto-ID) schreitet zügig voran.
- Softwareunternehmen wie SAP entwickeln bereits Infrastruktursoftware zur Unterstützung von UbiComp-Anwendungen.
- Dem Thema Privatheit muss beim Entwurf konsumentennaher Anwendungen besondere Bedeutung beigemessen werden.

Zusammenfassung

Der vorliegende Aufsatz identifiziert und analysiert die Quelle der betriebswirtschaftlichen Nutzenstiftung des Ubiquitous Computing (UbiComp). Er will damit hinterfragen, ob die steigende Sichtbarkeit des Themas Ubiquitous oder Pervasive Computing, die Technologien Automatische Identifikation (Auto-ID) und Radio Frequency Identification (RFID) mit eingeschlossen, betriebswirtschaftlich gerechtfertigt werden kann. Zu diesem Zweck analysiert der Beitrag die Lösungskraft von UbiComp-Anwendungen, zeichnet deren Entwicklungsstufen nach, führt in die betriebswirtschaftlich relevanten Basisfunktionalitäten des UbiComp ein und diskutiert ausgewählte Auswirkungen von UbiComp auf den Entwurf von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen.

Die identifizierte Nutzenquelle des UbiComp liegt in der Schaffung einer alternativen kostengünstigen Maschine-Maschine-Beziehung zwischen traditionellen Informationssystemen und Dingen der realen Welt. Um die betriebswirtschaftlich interessanten Nutzenpotenziale umfassend heben zu können, müssen jedoch vorgängig noch einige technische und politische Probleme gelöst werden.

**Ubiquitous Computing: A Business Perspective - Abstract**

This paper identifies and analyzes potential business benefits of ubiquitous computing (ubiquitous computing). Its aim is to challenge whether the growing visibility of topics such as ubiquitous or pervasive computing, automatic identification (Auto-ID) and radio frequency identification (RFID) can be justified from a business perspective. To do so it analyses the business contribution of existing ubiquitous computing applications, reconstructs their development phases, introduces the business relevant base-functionalities and discusses implications on the design of products, processes and services using ubiquitous computing applications.

The creation of an alternative and rather cost efficient machine-machine-relation between already established information systems and the real world things they try to manage has been identified as the main source of business benefit. However, before businesses can systematically leverage all potential benefits, some technical and political questions, such as creating robust solutions and solving privacy issues, have to be answered.

Keywords: ubiquitous computing, pervasive computing, applications, integration

Ausgangssituation und Problemstellung

Seit etwa zwei Jahren gewinnt die Disziplin Ubiquitous Computing (UbiComp) kontinuierlich an Sichtbarkeit [AbMy00; Norm98; Saty01; Weis91]. Ein Indiz dafür sind neu gegründete Zeitschriften (z. B. IEEE Pervasive Computing), Konferenzen (z. B. UbiComp oder Pervasive), Sommer Schulen [Midk03] und Forschungsprogramme, in denen Forscher aus den Gebieten Verteilte Systeme, Human Computer Interface, Sensorik etc. und zunehmend auch aus der Wirtschaftsinformatik ihre Ideen austauschen und messen.

Einzelne Technologien des UbiComp haben heute einen Reifegrad erreicht, der die Entwicklung von betriebswirtschaftlichen Anwendungen erlaubt. Etwa im Bereich der automatischen Identifikation ist die Standardisierung schon weit fortgeschritten [Auto03; Forr02; Shar01; Wolf01]. Gleichzeitig setzt die politische Diskussion zu Fragen der Privatheit ein [JeRo02; Lang01]. Beide Entwicklungen sind Indizien dafür, dass die Technologie in der Wirtschaft Fuß fassen könnte [Utte94; Gain03; Busi00].

Die meisten anwendungsorientierten UbiComp-Publikationen beschreiben bis heute konsumenten-nahe Szenarien bzw. so genannte „Business-to-Consumer“-Anwendungen. Beispiele hierzu sind der smarte Toaster, der den aktuellen Wetterbericht auf Brotscheiben grillt, die intelligente Milchflasche, die dem Kühlschrank mitteilt, dass sie bald leer oder abgelaufen ist, und die smarte Puppe, die gleichzeitig Brandmelder, Sprachlehrer und Einkaufsagent der Kinder der nächsten Generation werden soll [KMGW00; NeSL00]. Die ersten Arbeitsergebnisse aus der Wirt-



schaftsinformatik lassen jedoch parallel zu den Erkenntnissen aus dem E-Business vermuten, dass die großen wirtschaftlichen Potenziale des UbiComp im Bereich der „Business-to-Business“-Szenarien liegen. Entsprechend ist auch das Interesse zahlreicher IT-Unternehmen an diesem Thema zu erklären [Kind01, Acce02]. So stellte IBM etwa für das Thema ein Forschungsbudget von 500 Mio. US-Dollar bereit [Bude01].

Theoretisch und empirisch abgesicherte Aussagen dazu sind den Autoren jedoch nicht bekannt. Sie sind aber notwendig um sicherzustellen, dass UbiComp sich nicht zu einer Modewelle – vergleichbar mit den früher übertriebenen Hoffnungen an Künstliche Intelligenz, Expertensysteme oder E-Business – entwickelt, die auf dem Papier viel mehr verspricht, als sie in der Realität halten kann.

Der vorliegende Aufsatz will zur Schließung dieser Lücke beitragen. Er identifiziert und analysiert die Quelle der betriebswirtschaftlichen Nutzenstiftung des UbiComp, zeichnet die beobachteten Entwicklungsstufen von UbiComp-Anwendungen nach, zeigt die Potenziale für neue Geschäftsprozesse und Modelle auf Basis des UbiComp auf und diskutiert ausgewählte Auswirkungen von UbiComp auf den Entwurf von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen.

Die Erkenntnisse in diesem Beitrag stammen aus der Literatur und aus zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten der Industrie, welche die Autoren von der Ideengenerierung über Konzeption, Wirtschaftlichkeitsrechnung und technische Machbarkeitsstudie bis hin zum Demonstrator, in manchen Fällen bis hin zur Pilotimplementation, wissenschaftlich begleiteten.

Er betrachtet dabei vor allem Lösungen, welche die Technologien Radio Frequency Identification (RFID), Automatische Identifikation (Auto-ID) und Sensorik einsetzen. RFID ist eine Funktechnologie, die es erlaubt, kostengünstig kleine Datenmengen (1 Bit bis etwa 30 Kilobyte) zwischen einem Transponder und einer Antenne über die Luft zu transportieren. Ein Transponder kostet 2003 zwischen 8 Eurocent und 20 Euro, verfügt in Kombination mit der geeigneten Antenne über eine Reichweite von 2 mm bis 100 m, ist in Größen zwischen Sandkorn (0.4 x 0.4 x 0.4 mm) und Mobiltelefon erhältlich und bezieht seine Energie zum Rechnen, Speichern und Kommunizieren von einer eingebauten Batterie (aktiver Transponder) oder dem elektromagnetischen Feld der Antenne (passiver Transponder) [Matt03; BCLM03].

