

Einsatz von Psychophysiologie in der Mensch-Computer Interaktion

Guido Kempster, Walter Ritter

Fachhochschule Vorarlberg, User Centered Technologies Research

Zusammenfassung

Dieser Beitrag will anhand von drei exemplarischen Computerapplikationen aufzeigen, unter welchen Bedingungen psychophysiologische Messdaten in der Mensch-Computer Interaktion vorteilhaft eingesetzt werden können. Die erste Applikation ist ein psychophysiologisches Testverfahren zur Überprüfung der Usability von Websites. Die Anwendung dieses Verfahrens auf drei Websites deckte Unterschiede in deren Usability auf, die mit herkömmlichen Ansätzen nicht lokalisiert werden konnten. Mit Hilfe der zweiten Applikation, eine Weiterentwicklung der alternativen Texteingabeapplikation „Dasher“, können Texte mittels gezielter Bauchmuskelbewegungen geschrieben werden. Die Testanwendung zeigt jedoch, dass hiermit einfache Texte deutlich weniger schnell geschrieben werden können als mit der ebenso ungewohnten Dvorak-Tastatur. Die dritte Computerapplikation ist ein bekanntes Memory-Spiel, auf dessen grafischer Benutzeroberfläche sich Elemente auf der Grundlage der kontinuierlich erhobenen psychophysiologischen Messdaten fortlaufend auf kaum wahrnehmbarem Niveau ändern. Im Vergleich zu unveränderlichen und vorprogrammiert veränderlichen Grafikelementen bewirkt diese Computerapplikation eine deutliche Leistungssteigerung hinsichtlich des Spielziels. Die Gründe für die unterschiedliche Bewertung des Einsatzes psychophysiologischer Messdaten in der Mensch-Computer Interaktion werden diskutiert.

1 Einleitung

In den letzten Jahren können zunehmende Bemühungen zur Implementierung von psychophysiologischen (pp) Benutzerdaten in die Mensch-Computer Interaktion (MCI) beobachtet werden. Neben den technologischen Entwicklungen ist es insbesondere der Fortschritt in der Erforschung und praktischen Anwendung von pp-Indikatoren des Herz-Kreislaufsystems, der Gehirnrinde, Pupillen, Schweißdrüsen und peripheren Muskeln der es ermöglicht, dass diese Benutzerdaten z.B. erfolgreich zur Steuerung von Computeranwendungen verwendet (Brandherm et al. 2005; Kempster et al. 2005) oder eindeutige Rückschlüsse von pp-Begleitreaktionen während der MCI auf die Usability der Benutzeroberfläche gezogen werden können (Izsó et al. 2005; Kempster & Roux 2004). Zu diesen Fortschritten zählt u.a. die Ausarbeitung der unterschiedlichen kommunikativen Grundsätze der pp-Phänomene und des ä-

ßerlich beobachtbaren Benutzerverhaltens. So besitzt das augenscheinliche kommunikative Verhalten eine symbolisch-kodierte und konventionelle Bedeutung, die einer erlernten arbiträren Interpretation bedarf. Sie wird primär von bewusst-rationalen Prozessen des Individuums gesteuert und zielt in der MCI auf distinkte Effekte ab (Kempter et al. 2003). Im Gegensatz dazu besitzt das pp-Geschehen prinzipiell eine universelle also für alle Menschen in gleicher Weise gültige Bedeutung bzw. Funktion mit kontinuierlichen Übergängen, die in der MCI grundsätzlich weder beobachtbar noch willkürlich steuerbar sind (ebd.).

Obwohl pp-Phänomene, wie z.B. das beobachtbare Erröten des menschlichen Gesichts und das willkürlich steuerbare Biofeedback, von diesen kommunikativen Grundsätzen teilweise abweichen können, gehen wir davon aus, dass die Vorteile von pp-Messdaten in der MCI erst dann voll zum Tragen kommen, wenn die genannten Grundsätze ausreichend berücksichtigt werden. Unserer Ansicht nach macht es einen theoretischen, methodischen und technologischen Unterschied, ob in der MCI die pp-Begleiterscheinungen als Ausdruck bewusster, arbiträrer und distinkter psychologischer Prozesse oder als Ausdruck nicht bewusster, universaler und kontinuierlicher psychologischer Prozesse verwendet werden. In diesem Beitrag stellen wir drei Computerapplikationen vor, welche die pp-Messdaten auf unterschiedliche Weise verwenden. Die erste Applikation verwendet pp-Messdaten als emotionale Usability Indikatoren, die zweite Applikation verwendet die Messdaten zur expliziten Auswahl von Buchstaben und die dritte Applikation verwendet die Messdaten zur impliziten Veränderung der grafischen Bedienoberfläche. Die Evaluation dieser Computerapplikationen soll zeigen, wie pp-Messdaten vorteilhaft für die MCI eingesetzt werden können.

