

Mensch-Computer-Interaktion: Fortschritte und Perspektiven

Matthias Jarke

Funktionalität und Benutzbarkeit – ein Spannungsfeld

Verbreitung und Leistungsfähigkeit von Mikroprozessoren haben seit Beginn des 21. Jahrhunderts weiterhin sprunghaft zugenommen. Nur noch ein halbes Prozent der heute rund 15 Milliarden Prozessoren ist noch in dem zu finden, was wir traditionell als »Computer« bezeichnen. Der weitaus größte Teil verschwindet in Gebrauchsgegenständen unserer vernetzten Lebens- und Arbeitswelt, von denen das Mobiltelefon und das Automobil nur die sichtbarsten Beispiele sind. Die immer stärker und leistungsfähiger werdende Vernetzung der einzelnen Geräte und neue Optionen der Softwaresteuerung führen zu einer explosionsartigen Ausweitung der verfügbaren Funktionen. Und dieser Trend ist keineswegs zu Ende.

In den USA wird die Durchdringung aller Lebensbereiche mit der Informations- und Kommunikationstechnik gern als »Ubiquitous Computing« bezeichnet. Europa setzt dem die Vision einer intelligenten Umgebung (»Ambient Intelligence«) entgegen, in der die Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) hinter der Anwendung verschwinden soll.

Dies ist jedoch eine äußerst anspruchsvolle Aufgabe, da mit den Funktionalitäten und der »Intelligenz« der Systeme auch die Fehlermöglichkeiten und Akzeptanzprobleme wachsen. Der demographische Wandel in Europa – alternde Gesellschaft, zunehmende Migration als Konsequenz der EU-Erweiterung – erhöht weiter die Messlatte für erfolgreiche Systemlösungen.

Setzte man in den letzten Jahren vor allem auf immer neue Technologien und Funktionalitäten, so werden nun Benutzbarkeit und Beherrschbarkeit dieser Funktionalitäten als kritischer Erfolgsfaktor für den Durchbruch am Markt gesehen. Die neue EU-Kommission stellt daher die Vision einer Informationsgesellschaft für alle – der menschenzentrierten Gestaltung von Informations- und Kommunikationstechnik – mindestens gleichwertig neben die reine Technikentwicklung.

Dem Forschungs- und Entwicklungsstandort Deutschland – seit langem mit führend im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion und der Softwareergonomie – bietet dieser Trend neue Chancen. Hierzu leisten zahlreiche Fraunhofer-Institute, vor allem aus der IuK-Gruppe und aus dem Verbund Mikroelektronik, wesentliche Beiträge.

Mediengestützte Informationsvermittlung

Das Zusammenspiel von Softwaretechnik, Ubiquitous Computing und Ambient Intelligence verlagert den Forschungsschwerpunkt von der Gestaltung einzelner Schnittstellen auf das Design bruchloser medienvermittelter Information und Kommunikation.

Dazu müssen wir uns die Frage stellen:
Was tun Medien eigentlich?

Wir unterscheiden drei Funktionen:
transkribieren, adressieren und lokalisieren.

Medien sind zum ersten Ergebnis einer *Transkription* von Informationen, die ihrerseits in anderen Medien erfasst sind. Sprache kann in gesprochenen Text, Text in Gebärdensprache, gesprochene Audiosequenzen in komprimierte Datenströme transkribiert werden; uninterpretierte Medienobjekte können mit sprachlichen Metadaten ange-reichert und so leichter wieder auffindbar gemacht werden.



Mensch und Rechner arbeiten immer enger zusammen. Die Schnittstelle muss den speziellen Leistungsmustern beider Seiten gerecht werden.



Das Digitale Beethoven-Haus, ein multimediales Fraunhofer-Projekt, macht die Welt des genialen Komponisten über das Internet der weltweiten Öffentlichkeit zugänglich.

Die durch neue Geräte und Softwaretechnologien ermöglichten Transkriptionen verändern aber auch radikal, wer mit solchen Informationen *adressiert* werden kann: Das vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen und Systeme IIS entwickelte Kompressionsverfahren MP3 hat die Verteilungsmechanismen für Musikdaten weltweit revolutioniert; am Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT entwickelte Gebärdensprache-Lehrverfahren nutzen das Internet, um gehörlosen Jugendlichen erstmals gleiche Chancen zum Berufseinstieg wie Hörenden zu vermitteln; sprachliche Aufzeichnungs- und Organisationsverfahren werden von den Fraunhofer-Instituten für Graphische Datenverarbeitung IGD und für Integrierte Publikations- und Informationssysteme IPSI genutzt, um das kulturelle Erbe aus verstaubten Archiven für die Allgemeinheit nutzbar zu machen.