Die Technologie Auto-ID ergänzt RFID um ein weltweit einheitliches Nummerierungssystem aller realer und damit potenziell smarterer Dinge und um eine Infrastruktur, die es zulässt, mit RFID-Transpondern quer über den Globus zu kommunizieren. Die Verbreitung der Auto-ID Technologie wird weltweit seit 2003 von EAN/UCC vorangetrieben, jener Organisation, die seit über 25 Jahren den Barcode-Standard etabliert [Auto03].



Sensorik bedeutet, dass RFID-Transponder und Antennen mit Sensoren ausgestattet sind. Sensoren ermöglichen die automatische Messung einer Vielzahl an Umweltzuständen, wie etwa Temperatur, Feuchtigkeit, Helligkeit, Beschleunigung, chemische Zusammensetzung, Druck, Schall etc. Über eine Auto-ID-Infrastruktur können diese Sensordaten zum Ort der Entscheidung transportiert werden.

Quelle der Nutzenstiftung

UbiComp ist ein logischer nächster Entwicklungsschritt der betrieblichen Informationsverarbeitung. Integrierte Informationssysteme wie R/3 von SAP haben einzelne Funktionen und Abteilungen innerhalb von Unternehmen miteinander verknüpft und damit durchgängige Geschäftsprozesse ermöglicht. Internet und E-Business-Systeme wie Supply-Chain-Management-Systeme und elektronische Märkte haben diese Prozesse über die Unternehmensgrenzen hinweg erweitert und unterstützen das Management von Unternehmensnetzwerken.

Mit UbiComp erfährt die betriebliche Informationsverarbeitung nun ihren nächsten Integrationschritt. 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) [AbEG02]. Sie treffen ihre Entscheidungen aufgrund faktenbasierter Echtzeitdaten aus der Realität und nicht auf Basis fortgeschriebener buchhalterischer Werte aus den Informationssystemen. Die Folge sind neue Prozessfähigkeiten, die zu Kosteneinsparungen, Qualitätssteigerungen und neuen Geschäftsmodellen führen können.

Bis heute konzentrieren sich Forschung und Praxis primär auf die Vernetzung von Unternehmen, Prozessen, Informationssystemen und Menschen und versuchen, mit Hilfe von Informationstechnologie Medienbrüche zu eliminieren (vgl. Tabelle 1). Ein häufig genanntes 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, sie übernehmen die Aufgaben des Mediators zwischen realer und virtueller Welt. Physische Ressourcen können ohne menschliche Intervention mit den unternehmensinternen und -externen Rechnernetzwerken kommunizieren und erlauben damit in letzter Konsequenz auch eine laufende Prozesskontrolle auf Basis harter, aus der Realität gewonnener, Echtzeitinformationen [KäHo02].

Tabelle 1 Medienbrüche und betriebliche Informationssysteme

Wo treten Medienbrüche auf?	Informationssysteme zur Überwindung der Medienbrüche
in einzelnen Unternehmensfunktionen wie Finanzen oder Produktionsplanung	funktionsorientierte Standardsoftwarepakete wie z. B. Finanzpakete oder PPS-Systeme
in unternehmensweiten Prozessen	Enterprise-Ressource-Planning-Systeme wie z. B. R/3 von SAP
in unternehmensübergreifenden Prozessen	Unternehmensübergreifende Systeme wie z. B. E-Procurement- und Supply-Chain-Management-Systeme
in der Verbindung der Informationssysteme mit Ereignissen in der realen Welt	Anwendungen des UbiComp, z. B. auf Basis von Radio Frequency Identification (RFID) Technologien und Sensornetzwerken

Entwicklungsstufen von betriebswirtschaftlichen UbiComp-Anwendungen

Mark Weiser hat UbiComp als das Gegenteil der virtuellen Realität beschrieben. Das Ziel der virtuellen Realität ist die hinreichend genaue Abbildung eines Ausschnitts der realen Welt in digital verarbeitbaren Modellen, etwa zum Zweck der Simulation [Bend98]. In der virtuellen Realität können Modell (z. B. Flugsimulator) und reale Welt (z. B. Flug) ohne Interdependenzen nebeneinander existieren.

Ziel des UbiComp ist die funktionelle Bereicherung der realen Welt mit Hilfe von Informationsverarbeitung. Eine UbiComp-Anwendung besteht immer aus einem realen und einem virtuellen Teil, die untrennbar voneinander sind. Die dominierende Welt ist hier die reale Welt, die virtuelle Welt bekommt einen unterstützenden Charakter zugewiesen. In UbiComp-Anwendungen haben virtuelle Welten immer einen direkten, unmittelbaren Realbezug.

Beispielsweise können aktive, d. h. mit Batterie betriebene Transponder, je nach Anwendungsfall mit unterschiedlichen Sensoren ausgestattet werden, um den Status ihres Kontextes (Mutterobjekt, Umgebung und Nachbarobjekte) direkt am Ort des Geschehens zu erfassen und weiterzumelden. Wenn Temperatursensoren eine lückenlose Überwachung einer Kühlkette für Lebensmittel ermöglichen und Beschleunigungssensoren in Autos bei einem Unfall automatisch Polizei und Rettung alarmieren, wird die virtuelle Welt der Informationsverarbeitung zunehmend in die Realität, beispielsweise in die sichtbare Welt physischer Vorgänge, transferiert.

Der Weg zu einer solchen Welt mit allgegenwärtigen Rechnern lässt sich in drei Stufen beschreiben (vgl. Bild 1). Kennzeichnend für die erste Stufe ist die manuelle und modellbasierte

Informationsgenerierung bzw. Entscheidungsfindung. Die zweite Stufe unterscheidet sich von der ersten Stufe durch die automatische Kontexterfassung, die eine breite faktenbasierte Datenbasis zur Entscheidungsfindung generiert. Die dritte Stufe steht für die zunehmende Delegation der Entscheidungsfindung und -umsetzung an die um Informationsverarbeitung bereicherten Objekte der realen Welt, die so genannten smarten Dinge [GeSB00].