2 Psychophysiologische Usability Testung

Im Zuge von Usability Testungen werden äußerlich beobachtbare Verhaltensweisen, verbale Beurteilungen, Leistungsmaße und immer mehr auch pp-Messgrößen von Benutzern der zu überprüfenden Mensch-Computer Schnittstelle (MCS) erhoben, um darüber Auskunft geben zu können, inwiefern die Computeranwendungen ausgesuchten Usability Kriterien entsprechen (Wandke 2004). Im Rahmen dieser Teiluntersuchung soll eruiert werden, welche Vorteile die psychophysiologische Usability Testung im Vergleich zur Fragebogenbeurteilung mit sich bringt und welche Nachteile in Kauf genommen werden müssen.

2.1 Vorteile psychophysiologischer Usability Indikatoren

Psychophysiologische Messgrößen sind dann von besonderem Nutzen, wenn sie mit psychologischen Vorgängen parallel laufen, die in den anderen Usability Messgrößen nicht beobachtbar sind. Dies ist vor allem bei nicht bewussten und nicht verbalisierbaren psychischen Prozessen der Fall (Kempter & Bente 2004). Die pp-Messdaten spielen aber auch als Indikatoren bewusster psychologischer Prozesse eine wichtige Rolle, nämlich dann, wenn andernfalls die experimentelle Erfassung relevanter Daten die betreffenden Prozesse in größerem Ausmaß störend beeinflusst. Wenngleich während des Anbringens die Messfühler von den Testpersonen (Tp) zunächst als gewöhnungsbedürftig empfunden werden, führt die pp-Messdatenerfassung selbst in der Regel kaum zu einer Beeinträchtigung des natürlichen

Verhaltens. Denn die Messinstrumente können auch so angebracht werden, dass die Tp völlige Bewegungsfreiheit besitzen und während einer MCI alles machen können, was sie im natürlichen Alltag ebenfalls tun würden (Fahrenberg et al. 2002).

Die pp-Datenerfassung hat aufgrund der Möglichkeit, während des gesamten Zeitraums einer MCI entsprechende Indikatoren zu registrieren, einen weiteren entscheidenden Vorteil. Die Anwendung dieses Messverfahrens kann nämlich zur Bewältigung des Problems jeder kontinuierlichen Erfassung psychischer Prozesse beitragen, dass nicht alle Computerbenutzer an sich selbst die gleichen inneren Vorgänge beobachten oder für vergleichbare Prozesse identische Umschreibungen verwenden. Bei der Analyse von pp-Verlaufsdaten kann indes ein näherungsweise Vergleich gewährleistet werden, da die Biosignale mehrerer Tp während der Durchführung gleicher Aufgaben einander gegenüber gestellt werden können (Kempter & Bente 2004). Die Auswertung kann dann Auskunft über die relative Ausprägung relevanter Effekte bei allen Individuen zu einem bestimmten Zeitpunkt geben. Mit der pp-Messdatenerfassung kann darüber hinaus auch das ansonsten unabwendbare Problem umgangen werden, dass Computerbenutzer nicht in der Lage sind, sich über einen längeren Zeitraum mit gleicher Aufmerksamkeit selbst zu beobachten. Außerdem vergessen sie ihre Beobachtungen im Laufe der Zeit, was besonders bei länger andauernden Usability Testungen oft der Fall ist. Zum Zweck einer zeitlich umfassenden und spezifisch vergleichenden Beschreibung kann hingegen bei der Analyse von pp-Verlaufsdaten jedes wiederholte Auftreten eines bestimmten Musters an Körperreaktionen im Gesamtverlauf aller Biosignale gezielt gesucht und schließlich theoriegeleitet weiter verwertet werden (ebd.).

2.2 Evaluation des psychophysiologischen Messsystems

Zwecks Evaluation des psychophysiologischen Usability Testverfahrens von UCT Research wurde eine Überprüfung von drei kommerziellen Websites mit 18 Tp (neun Frauen und neun Männer im Alter zwischen 19 und 53 Jahren) durchgeführt. Die Tp benutzten alle Websites im Full-Screen Modus sequentiell und nach einem vorgegebenen Nutzungsszenario. Die Reihenfolge der Websites wurde bei jeder Tp geändert, um eventuelle Reihenfolgeeffekte in den pp-Reaktionen und der Fragebogen-Beurteilung zu vermeiden. Die Tp wurden aufgefordert sich während der Nutzung die von ihnen bemerkten Stärken und Schwächen der Websites, in den im Fragebogen beschriebenen Kriterien, zu merken. Der Fragebogen, mit acht Usability Items zur subjektiven Bewertung der Benutzerfreundlichkeit einer Website, wurde von den Tp im Anschluss an die Benutzung einer Website ausgefüllt.

