

Abschnitt I

1. Einleitung

Unsere Gesellschaft entwickelt sich in einem hohen Tempo von einer industriell geprägten Gesellschaft zu einer Gesellschaft, in der Information und Dienstleistung, also der so genannte tertiäre Wirtschaftsbereich, eine immer größere Rolle spielen. Verursacht und begünstigt wurde diese Entwicklung durch die stetig steigende Verfügbarkeit von informationsverarbeitenden Geräten, den Computern. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie in der Lage sind, dem Menschen Aufgaben abzunehmen und automatisch oder sogar autonom auszuführen. Mit der Effizienzsteigerung der Computer geht auch eine immer größer werdende Bedeutung der Geräte einher. Der Nutzen der Maschinen entsteht jedoch erst in der Interaktion mit dem Menschen, der die Aufgabenbearbeitung initiiert und die Ergebnisse in einen größeren Kontext stellt. Mensch und Maschine bilden somit ein System, in dem ihre Interaktion einen determinierenden Faktor für die Effizienz der Zielerreichung darstellt. Je weniger Reibungsverluste bei der Interaktion entstehen, desto größer ist der Nutzen des Gesamtsystems. Im Rahmen der Anstrengungen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Bedienbarkeit von Mensch-Maschine-Systemen zeichnet sich seit einiger Zeit ein Paradigmenwechsel ab. Wurde in der Vergangenheit überwiegend versucht, Menschen durch gezielte Schulungsangebote und Übungsmaßnahmen an die Maschinen anzupassen, so zeichnet sich heute ein Trend ab, nach dem die Maschinen zunehmend flexibler und in die Lage versetzt werden, sich in einem gewissen Rahmen an die individuellen Eigenschaften eines Menschen anzupassen.

Die Interaktion von Mensch und Computer sollte dabei möglichst natürlich gestaltet werden und sich über verschiedene Kommunikationskanäle erstrecken, ähnlich wie dies auch bei der personalen Kommunikation der Fall ist. In der vorliegenden Arbeit wird die Pupillenbewe-

gung (d. h. die Größenänderung der Pupille) als ein Aspekt unwillkürlicher nonverbaler Kommunikation herausgehoben und auf seine Eignung zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion näher untersucht (bioanaloge Steuerung). Über die Pupillenstellung soll der Computer das gegenwärtige Beanspruchungsniveau des Nutzers selbstständig evaluieren und seinen Output entsprechend anpassen können. Ziel dieser Arbeit ist die Beantwortung der Frage, ob die systematische Pupillenanalyse geeignet ist, die mentale Beanspruchung eines Computernutzers in Echtzeit (Online) zu erfassen, d.h. die momentane mentale Beanspruchung eines Menschen während der Aufgabenbearbeitung bzw. der Interaktion in der Anwendungssituation bestimmen zu können. Die Anwendungssituation ist dabei auf einen Computernutzer an einem Computerarbeitsplatz beschränkt.

Die Abwicklung von Interaktionen zwischen Mensch und Computer erfolgt über verschiedene Ein- und Ausgabekanäle. Bei der Verbesserung multimodaler Computersysteme wird das Ziel angestrebt, die Bandbreite der Kommunikation zu erhöhen und sie natürlicher zu gestalten. Gleichzeitig muss indes auch angestrebt werden, die Kommunikation robuster zu machen und somit möglichst gut gegen Störungen abzusichern. Hierbei werden verbale und nonverbale Möglichkeiten der Kommunikation genutzt. Eine bioanaloge Computersteuerung würde folglich in den Bereich der nonverbalen Kommunikation fallen. Auch wenn der bioanaloge Kanal als Möglichkeit der Computersteuerung hier eher isoliert betrachtet werden soll, um die möglichen Potenziale dieser Kommunikationsform zu erforschen, ist er in der praktischen Anwendung lediglich als ein Bestandteil einer Gesamtkommunikation anzusehen. Das Gesamtsystem des multimodalen Computers stellt ein Werkzeug dar, welches das Verhalten des Nutzers erkennen und interpretieren soll, um ihn bei seinen Arbeitsprozessen zu unterstützen.

Multimodal bedeutet nach Schomaker, Muench und Hartung (1995), dass den Output-Kanälen des Computernutzers Input-Modalitäten des Computers gegenüber stehen. Der Com-

puter wiederum verfügt über Output-Medien, die ihrerseits auf die Input-Modalitäten des Menschen treffen. In diesem Modell erweitert die bioanaloge Computerschnittstelle die Output-Kanäle des Computernutzers um eine pupillometrische Schnittstelle.

