

# USER-CENTRIC ADAPTIVE SYSTEMS

SASCHA SCHREIER

ZUSAMMENFASSUNG. Die vorliegende Arbeit gibt eine Einführung in benutzerorientierte, adaptive Systeme und die Ansätze zu deren Realisierung. Für die Anpassung an den Nutzer werden dabei individuelle Informationen in einem Benutzermodell erfasst, die sich aus der Interaktion von Mensch und Maschine ergeben. Diese erfordert eine enge Zusammenarbeit von unterschiedlichen Disziplinen im Bereich des „Human-Centric Computing“, besonders durch die zunehmende Vernetzung einer immer größer werdenden Anzahl von technischen Geräten, und deren Einbettung in die menschliche Umgebung. Um dabei die Komplexität zu beherrschen und verständliche und bedienbare Systeme zu gestalten, ist es sinnvoll, die zukünftigen Nutzer am Entwicklungsprozess zu beteiligen, und neue Interaktionsparadigmen zwischen Mensch und Maschine zu entwickeln. Der Bereich des „Ambient Intelligence“ und des „Reflective Computing“ sind dabei vielversprechende Entwicklungen. Sie schaffen kontextbewusste Umgebungen, die den Menschen unaufdringlich, und unter Berücksichtigung seiner Verfassung in seinen alltäglichen Aufgaben unterstützen. Zuletzt wird kurz auf Kontrollschleifen für die benutzerzentrierte Adaption eingegangen.

People are quite different from computers.

— Donald A. Norman, *User Centered System Design* (1986)

## 1. EINLEITUNG

Bei der Präsentation von neuen Techniken, Technologien, Geräten und neuer Software gilt es heutzutage als innovativ und fortschrittlich, deren benutzerorientierte Ansätze zu betonen.

So sprach auch Steve Jobs auf der Worldwide Developer Conference im Jahre 2003 vom neu gestalteten Dateimanager „Finder“ für den Mac OS, den er als mehr „user-centric“ und weniger „computer-centric“ beschrieb. Dabei meinte er zusätzliche Funktionalitäten wie die in Echtzeit aktualisierte Anzeige von Suchergebnissen, die Farbmarkierung von Dateien und die dynamische Seitenleiste. Jahre später präsentierte er das iPhone, ein Smartphone mit einem neuartigen Bedienkonzept und dem Ziel, die Nutzung einfacher und verständlicher zu gestalten.

Ebenso verweist HTC beim neuen Mobiltelefon „Touch Diamond 2“ auf den „people-centric communication approach“, das den Nutzer eine zentrale Oberfläche für alle Kommunikationsmittel wie Sprache, E-Mail und Kurznachrichten präsentiert, sowie alle vergangenen Konversationen mit einem Gesprächspartner anzeigt [20].

Im Mittelpunkt steht also nicht mehr die reine Maschinenlogik, sondern der Mensch in seiner Umgebung.

Diese Umgebung versuchen benutzerzentrierte pervasive (=allgegenwärtige) adaptive Systeme zu beeinflussen, um den Nutzer bei seinen Aufgaben zu unterstützen und seinen physischen, emotionalen und kognitiven Zustand zu verbessern [1] [45].

## 2. ADAPTIVE SYSTEME

Adaptive Systeme reagieren nach [28] auf Veränderungen ihres internen Zustands oder auf Einflüsse der Umgebung. Häufig sind diese Systeme dabei reflektiv, das heißt sie halten einen Systemzustand mit den aktuell auszuführenden und geplanten Aktionen und Zielen, um so ihr Verhalten dynamisch anzupassen.

Bei pervasiven (=allgegenwärtigen) adaptiven Systemen kommt noch die Einbettung von herkömmlichen Computerschnittstellen in die Umgebung hinzu. Damit erfordern diese Systeme keiner bewussten Aufmerksamkeit eines Nutzers [12] [43] und folgen der Vision von Mark Weiser des „Ubiquitous computing“, den Computer nahtlos in die physische Welt zu integrieren und ihn so für den Nutzer unsichtbar zu machen.

Dieser Nutzer ist das Zentrum der Adaption bei benutzerzentrierten pervasiven adaptiven Systemen. Dessen Vorlieben, Fähigkeiten, Verhalten, vergangene und zukünftige Aktionen, die Art der mit ihm interagierenden Systeme, und die aus den Information abgeleiteten Schlussfolgerungen können hierfür in Betracht gezogen werden.

Ein Beispiel sind Anwendungen im Automobilbereich aus dem REFLECT-Projekt: Sensoren erfassen die Gesten und Bewegungen des Fahrers (wie Kopfbewegung, Augenzwinkern, etc.), dessen psychophysiologischen Werte (Hauttemperatur, Hautleitfähigkeit, etc.) und Daten des Fahrzeuges (Position der Pedalen und des Lenkrades, etc.). Diese werden vom System analysiert, und daraus die wahrscheinliche Verfassung des Benutzers abgeleitet. Die Anpassung des Fahrzeuges betrifft dann die Optimierung der Fahrzeugleistung (Bremsverhalten, Lenkunterstützung, etc.), des Komforts (Klimaanlage, Sitzposition, etc.) und des Infotainments (Radio, Navigation, etc.) In Abbildung 1 ist eine Übersicht zu sehen.