Natürlich haben die Adressierungsmöglichkeiten computergestützter Medien auch ihre Schattenseiten: Spam, die unerwünschte Massenzusendung von Werbung, ist eines der ärgerlichsten Beispiele. Benutzerseitig muss der Adressierungsfunktion daher eine *Lokalisierungsfunktion* gegenüberstehen, die es erlaubt, die Informationsflut zu beherrschen. Personalisierung und Kontext-

anpassung werden somit zu zentralen Fähigkeiten moderner Schnittstellen. Das von einem europäischen Konsortium unter Leitung des Fraunhofer FIT entwickelte Luftqualitätsinformationssystem APNEE – von der EU als eines der drei erfolgreichsten Projekte im IST-Programm der letzten Jahre ausgezeichnet – demonstriert, was gemeint ist.

APNEE integriert europaweit unterschiedliche Sensordaten zur Luftqualität und transkribiert sie mithilfe mathematischer Ausbreitungsmodelle in verdichtete Luftqualitätsvorhersagen, z. B. Luftqualitätsindexe und Informationen über spezielle Arten von Schadstoffen. Über geographische Informationsmodelle werden sie unter jeweils länderspezifischen Geschäftsmodellen in Public-Private-Partnership in die einzelnen Regionen adressiert. Der Bürger kann diese Information in verschiedener Weise auf sich zuschneiden: Personalisierung etwa durch Eingabe bestimmter Allergieprofile und Dringlichkeitsstufen der Warnung, Anpassung an verschiedene Gerätetypen wie PDAs, Laptops oder öffentliche Anzeigetafeln, Lokalisierung auf den derzeitigen oder geplanten Aufenthaltsort bei mobilen Anwendungen. Personalisierung, Kontextanpassung und mobile Lokalisierung sind auch in anderen Pionieranwendungen, wie etwa den am Fraunhofer IGD entwickelten Messe- und Museumsführern, entscheidende Gestaltungselemente.

Virtuelle, Erweiterte und Simulierte Realität

Realitätsnähere Darstellungsformen sprechen immer mehr Sinne des Menschen an. Die Fraunhofer-Institute für Graphische Datenverarbeitung IGD und für Medienkommunikation IMK zählen zu den Pionieren der Virtuellen Realität (VR). Diese Technik findet mittlerweile zahlreiche Anwendungen in Architektur und technischem Entwurf, in der Kunst und bei der Bewahrung und Darstellung des kulturellen Erbes.

Dennoch stellt die Virtuelle Realität erst den Anfang einer Entwicklung dar. Die Erweiterte Realität (Augmented Reality, AR) verknüpft die Bildanalyse von real vorhandenen Objekten mit der Erzeugung virtueller Komponenten, d. h., sie reichert die Beobachtung und Bearbeitung der physischen Realität mit virtuellen Elementen an. Neue platzsparende Displaytechniken, etwa das Hereinspiegeln virtueller Elemente in eine halbdurchsichtige Datenbrille, müssen mit neuartigen Sensor- und Trackertechnologien verbunden werden, um den Standort der Beobachter relativ zu den beobachteten Objekten und relativ zueinander verfolgen zu können. Wenn diese technischen Probleme kostengünstig gelöst sind, bietet AR ein weitaus breiteres Spektrum von Anwendungspotenzialen als die klassische Virtuelle Realität. Fraunhofer-Institute arbeiten heute schon an AR-Szenarien für die Wartung komplexer technischer Geräte, für mobile kooperative Spiele, für die Bühnen- und Eventplanung.

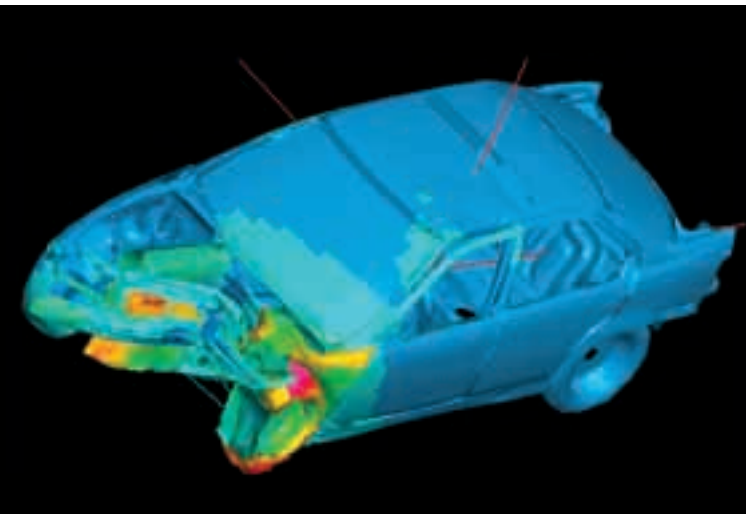


Augmented Reality, die Vermischung von realen und digitalen Bildern, bietet ein weites Anwendungsspektrum, beispielsweise in der Bühnen- oder Eventplanung.