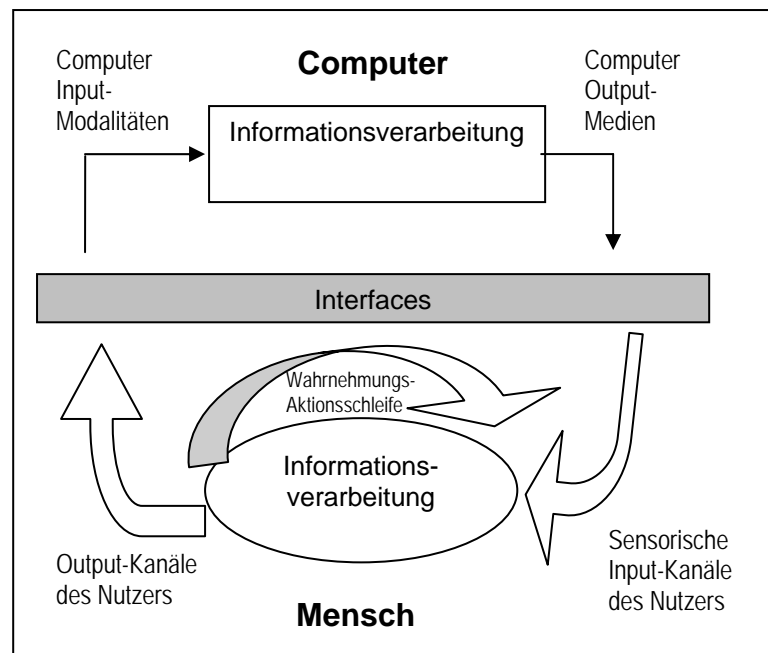


Abbildung 1: Modell der multimodalen Mensch-Computer-Interaktion nach Schomaker et al. (1995)

Die Output-Kanäle des Nutzers sind über eine Feedback-Schleife direkt mit seinen sensorischen Input-Kanälen verbunden. Diese Feedbackschleife wird als intrinsische Wahrnehmungs-Aktions-Schleife bezeichnet. Sie steht für die direkte Rückkopplung über die Sinneskanäle des Menschen.

Bei der vorliegenden Untersuchung werden die Output-Kanäle des Menschen und insbesondere die Pupille als eigener Output-Kanal betrachtet. Bislang gebräuchlich ist die aktive Steuerungseingabe per Maus oder Tastatur, in zunehmendem Maße auch die Steuerung über die Stimme. Über die Input-Modalitäten des Computers können die Signale aufgenommen wer-

den und nach der Verarbeitung einen neuen Output erzeugen. Dieser wird dann über verschiedene Schnittstellen wie Monitor, Drucker etc. an die sensorischen Input-Kanäle des Nutzers ausgegeben. Die Möglichkeiten einer bioanalogen Prozesssteuerung ergänzen das System um einen weiteren Output-Kanal. Die Pupillenanalyse wird über die Computermodalität Kamera abgenommen und in den Verarbeitungsprozess integriert.

Die Pupillenanalyse scheint deshalb als ein bioanaloger Parameter zur Steuerung von User-Interfaces besonders geeignet, da die Pupillenerweiterung bereits in vielen Studien als Korrelat zur mentalen Beanspruchung bestätigt wurde (z.B. Kahnemann, 1973). Dieser Effekt wurde unter anderem für Buchstabendekodierung (Beatty & Wagoner 1978), Satzverstehen (Just & Carpenter, 1993; Schluroff, 1982), Wortübersetzung (Hyönä, Tammola & Alaja, 1995), Radarüberwachung (Van Orden, Limbert, Makeig & Jung, 2001), Gedächtnisleistung (Granholm, Morris, Sarkin, Asarnow & Jeste, 1997; Kahnemann & Beatty, 1966; Klix, Van der Meer & Reuß, 1985; Peavier, 1974), Wahrnehmung und Aufmerksamkeit (Hakarem und Sutton, 1966; Kahnemann & Beatty, 1967; Pratt, 1970; Rößger, 1997) und Interfaceunterbrechung (Iqbal, Zheng & Bailey, 2004) aufgezeigt. Neben dem Effekt mentaler Beanspruchung auf die Pupillenweite ist als wesentlich stärkerer Effekt jedoch der Lichtreflex zu beachten.

Um das Beanspruchungsniveau eines Computernutzers valide über die Pupillenstellung abbilden zu können, ist es also notwendig, entsprechende Lichteinflüsse auf die Pupille zu kompensieren. Systematische Studien zu diesem Bereich fehlen derzeit jedoch fast gänzlich. Erste Versuche hat Rößger (1997) vorgelegt, die allerdings lediglich auf die Kompensation des Außenlichts bei Fahrversuchen angelegt waren und sowohl aus biologischen sowie aus methodischen Gründen für das in dieser Arbeit verfolgte Ziel nicht ausreichend sind. Pomplun und Sunkara (2003) haben mit ihren Untersuchungen zwar die Notwendigkeit der Lichtbereinigung von Pupillendaten an Monitorsystemen herausgearbeitet, ein konkretes Verfahren haben sie hierfür jedoch nicht entwickelt.