ABBILDUNG 1. Beispiel eines pervasiven, adaptiven Systems im Automobilbereich (REFLECT-Projekt) [38]

Weitere Anwendungsbereiche sind Home Entertainment und intelligentes Wohnen [37] [8], adaptive und interaktive Outdoor-Displays [25], Routing-Anwendungen [27] und die Planung von personalisierten Reiserouten [7].

Eine andere interessante, abstrahiertere Übersicht von Einsatzgebieten benutzerzentrierter, nicht notwendigerweise pervasiver, adaptiver Systeme, ist auf Grundlage der Berichte in [22] entstanden:

- *Unterstützung in der Systemnutzung*: Übernahme alltäglicher Aufgaben, Anpassung der Benutzeroberfläche, Hilfssysteme, Anpassung der Interaktion mit Menschen und Objekten der realen Welt, Kontrolle des Dialogs zwischen Mensch und System
- *Unterstützung in der Informationsgewinnung*: Informationssuche, spontane Anzeige von Informationen, Empfehlungssysteme, Anpassung der Darstellung von Informationen, Unterstützung der Zusammenarbeit von Benutzern, intelligente Lernumgebungen,

Diese Anwendungsbereiche sind (soweit nicht bereits realisiert) ebenfalls auf den Bereich des „Ubiquitous Computing“ übertragbar.

Neben benutzerzentrierten adaptiven Systemen gibt [33] noch eine weitere Art von adaptiven Systemen an: Systeme, die sich an verfügbare Ressourcen anpassen. Als Ressourcen gelten dabei Zeit, Verarbeitungskapazitäten, Speicher, Prozessorgeschwindigkeiten, Übertragungskapazitäten sowie die Ausgabegeräte selbst.

Dafür werden zum einen Algorithmen entwickelt, welche die beliebige Unterbrechung und Fortsetzung von Berechnungen erlauben, die sogenannten „Anytime-Algorithmen“ [9]. Mit diesen ist es zum Beispiel in der Computergrafik möglich, eine schnelle Voransicht von aufwendig berechneten Bildern zu erzeugen. Zum anderen werden ressourcenadaptive Prozesse [42] und wissensbasierte Techniken erforscht, die beispielweise bei einer Anpassung von Bildschirmhalten an die Größe der Ausgabegeräte zur Geltung kommen.

### 3. REALISIERUNG VON BENUTZERZENTRIERTEN ADAPTIVEN SYSTEMEN

Für die Realisierung von benutzerzentrierten Systemen gibt es Ansätze aus unterschiedlichen Disziplinen mit verschiedenen Sichten. Darunter fallen unter anderem die Psychologie, die Wirtschaftswissenschaften, die Sozial- und Geisteswissenschaften, die Ingenieurwissenschaften und die Computerwissenschaften mit den Bereichen der Mensch-Maschine-Interaktion, Signalverarbeitung, und der künstlichen Intelligenz (maschinelles Lernen).

Im Bereich des „Human-Centric Computings“ versucht man diesem multidisziplinären Ansatz gerecht zu werden und die Integration von Mensch und Maschine zu erforschen. Hierbei sei anzumerken, dass dieser Begriff nicht einheitlich definiert ist [21] [4] [3] [15], und teilweise noch zwischen den Ausdrücken „human-centric“ und „user-centric“ unterschieden wird. „User-centric“ wird demnach hauptsächlich in der Mensch-Maschine-Interaktion verwendet.

Die Betrachtung der Interaktionsparadigmen zwischen Mensch und Maschine spielen bei allgegenwärtigen benutzerzentrierten adaptiven Systemen eine große Rolle. Nach [31] sollte der Computer für den Nutzer unsichtbar sein, ihm aber dennoch für seine Aufgaben zur Verfügung stehen, ohne dabei seine gegenwärtigen Handlungen und Gedanken zu unterbrechen. Dafür werden Benutzerschnittstellen geschaffen, die eine verständliche und brauchbare Nutzung erlauben.

Die entstehenden Daten der Interaktion werden dabei in Benutzermodellen gespeichert. Diese sind die Grundlage der Adaption an den Nutzer, die auf Kontrollschleifen beruht.

Im Folgenden wird deshalb auf Benutzermodelle, der Mensch-Maschine-Interaktion und Kontrollschleifen eingegangen.

### 3.1. Benutzermodelle

Benutzerzentrierte adaptive Systeme benötigen Informationen über den Nutzer, der mit ihnen interagiert. Dadurch kann ein Benutzermodell aufgebaut werden. Berücksichtigt werden müssen nach [24] dabei Ziele und Aktivitäten der Person, Vorkenntnisse und eventuelle Falschannahmen über den Anwendungsbereich, um das explizite Modell aufzubauen.

Ein nach [22] angepasstes, allgemeines Schema für die Verarbeitung eines Benutzermodells in benutzerzentrierten adaptiven Systemen, ist in Abbildung 2 zu finden. In der ersten Phase werden aus den Informationen über den Nutzer zusätzlich Methoden des maschinellen Lernens angewendet. Daraus können Inferenzen gezogen und neues Wissen abgeleitet werden und bilden mit den ursprünglichen Daten das Benutzermodell.