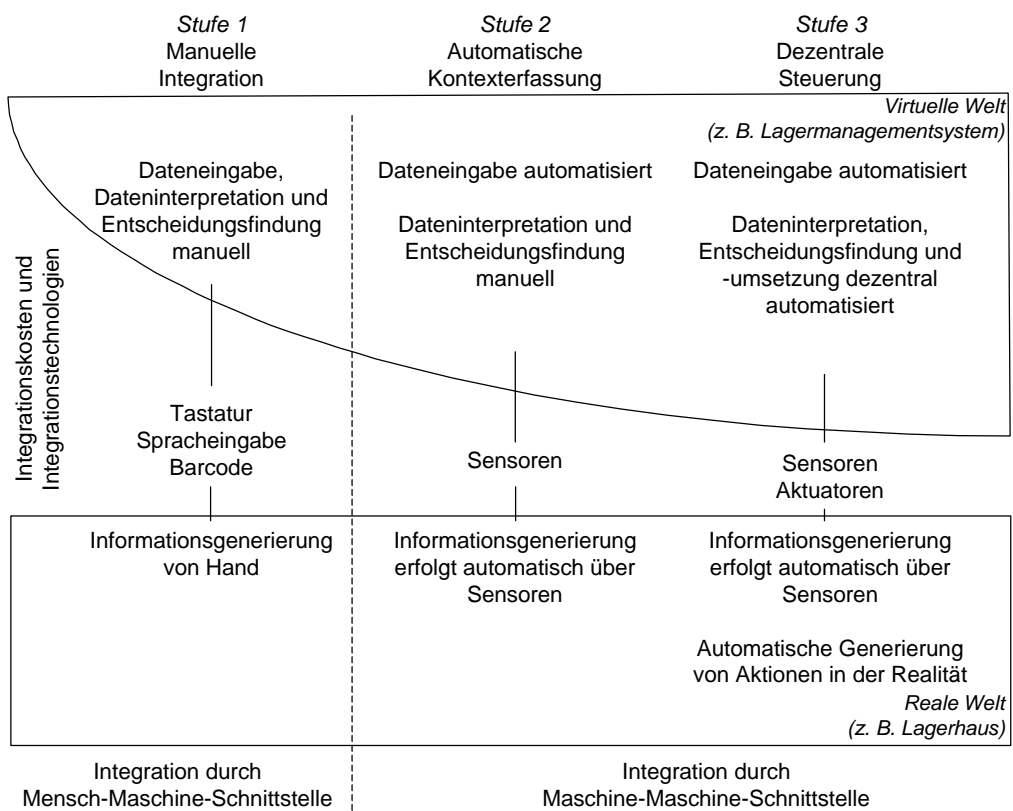


Bild 1: Entwicklungsstufen von betriebswirtschaftlichen UbiComp-Anwendungen

Manuelle Integration

Die erste Stufe beschreibt eine betriebliche Informationsverarbeitung, in der die Verbindung zwischen virtueller und realer Welt ausschließlich der Mensch herstellt. Er definiert ein Abbild der Realität, schreibt es in Datenbanken und Prozeduren fest, gibt die Daten manuell ein und interpretiert die Ergebnisse.

Beispielsweise verfolgen heute Facility-Manager mit Hilfe von Computer-Aided-Facility-Management-Systemen (CAFM-Systemen) die Bewegungen des Inventars in Bürogebäuden, die Wartungsarbeiten an Heizkörpern und Klimaanlage und den Verbleib der Gebäudeschlüssel. Die Erfassung der zu verwaltenden Objekte, die Bestimmung des richtigen Standortes



und die Inventur (= Abgleich der Realität mit den Daten im CAFM-System) erfolgen nach wie vor durch menschliche Arbeitskräfte. Sie stellen die Aktualität der Informationen etwa zu einem neu positionierten Tisch sicher, pflegen das Modell der Kostenstellen und Standorte zur Abbildung der Zugehörigkeit des Tisches und interpretieren den Fehlbestand, den eine Inventur aufzeigt. Die Integration zwischen virtueller und realer Welt erfolgt manuell.

Automatische Kontexterfassung

UbiComp ermöglicht Unternehmen, Prozessinformationen automatisch mit geringen Grenzkosten zu erfassen. Mit sinkenden Messkosten pro Messpunkt steigt die Anzahl der verwendeten Messpunkte, denn das für Prozessqualität und Prozessverbesserungen verantwortliche Prozessmanagement ist an möglichst differenzierten, zeit- und realitätsnahen Daten interessiert.

Statt sich darauf zu verlassen, dass Menschen die Daten über die Realität in Modellen aktuell halten, generieren Data-Collection-Technologien Fakten auf Basis realer Daten. Diese automatisch erfassten Fakten verleihen der Anwendung von Methodensets wie z. B. Six-Sigma [HaSc99], welches flächendeckend bei General Electric, aber auch bei Ford zur Verbesserung der Prozesse eingesetzt wird, einen neuen Schub. Mit UbiComp-Technologien werden immer mehr Prozesse führ- und verbesserbar, da die Informationsgenerierung ohne Modellbildung und aufwändige Informationseingaben direkt an die konkreten Vorgänge in der realen Welt gekoppelt ist.

Beispielsweise sind im Tunnelbau für die optimale Betonaushärtung der Tunnelwände bestimmte Temperaturverläufe erforderlich, um die Festigkeit des Betons zu garantieren. Mit UbiComp kann mit Hilfe in den Beton eingegossener Transponder mit integriertem Temperatursensor der Temperaturverlauf kontinuierlich und ohne teure Messapparaturen überwacht und damit die Festigkeit der Betonwände mit weniger Aufwand sichergestellt werden. Die Abfrage des Temperaturverlaufs kann jederzeit per Funk erfolgen. Prozessfehler, die Risse im Beton zur Folge haben, werden minimiert. Die Prozesseffizienz des Aushärtens steigt. Beispielsweise können Folgearbeiten um mehrere Stunden früher beginnen.

Dezentrale Steuerung

Die dritte Stufe auf dem Weg zu UbiComp-unterstützten Prozessen ist durch die Entscheidungsdelegation charakterisiert. Smarte Dinge werden mit UbiComp in die Lage versetzt, selbst Situationen zu erfassen und entsprechend ihrer Konfiguration Entscheidungen zu treffen und umzusetzen. Dies führt zu einer Entlastung zentraler Ressourcen wie Datenspeicher, Prozessoren und Datenbanken.



Smarte Dinge teilen ihren Transport- oder Produktionsbedarf selbst den entsprechenden Transportmitteln oder Produktionsmaschinen mit, ohne dass immer wieder ein zentraler Steuerungsrechner involviert werden muss. Bei Seagate führen die Halbfertigprodukte Transponder mit einer kundenspezifischen Checkliste für Produktion und Montage mit. Diese Informationen helfen, den Produktionsablauf flexibel zu steuern, die Vollständigkeit und Korrektheit der einzelnen Produktionsschritte zu prüfen und auftretende Probleme in ihrem Ursprung schnell zu lokalisieren [Ferg03].

Denkt man diese Entwicklung zu Ende, so lassen sich die Vorgänge in der realen Welt nicht mehr von den Vorgängen in der virtuellen Welt trennen. Beispielsweise bewirkt eine Veränderung der Position eines Loses in einem Regal eine entsprechende Aktualisierung im Informationsspeicher. Das Regal muss eigenständig entscheiden, ob ein Los noch zu ihm gehört oder schon so weit entfernt ist, dass eine Zuordnung unzulässig wäre. Die Handhabung in der realen Welt verschmilzt mit dem Prozess der Informationsverarbeitung in der virtuellen Welt. Smarte Dinge bilden in der Realität beobachtbare Beziehungen zu anderen smarten Dingen – beispielsweise geographische Nachbarschaft – auch informatorisch ab [Kaih01].

Neue Geschäftsprozesse und -modelle durch UbiComp

Der digitale Führungsregelkreis liefert ein Modell zur Erklärung der grundsätzlichen Auswirkungen von UbiComp-Technologien auf Geschäftsprozesse und -modelle. Er hilft zu erkennen, dass betriebswirtschaftlich motivierte UbiComp-Systeme primär eingesetzt werden, um kostenintensive Daueraufgaben an der Schnittstelle zwischen bereits etablierten Informationssystemen und der realen Welt zu automatisieren, und damit nicht nur Geschäftsprozesse verändern, sondern auch neue Geschäftsmodelle ermöglichen.

Die Klassifizierung der Daueraufgaben in Basisaufgaben ist Ergebnis einer Analyse zahlreicher UbiComp-Applikationen. Sie reduziert die Applikationen auf die durch UbiComp ermöglichten neuen Funktionen und strukturiert diese anhand der Stamm- und Regeldaten der zugrundeliegenden Applikationen.

