

Let's get physical: Lässt sich User Experience physiologisch erfassen?

Nina Gerber

Forschungsgruppe für Arbeits- und Ingenieurpsychologie, Technische Universität Darmstadt; CASED

Zusammenfassung

Die Erfassung von User Experience über physiologische Signale wie elektrodermale Aktivität oder Herzfrequenz könnte eine wertvolle Ergänzung zu subjektiven Messverfahren darstellen. In der vorliegenden Studie wurde daher erstmals anhand einer größeren Stichprobe (N=42) untersucht, ob sich ein systematischer Zusammenhang zwischen verschiedenen Komponenten der User Experience bei der Interaktion mit einem Videospiel und elektrodermalen Aktivität, Aktivität der Gesichtsmuskulatur, Herzfrequenz, Herzratenvariabilität, Atemfrequenz sowie Konzentration des Antikörpers IgA im Speichel feststellen lässt. Für das gemeinsame Spiel mit einer befreundeten Person konnte dabei kein einheitliches Muster identifiziert werden, was sich vermutlich auf soziale Störfaktoren zurückführen lässt. Für das Spiel alleine zeigte sich jedoch ein ansatzweise konsistenter Zusammenhang zwischen Valenz und elektrodermalen Aktivität sowie Herz- und Atemfrequenz.

1 Einleitung

Technische Interfaces, die den physiologischen Zustand des Nutzers als Eingabeform verwenden, sind im medizinischen Kontext bereits seit langem etabliert und dienen dort beispielsweise als Hilfsmittel für körperlich eingeschränkte Personen oder zur Biofeedback-Therapie. Im Zuge der Weiterentwicklung von Sensortechnik, die immer günstiger und durch Einbettung in sogenannte „wearables“ auch einfacher zu tragen wird, rückt der Fokus der HCI-Forscher bzgl. physiologisch gesteuerten Interfaces nun auch immer mehr auf die Anwendung bei gesunden Nutzern (Fairclough et al. 2011). Ein denkbarer Anwendungskontext hierfür wäre *physiological computing*, eine neue Form der Human-Computer-Interaktion, bei der die physiologische Aktivität des Nutzers als Echtzeit-Eingabesignal für das System verwendet wird (Allanson 2002; Allanson & Fairclough 2004). Neben der reinen Anwendung als zusätzliche Eingabemöglichkeit kann die Erfassung der Nutzerphysiologie auch dazu verwendet werden, auf den emotionalen Zustand des Nutzers zu schließen – beispielsweise während der Interaktion mit einem Computerspiel – und das

System bzw. Spiel flexibel dem emotionalen Zustand entsprechend anzupassen (Duarte & Carriço 2012). Auch für die User Experience/Usability-Evaluation stellt dieser Ansatz eine mögliche Bereicherung dar, indem er eine objektivere Alternative zur Erfassung der emotionalen und kognitiven Prozesse des Nutzers bietet als die mehr oder weniger subjektiven Erfassungsmethoden wie Beobachtung oder Selbstauskunft (Kivikangas et al. 2011). Zwar wurde die Messung physiologischer Aktivität bislang primär für die Evaluation von Arbeitsgeräten eingesetzt, um Stress und mentale Beanspruchung der Anwender zu erfassen, aber Mandryk und Kollegen (2006) konnten zeigen, dass auch für die Anwendung bei sogenannten „Freizeit-Technologien“ einiges Potenzial besteht.

Während in der psychologischen Forschung schon länger der Ansatz verfolgt wird, physiologische Werte zur Messung von Emotionen einzusetzen (z.B. Ekman et al. 1983; Bradley & Lang 2007), fehlt es bislang noch an aussagekräftigen Studien zum Zusammenhang von physiologischen Kennwerten und verschiedenen User Experience-Zuständen wie *engagement* oder *fun* (Mandryk et al. 2006). Zwar existieren diesbezügliche Ansätze (z.B. Mandryk et al. 2006; Lankes et al. 2012), die Ergebnisse dazu, welche physiologischen Signale in welcher Art mit verschiedenen User Experience-Zuständen zusammenhängen, gehen jedoch sehr weit auseinander (Kivikangas et al. 2010). Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass jeweils relativ kleine Stichproben (nicht mehr als zehn Teilnehmer) untersucht wurden. Ekman et al. (2012) empfehlen für diese Art von Untersuchung die Verwendung einer großen Stichprobe, um den Effekt von Störsignalen und physiologischer Hintergrundaktivität möglichst gering zu halten.

