

## **Pervasive Computing / Ubiquitous Computing**

Unter den beiden oft äquivalent gebrauchten Begriffen „Pervasive Computing“ und „Ubiquitous Computing“ wird die Allgegenwärtigkeit von Informationsverarbeitung und damit einhergehend der jederzeitige Zugriff auf Daten von beliebiger Stelle aus verstanden. Internetfähige Handys und Spielkonsolen sowie PDAs, die drahtlos mit anderen Geräten ihrer Umgebung kommunizieren, sind erste Vorboten des kommenden „Post-PC-Zeitalters“, welches u.a. dadurch charakterisiert ist, dass aus Anwendersicht das Internet mit Mobilkommunikationssystemen wie z.B. UMTS zusammenwächst („mobile Internet“) und dass sich Anwendungen vom PC oder Server emanzipieren und in kleine eigenständige, spezialisierte „information appliances“ [2,4] abwandern.

Ermöglicht wird dies durch den weiter anhaltenden Fortschritt der Informationstechnik – das Mooresche Gesetz mit seiner postulierten anderthalbjährlichen Verdoppelung der Leistungsfähigkeit von Prozessoren und Speicherbausteinen (bzw. der entsprechenden Verkleinerung und Verbilligung bei konstanter Leistungsfähigkeit) dürfte noch eine ganze Reihe von Jahren seine Gültigkeit behalten. Aber auch neue Entwicklungen der Materialwissenschaft (z.B. kleinste Sensoren, „leuchtendes Plastik“, „elektronische Tinte“) und Fortschritte der Kommunikationstechnik, insbesondere im drahtlosen Bereich, tragen in technischer Hinsicht dazu bei, dass es bald kleinste und spontan miteinander kommunizierende Rechner im Überfluss geben wird, die kaum mehr als solche wahrgenommen werden dürften, da sie in Gebrauchsgegenstände eingebettet werden und so mit der alltäglichen Umgebung verschmelzen.

Bei den zukünftigen informationstechnisch aufgerüsteten Alltagsgegenständen, so genannten „smart devices“, wird es sich anfangs zwar eher um höherpreisliche Haushaltsgeräte, Werkzeuge, Spielzeuge oder Autos handeln, die einen offensichtlichen Mehrwert durch sensorgestützte Informationsverarbeitung und Kommunikationsfähigkeit erhalten, letztendlich geht es aber auch um so alltägliche Dinge wie Schreibstifte (die alles digitalisieren, was mit ihnen geschrieben wird), Kleidungsstücke (welche sich an besuchte Orte oder belauschte Gespräche erinnern mögen) oder Regenschirme, die einen Internet-Wetterdienst abonniert haben und ggf. die Haustür veranlassen, eine freundliche Erinnerung anzuzeigen.

Letzteres mag etwas absurd erscheinen oder nach Science-Fiction klingen – tatsächlich ist es aber nicht ganz einfach, sich auszumalen, was in einer Welt aus informatisierten und miteinander vernetzten Alltagsdingen unter Berücksichtigung ökonomischer und gesellschaftlicher Bedingungen möglich und akzeptabel ist, und welche neuen Anwendungen und Dienste sowie Geschäftsfelder sich herausbilden könnten, wenn etwa Dinge sich genau lokalisieren können oder aus der Ferne identifizierbar sind, oder Gegenstände ein (in das Internet ausgelagertes) episodisches Gedächtnis besitzen, wo ihr sensorischer Input für andere abfragbar ist. Prinzipiell scheint dies jedenfalls bald machbar, genauso wie vielleicht das elektronisch beschreibbare „smart paper“, welches manchen Computern dann ein radikal anderes Aussehen, etwa als zusammenfaltbare Straßenkarte, verleihen könnte.

In seinen Konsequenzen zu Ende gedacht, dürfte eine Welt aus „smarten“ Dingen jedenfalls zu einer deutlich geänderten Wahrnehmung unserer Umgebung führen und größere gesellschaftliche und ökonomische Auswirkungen haben und damit letztendlich sogar von politischer Relevanz sein. Mit Sicherheit ist dabei die Privatsphäre im Sinne von Datenschutz und „Privacy“ betroffen; die weitergehenden Folgen in kultureller und wirtschaftlicher Hinsicht erscheinen derzeit allerdings noch relativ unklar.