Automatisation des Führungsregelkreises

Die Verschmelzung der realen mit der virtuellen Welt erlaubt das Schliessen des digitalen Führungsregelkreises, wie im Folgenden am Modell eines Echtzeitunternehmens beschrieben (vgl. Bild 2).

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 [FIÖs03]. Sowohl POC als auch POA können dabei unterschied-



lichen 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.

POC und POA können Teil der realen oder der virtuellen Welt sein. 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. Der POA bleibt in der virtuellen Welt, wenn das Warenwirtschaftssystem des Einzelhändlers über das Beschaffungssystem lediglich eine Bestellung im Verkaufssystem des Lieferanten auslöst, die dort von Hand zu einem Auftrag veredelt werden muss. Wenn das Warenwirtschaftssystem hingegen direkt in die Produktionssteuerung des Lieferanten eingreift, dann ist der POA die Produktionshalle, in der sich die reale Welt aufgrund der Informationen vom POC verändert.

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. In Frage 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 (Ist-Größen) wie beispielsweise Prozess- oder Unternehmenskennzahlen beeinflussen und ein zeitnahes Management verlangen. Am POA vergleicht der Entscheider (Regler) Soll-Größen (Führungsgrößen) mit Ist-Größen 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. Ubi-Comp-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 Führungsregelkreisen.

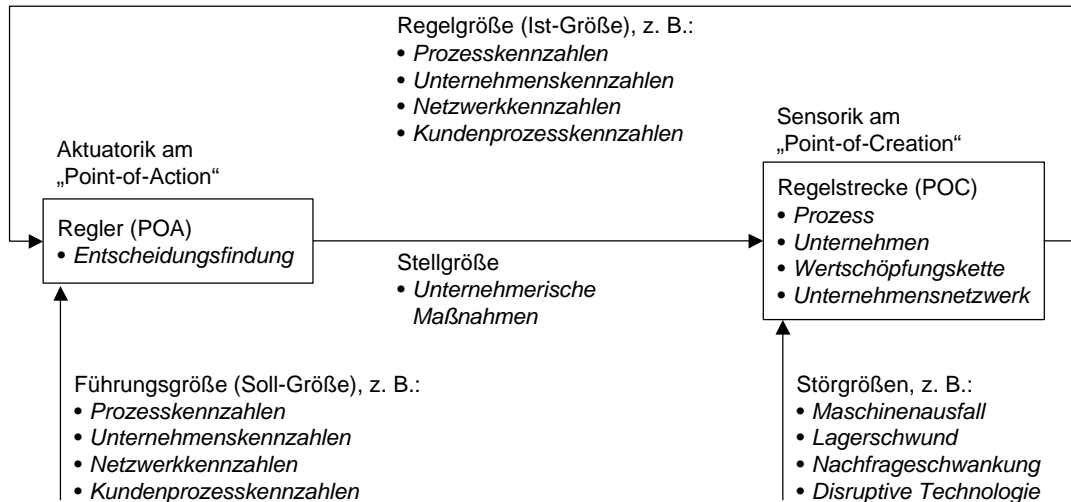


Bild 2: Digitaler Führungsregelkreis

Basisaufgaben von UbiComp-Applikationen

Die durchgängige Digitalisierung des Regelkreises ermöglicht die Vollautomation eines Regelzyklus. Bei gegebener Infrastruktur sind die Kosten eines solchen Zyklus, beispielsweise einer automatischen Regalinventur, in der Regal und Produkte miteinander kommunizieren [RFID03], niedriger als bei einer manuellen Inventur. Diese Kostendifferenz führt nicht nur zu einer Substitution des manuellen Regelkreises durch einen automatisierten Regelkreis, sondern auf Grund der Nachfrageelastizität auch zu einem Anstieg an kostengünstigen Prüfzyklen [MaCr94]. Während die kostenintensive manuelle Inventur je nach Anwendungsfall nur einmal pro Periode (z. B. Tag, Woche oder Jahr) stattfindet, kann die automatische Inventur laufend erfolgen.

UbiComp-Lösungen übernehmen 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. Diese Basisaufgaben sind Teil zahlreicher Prozesse, welche die reale Welt, also Lebewesen und materielle Dinge, einbeziehen. Sie sind in der Regel Daueraufgaben, die, wenn auch meistens im Hintergrund, ständig aktiv sind. Ihre Durchführung ist dementsprechend aufwändig. Daher werden diese Daueraufgaben heute aus Kosten- und Zeitgründen nur sporadisch wahrgenommen. Das Resultat sind beispielsweise Qualitätsmängel und Diebstähle. Zu den wichtigsten Basisaufgaben zählen Automatische Identifikation, Lokation / Track & Trace, Sensorik, Qualitätssicherung, Verrechnung, Risikobewertung, Verkaufsunterstützung, Steuerung und Aktuatorik.

- Das Ziel der *Automatischen Identifikation* ist die automatische Verbindung zwischen der realen und der virtuellen Welt. Die Automatische Identifikation (Auto-ID) eliminiert den Medienbruch zwischen Dingen und deren Abbildung in den Informationssystemen. Eine Stan-



dardinfrastruktur zur automatischen Identifikation befindet sich zur Zeit in Entwicklung [Auto03].

- *Lokation / Track & Trace* verknüpft die Identifikation mit ihrer geographischen Lokation. Mit Hilfe der Basisaufgabe Track & Trace erhalten alle Geschäftsprozesse laufend Transparenz über den örtlichen Verbleib ihrer smarten Dinge.
- Mittels der Basisaufgabe *Sensorik* sammeln smarte Dinge Informationen über ihren Status und ihre Umgebung. Beispiele für solche Sensorikdaten sind Beschleunigung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und die chemische Zusammensetzung des umgebenden Mediums. Unternehmen können Sensorik etwa zur laufenden automatischen Erhebung von Nutzungsdaten einsetzen.
- Eine nächste Basisaufgabe ist die *Qualitätssicherung*. Sie verknüpft Informationen über smarte Dinge (z. B. Identifikationsnummer, Lokation, Temperatur) mit Regeln, welche einerseits Qualitätsschranken beschreiben und andererseits festhalten, was zu tun ist, wenn die Schranken durchbrochen werden. Auf Basis der UbiComp-Technologien können viele qualitätssichernde Aufgaben wie etwa Diebstahlsicherung, Kühlkettenüberwachung und Schadensvermeidung vollautomatisiert und damit zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten betrieben werden: Die Prozessqualität steigt.
- Die Basisaufgabe *Verrechnung* nutzt die von smarten Dingen gesammelte Information zur Realisierung neuer Verrechnungsmodelle. Erst die laufende Teilnahme am Leben eines Produktes lässt beispielsweise eine nutzungsbasierte Abrechnung zu. UbiComp erlaubt Pay-per-use- und Leasingmodelle für Produkte, die bis heute nur verkauft werden konnten. Das Finanzierungsrisiko geht dabei vom Kunden zum Produzenten über, der jedoch seinerseits von laufenden Erträgen, Nutzungsdaten und einer höheren Kundenbindung profitiert. UbiComp ermöglicht aber auch Pay-per-damage-Modelle, d. h. die verursachergerechte Verteilung von Schäden, die an einem smarten Produkt irgendwo in der Supply-Chain entstanden sind. Und UbiComp könnte letztlich auch zur verursachergerechten Verteilung eines produktgebundenen Ertrages auf die an der Wertschöpfung beteiligten Partner beitragen (Earn-by-contribution).
- Auch die *Risikobewertung* erhält neue Aspekte, wenn die Bewertungsgegenstände selbständig Informationen sammeln und verarbeiten. So hat etwa ein US-amerikanisches Versicherungsunternehmen sehr erfolgreich begonnen, die Prämien abhängig von tatsächlich gefahrenen Kilometern und Straßen – die Daten werden vom GPS im versicherten Fahrzeug erhoben – in Rechnung zu stellen (Pay-per-risk).
- Im Gegensatz zur Verrechnung verwendet die Basisaufgabe *Verkaufunterstützung* Identifikations-, Orts- und Sensorikdaten zum situationsspezifischen Marketing. Nutzer von solchen Systemen erhalten auf sie und die aktuelle Situation maßgeschneiderte verkaufunterstützende Informationen [RFID03].