Das pp-Messsystem erfasste u.a. die Hautleitfähigkeit in der Handinnenfläche als auch die Blickrichtung und Pupillenweite über den gesamten Untersuchungszeitraum mit einer Abtastrate von 50 Hertz. Ferner wurden die URLs der jeweils von den Tp genutzten Webseiten aufgezeichnet, um gemeinsam mit den Blickdaten Auskunft geben zu können, wann die Tp ihren Blick auf ein bestimmtes Webseitenelement gelenkt haben. Auf diese Weise können die pp-Reaktionen in den erfassten Kenngrößen, unter Berücksichtigung der jeweiligen Latenzzeiten, eindeutig den betrachteten Webseitenbereichen zugeordnet werden.

2.3 Evaluationsergebnisse

In der Datenauswertung wurden für jede Webseite die gemittelten pp-Reaktionen auf den betrachteten Randbereich und Zentrumsbereich des Bildschirms ermittelt. In Abbildung 1 sind die entsprechenden Mittelwerte der Hautleitfähigkeitsreaktionen auf die durchnummerierten Webseiten dargestellt. Sowohl ein Vergleich zwischen den drei Websites ($F = 1.514$, $p = 0.027$) als auch ein Vergleich aller Webseiten innerhalb einer Website ($F_1 = 1.866$, $p = 0.002$; $F_2 = 1.526$, $p = 0.025$; $F_3 = 2.723$, $p < 0.001$) zeigt statistisch signifikante Unterschiede. Verwendet man die Hautleitfähigkeitsreaktion als Indikator für das Ausmaß der emotionalen Reaktion auf den wahrgenommenen Webseiteninhalt (vgl. Kempter & Bente 2003), dann können mittels visueller Inspektion der Abbildung 1 jene Webseiten mit stark und schwach emotionalisierenden Inhalten eindeutig lokalisiert werden. Im Gegensatz dazu zeigte die Fragebogenauswertung keinen statistisch signifikanten Unterschied ($F = 1.109$, $p = 0.091$) in der Bewertung der Websites durch die Tp.

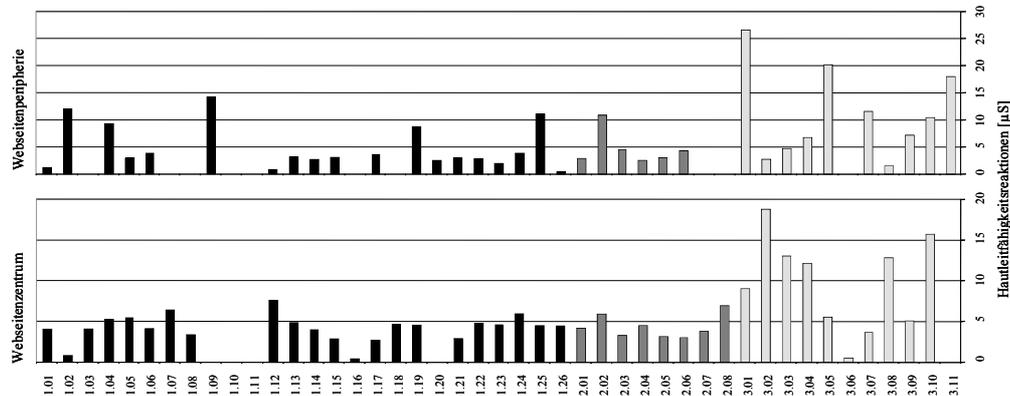


Abbildung 1: Mittleres Ausmaß an Hautleitfähigkeitsreaktionen auf den Randbereich und den zentralen Bereich von ausgewählten Webseiten dreier Websites kleinerer Dienstleistungsunternehmen.

Die vorab erwähnten Vorteile der pp-Messdaten in der Usability Testing lassen sich aufgrund der Evaluationsergebnisse teilweise bestätigen. Vorteilhaft ist insbesondere die Möglichkeit zur weitgehend störungsfreien Aufdeckung von nicht bewussten, emotionalen Usability Aspekten, die z.B. mit Fragebogendaten nicht erreicht werden kann. Inwiefern der relativ große Aufwand der pp-Evaluation diese Vorteile rechtfertigt, hängt u.a. von den zu optimierenden Eigenschaften und dem Entwicklungsstand der MCS ab. Der Aufwand von pp-Messungen ist aber vor allem bei einem vergleichenden Überblick über die psychologischen Effekte großer Mengen an Elementen der Bedienoberfläche gerechtfertigt. Sehr wichtig scheint bei diesem Evaluationsansatz die Kombination mehrerer pp-Messgrößen zu sein, ohne die die Aussagekraft der pp-Messdaten deutlich eingeschränkt wird.