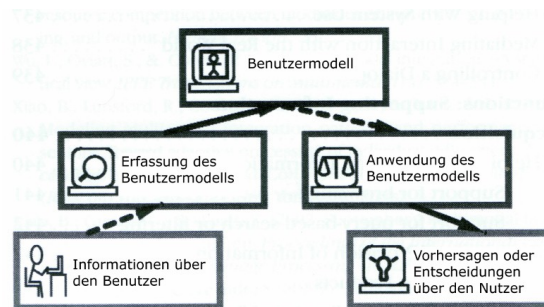


ABBILDUNG 2. Schema des Ablaufs in einem benutzerzentrierten adaptiven System (gestrichelte Pfeile: Benutzung, durchgezogene Pfeile: Erzeugung)

Ein aktuelles Beispiel dafür ist die Funktionalität „Personen, die du vielleicht kennst“ im Onlineportal „Facebook“. Bei dieser werden neben dem eigenen Profil auch die Daten der Freunde und Freundes-Freunde analysiert, um Schlussfolgerungen über mögliche Bekanntschaften zu treffen.

In der Phase der „Anwendung des Benutzermodells“ wird das Modell anschließend zur Anpassung des Systemverhaltens an den Nutzer verwendet. Dazu können auch Methoden der künstlichen Intelligenz zur Entscheidungsfindung beitragen.

Wichtig bei dem Prozess der Erfassung, Auswertung und Anwendung ist auch die Zeit, die dafür benötigt wird. Es stellt sich deshalb die Frage, wie komplex das Benutzermodell werden soll (z.B. die Freunde der Freunde der Freunde), und wie man eventuelle Beschränkungen realisiert.

Die Entwicklungen in jüngster Zeit im Bereich der Benutzermodelle sind voraussagende Modelle [23], die Speicherung der personalisierten Daten auf speziellen

Servern [2] und Benutzung der Technologien des semantischen Webs [10]. Es zeichnet sich dabei auch hier der Trend ab, die persönlichen Informationen zentral zu speichern oder dezentral zwischen verschiedenen Netzwerken auszutauschen, und damit einer Vielzahl von Anwendungen über das Internet zur Verfügung zu stellen. So fördert Google's „OpenSocial“ die Interoperabilität von sozialen Netzwerken und „OpenID“ die Schaffung einer „user-centric identity“ [18].

### 3.2. Mensch-Maschine-Interaktion

Die Erfassung der Informationen für das Benutzermodell ist dabei eng mit den Interaktionsparadigmen und den Schnittstellen von Mensch und Maschine verbunden. Im Folgenden wird auf die Herausforderungen eingegangen, den Ansatz des benutzerzentrierten Designs zur Adressierung dieser, sowie aktuelle Entwicklungen in diesem Bereich.

3.2.1. *Herausforderungen.* Benutzerzentrierte (pervasive) adaptive Systeme bieten neue Herausforderungen aber auch Möglichkeiten, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu gestalten. Dabei birgt besonders die Allgegenwärtigkeit des „Ubiquitous Computing“ die Gefahr, durch die Vielzahl von interaktiven und miteinander vernetzten Geräten die Komplexität der Systeme stark zu steigern und für den Benutzer unverständlich zu machen [25].

So bestehen bei (pervasiven) interaktiven Systemen Herausforderungen bezüglich verminderter Vorhersagbarkeit, Verständlichkeit, Beherrschbarkeit und Aufdringlichkeit [22]. Zusätzlich sind bei benutzer-adaptiven Systemen Fragen der Vertraulichkeit der Benutzerdaten, und Auswirkungen der automatischen Adaption auf die Aufmerksamkeit und Expertise des Nutzers von Bedeutung.

Deshalb untersucht man Konzepte der Interaktion von Mensch und Maschine, um die Benutzbarkeit der Geräte zu optimieren. Die Disziplin, die sich damit im Design, der Implementierung und der Evaluation beschäftigt, ist die Mensch-Maschine-Interaktion (engl. Human-Computer Interaction) [19], die als Ziel die Unterstützung des Menschen bei der Arbeit mit Computersystemen hat.

Nach den Normen der (Software-)Ergonomie (DIN EN ISO 9241-11,14915) sind die folgenden drei Leitkriterien dabei zu beachten und für die Gebrauchstauglichkeit (engl. „Usability“) zu fördern:

- **Effektivität:**  
Genauigkeit und Vollständigkeit zur Erreichung eines Ziel durch den Nutzer
- **Effizienz:**  
Aufwand des Benutzers im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit des erzielten Effekts
- **Zufriedenheit:**  
Positive Einstellung der Benutzer zur Nutzung des Systems und Freiheit von Beeinträchtigungen durch das System

3.2.2. *Benutzerzentriertes Design.* Die Umsetzung von bedienbaren Systemen setzt folglichweise bei Personen an, die diese in Zukunft benutzen werden: den Nutzern.