- Die Basisaufgabe *Steuerung* nutzt die Daten über Zustand und Umgebung zur dezentralen Steuerung von beispielsweise Produktionsprozessen [Esor98]. Smarte Halbfertigprodukte führen die Daten zu den noch fehlenden und bereits durchgeführten Produktionsschritten mit und helfen, Verspätungen bzw. Fehlbearbeitungen zu verhindern bzw. schnellstmöglich zu erkennen. Die Basisaufgabe Steuerung schließt den digitalen Regelkreis über die Kommunikation zwischen den smarten Halbfertigprodukten und dem übergeordneten Steuerungssystem, etwa einem Produktionsplanungs- und Steuerungssystem.
- Die Basisaufgabe *Aktuatorik* unterscheidet sich von der Steuerung nur durch die Art der Umsetzung von Entscheidungen. Mit Hilfe der *Aktuatorik* beeinflusst ein smartes Ding, beispielsweise ein mit Robotik angereicherter Kleinstsauger, seine reale Umwelt direkt ohne Zuhilfenahme eines übergeordneten Informationssystems.

Tabelle 2 zeigt die identifizierten Basisaufgaben im Zusammenhang mit den Daten, die zu deren Erfüllung benötigt werden. Die Sammlung und Verarbeitung dieser Daten ist die Aufgabe der UbiComp-Systeme. Die Basisaufgaben lassen sich in drei Klassen einteilen: Für die erste Aufgabenklasse (Automatische Identifikation, Lokation und Sensorik) müssen UbiComp-Systeme lediglich Daten sammeln und an übergeordnete Systeme weiterleiten, welche diese Daten periodisch bzw. im Bedarfsfall auswerten. In der zweiten Klasse (Qualitätssicherung, Verrechnung, Verkaufsunterstützung, Steuerung) erfolgt die Auswertung unter Anwendung der Regeldaten laufend. Die UbiComp-Systeme verarbeiten hier betriebswirtschaftliche Logik. Die Aktuatorik bildet eine eigene Klasse. Sie unterscheidet sich von den anderen Klassen durch eine direkte Umsetzung der Entscheidungen in die reale Welt, beispielsweise mittels Minirobotik.



Tabelle 2: Basisaufgaben und deren Daten

Basisaufgaben	Stamm- und Regeldaten
Klasse 1: Datensammlung	
Automatische Identifikation	Objekt-ID
Lokation / Track & Trace	Objekt-ID, Ort
Sensorik / Marktforschung	Objekt-ID, Ort, Sensorikdaten
Klasse 2: Laufende dezentrale Auswertung	
Qualitätssicherung	Objekt-ID, Ort, Sensorikdaten, Notifikationsregeln
Verrechnung	Objekt-ID, Ort, Sensorikdaten, Verrechnungsregeln
Risikobewertung	Objekt-ID, Ort, Sensorikdaten, Bewertungsregeln
Verkaufsunterstützung	Objekt-ID, Ort, Sensorikdaten, Info-Push-Regeln
Steuerung	Objekt-ID, Ort, Sensorikdaten, Steuerungsregeln
Klasse 3: Direkte Umsetzung von Entscheidungen	
Aktuatorik	Objekt-ID, Ort, Sensorikdaten, Aktuator-Regeln

Diese Basisaufgaben führen vor allem in den Prozessen Supply-Chain-Management (SCM), Produktlebenszyklusmanagement und Customer-Relationship-Management (CRM) zu Qualitäts- und Effizienzsteigerungen (vgl. Tabelle 3). Im Bereich SCM trägt die Transparenz über die Gegenstände in einer Wertschöpfungskette maßgeblich zur Minimierung von Durchlaufzeit, Bestand, Diebstahl, Fälschungen und Schäden, z. B. durch Überhitzung oder Verstreichen eines Ablaufdatums, und zur Erhöhung der Produktverfügbarkeit bei [Busi02; IDTe02]. Im Produktlebenszyklusmanagement sorgt die Verknüpfung jedes smarten Produktes mit seiner Homepage für verbesserte Teilprozesse in den Bereichen Quellennachweis, Dekomposition, Rückholaktionen, Wiederverwendung, Wartung, Reparatur, Abnutzungsbilanzierung etc. Im Bereich CRM gewinnen u. a. Bezahlmodelle, Marktforschung, Kundenanalysen, Cross-Selling-Aktivitäten eine neue Qualität.

Tabelle 3: Auswirkungen des UbiComp auf Geschäftsprozesse

Prozess	Supply-Chain-Management	Produktlebenszyklusmanagement	Customer-Relationship-Management
Fokus	Effizienz der Wertschöpfungskette	Transparenz über gesamten Lebenszyklus	Effektive Kundenbetreuung
Teilprozesse, Teilprozessziele	Bestandsminimierung Durchlaufzeitverkürzung Flexibilisierung Transportrückverfolgung Risikominimierung Schadensminimierung Diebstahlvermeidung Fälschungsvermeidung	Produktrückverfolgung Dekomposition Rückholaktionen Wiederverwendung Wartung Reparatur Abnutzungsbilanzierung	Konsumentenverhalten Bezahlmodelle Verkaufsförderung und ubiquitärer Point-of-Sales Cross-Selling Überwachung Marktforschung

Auswirkungen auf Produkt-, Prozess- und Serviceentwurf

Im Mittelpunkt der Basisaufgaben steht die funktionelle Kommunikationsfähigkeit von smarten Dingen. Die Nutzung dieser Kommunikationsfähigkeit ist Aufgabe des Entwurfs von UbiComp-basierten Produkten, Prozessen und Dienstleistungen.