3 Texteingabe mittels Biofeedback Anwendung

Eine weitere Möglichkeit des Einsatzes von pp-Benutzerdaten in der MCI besteht in der Anwendung des Biofeedback Paradigmas. Biofeedback Anwendungen sind allgemein dadurch gekennzeichnet, dass prinzipiell nicht beobachtbare und nicht willkürlich beeinflussbare physiologische Phänomene des eigenen Körpers über ein audio-visuelles Feedback der Ausprägung eines solchen Phänomens und eine systematische Anleitung zur Einflussnahme auf diese Feedbacksignale teilweise bewusst kontrollierbar werden (vgl. Bruns & Praun 2002). Dieses Paradigma wird in der MCI auch dazu verwendet, um mit Hilfe der bewussten und gezielten Veränderung der eigenen Biosignale und der grafischen Umsetzung dieser Biosignale auf einem Computermonitor die Texteingabe ohne Gebrauch der Hände zu ermöglichen (Hinterberger et al. 2004), was z.B. im Kontext der Barrierefreiheit von Bedeutung ist. In dieser Teiluntersuchung soll überprüft werden, ob pp-Messdaten in diesem Zusammenhang Vorteile gegenüber herkömmlichen Benutzereingaben mit sich bringen.

3.1 Evaluation des Bauchmuskel-Dashers

Die Computerapplikation „Dasher“ ist eine dynamische Form der Bildschirmtastatur, die von der Inference Group an der Universität Cambridge entwickelt wurde (MacKay 2003). Bei dieser alternativen Texteingabe werden die Buchstaben des Alphabets grafisch innerhalb von Rechtecken angezeigt, die an Größe kontinuierlich zunehmen (siehe Abbildung 2). Die Geschwindigkeit der Größenzunahme eines Rechtecks hängt anfangs von der Wahrscheinlichkeit des darin befindlichen Buchstabens ab, als nächster Buchstabe im Wort bzw. Satz zu folgen. Sobald ein Rechteck die vertikale Mittellinie überschreitet, ist der darin befindliche Buchstabe ausgewählt. Der Zeiger ist als horizontale Linie visualisiert, die wie ein Uhrzeiger im Kreis ursprünglich mit der Maus bewegt werden kann. Wenn das Ende dieses Zeigers auf einen Buchstaben ausgerichtet wird, dann nimmt die Größe des entsprechenden Rechtecks am schnellsten zu. Der Buchstabe überschreitet dann auch als erster die vertikale Mittellinie. Der Dasher wurde von UCT Research dahingehend abgeändert, dass die Auswahl der Buchstaben mittels eines Dehnungsgurtes erfolgen kann, der die Bauchmuskelbewegungen der Benutzer misst. Beim Einatmen bzw. bei Ausdehnung des Bauches bewegt sich der Zeiger nach oben und beim Ausatmen bzw. Einziehen des Bauches bewegt sich der Zeiger nach unten. Sobald der Zeiger hinter der vertikalen Mittellinie platziert ist, wird ein Buchstabe nach dem anderen wieder zurückbewegt.

Um dieses durch Biofeedback erweiterte Texteingabesystem zu evaluieren, wurden Tp gebeten mit diesem sog. Bauchmuskel-Dasher als auch mittels Tastatur im ungewohnten Dvorak-Layout nacheinander mehrere kurze Texte zu schreiben. Es handelte sich um zehn kurze Sätze die zuerst gelernt und anschließend so schnell wie möglich geschrieben werden mussten. Die Texte enthielten nur Kleinbuchstaben und keine Satz- und Sonderzeichen (z.B. das paket wurde falsch zugestellt). Insgesamt nahmen zehn Tp (vier Frauen und sechs Männer im Alter zwischen 27 und 47 Jahren) an der Untersuchung teil. Die eine Hälfte der Tp begann mit dem Bauchmuskel-Dasher, die andere Hälfte begann mit der Dvorak-Tastatur. Die Verwendung des Bauchmuskel-Dashers konnte zuvor zirka fünf Minuten eingeübt werden.