Donal E. Norman sprach bereits 1986 in seinem Werk „User Centered System Design“ [31] davon, bei der Entwicklung von Produkten mehr den Menschen einzu- beziehen, und nicht nur die Technologie voranzutreiben. Denn der Benutzer sieht zuerst die Benutzerschnittstelle von einem System.

Probleme ergeben sich dabei bei pervasiven Systemen, wenn, wie vorher gesagt, durch die Vielzahl an vernetzten Geräten die Interaktion zwischen Mensch und Maschine erschwert wird. Hinzu kommt noch die Gefahr, zu viele Funktionen unbedingt in das System integrieren zu wollen, ohne diese verständlich und übersichtlich zu kombinieren.

In [30] gibt Norman deshalb sieben Designprinzipien für ein allgemeines Produktdesign an. Diese Prinzipien richten sich primär nicht an die Entwicklung von Computerschnittstellen, sind allerdings durch den Einzug von immer kleineren, allgegenwärtigen Computern zunehmend relevant.

Heutzutage nennt sich der Bereich der Benutzerbeteiligung „participatory design“ und zielt auf eine aktivere Beteiligung der Nutzer beim Festlegen von Entwicklungszielen und dem Planen von Prototypen [17] [5] in allen Phasen eines iterativen Entwicklungsprozesses, und nicht nur nachdem die Anforderungen und Prototypen bereits definiert wurden. Damit fallen unter diesen Begriff Praktiken wie: Interviews und Arbeitskreise, die Entwicklung von Prototypen und Mock-ups (Wegwerfprototypen der Benutzerschnittstelle), und Benutzerstudien. In Abbildung 3 wird eine Übersicht aus [29] gegeben.

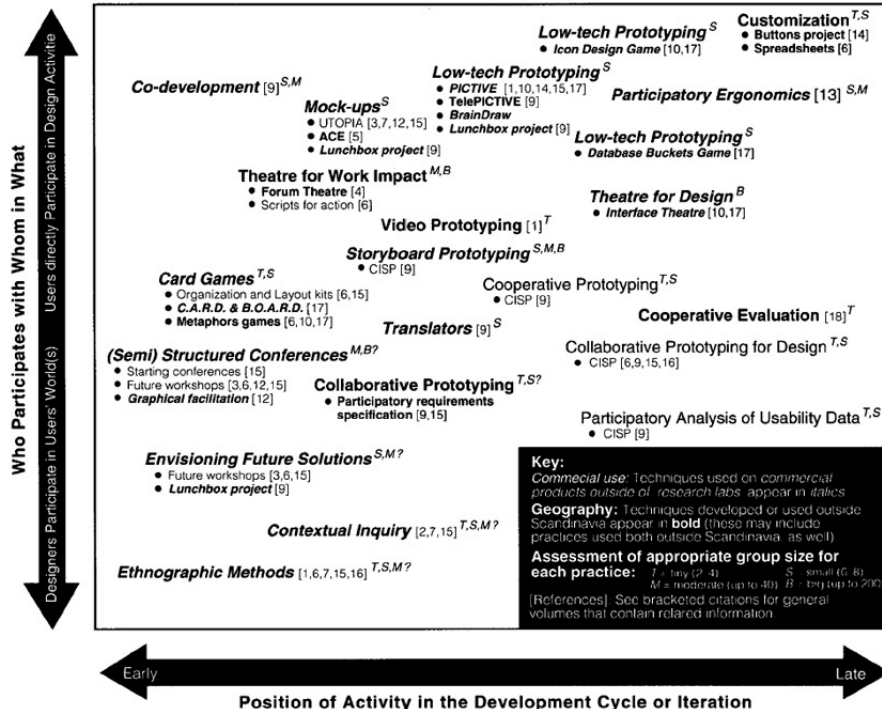


ABBILDUNG 3. Praktiken im „Participatory Design“ (Die Referenzen sind aus dem ursprünglichen Artikel [29])

Insgesamt kann durch die frühe und aktive Einbindung zukünftiger Nutzer, Designfehler vermieden, oder rechtzeitig erkannt und beseitigt werden. Die Gebrauchstauglichkeit und damit die Produktqualität der Systeme steigt, wodurch Schulungs- und Anpassungskosten verringert werden. Weiterhin sind die Benutzer zufriedener und produktiver, und das Ansehen des Softwareunternehmens nehmen zu.

Ähnliche Vorteile und allgemeine Vorgehensweisen werden auch in der Norm „Benutzerorientierte Gestaltung interaktiver Systeme“ (DIN EN ISO 13407) genannt. Wie stark eine Firma die Prinzipien der benutzerorientierten Prozesse einsetzt, lässt sich zum Beispiel mit dem „Usability Maturity Model“ (ISO TR 18529) bewerten. Dieses Modell gibt sieben Prozesse an, die mit den Standards SPICE oder CMM zur Prozessverbesserung verwendet werden können.