In der vorliegenden Studie wird daher unter Verwendung einer vergleichsweise großen Stichprobe (N=42) untersucht, inwiefern sich das Erleben der Nutzer bei der Interaktion mit einem Videospiel in seinen physiologischen Signalen widerspiegelt. Die Interaktion mit einem Videospiel bietet sich dabei an, da für diesen Anwendungskontext bereits mehrfach Zusammenhänge zwischen dem Nutzererleben und physiologischen Signalen nachgewiesen gezeigt werden konnten (z.B. Ravaja et al. 2006; Kivikangas et al., 2010). Darüber hinaus stellt die Verwendung physiologischer Signale zur automatischen Anpassung eines Videospieles mit dem Ziel, die Spielanforderungen entsprechend dem aktuell empfundenen Spielerleben des Nutzers anzupassen und entsprechend zu verbessern, eine weiterführende Anwendungsmöglichkeit für die Nutzung physiologischer Signale im User Experience Kontext dar.

2 Methode

2.1 Studiendesign

Um den Zusammenhang zwischen empfundener User Experience und der Ausprägung verschiedener physiologischer Signale zu untersuchen, wurde ein 2x3 Design mit Messwiederholung verwendet. Insgesamt 42 Versuchsteilnehmer absolvierten dabei drei Level unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades des Videospieles *Super Mario Kart 8* auf der *Nintendo Wii U* jeweils alleine und gemeinsam mit einem befreundeten Teilnehmer. Die

Reihenfolge sowohl der Schwierigkeit (einfach/mittel/schwer) als auch der sozialen Bedingung (alleine/gemeinsam mit befreundetem Teilnehmer) wurde zufällig zwischen den Teilnehmern variiert. Nach Abschluss eines Levels wurden die Teilnehmer angewiesen, ihr Erleben während der gerade erfolgten Interaktion anhand mehrerer Fragebögen zu beschreiben. Die physiologischen Signale wurden während des gesamten Spielerlebens bzw. direkt nach Abschluss eines Levels (bei sIgA) erfasst. Der gesamte Versuch dauerte ungefähr 90 Minuten, wobei die einzelnen Level jeweils zwischen zwei und sechs Minuten in Anspruch nahmen.

2.2 Stichprobe

Es nahmen insgesamt 42 Personen (d.h. 21 befreundete Paare; 19 männlich, 23 weiblich) im Alter von 17 bis 35 Jahren ($M=22,10$; $SD=3,73$) an der vorliegenden Studie teil. Die Rekrutierung erfolgte per E-Mail an Psychologie- sowie Psychologie in IT-Studierende, wobei diese gebeten wurden, jeweils in Begleitung einer befreundeten Person zu erscheinen. Entsprechend befanden sich unter den Teilnehmern auch Studierende anderer Fächer, wie Architektur, BWL, Musik oder Informationssystemtechnik. Während einige Teilnehmer vor Versuchsbeginn noch über keinerlei Erfahrung mit dem verwendeten Videospiel verfügten, gaben andere an, bereits über sehr viel Erfahrung damit zu verfügen ($M=3,25$; $SD=1,84$ auf einer Skala von 1=keinerlei Erfahrung bis 7=sehr viel Erfahrung).

2.3 Physiologische Messungen

Zur Messung der physiologischen Signale wurde das System *ProComp Infiniti* der Firma *Thought Technology Ltd.* verwendet. Die Verarbeitung der Signale erfolgte über das Programm *CAPTIV* der *TEA Company*.