3.2 Evaluationsergebnisse

Die Ergebnisse im Diagramm der Abbildung 2 zeigen, dass die Tp mit der Dvorak-Tastatur eine mehr als doppelt so hohe Texteingabegeschwindigkeit erzielten als mit dem Bauchmuskel-Dasher ($M_1 = 29.5$; $M_2 = 73.6$; $p < 0.001$). Darüber hinaus kann beobachtet werden, dass im Gegensatz zum Bauchmuskel-Dasher bei der Verwendung der Tastatur ein Übungseffekt wirksam wird. Die Texteingabegeschwindigkeit bei Verwendung der Tastatur steigt von 64 Zeichen pro Minute auf 88 Zeichen pro Minute, während sie bei Verwendung des Bauchmuskel-Dashers annähernd bei 30 Zeichen pro Minute bleibt.

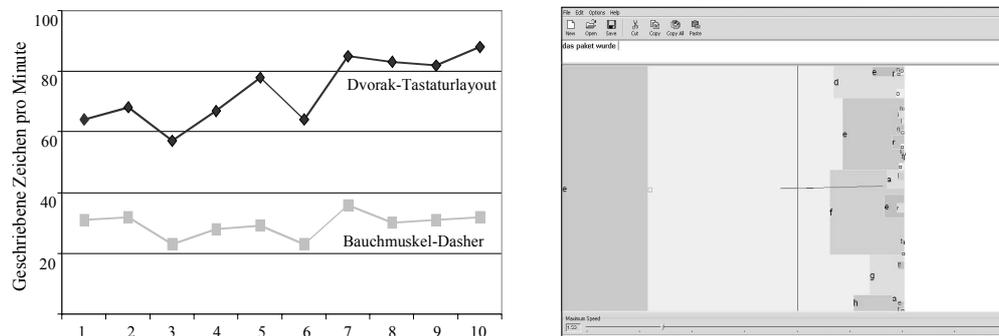


Abbildung 2: Das linke Diagramm zeigt die mittlere Anzahl geschriebener Zeichen pro Minute in zehn aufeinanderfolgenden Texteingabesituationen mit Dvorak-Tastaturlayout (auf Cherry Keyboard) und dem Bauchmuskel-Dasher. Auf der rechten Seite ist die Bedienoberfläche des Bauchmuskel-Dashers während einer Texteingabe abgebildet.

Der Übersetzungsprozess von kontinuierlichen, nicht bewussten und unwillkürlichen physiologischen Phänomenen in distinkte, bewusste und explizit eingesetzte kommunikative Verhaltensweisen scheint sich nachteilig auf die Effizienz dieser Biofeedback-Applikation auszuwirken. Wir nehmen an, dass in dieser Form die Vorteile des Einsatzes von Psychophysiologie in der MCI kaum zum Tragen kommen können. Darüber hinaus dürfte der erwünschte Übungseffekt bei der Anwendung des Bauchmuskel-Dashers deshalb ausbleiben, weil für kontinuierliche Ausdruckserscheinungen in der MCI kaum Lernerfahrungen vorliegen.

4 Psychophysiologisch-adaptive Oberflächen

In der dritten Teiluntersuchung werden die pp-Messdaten nicht zur expliziten, sondern zur impliziten Ansteuerung der grafischen Bedienoberfläche (GBO) herangezogen. Im Gegensatz zur vorausgegangenen Computerapplikation soll somit kein Übersetzungsprozess von nicht bewussten und unwillkürlichen physiologischen Phänomenen in distinkt und bewusst eingesetzte kommunikative Verhaltensweisen notwendig sein. Wir vermuten, dass dadurch die Vorteile der Psychophysiologie für den Einsatz in der MCI stärker zum Tragen kommen.

4.1 Evolutionäre Anpassung in der MCI

GBOs enthalten u.a. Elemente, wie z.B. Hintergrundfarbe, Strichstärke und Schriftgröße, die ohne eine symbolisch-kodierte Bedeutung und erlernte arbiträre Interpretation ihre intendierte Wirkung in den Benutzern erzielen können. Wenn diese grafischen Elemente durch Benutzereingaben dynamisch verändert werden sollen, besteht die besondere Herausforderung darin, keine zusätzlichen symbolischen Zusammenhänge bzw. keine vorab von Entwicklern festgelegten Verknüpfungen zwischen Benutzereingaben und den grafischen Ausgaben einzuführen. Eine zusätzliche Schwierigkeit in der Umsetzung dieser MCI kommt dann hinzu, wenn die Benutzereingabe durch Messdaten natürlich auftretender pp-Phänomene erfolgen soll. Denn die pp-Messdaten sind dadurch gekennzeichnet, dass deren natürlichen Phänomene ohne genau festlegbarem Beginn und Ende, durchwegs spontan bzw. unerwartet als auch meist unterhalb der Wahrnehmungsschwelle aufscheinen (Kempton & Bente 2004).