3.2.3. *Entwicklungen.* Seit den siebziger Jahren, der Entwicklung des XEROX 8010 Star Systems [40] und den kommerziellen Erfolgen von Apple Macintosh und Microsoft Windows spricht man von der graphischen Benutzeroberfläche (GUI) und der Metapher einer Schreibtischoberfläche nach dem WIMP-Konzept (WIMP: Windows, Icons, Menues, Pointing Devices). Nachteile dieses Schemas sind die schwierige graphische Aggregation von vielen Funktionen unter einer Benutzeroberfläche, die Darstellung von und Interaktion mit dreidimensionalen Objekten, die Zuordnung von Aktionen der Eingabegeräte (zum Beispiel der Tastatur) zu den Reaktionen auf dem Anzeigerät, die alleinige Berücksichtigung des Sehsinns, die wechselseitige Interaktion der Steuerung mit Maus und Tastatur, und die fehlende Unterstützung mehrerer paralleler Eingabesignale durch eine Vielzahl von Nutzern [41].

Neue und angepasste Interaktionskonzepte und Benutzerschnittstellen versuchen dies zu ändern. Sie müssen dabei die zunehmende Vernetzung und Miniaturisierung technischer Geräte und den Einzug des „Ubiquitous Computing“ beachten [25], ohne den Nutzer mit Reizen oder der Komplexität des Systems zu überfordern. Eine benutzerzentrierte Adaption ist daher notwendig.

Aktuelle Entwicklungen sind „Ambient Intelligence“, „Tangible User Interfaces“, „Augmented Reality“, „Wearable Computing“, „Reflective Computing“, die Spracherkennung und Sprachkontrolle, die Steuerung durch Gesten und Mimik und die Informationsvisualisierung.

Hier wird ein kurzer Überblick über „Ambient Intelligence“ und „Reflective Computing“ gegeben.

*Ambient Intelligence.* Im Unterschied zu den stärker technologisch-orientierten Begriffen des „Pervasive Computing“ oder „Ubiquitous Computing“, bindet die Vision des personen-orientierten „Ambient Intelligence“ (AmI) noch weitergehende Aspekte der menschlichen Wahrnehmung und des Verhaltens und der künstlichen Intelligenz ein [11] [16].

Das Ziel ist es ein einfach zu benutzendes, *unaufdringliches*, und *kontextbewusstes* System in die Umgebung des Menschen zu integrieren und dieses damit „intelligent“ zu machen. Der Begriff „intelligente“ Umgebung wird hier im Sinne benutzt, dass die Bedürfnisse, Vorlieben und das Verhalten des Nutzers erkannt werden und sich die Umgebung entsprechend anpasst. Auch die Fähigkeit auf gesprochene oder in Form von Gesten ausgedrückte Wünsche zu reagieren, gehören dazu.

Das Kontextbewusstsein der Systeme bedeutet dabei, die Informationen über die Umgebung zu nutzen um ihr Verhalten anzupassen.

In diesem Zusammenhang können auch Softwareagenten eingesetzt werden. Sie suchen (autonom) nach Informationen und leiten daraus Entscheidungen ab, die direkt zu einer Reaktion führen oder im Benutzermodell hinterlegt werden.

Um diese Systeme unaufdringlich, einfach bedienbar und automatisiert zu gestalten, eignen sich hier implizite Interaktionsparadigmen [39]. Bei diesen führen das durch Sensoren (z.B. einer Videokamera) ermittelte Nutzerverhalten und die Umgebungszustände zu den Reaktionen des Systems und nicht die explizite Steuerung des Nutzers durch Sprachbefehle, Gesten oder dem Drücken von Tasten. Auch Mischformen aus impliziter und expliziter Interaktion sind für solche Systeme vorstellbar, wie zum Beispiel im SIKOWO-Projekt [34], bei dem die Wohnkomfortsituation (Beleuchtung, Temperatur, u.ä.) durch explizite Sprach- und Gestensteuerung angepasst werden kann, aber auch durch automatische Regelungen (siehe Abbildung 4).

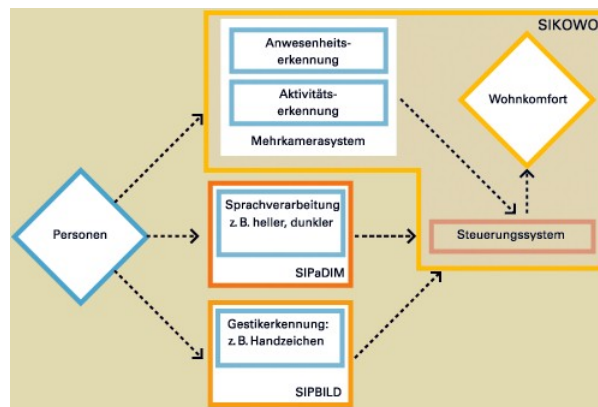


ABBILDUNG 4. Mischform aus impliziter und expliziter Interaktion zur Anpassung der Wohnkomfortsituation am Beispiel des SIKOWO-Projekts, angepasst nach [34]

Auch die Einbeziehung von menschlichen Emotionen im „Affective Computing“ wird als aufkommende und der Idee des „Ambient Intelligence“ unterstützende Technologie beschrieben [16].

*Reflective Computing.* „Reflective Computing“ verbindet die Begriffe des „Affective/Emotional Computing“, „Cognitive Computing“ und „Physical Computing“ [37] [36].