Das Einspiegeln von digitalen Informationen in eine Datenbrille erlaubt es, technische Probleme ohne Studium eines Handbuchs direkt vor Ort zu lösen.

Die Kombination der Darstellungsmöglichkeiten der VR mit hochparallelen innovativen Simulationstechniken führt zu einer anderen Vision, der Simulierten Realität. Sie erlaubt es, im Vorfeld der Produktentstehung realistische Nutzungsszenarien nicht nur mathematisch sehr genau nachzubilden und nachzuspielen, sondern auch für Designer und potenzielle Kunden interaktiv erlebbar zu machen. Die virtuellen Crashtests in der Vorentwicklung neuer Automodelle, wie sie in den Fraunhofer-Instituten für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI und für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM entwickelt werden, können auf diese Weise noch stärker in eine digitale Produktentwicklung eingebunden werden. Sie verbessern deutlich Sicherheit und Bedienkomfort neuer Produkte und reduzieren gleichzeitig die Kosten.



Ein digitaler Crash: leicht zu verändern, beliebig wiederholbar, ohne realen Schaden. Das Verfahren spart Zeit und Geld, und es führt zu mehr Sicherheit.

Berührungslose Interaktion

Die Vermittlung und Darstellung von Informationen bildet nur eine, wenn auch sehr wichtige Komponente der Benutzerschnittstellen. Eingabemöglichkeiten und Interaktivität bilden die andere Seite der Medaille. Die Miniaturisierung der Geräte, die Problematik einer überall verfügbaren mobilen Stromversorgung, aber auch neue Benutzergruppen mit unterschiedlichsten Kompetenzen und Erfahrungen führen dazu, dass traditionelle Techniken wie Maus und Tastatur durch neue, multimodale Komponenten und Interaktionstechnologien ergänzt werden müssen.

Die RFID-Technologie – kleine funkgesteuerte Chips als Nachfolger der erfolgreichen Barcodes zur Produktidentifizierung – läuten eine neue Welle preisgünstiger berührungsloser Mensch-Computer- und Computer-Computer-Interaktionen ein. Neben anderen Fraunhofer-Instituten ist das Fraunhofer-Institut für Materialwirtschaft und Logistik IML führend an dieser Entwicklung beteiligt. Die erste Generation RFIDs trägt bereits heute wesentlich zur Rationalisierung in der Logistikkette der Produktions- und Handelsunternehmen bei, für die Zukunft soll RFIDs auch die Rückverfolgbarkeit einzelner Produkte etwa im Pharma- oder Lebensmittelbereich im Sinne des Verbraucherschutzes sichern.

Die Möglichkeiten berührungsloser Interaktion gehen weit über Identifikation und einfache Zustandsspeicherung wie bei RFID hinaus. Die innovative PointScreen-Technologie des Fraunhofer-Instituts für Medienkommunikation IMK ermöglicht dem Benutzer, den Computer intuitiv mit Gesten zu steuern und durch bloßes Zeigen auf den Bildschirm zu navigieren oder Befehle einzugeben – völlig ohne Berührung. PointScreen beruht auf dem so genannten »Electric Field Sensing«, also der Messung des natürlichen elektromagnetischen Feldes, das den menschlichen Körper umgibt. Die Interaktion funktioniert sogar, wenn der Nutzer sich hinter einer Scheibe aus



Ein Wink genügt:
Mit PointScreen wird
der Computer allein
durch Gesten und Be-
wegungen gesteuert.

Sicherheitsglas befindet. PointScreen verwandelt so beispielsweise ein Schaufenster in ein großes, interaktives und öffentliches Display, über das der Benutzer rund um die Uhr sicheren Zugang zu spezifischen Inhalten hat.

Emotionen im Computer?

Lange Zeit galten die Emotionen als letzte Bastion des Menschen, die der Computer nie würde simulieren können. Mittlerweile wankt auch diese Bastion.