In dieser Teiluntersuchung gilt es eine Computerapplikation zu evaluieren, deren GBO sich selbsttätig mit dem Ziel verändert, bestimmte pp-Reaktionen in Benutzern auszulösen. In der Natur wird der Prozess der Herausbildung solcher Reiz-Reaktionszusammenhänge durch die evolutionäre Anpassung des Ausdrucks an den Eindruck erklärt (Kempton et al. 2003), d.h., ein kommunikativer Reiz entwickelt sich, weil er ganz bestimmte Effekte im Rezipienten auszulösen imstande ist und, weil sich dieser Auslösemechanismus in der Evolution als erfolgreich erwiesen hat. Auch die Anpassung der GBO an Benutzer kann bei entsprechenden Voraussetzungen als evolutiver Prozess betrachtet werden. Eine Voraussetzung ist, dass während der Benutzung fortlaufend das Systemverhalten eruiert wird, welches die optimale Reaktion im Benutzer auszulösen imstande ist. Im Rahmen dieser Untersuchung wollen wir diesen interaktiven Prozess auf einem computerbasierten Memory-Spiel umsetzen.

4.2 Evaluation eines computerbasierten Memory-Spiels

Das Ziel des Memory-Spiels besteht darin, aus einer Menge verkehrt und durchmischt aufgelegter Kartenpaare, die zueinander passenden Kartenpaare zu finden und dabei möglichst wenig Karten aufzudecken. Die variablen und anzusteuernenden Grafikelemente der GBO des vergleichbaren Computerspiels waren die Hinter- und Vordergrundfarben, Strichstärken, Schriftgröße und Schriftfarbe dieser Karten, deren Konfiguration als Bitmuster beschrieben wurde. Diese Bitmuster wurden während des Spiels in mehreren Durchläufen mittels evolutionärer Algorithmen (Mitchell 1996) verändert. Im ersten Durchlauf (= erste Generation) wurden nach dem Zufall sechs Bitmuster (= Individuen) erstellt, die dann kontinuierlich, jeweils in einem Zeitraum von fünf Sekunden, sequentiell ineinander übergeleitet wurden. Sobald der Spieler ein Kartenpaar aufdeckte, wurde das aktuelle Bitmuster mit dem Mittelwert der elektrodermalen Aktivität dieses Spielers, der im Verlauf der nachfolgenden fünf Sekunden errechnet wurde, zugeordnet. Die Errechnung der pp-Messgröße wurde vorzeitig beendet, falls der Spieler innerhalb dieses Zeitraums ein weiteres Kartenpaar aufdeckte.

Nach Ablauf einer Generation wurden die Bitmuster ermittelt, welche die stärkste elektrodermale Reaktion auszulösen imstande waren. Es wurde angenommen, dass die Gedächtnis- und Konzentrationsleistung der Spieler dann am höchsten sei, wenn die pp-Orientierungsreaktion am stärksten ausgeprägt ist (vgl. Kempton & Bente 2004). Die nächste Generation an Bitmustern wurde dann nach den Regeln der natürlichen Vererbung erzeugt. Diese quasi-

genetische Verarbeitung bestand darin, Teile der Bitmuster von zwei zweckdienlichen Konfigurationen zu kreuzen und Mutationen zu unterziehen. Die Kreuzung bestand darin, zwei Bitmuster jeweils an einem zufällig ermittelten Punkt zu teilen und dann die Teile gegeneinander auszutauschen. Die Mutation erfolgte in Form einer zufälligen Änderung eines einzelnen Bits. Aus zwei erfolgreichen Elternteilen der alten Generation entstanden so Kinder der neuen Generation. Dieser Prozess wurde so lange wiederholt, bis das Spiel beendet war.

Für die Studie wendeten 18 Tp (zehn Frauen und acht Männer im Alter zwischen 21 und 49 Jahren) das Computerspiel in vier verschiedenen Variationen an. Im Experiment 1 spielten die Tp mit einer Version, bei der sich die grafischen Elemente der GBO nach einem vorher definierten und fixen Muster veränderten, und einer Kontrollversion, bei der keine Veränderungen dieser Elemente durchgeführt wurden. Nach zwei Wochen spielten die Tp mit einer Version, bei der sich die grafischen Elemente entsprechend der pp-Reaktionen der Benutzer, wie oben beschrieben, veränderten als auch mit der Kontrollversion. Die Reihenfolge der Einzelanwendungen wurde gewechselt, um Reihenfolgeeffekte im Benutzerverhalten zu vermeiden.