Die Emotionen eines Nutzers können durch ein Computersystem bewertet werden, indem sein Gesichtsausdruck, seine Sprache, und seine Körperhaltung analysiert werden [6]. Zusätzlich ist es bei berührungssensitiven Oberflächen wie die einer öffentlichen Infosäule möglich, dessen Interaktionsdaten heranzuziehen. [35]. Diese Art der Emotionserkennung war laut [12] vor einigen Jahren noch nicht weiter erforscht.

Kombiniert man diese Parameter nun mit weiteren psychophysiologischen Werten wie Muskelspannung und Bewegung, und berücksichtigt zusätzliche Informationen

aus dem Benutzermodell (siehe Kapitel 3.1) und der Umgebung, kann sein emotionaler, kognitiver und physischer Zustand abgeleitet werden. Diese sind zum Beispiel Traurigkeit, Stress oder Erschöpfung.

Darauf kann nun ein pervasives adaptives System reagieren, um den Zustand des Benutzers durch Anpassung der Umgebung zu beeinflussen. Dies kann zum Beispiel die Veränderung der Lichtverhältnisse oder einer Hintergrundmusik betreffen, oder der verstärkte visuelle Hinweis auf eine kritische Situation ([12]). Wird der anvisierte Effekt nicht erreicht, muss das Verhalten des Systems in einem nächsten Schritt angepasst werden. Dies kann durch Verstärkung der vorherigen Aktion erreicht werden (z.B. weitere Erhöhung der Musikk Lautstärke) oder durch neue Reaktionen.

### 3.3. Kontrollschleifen

Die Adaption in benutzerzentrierten adaptiven Systemen erfolgt durch Kontrollschleifen, mit der sich die Kontrolltheorie beschäftigt. [45] benutzt das Konzept von Kontrollschleifen in dynamischen Computer-Systemen [32] und unterscheidet dabei offene Kontrollschleifen (open control loops, feedforward systems) und geschlossene Kontrollschleifen (closed control loops, feedback systems) (siehe Abbildung 5 und 6).

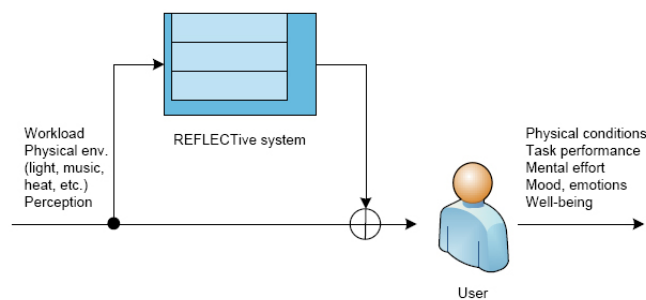


ABBILDUNG 5. Offene Kontrollschleife (REFLECT-Projekt, [45])

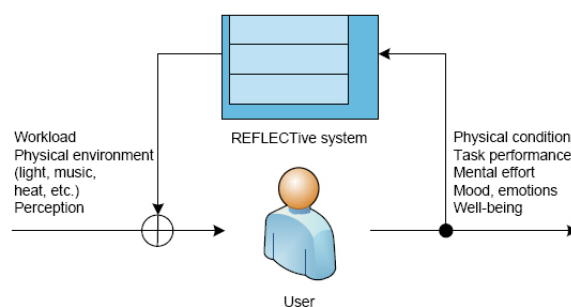


ABBILDUNG 6. Geschlossene Kontrollschleife (REFLECT-Projekt, [45])

Feedforward-Systeme verändern ihr Verhalten in Abhängigkeit eines Kontrollsignals nach festgelegten Regeln, ohne die Wirkung auf das zu kontrollierende Element -in diesem Fall den Menschen- zu berücksichtigen. Also ist es dafür nötig, alle Einflussvariablen und deren Effekte auf den Menschen zu kennen.

Feedback-Systeme bieten dahingegen den Vorteil, die Auswirkungen von unvorhergesehenen und unsicheren Faktoren auf das menschliche Wohlbefinden zu berücksichtigen. Wird ein bestimmtes Ziel des Systems nicht erreicht, muss das Verhalten selbst reflektiv angepasst werden, um alternative Strategien anzuwenden. Dazu können wiederholt Kontrollschleifen aufgesetzt werden, sodass eine hierarchische Struktur entsteht [1] [26].

#### 4. ZUSAMMENFASSUNG, AUSBLICK UND DISKUSSIONSPUNKTE

Abschließend lässt sich sagen, dass eine Fülle von Ideen und Konzepten auf einer hohen Abstraktionsebene angesiedelt sind. Diese geben allgemein das Ziel vor, den Fokus mehr auf den Nutzer und dessen Interaktion mit seinem Umfeld zu legen, als es bisher der Fall ist. Recherchiert man weiter um herauszufinden wie man ein System benutzerzentriert, pervasiv und adaptiv gestaltet, kommt man auf einige Kernkonzepte der Personalisierung von Systemen, der Mensch-Maschine Interaktion, die hier dargestellt wurden, und der künstlichen Intelligenz.