Funktionelle Kommunikation auf Basis von UbiComp-Technologien

Jedes Produkt kommuniziert mit seinem Anwender auf der Beziehungs- und Inhaltsebene [WaBJ67]. Ein Nutzen der Kommunikation auf der Beziehungsebene kann etwa der Effekt sein, den eine italienische Espressomaschine auf den Anwender hat, der ihre Formen jener einer deutschen Kaffeemaschine vorzieht. Die Maximierung des ästhetischen Nutzens ist ein klassisches Ziel des industriellen Designs. 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 Nutzen zu maximieren. Kommunikationsdesign und Funktionsdesign sind dementsprechend untrennbar. 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 – neben Kaffeemaschinen – Videorekorder, Mobiltelefone oder Autos auf Kommunikationshilfen angewiesen. Dieser Zusammenhang zwischen Funktionsvielfalt und Kommunikationsbedürfnis ermutigt zum Umkehrschluss: UbiComp



erhöht die Kommunikationsfähigkeit und mit ihr auch den wahrnehmbaren Nutzen aus zusätzlicher Funktionalität.

Damit stellt sich folgende Gestaltungsfrage: Welches sind die neuen, durch UbiComp ermöglichten Nutzen stiftenden Zusatzfunktionen? Wie können Hersteller von Dingen solche Funktionen identifizieren?

Ein Ansatz zur Beantwortung dieser Frage ist die provokante These: „Gute Produkte wollen kommunizieren.“ Genauer müsste sie lauten: Produzenten 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 dem Kunden, aber auch dem Produzenten selber, durch Kommunikation Nutzen zu stiften (siehe Bild 3).

Um die neuen Funktionen abzuleiten, sehen Produzenten ihre Produkte als Schnittstelle zu ihren Kunden und stellen folgende zwei Fragen: Welche Zusatzfunktionen können sie dem Kunden zur Verfügung stellen? Welche Zusatzfunktionen vermitteln 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“ Koffer, meldet es sich selbständig. Auch beim Verlassen eines vordefinierten Raumes sendet das smarte Werkzeug eine Meldung an die betroffenen Parteien und trägt so beispielsweise zur Diebstahlsicherung bei.

Im Bereich „Business-to-Business“ wenden Unternehmen UbiComp-Technologien heute i. d. R. bei Produktionsmitteln an, z. B. Maschinen, Werkzeuge, Transportbehälter und Regalsysteme. 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 seinen 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 z. B. 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 selbst“, wie gut sein Nutzer das Lager organisiert und betreibt. Der Zusatznutzen wird in Form einer eingebauten Analysefähigkeit, bei der durch Sensoren- und Kennzeichnungstechnologien kritische Prozesszustände erfasst und entsprechend am Objekt selbst angezeigt werden können, realisiert. So teilt ein Transportbehälter zukünftig selbst mit, dass er schon zu lange nicht bewegt wurde oder seine Ladung überhitzt ist. Weitere Services im Bereich der Prozessbenchmarks werden direkt im Zusammenhang mit diesen smarten „Produktionsmitteln“ erbracht. Mit UbiComp-Technologien versehene Transportmittel bieten zukünftig die Möglichkeit, Auslastungsprofile im Vergleich zu anderen Nutzern zu erstellen und auf Prozesseffizienzen hinzuweisen. Die Aufgabe des „Prozessoptimierers“ und des Produktionsmittelherstellers fließen mit dem Einsatz „smarter Produktionsmittel“ zunehmend zusammen.

Neben der Analyse ist insbesondere die Überwachung des Produktions- oder Transportprozesses für das Qualitäts- und Risikomanagement sowie für das Controlling von Bedeutung. Zudem können Sachschäden durch die lückenlose Erfassung des Einsatzes der Produktionsmittel, z. B. Messung der Transporterschütterungen und Temperaturüberwachung des Transportes, minimiert und bei Eintreten verursachungsgerecht zugeordnet werden. Smarte Produktionsmittel inkludieren Elemente der Begutachtung und ermöglichen z. B. eine differenziertere Aufteilung von Versicherungsprämien für Sachschäden auf verschiedene Kunden.

Dies alles verdeutlicht, dass das smarte Objekt „Produktionsmittel“ 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 [Wald02].

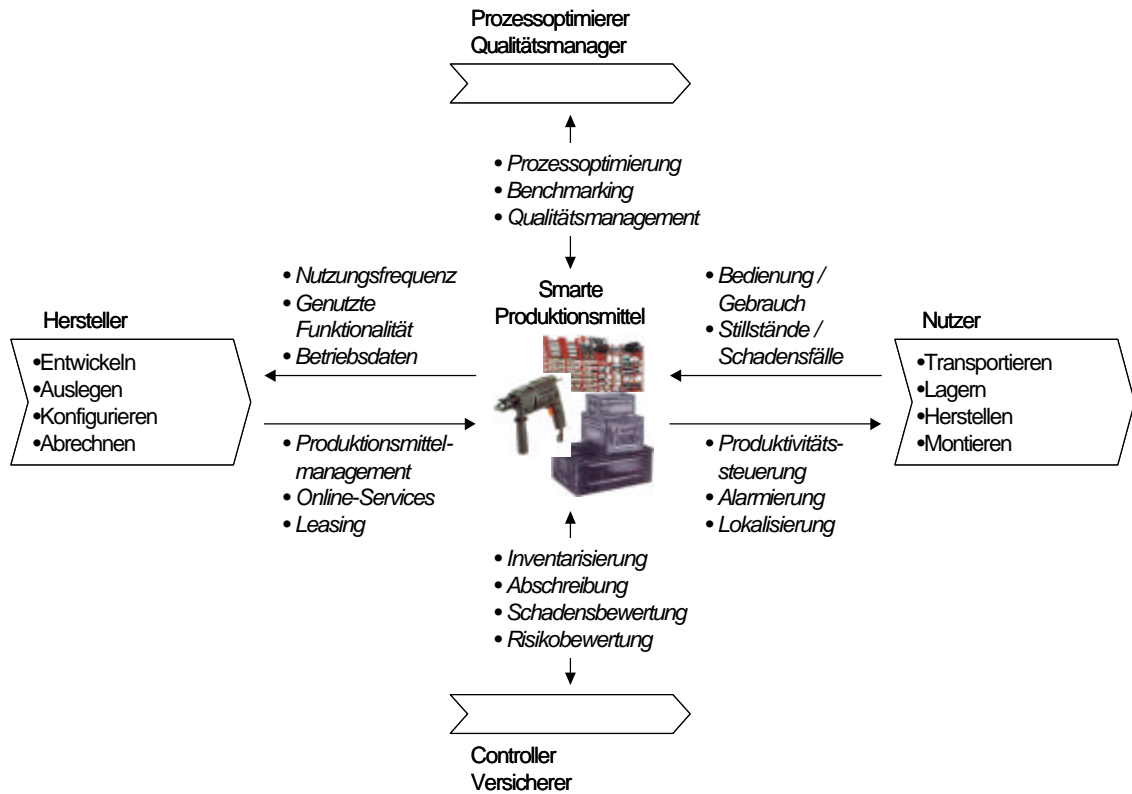


Bild 3: Das smarte Ding im Netzwerk

Verschmelzung von Produkt-, Prozess- und Serviceentwurf

Die Investition in „Smartness“ von Dingen muss sich in einer Änderung im Prozess niederschlagen, denn Kundennutzen entsteht nur durch Prozessverbesserungen. Eine verzahnte Betrachtung von Produkt- und Serviceentwicklung mit dem Prozessentwurf ist daher notwendig [Fa-Ge02]. Beispielsweise unterstützen smarte Möbel den Prozess der Montage bzw. des Zusammenbaus. Der Nutzer braucht hier keine Bauanleitung mehr, um ein in Einzelteile zerlegtes Möbelstück zu montieren. Durch die Integration von UbiComp in die Einzelteile in Form einfacher Mikrochips achten diese beim Zusammenbau darauf, dass nur die Teile verbunden werden, die zusammengehören. Bei Fehlern gibt es eine Warnmeldung [AnMS02].