4.3 Evaluationsergebnisse

In Abbildung 3 ist die gemittelte Anzahl der korrekt aufgedeckten Kartenpaare und damit die Spielleistung der Tp in den verschiedenen Spielversionen dargestellt. Im Experiment 1 war die Spielleistung mit der Kontrollversion signifikant höher als die Spielleistung mit der Version, bei der sich die grafischen Elemente der GBO nach einem vorab definierten und fixen Muster änderten ($M_{1,1} = 8.7$, $M_{1,2} = 6.7$; $p = 0.041$).

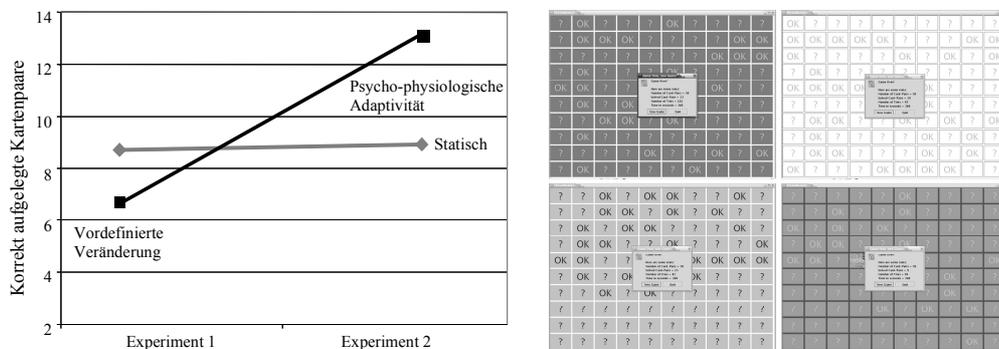


Abbildung 3: Das linke Diagramm zeigt die mittlere Anzahl korrekt aufgedeckter Kartenpaare in einem computerbasierten Memory-Spiel mit statischen, vordefiniert veränderlichen und psychophysiologisch adaptierten GBO-Elementen. Auf der rechten Seite sind vier exemplarische Endzustände der GBO abgebildet.

Im Experiment 2 deckten hingegen die Tp deutlich mehr korrekte Kartenpaare bei Anwendung der Spielversion mit den psychophysiologisch gesteuerten Veränderungen der grafischen Elemente auf als mit der Kontrollversion ($M_{2,1} = 8.9$, $M_{2,2} = 12.9$; $p = 0.018$). Ein Vergleich der Spielleistung mit der Kontrollversion des Computerspiels in Experiment 1 und 2

zeigt, dass diese Leistungssteigerung nicht ausschließlich auf Lerneffekte zurückgeführt werden kann. Es wird vielmehr angenommen, dass diese Leistungssteigerung auf die selbsttätige evolutionäre Anpassung der GBO an die pp-Belange der Benutzer zurückgeführt werden kann.

Die eingangs erwähnte Vermutung scheint sich zu bestätigen, dass die Implementierung von pp-Messdaten in MCS dann sehr vorteilhaft erscheint, wenn sie zur impliziten Steuerung von nicht-symbolischen Elementen der MCI herangezogen werden und es keiner Übersetzung in explizite kommunikative Verhaltensweisen bedarf. Der hier gewählte Ansatz birgt allerdings den Nachteil, dass aufgrund der fehlenden Konventionen ein allgemeingültiger Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgaben in der MCI nicht herstellbar ist.

5 Diskussion

Von den drei in diesem Beitrag dargestellten pp-Computerapplikationen hat sich insbesondere der Bauchmuskel-Dasher, in der Absicht die Psychophysikologie für die MCI nutzbar zu machen, als nachteilig erwiesen. Mit Hilfe dieser Applikation wurden pp-Benutzerdaten verwendet, um ausschließlich dichotome bzw. stufenweise, auf jeden Fall aber eindimensionale, genau abgegrenzte Mitteilungen zu treffen, die in sequenzieller Reihung zu komplexeren Sprachmitteilungen kombiniert werden können. Dies erfordert einen Übersetzungsprozess sowohl auf Seiten des Computersystems als auch auf Seiten des Benutzers. Das Computersystem muss eindimensionale pp-Ausprägungen durch adäquate interaktive Visualisierungen in einer mehrdimensionalen Entscheidungssituation umsetzen. Die Benutzer müssen ihrerseits einem ursprünglich kontinuierlichen und nicht bewusst eingesetzten pp-Phänomen ohne Semantik, willentlich einen willkürlichen dichotomen Bedeutungsgehalt verleihen. Übersetzungsprozesse wirken sich, wie die Ergebnisse zeigen, aber meist auch auf die Leistungsfähigkeit eines interaktiven Systems aus.