Aktuelle Forschungen zur computergestützten Interpretation der Emotionen werden in Zukunft ergänzt auf weitere Fragestellungen wie die der spontanen Emotionen, der Erfassung von Datenmaterial unter gestörten akustischen Bedingungen, sowie der Berücksichtigung von Sprecherzuständen (Müdigkeit, Schmerzeinfluss, etc.) [35]. RFID-Tags in Kleidungsstücken und Sensor-Netze führen zu einer zunehmenden Durchdringung der Realität mit kleinen und vernetzten Geräten [13]. QR („Quick Response“)-Codes auf Werbeplakaten und in Musikstücken, immer größer werdende Datenbanken mit persönlichen Informationen leisten ihren Beitrag zur Identifikation von Objekten und Menschen.

Weitere Forschungen und Fragestellungen ergeben sich auch in Richtung einer Adaption an Gruppen und Massen. So untersucht [14] komplexe adaptive Systeme in Auto-Ansammlungen.

Die Möglichkeiten zur Nutzung der unterschiedlichen Technologien für benutzerzentrierte pervasiv adaptive Systeme sind groß. Doch stellt sich auch die Frage, wie weit die Adaption an den Nutzer gehen soll, ohne dessen Autonomie zu gefährden. Denn das System trifft eine Art Vorauswahl oder nimmt ihm die Arbeit ab, anstatt ihn selbst aus dem Handlungsspielraum wählen zu lassen. Das ist besonders ein Problem, wenn ein unvollständiges Benutzermodell vorliegt, das System zu großen Wert auf dessen Daten legt und dadurch unzutreffende Schlussfolgerungen trifft.

Zuletzt sind ethische Gesichtspunkte in den pervasiven Systemen zu beachten. Im Mittelpunkt stehen dabei die Vertraulichkeit der Daten und die Privatsphäre des Nutzers. Denn die allgegenwärtigen und nahezu unbemerkten Systeme erfassen Umgebungs- und Benutzerdaten, tauschen diese über Netzwerke aus, analysieren die Informationen, und reagieren entsprechend. Fragen die auftauchen sind zum Beispiel wie der Benutzer steuern kann welche Daten erhoben werden, oder wie er aus dem allgegenwärtigen System aussteigen kann.

Dazu Mark Weiser: *We cannot expect technology alone to solve ethical dilemmas. Technology is a tool made by people to meet people's needs. Like all tools, it can be used in ways undreamed of by the inventor. Like all tools, it will change the user in unexpected and profound ways.* [44]

## LITERATUR

- [1] Gilbert Beyer, Moritz Hammer, Christian Kroiss, Andreas Schroeder. A component-based approach for realizing user-centric adaptive systems. Technischer bericht, Ludwig-Maximilians-Universität München, 2009.
- [2] P. Brusilovsky, A. Kobsa, W. Nejdl, SpringerLink (Online service). *The Adaptive Web Methods and Strategies of Web Personalization*. Springer, 2007.
- [3] John Canny. Research proposal for hcc. <http://www.cs.berkeley.edu/>Aufgerufen am 18.05.09.
- [4] John Canny. Human-center computing. In: *Report of the UC Berkeley HCC Retreat*, 2001.
- [5] John Carroll. Human-computer interaction: Psychology as a science of design. *Annual Review of Psychology*, 46:501–522, 2001.
- [6] G. Castellano, L. Kessous, G. Caridakis. Multimodal emotion recognition from expressive faces, body gestures and speech. 2007.
- [7] Luis Castillo, Eva Armengol, Eva Onaindía, Laura Sebastiá, Jesús González-Boticario, Antonio Rodríguez, Susana Fernández, Juan D. Arias, Daniel Borrajo. *samap: An user-oriented adaptive system for planning tourist visits*. Pergamon Press, Inc., Tarrytown, NY, USA, 2008.
- [8] Johann Bourcier Philippe Lalanda Clement Escoffier, Jonathan Bardin. Developing user-centric applications with h-omega. 2009.
- [9] T. Dean, M. Boddy. An analysis of time-dependent planning. In: *Proceedings of the seventh national conference on artificial intelligence*, 1988.
- [10] P. Dolog, W. Nejdl. Challenges and benefits of the semantic web for user modelling. 3, 2003.
- [11] K. Ducatel, M. Bogdanowicz, F. Scapolo, J. Leijten, JC Burgelman. Ambient intelligence: From vision to reality. *IST Advisory Group Draft Rep., Eur. Comm*, 2003.
- [12] Z. Duric, W.D. Gray, R. Heishman, F. Li, A. Rosenfeld, M.J. Schoelles, C. Schunn, H. Wechsler. Integrating perceptual and cognitive modeling for adaptive and intelligent human-computer interaction. *PROCEEDINGS-IEEE*, 90(7):1272–1289, 2002.
- [13] Deborah Estrin, David Culler, Kris Pister, Gaurav Sukhatme. Connecting the physical world with pervasive networks. *IEEE Pervasive Computing*, 1(1):59–69, 2002.
- [14] Alois Ferscha, Andreas Riemer. Pervasive adaptation in car crowds. In: *First International Workshop on User-Centric Pervasive Adaptation (UCPA) at MOBILWARE 2009, Berlin, Germany*. Lecture Notes in ICST (LNICST), 2009.
- [15] Jim Flanagan, Tom Huang, Patricia Jones, Simon Kasif. Final report - human-centered systems: Information, interactivity, and intelligence. 1997.
- [16] Mark Gasson, Kevin Warwick. D12. 2: Study on emerging ami technologies, 2007.
- [17] J. Greenbaum, M. Kyng. *Design at work: Cooperative design of computer systems*. L. Erlbaum Associates Inc. Hillsdale, NJ, USA, 1992.
- [18] Nicole Harris. Presentation at the openid event. 07 2007.
- [19] T.T. Hewett, R. Baecker, S. Card, T. Carey, J. Gasen, M. Mantei, G. Perlman, G. Strong, W. Verplank. ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction, S. 2004, 1996.
- [20] HTC. New htc touch diamond2 and htc touch pro2 signal a new wave in communication. <http://www.htc.com/de/press.aspx?id=83956&lang=1033>, 2009. Aufgerufen am 30.05.09.
- [21] Alejandro Jaimes, Nicu Sebe, Daniel Gatica-Perez. Human-centered computing: a multimedia perspective. S. 855–864, 2006.
- [22] Anthony Jameson. *The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies and emerging applications (2nd ed.)*, Kap. Adaptive interfaces and agents, S. 433–458. 2008.
- [23] Ashish Kapoor, Eric Horvitz. Experience sampling for building predictive user models: a comparative study. S. 657–666, 2008.
- [24] A. Kobsa, W. Wahlster. User models in dialog systems, 1989.
- [25] L.L. Lipp. *Interaktion zwischen Mensch und Computer im Ubiquitous Computing: Alternative ein- und Ausgabemöglichkeiten für allgegenwärtige Informationstechnologien*. Lit Verlag, 2004.
- [26] Marin Litoiu, Murray Woodside, Tao Zheng. Hierarchical model-based autonomic control of software systems. *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, 30(4):1–7, 2005.