Die hier angedeutete langfristige Vision wurde von dem 1999 früh verstorbenen Mark Weiser, seinerzeit leitender Wissenschaftler am Forschungszentrum von XEROX in Palo Alto, propagiert, der dafür bereits vor mehr als zehn Jahren den Begriff „Ubiquitous Computing“ prägte [5]. Weiser sieht Technik als reines Mittel zum Zweck an, die in den

Hintergrund treten sollte, um eine Konzentration auf die Sache an sich zu ermöglichen – der PC als Universalwerkzeug sei dafür der falsche Ansatz, da dieser aufgrund seiner Komplexität die Aufmerksamkeit zu sehr in Anspruch nehme. Er schreibt u.a.: *„As technology becomes more imbedded and invisible, it calms our lives by removing the annoyances... The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.“* Ob das scheinbar Paradoxe gelingt, nämlich trotz zunehmender Menge und Allgegenwart von Information diese dann – etwa mittels intuitiver Schnittstellen und impliziter Informationsverarbeitung – auch einfacher zu nutzen, bleibt abzuwarten. Die von Weiser avisierte „verschwindende Technologie“ hat jedenfalls der neuen „Disappearing Computer“-Forschungsinitiative der EU [6] nicht nur den Namen verliehen, sondern auch ganz wesentlich deren Forschungsprogramm und Ziele beeinflusst.

Während allerdings Weiser den Begriff „Ubiquitous Computing“ eher in akademisch-idealistischer Weise als eine unaufdringliche, humanzentrierte Technikvision verstand, die sich erst in der weiteren Zukunft realisieren lässt, hat die Industrie dafür später den Begriff „Pervasive Computing“ mit einer leicht unterschiedlichen Akzentuierung geprägt: Auch hier geht es um die überall eindringende und allgegenwärtige Informationsverarbeitung, jedoch mit dem primären Ziel, diese eher kurzfristig im Rahmen von electronic commerce-Szenarien und Web-basierten Geschäftsprozessen nutzbar zu machen.

In gewisser Hinsicht findet Pervasive Computing zumindest in rudimentärer Weise derzeit bereits statt, da z.B. schon jetzt WAP-Handys oder andere drahtlos kommunizierende PDAs und information appliances über fernladbaren Programmcode mit lokaler „Intelligenz“ ausgestattet werden können und so situationsangepasst einen Informationszugang „immer und überall“ ermöglichen. Entsprechend wird unter dem Begriff „Pervasive Computing“ vielfach eine Ansammlung von modernen IT-Techniken zur Realisierung größerer, oft Internet-bezogener Anwendungssysteme subsumiert, bei denen mobile und heterogene Front-end-Geräte eingesetzt werden. Dazu gehören Kommunikationskonzepte und -protokolle (z.B. WAP, Bluetooth, HTTP), Techniken zur Datenrepräsentation (z.B. XML) und Betriebssoftware für Chipkarten und PDAs genauso wie allgemeinere Softwarekonzepte, Middleware und Methoden der Kryptographie [1].

Für die praktische und angewandte Forschung und Entwicklung in der Informatik ergeben sich vielfältige Betätigungsmöglichkeiten – sowohl in den Einzeldisziplinen als auch im komplexen Zusammenspiel der verschiedenen Aspekte [3]. Dies wird schon deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass es zumindest in der ultimativen Vision gewissermaßen um die Verlängerung des Internet bis in beliebige Alltagsgegenstände hinein geht. Gegenüber der heutigen Netztechnik stellen sich hier nicht nur die bekannten Probleme (Protokolle, Routing, Quality of Service etc.) in einer wesentlich größeren Dimension, sondern der höhere Grad an Mobilität, Dynamik und Heterogenität führt auch zu ganz neuen Aspekten. Systemarchitekturen müssen z.B. berücksichtigen, dass bei portablen und eingebetteten Systemen mit elektrischer Energie äußerst sparsam umgegangen werden muss, dass nicht immer und überall eine direkte Kommunikationsmöglichkeit besteht, dass schon aus Kosten- und Platzgründen die Systemressourcen oft sehr begrenzt sind, und dass man zum Management der „Geräte“ keinen Systemverwalter einstellen kann – spontane Vernetzung, plug & play, automatische Synchronisation der Daten zwischen verschiedenen information appliances sowie hochgradige Interoperabilität und fehlertolerantes Verhalten sind unverzichtbar!