Der Einsatz von Psychophysikologie in MCS scheint sich dann vorteilhaft auszuwirken, wenn im Verlauf der wechselseitigen MCI die Kommunikationsebenen beibehalten werden, d.h., wenn in einem ausgewählten Kommunikationskanal die Eigenschaften der Benutzereingaben auch den Eigenschaften der Computerausgaben (z.B. auf der GBO) entsprechen. Die Evaluation der Usability von Websites in diesem Beitrag hat gezeigt, dass mit Hilfe von pp-Messungen nicht bewusst steuerbare und kontinuierlich variierende psychologische Phänomene (z.B. natürliche Emotionen) erfasst und abgebildet werden können. Bei Verwendung dieser Art von pp-Messdaten in der MCI wird die Kommunikationsebene z.B. dann beibehalten, wenn diese Eingabedaten subliminale und kontinuierliche Veränderungen in Kommunikationselementen des Computersystems bewirken, die nicht willkürlich symbolisch kodiert worden sind. Solche kommunikativen Signale können wiederum jene universalen Wahrnehmungsmechanismen in den Benutzern ansprechen, welche die gemessenen pp-Phänomene maßgeblich beeinflussen. Auf diese Weise schließt sich ein in sich konsistenter Regelkreis.

Literaturverzeichnis

- Brandherm, B.; Schultheis, H.; Wilamowitz-Moellendorff, M.v.; Schwartz, T.; Schmitz, M. (2005): Using physiological signals in a user-adaptive personal assistant Paper presentation at Human Computer Interaction International, 22-27 July, Las Vegas.
- Bruns, T.; Praun, N. (2002): Biofeedback. Ein Handbuch für die Therapeutische Praxis. Stuttgart: Schattauer. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Fahrenberg, J.; Rainer, L.; Friedrich, F. (2002); Alltagsnahe Psychologie. Datenerhebung im Feld mit Hand-Held PC und physiologischem Mess-System. Bern: Hans Huber.
- Hinterberger, T.; Schmidt, S.; Neumann, N.; Mellinger, J.; Blankertz, B.; Curio, G.; Birbaumer, N. (2004): Brain-computer communication with slow cortical potentials: Methodology and critical aspects. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 51(6), 1011-1018.
- Iszó, L.; Hercegfı, K.; Bali, K. (2005): INTERFACE: a physiologically based assessment of Human-Computer Interaction in a several second narrow time-window. Paper presentation at Human Computer Interaction International, 22-27 July, Las Vegas.
- Kempter, G.; Bente, G. (2004): Psychophysiologische Wirkungsforschung: Grundlagen und Anwendungen. In: Mangold, P., Vorderer, P. & Bente, G. (Hrsg.), *Lehrbuch der Medienpsychologie*, 271-295. Göttingen: Hogrefe.
- Kempter, G.; Roux, P. (2004): Psycho-physiological usability evaluation techniques. Paper presentation at International Congress of Psychology, 10-15 June, Peking.
- Kempter, G., Ritter, W. & Donschewa, M (2005): Evolutionary feature detection in interactive bio-feedback interfaces. Paper presentation at Human Computer Interaction International, 22-27 July, Las Vegas.
- Kempter, G.; Weidmann, K.H.; Roux, P. (2003): What are the benefits of analogous communication in human computer interaction? In C. Stephanidis (ed). *Universal access in hci: inclusive design in the information society*, 1427-1431. Mahaw: Lawrence Erlbaum.
- MacKay, D. (2003). Dasher – an efficient keyboard alternative. *Advances in clinical neuroscience & rehabilitation*, 3 (2), 24.
- Mitchell, M. (1996). *An introduction to genetic algorithms*. Massachusetts: MIT Press.
- Wandke, H. (2004): Usability Testing. In: Mangold, P., Vorderer, P. & Bente, G. (Hrsg.), *Lehrbuch der Medienpsychologie*, 325-354. Göttingen: Hogrefe.

Danksagung und Kontaktinformationen

Die dargestellten Arbeiten wurden mit finanzieller Unterstützung des Europäischen Fonds für Regionalförderung und des Landes Vorarlberg (A) durchgeführt. Für die inhaltliche Unterstützung danken wir insbesondere den Kolleginnen und Kollegen von UCT Research.

Guido Kempter
Hochschulstraße 1
A-6850 Dornbirn
kem@fhv.at, +43 5572 792 7300