- [27] Dejian Meng, Stefan Poslad. A reflective context-aware system for spatial routing applications. S. 54–59, 2008.
- [28] Hausi Müller, Mauro Pezzè, Mary Shaw. Visibility of control in adaptive systems. In: *ULSSIS '08: Proceedings of the 2nd international workshop on Ultra-large-scale software-intensive systems*, S. 23–26, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [29] Michael J. Muller, Sarah Kuhn. Participatory design. *Commun. ACM*, 36(6):24–28, 1993.
- [30] D.A. Norman. *The design of everyday things*. New York: Doubleday, 1990. (Ursprünglich veröffentlicht unter *The psychology of everyday things*. New York: Basic Books, 1988.).
- [31] D.A. Norman, S.W. Draper. *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*. L. Erlbaum Associates Inc. Hillsdale, NJ, USA, 1986.
- [32] G.A. Perdikaris. *Computer controlled systems: theory and applications*. Kluwer Academic Pub, 1991.
- [33] B. Preim. *Entwicklung interaktiver Systeme*. Springer, 1999.
- [34] FORSIP Research Project. sikowo- situative und personalisierte kommunikation mit wohnkomfortregelsystemen. [http://www.forsip.de/images/de/p\\_sikowo\\_popup\\_slice1.gif](http://www.forsip.de/images/de/p_sikowo_popup_slice1.gif), 2004. Aufgerufen am 05.05.09.
- [35] Björn W. Schuller. *Mensch, Maschine, Emotion - Erkennung aus sprachlicher und manueller Interaktion*. VDM Verlag Dr. Müller, 2007.
- [36] N. B. Serbedzija, Ribaric M., Tomasevic N., Beyer G. Simulating adaptive control in multimedia applications. In: *1st PerAda Workshop at SASO 2008*, 2008.
- [37] Nikola Serbedzija. Engineering affective systems. In: *PA Summer School*, 2008.
- [38] Nikola Serbedzija. First international workshop on user-centric pervasive adaptation. In: *Mobilware 2009*, 2009.
- [39] Ali A. Nazari Shirehjini. Klassifikation der human-environment-interaction in intelligenten umgebungen. 2006.
- [40] D. C. Smith, C. Irby, R. Kimball, W. L. Verplank, E. Harslem. *Designing the star user interface*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1987.
- [41] Andries van Dam. Post-wimp user interfaces. *Commun. ACM*, 40(2):63–67, 1997.
- [42] W. Wahlster, W. Tack. *Sfb 378: Ressourcenadaptive kognitive prozesse*. Univ. des Saarlandes, FB 14, Informatik IV, 1998.
- [43] M. Weiser. The computer for the 21 st century. In: *Scientific American*, S. 94–104, 1991.
- [44] M. Weiser. The technologist's responsibilities and social change. *Computer-Mediated Communication Magazine*, 2(4):17, 1995.
- [45] Martin Wirsing, Gilbert Beyer, Moritz Hammer, Christian Kroiss, Andreas Schroeder. Reflect-first year report: Requirements and design. Technischer bericht, LMU München, 2009.