Multimediale Softwareagenten, so genannte Avatare, sind aus den Hilfesystemen vieler Softwarehersteller schon gut bekannt. Inzwischen vermitteln derartige Agenten nicht nur Informationen, sondern bemühen sich auch um die Übermittlung und Darstellung von Emotionen. Im BMBF-Leitprojekt »Virtual Human« arbeiten die Fraunhofer-Institute für Graphische Datenverarbeitung IGD und für Medienkommunikation IMK mit ihren Partnern daran, die aufwändig handprogrammierten Einzellösungen aus der Filmindustrie des letzten Jahrzehnts – beginnend mit Spielbergs »Jurassic Park« – durch modellbasierte, autonom arbeitende, mit Standardmethoden relativ einfach erstellbare Entwicklungsansätze abzulösen.

Besonders spannend wird es, wenn die simulierte Emotion im Computer mit den Gefühlen der Benutzer interagieren kann. Biofeedback-Technologien messen und unterstützen dabei die Körperfunktionen des Menschen und signalisieren persönliches Engagement, Stimmungen und andere emotionale Aspekte. Im Kompetenzzentrum BIKa des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT wird Biofeedback vor allem zur Kompensation von Behinderungen unterschiedlichster Art eingesetzt. Emotionale Avatare wurden hier u. a. erfolgreich zur Motivation und aufgabenorientierten Unterstützung von Vorschul- und Grundschulkindern mit schweren Lernbehinderungen eingesetzt. Noch einen Schritt weiter geht das Brain-Computer-Interface-Projekt des Fraunhofer-Instituts für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik FIRSt, das Messungen der Gehirnströme direkt zur Gerätesteuerung einsetzt.

Lenken durch Denken: Ein Ziel der Fraunhofer-Forscher ist es, einen Computer mittels der gemessenen Gehirnströme zu steuern.



Neue Architekturen für das menschenzentrierte Computing

Die vorstehenden Ausführungen machen deutlich, dass sich die Architektur der Mensch-Computer-Interaktion im Zeitalter des Ubiquitous Computing grundlegend wandeln muss. Sprach man in der Vergangenheit über die Benutzerschnittstelle eines Geräts, so richtet sich die Aufmerksamkeit in Zukunft auf die gesamtheitliche Gestaltung der verschiedenen Lebens- und Arbeitskontexte. In einer gemeinsamen Studie des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik und der Fraunhofer-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik wird für die Einbettung des menschenzentrierten Computings in eine systematisch aufgebaute »Ambient Intelligence« ein Sphärenmodell vorgeschlagen, um Ordnung in die Unzahl aufeinander abzustimmender Schnittstellen zu bringen:

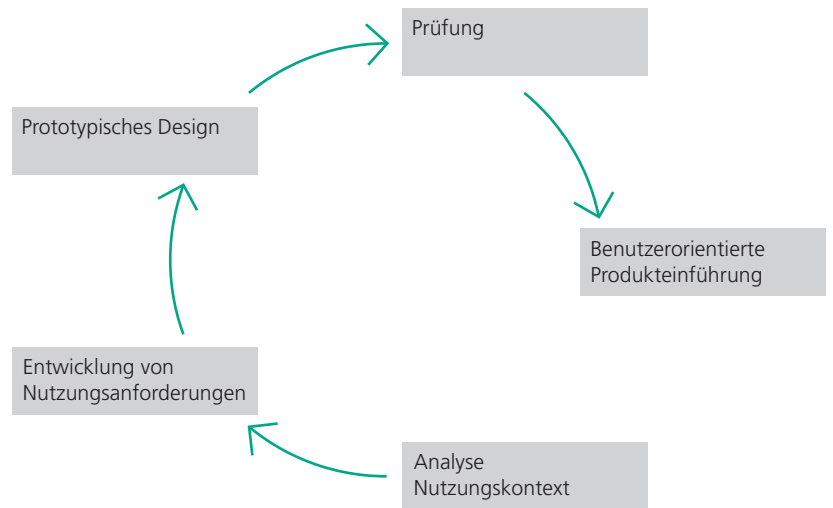
- Unmittelbar am Körper des Menschen integriert das Body-Area-Network eine Vielzahl von Sensoren und Aktuatoren.
- Zahlreiche »smart objects« – softwaregesteuerte Geräte mit weitgehend autonomen Handlungsmöglichkeiten (»things that think«) – interagieren mit dem Menschen.
- Interaktionskontexte oder Communities strukturieren die unüberschaubare Menge möglicher Interaktionen zwischen Menschen und Objekten, aber auch unter Menschen über Objekte. Diese Communities sind für Durchgängigkeit, Natürlichkeit und Übersichtlichkeit der Mensch-Maschine-Interaktionen verantwortlich. Beispiele sind das Smart Home, das intelligente Auto, aber auch Arbeitsprozesse, die sich vom Haus über die Autofahrt bis in das Büro oder zum Kunden erstrecken, oder die lebensbegleitende Gesundheitsüberwachung.