Ausgangspunkt einer integrierten Produkt- und Prozessentwicklung muss immer der Kundennutzen sein. Er entsteht oftmals durch eine Vereinfachung des Prozesses, den ein Kunde durchläuft, um ein Problem zu lösen, beispielsweise ein Möbelstück zusammenzubauen oder Einzelhändler mit frischen Waren zu versorgen.

Smarte Dinge rationalisieren einen Kundenprozess dann, wenn sie entweder die Koordination von einzelnen Aufgaben aus dem Prozess unterstützen („Pick-to-Light“-Anwendung: ein Produkt zeichnet sich durch Lichtsignal aus) oder die Erfüllung ganzer Aufgaben vollständig übernehmen (Einbuchung eines Wareneingangs, Diebstahlüberwachung, Überprüfung des richtigen Zusammenbaus, etc.). Sie nutzen das Wissen über die lokale Umgebung und entscheiden dezentral mittels der vom Produzenten vorgegebenen oder vom Kunden ausgewählten Routinen.

Das geschäftliche Ziel der Vereinfachung des Kundenprozesses gilt im Bereich Spiele allerdings nur limitiert. Wie am Beispiel Tamagotchi erfahrbar, kann ein smartes Ei auch dann Nutzen stiften, wenn es das Leben seines Besitzers mit sozialem Empfinden bereichert, etwas nüchtern betrachtet jedoch erschwert.

Noch unbeantwortet scheint die Frage, ob smarte Dinge durch ihr größeres Kommunikationsvermögen gegenüber „dummen“ Dingen auch im geschäftlichen Bereich eine höhere emotionale Bindung auslösen. Der Lagermitarbeiter, dessen Suche nach Kiste A738 durch ein Blinken derselben drastisch abgekürzt wird, freut sich über die smarte, autonome und kooperative Kiste und reagiert u. U. ähnlich emotional wie ein Konsument, z. B. ein Kind, das bei Betreten des Raumes von seiner Puppe angesprochen wird.

Wenn smarte Produkte ganze Aufgaben, z. B. Qualitätssicherungsaufgaben wie Temperaturüberwachung, übernehmen, lagert der Kunde eben diese Aufgaben an die Produkte und gegebenenfalls an den Hersteller der Produkte aus. Solche auslagerbare Aufgaben sind Kandidaten für Dienstleistungen, die der Produzent von smarten Dingen zusätzlich anbieten kann. An smarte Dinge geknüpfte Services reduzieren Komplexität beim Kunden und vereinfachen den Kundenprozess. Auf Seiten des Produzenten können sie zu laufenden Einnahmen führen, und erhöhen die Kundenbindung sowie die Chancen auf die Identifikation weiterer Geschäftspotenziale. Beispiele für solche Services sind etwa in den Bereichen Abrechnung, Nutzungsüberwachung, Diebstahl und Leasing zu finden.

Es ist gut vorstellbar, dass immer mehr solche Zusatzdienstleistungen zum vom Markt als Standard geforderten Bestandteil etablierter smarter Produkte werden [Utte94]. Erste Anzeichen dazu liefern etwa die Automobilhersteller, die zunehmend Navigations- und Diebstahlschutzservices einbauen [Kaer02].



Zusammenfassung und Ausblick

UbiComp ergänzt die reale Welt um informationsverarbeitende Einheiten und bietet damit die Möglichkeit, die kostenintensiven Dinge-Mensch-Maschine-Beziehungen durch kostengünstige Maschine-Maschine-Relationen zu ersetzen. Diese Veränderung erlaubt die relativ einfache Automatisierung einiger bisher nur schwer automatisierbarer betriebswirtschaftlicher Aufgaben. Zu diesen zählen Identifikation, Lokation, Qualitätskontrolle, Marktforschung und verursachergerechte Verrechnung. Die Realisation der skizzierten Nutzenpotenziale hängt jedoch von der vorgängigen Lösung zahlreicher in diesem Aufsatz ausgeklammerter Problemstellungen ab [DaGe02]. Eben diese offenen Fragen zeigen mögliche zukünftige Pfade der technischen und betriebswirtschaftlichen Forschung in Bereich des UbiComp auf. Zu den mehr technischen Forschungsfragen zählen u. a. die skalierbare Architektur einer globalen UbiComp-Infrastruktur [LyYo02; BaBe02; Pier01], die Integration von UbiComp-Systemen in existierende Systemlandschaften, die Bereicherung der Auto-ID- und Lokalisationsfunktion um Sensorik zu Sensornetzwerken [KhKP00] bzw. um Aktuatoren, eine Beschreibungssprache für UbiComp-spezifische Daten, das Management von UbiComp-Daten, Sicherheitsaspekte [StAn02] sowie weitere Methoden zur Verbilligung von Minicomputer und Lesegeräten. Zu den noch ungelösten betriebswirtschaftlichen Fragestellungen zählen die Aspekte Privatheit, Wirtschaftlichkeit von UbiComp-Anwendungen, Technologieadoptionen für eine UbiComp-Infrastruktur, Industrielle Dienstleistungen auf Basis von UbiComp und Verrechnungsmodelle.

Literatur

- [AbEG02] *Abowd, G. D.; Ebling, M. R.; Gellersen, H.-W.*: Context-Aware Pervasive Computing. In: IEEE Wireless Communications 9 (2002) 5, S. 8-9.
- [AbMy00] *Abowd, G. D.; Mynatt, E. D.*: Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. In: ACM Transactions on Computer Human Interaction 47 (2000) 1, S. 29-58.
- [Acce02] *Accenture* (Hrsg.): Seize the day: The Silent Commerce Imperative. www.accenture.com/xdoc/en/ideas/isc/pdf/SeizeTheDay.PDF, 2002, Abruf am 2003-04-22.
- [AnMS02] *Antifakos, S.; Michahelles, F.; Schiele, B.*: Proactive Instructions for Furniture Assembly. In: The Fourth International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp 2002, Göteborg, Sweden, Sept.02.
- [Auto03] *Auto-ID Center*: <http://www.autoidcenter.org>, Abruf am 2003-04-22.
- [BaBe02] *Banavar, G.; Bernstein, A.*: Software infrastructure and design challenges for ubiquitous computing applications. In: Communications of the ACM 45 (2002) 12, S. 92-96.
- [Bend98] *Bender, K.*: Ubiquitous Computing - the inversion of virtuality. In: Wissenschaftliche Zeitschrift – TU Dresden 47 (1998) 4, S. 44-47.
- [BCLM03] *Bohn, J.; Coroama, V.; Langheinrich, M.; Mattern, F.; Rohs, M.*: Allgegenwart und Verschwinden des Computers: Leben in einer Welt smarterer Alltagsdinge. Arbeitsbericht ETH Zürich, <http://www.inf.ethz.ch/vs/publ/papers/allvercom.pdf>, 2003, Abruf am 2003-04-10.
- [Bude01] *Buderi, R.*: Computing goes Everywhere. In: Technology Review 104 (2001) 1, S. 52-61.
- [Busi00] *Business Week*: Special report: Wireless in Cyberspace. In: Business Week (2000), 2000-05-26, S. 136.