Wichtige Aspekte ergeben sich aber auch bei grundlegenden Fragen, die breiter erforscht werden müssen (und Stoff für manche Dissertation ergeben dürften), wenn die Vision des Ubiquitous Computing Realität werden sollte: Wie lässt sich z.B. das Datenschutzproblem angehen, wenn sehr viele Sensoren und „smart devices“ personenbezogene Daten erzeugen und diese kommunizieren – und zwar ohne dass jeder zum Sicherheitsexperten werden muss?

Oder: Wie lassen sich die Unmengen von generierten Daten strukturieren, damit Anwendungen, die man in einer offenen Welt nicht alle kennen kann, sie geeignet nutzen können? Oder: Wie finden Geräte und Services automatisch zueinander und welche Ontologie liegt ihrem Verhandlungsprotokoll zugrunde? Oder: Wie interagiert man eigentlich mit unsichtbaren Computern? Offensichtlich sind hierfür neue Interaktionstechniken, z.B. bessere Sprachein- und -ausgabe oder sogar weitgehend implizite Schnittstellen, nötig!

Besonders spannend erscheinen die Möglichkeiten (und aus Forschungssicht auch die damit verbundenen Probleme!), die sich durch Anwendung und Kombination neuer Techniken ergeben. Beispielhaft seien hier zum Schluss noch einige Gebiete aufgeführt, die etwas weiter in die Zukunft weisen. Dazu gehört das „wearable computing“, das vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bietet, aber beispielsweise im Bereich der automatischen Erkennung von Gesichtern oder Situationen grundlegende Forschungsfragen aufwirft. Ein anderes Beispiel sind Techniken zur Positionsbestimmung (etwa mittels satellitengestützter Systeme wie GPS oder Funkpeilverfahren bei Handys), die zusammen mit weiteren Sensorinformationen ein orts- und kontextbezogenes Verhalten von „smart objects“ ermöglichen – auch hier gibt es noch viel zu erforschen. Schließlich seien noch die Möglichkeiten erwähnt, die sich durch fernabfragbare elektronische Marker (z.B. so genannte passive „radio tags“) an Alltagsgegenständen ergeben – damit lassen sich Artefakte der realen Welt eindeutig erkennen und so in Echtzeit mit einem zugehörigen Datensatz oder aktiven Schattenobjekt der virtuellen Welt verknüpfen, wodurch letztendlich beliebige Dinge mit spezifischen Informationsverarbeitungsfähigkeiten ausgestattet werden können.

Pervasive und Ubiquitous Computing scheinen durch die breite Nutzung von Computern in Form von Sekundärartefakten und die damit einhergehende engere Kopplung von Informationswelt und physischer Welt einen Paradigmenwechsel in den Informatik einzuleiten: Zum einen folgt auf das PC-Zeitalter nunmehr die Ära des überall vorhandenen aber unsichtbaren Rechners, zum anderen verliert durch die Spezialisierung in Form von „smart devices“ die Metapher des Computers als Universalwerkzeug an Überzeugungskraft, wenn auch nicht an grundsätzlicher Bedeutung. Wenn alles von miteinander vernetzten Prozessoren durchdrungen ist, werden aber Informatikkonzepte umso wichtiger – „computing without computers“ lautet hier die gelegentlich zu hörende und etwas spöttisch formulierte Devise. Gemeint ist dabei der Computer als ein durch seine physische Gestalt identifizierbares „Rechengerät“ – in dieser Form dürfte man ihn irgendwann wohl tatsächlich nur noch im Museum bewundern können.

## Literatur

- [1] U. Hansmann, L. Merk, M. Nicklous, T. Stober: Pervasive Computing Handbook, Springer-Verlag, 2001
- [2] D.A. Norman: The Invisible Computer, MIT Press, 1998
- [3] P. Thomas, H.W. Gellersen (Eds.): Proc. 2nd Int. Symp. Handheld and Ubiquitous Computing, Springer-Verlag, 2000
- [4] R. Want, G. Borriello: Special Issue on Information Appliances, IEEE Computer Graphics and Applications, May / June 2000
- [5] M. Weiser: The Computer for the 21st Century, Scientific American, September 1991, pp. 66-75
- [6] Disappearing Computer: [www.i3net.org/ser\\_pub/services/dc/](http://www.i3net.org/ser_pub/services/dc/)

Friedemann Mattern  
ETH Zürich  
mattern@inf.ethz.ch