Die Fraunhofer-Institute für Integrierte Publikations- und Informationssysteme IPSI und für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS entwickeln im Integrierten EU-Projekt AMIGO gemeinsam mit zahlreichen Forschungs- und Industriepartnern standardisierte, interoperable Middleware und intelligente Dienste für das vernetzte Haus. Einzeldienste und Anwendungen sollen bruchlos in einer intuitiven, personalisierten und unauffälligen Interaktionsfolge miteinander zusammenarbeiten können. Das Fraunhofer IPSI baut dabei auf seinen langjährigen Erfahrungen im Bereich der Roomware™ auf, in denen interaktive Mensch-Computer-Schnittstellen in Tische, Sessel und Wände eingebaut und als Baustein computerintegrierter Arbeitswelten erprobt wurden.



Interaktive Rechner-schnittstellen in Möbeln ermöglichen neue Arbeitstechniken.

ISO 13407, die Norm für Nutzerorientierung: ein Erfolgsfaktor.



Systementwicklung mit Blick auf den Benutzer

Auch die Entwicklungsmethoden werden sich wesentlich verändern müssen. Neue standardisierte Technologien für Softwareplattformen, etwa im Bereich der Internet-Protokolle, der Web Services und der Datenaustauschformate (XML), helfen zwar bei der Beherrschung der technischen Komplexität in hoch vernetzten Systemen, sind aber zu ergänzen um ein ganzheitliches Usability Engineering. Die Fraunhofer-Usability-Allianz – eine Gruppe von sechs Instituten der Informations- und Kommunikationstechnik unter Koordination der Fraunhofer-Institute für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und für Angewandte Informationstechnik FIT – stellt ihren Kunden in Industrie, Dienstleistungssektor und Verwaltung wissenschaftliche Beratung sowie professionelle stationäre und mobile Usability-Labors zur Verfügung.

Ausschlaggebend für die Akzeptanz beim Nutzer sind angemessene Aufgabenstellung, intuitive Bedienbarkeit und die richtige Ansprache des Kunden – auch unter Einschluss des Spaßfaktors. Usability kann von der Zielgruppe, aber auch von konkreten Situationen abhängig sein. Lag in der Vergangenheit der Schwerpunkt meist bei der nachträglichen Usability-Prüfung nach ISO 9241, so gilt es heute als wesentlich effektiver, die Analyse des Nutzungskontexts und der Nutzungsanforderungen von Anfang an in die Entwicklung einzubringen. Ein ganz wichtiger Erfolgsfaktor ist es, nach ISO 13407 die Kontextanalyse, die Anforderungsanalyse, den prototypischen Entwurf, die Prüfung und die benutzerorientierte Einführung eng miteinander zu verzahnen. Die zusätzlichen Kosten werden in aller Regel durch höhere Absatz-erfolge und besseres Produktimage sehr schnell

wieder eingespielt. In der nächsten Technikgeneration werden wir sogar der Weiterentwicklung der Technologien durch die Benutzer selbst, dem so genannten End User Development, verstärkte Aufmerksamkeit widmen müssen.

Die Einbettung eines menschzentrierten, körpernahen Computing in verschiedene intelligent unterstützte Arbeitskontexte untersucht das derzeit weltweit größte Projekt im Bereich des Wearable Computing, das EU Integrated Project wearIT@work. In einem vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT koordinierten benutzerzentrierten Entwicklungsprozess werden Anwendungen tragbarer, meist in die Kleidung integrierter Computertechnologien für Automobilproduktion, Flugzeugwartung, Krankenhausbetriebe und Notfallrettungsdienste entwickelt und erprobt. So wird etwa für die Notfallrettungsdienste der Pariser Feuerwehr eine umfassende Gesamtlösung konzipiert, die Leitzentrale, Feuerwachen und Spezialeinheiten ebenso abdeckt wie die dazugehörige Öffentlichkeitsinformation.

Prof. Dr. rer. pol. Matthias Jarke ist Inhaber des Lehrstuhls für Informationssysteme an der RWTH Aachen sowie Leiter des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT in Sankt Augustin und Aachen.