- [Busi02] *Business Wire*: Shoplifters and Dishonest Employees Continue to Steal Profits From United States Retailers, Says Jack L. Hayes International. In: *Business Wire* (2002), 2002-06-27.
<http://www.businesswire.com/webbox/bw.062702/221782286.htm>, Abruf am 2003-04-22.
- [DaGe02] *Davies, N.; Gellersen, H.-W.*: Beyond Prototypes: Challenges in Deploying Ubiquitous Systems. In: *IEEE Pervasive Computing* 1 (2002) 1, S. 26-35.
- [Esco98] *Escort Memory Systems*: Ford's "Quality is Job 1" = Radio Frequency Identification (RFID) from Escort Memory Systems. <http://www.ems-rfid.com/apps/fordcase.html>, 2002, Abruf am 2003-04-22.
- [FaGe02] *Fano, A.; Gershman, A.*: The Future of Business Services in the Age of Ubiquitous Computing. In: *Communications of the ACM* 45 (2002) 12, S. 83-87.
- [Ferg03] *Ferguson, G.T.*: Have Your Objects Call My Objects. In: *Harvard Business Review* 80 (2003) 6, S. 138-143.
- [FIÖs03] *Fleisch, E.; Österle, H.*: Auf dem Weg zum Echtzeitunternehmen. Erscheint in: *Alt, R.; Österle, H.* (Hrsg): *Real-time Business*. Springer, Berlin 2003.
- [Forr02] *Forrester Research*: RFID: The Smart Product (R)evolution. Cambridge, August 2002.
- [Gain03] *Gain, B.*: Connecting the dots. Web-enabled IC networks are demanding closer collaboration between manufacturers and their suppliers. In: *EBN Online*, 2003-03-10, S. 29-33.
- [GeSB00] *Gellersen, H.-W.; Schmidt, A.; Beigl, M.*: Adding Some Smartness to Devices and Everyday Things. In: *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications* 2000, 7th. – 8th. December, Monterrey, USA. <http://ubicomp.teco.edu/index2.html>, Abruf am 2003-04-22.
- [HaSc99] *Harry, M.; Schroeder, R.*: Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations. Harry 1999.
- [IDTe02] *IDTechEx*: Authentication and Counterfeiting Protection Conference Review. In: *Smart Labels Analyst* 2 (2002) 2, S. 1-3.
- [JeRo02] *Jessup, L. M.; Robey, D.*: The relevance of social issues in ubiquitous computing environments. In: *Communications of the ACM* 45 (2002) 12, S. 88-81.
- [Kaer02] *Kaerner, H.*: Profitabler dank Telematik: Wenn Service neu gestaltet wird. <http://www.accenture.de/4publika/4fachart/index.jsp>, 2002-10, Abruf am 2003-04-22.
- [KäHo02] *Kärkkäinen, M.; Holström, J.*: Wireless product identification: enabler for handling efficiency, customisation and information sharing. In: *Supply Chain Management* 7 (2002) 4, S. 242-252.
- [Kaih01] *Kaihla, P.*: The ghosts in the machines. In: *Canadian Business* 74 (2001) 17, S. 24-30.
- [KMGW00] *Kaye, J.; Matsakis, N.; Gray, M.; Wheeler, A.; Hawley, M.*: PC Dinners, Mr. Java and Counter Intelligence: Prototyping Smart Appliances for the Kitchen. MIT Media Laboratory, Cambridge, USA 2000.
- [KhKP00] *Khan, J. M.; Katz, R. H.; Pister, K. S. J.*: Emerging Challenges: Mobile Networking for „Smart Dust“. In: *Journal of Communications and Networks* 2 (2000) 3, S. 188-196.
- [Kind01] *Kindberg, T. et al.*: People, Places, Things: Web Presence for the Real World. www.cooltown.com/dev/wpapers/webpres/WebPresence.asp, 2001, Abruf am 2003-04-22.
- [Lang01] *Langheinrich, M.*: Privacy by Design - Principles of Privacy-Aware Ubiquitous Systems. In: *Proceedings of Ubicomp 2001*, September 30 - October 2, 2001, Atlanta, USA.
- [LyYo02] *Lyytinen, K.; Yoo Y.*: Issues and Challenges in Ubiquitous Computing. In: *Communications of the ACM* 45 (2002) 12, S. 83-87.
- [MaCr94] *Malone, T.; Crowston, K.*: The Interdisciplinary Study of Coordination. In: *ACM Computing Surveys* 26 (1994) 1, S. 87-119.
- [Matt03] *Mattern, F. (Hrsg.)*: *Total vernetzt*, Springer, Berlin etc. 2003.



- [Midk03] *Midkiff, S. F.*: The First Summer School on Ubiquitous and Pervasive Computing. in IEEE Pervasive Computing 2 (2003) 1, S. 84-88.
- [NeSL00] *Negus, K. J.; Stephans, A. P.; Lansford, J.*: HomeRF: wireless networking for the connected home. In: IEEE Personal Communications 7 (2000) 1, S. 20-27.
- [Norm98] *Norman, D. A.*: The Invisible Computer. MIT Press, Cambridge, USA 1998.
- [Papa99] *Papazoglou, M. P.*: The Role of Agent Technology in Business Electronic Commerce. In: Lecture Notes in Computer Science (1999) 1652, S. 245-264.
- [Pier01] *Pierre, S.*: Mobile computing and ubiquitous networking: concepts, technologies and challenges. In: Telematics and Informatics 18 (2001) 2-3, S. 109-131.
- [RFID03] *RFID Journal*. Diverse Fallstudien. <http://www.rfidjournal.com/article/archive/4/>, Abruf am 2003-04-22.
- [Saty01] *Satyanarayanan, M.*: (2001) Pervasive computing: vision and challenges. In: IEEE Personal Communications 8 (2001) 4, S. 10-17.
- [Shar01] *Sharp, K.R.*: Technology Edge RFID Goes Mainstream. In: ID Systems 21 (2001) 1, S. 58-59.
- [StAn02] *Stajano, F.; Anderson, R.*: The Resurrecting Duckling: Security Issues for Ubiquitous Computing. In: Computer 35 (2002) 4, Supp., S. 22-26.
- [Utte94] *Utterback, J.*: Mastering the Dynamics of Innovation, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts 1994.
- [Wald02] *Waldo, J.*: Virtual Organizations, Pervasive Computing, and an Infrastructure for Networking at the Edge. In: Information Systems Frontiers 4 (2002) 1, S. 9-18.
- [WaBJ67] *Watzlawick, P.; Beavin, J. H.; Jackson, D. D.*: Menschliche Kommunikation. Formen, Störungen, Paradoxien. Hans Huber, Bern 1967.
- [Weis91] *Weiser, M.*: The computer for the 21st century. In: Scientific American 256 (1991) 3, S. 94-104.
- [Wolf01] *Wolff, J. A.*: RFID tags – an intelligent bar code replacement.
<ftp://service.boulder.ibm.com/software/pervasive/info/tech/gsoee200.pdf>, 2001, Abruf am 2003-04-22.