2.3.1 Elektrische Aktivität der Gesichtsmuskulatur

Die elektrische Aktivität des Currogator Supercilii, der sich über den Augenbrauen befindet, gilt als Indikator für negative Emotionen, während Aktivität des seitlich auf den Wangen platzierten Zygomaticus Major eher auf das Erleben einer positiven Emotion hin deutet (z.B. Ganglbauer et al. 2009; Cacioppo et al. 2000; Gualeni et al. 2012). Die elektrische Aktivität von Currogator Supercilii (EMG CS) und Zygomaticus Major (EMG ZM) wurde während der gesamten Interaktion mittels Silber-Silber-Chlorid-Oberflächen-Elektroden an der jeweils linken Gesichtshälfte gemessen, wie von Fridlund und Cacioppo empfohlen (1986; siehe auch Dimberg & Petterson 2000). Die Signalerfassung erfolgte mit einer Rate von 2048 Hz, wobei die Rohwerte verstärkt, in einem Bereich von 10 – 500 Hz gefiltert (van Boxtel 2001) und über Berechnung der *Root mean square*-Werte integriert wurden (Tassinari et al. 2007).

2.3.2 Elektrodermale Aktivität

Die elektrodermale Aktivität, d.h. die Aktivität der Schweißdrüsen, wird häufig in direkten linearen Zusammenhang mit psychischer Erregung („arousal“) gebracht (Lang 1995). Die elektrodermale Aktivität (EDA) wurde während der gesamten Interaktion mittels Silber-

Silber-Chlorid-Oberflächen-Elektroden an der Fußinnenseite gemessen, da die üblicherweise zur Messung verwendeten Fingerspitzen für die Interaktion mit der Spielkonsole benötigt wurden und somit eine Messung ohne Bewegungsartefakte an dieser Stelle nicht möglich gewesen wäre. Die Messung des Signals erfolgte mit einer Erfassungsrate von 256 Hz, die Rohwerte wurden durch Berechnung eines 25 ms gleitenden Mittelwertes geglättet. Zusätzlich wurden die Werte um den Faktor 10 reduziert, um den Einfluss hochfrequenter Störsignale zu minimieren (Liu et al. 2009).

2.3.3 Kardiale Aktivität

Obwohl kardiale Aktivität wie Herzfrequenz, Blutdruck oder Herzratenvariabilität häufig in Studien als Indikator für Valenz und/oder Arousal genutzt wird, ist die Interpretation aufgrund der komplexen Funktionsweise des kardialen Systems schwierig (Kivikangas et al. 2010). Nichtsdestotrotz gibt es Hinweise darauf, dass mit der Wahrnehmung emotionaler Stimuli eine Reduktion der Herzfrequenz einhergeht, die bei negativer Valenz stärker ausgeprägt ist als bei positiver (Anttonen & Surakka 2005) und die Herzratenvariabilität bei der Konfrontation mit Stressoren abnimmt (Berntson et al. 1994). Herzfrequenz (HF) und Herzratenvariabilität (HRV) wurden während der gesamten Interaktion mittels Silber-Silber-Chlorid-Oberflächen-Elektroden am Oberkörper mit einer Rate von 256 Hz erfasst. Die Rohwerte wurden verstärkt und für die HF in einem Bereich von 40 – 210 Beats per minute (BPM) gefiltert, während für die HRV-Rohwerte ein Tiefpassfilter von 14 BPM verwendet wurde.

2.3.4 Atemfrequenz

Bezüglich der Frage, inwiefern sich verschiedene Atemmuster zur Vorhersage von Emotionen oder kognitiver Beanspruchung eignen, liegt bisher wenig systematische Forschung vor (Lorig 2007). Allerdings konnte Boiten (1998) zeigen, dass positiver Affekt mit einer Verkürzung des Atemzyklus einhergeht, während Ekel und Schmerz eher mit dem Auftreten von Atempausen assoziiert ist. Die Atemfrequenz (AF) wurde während der gesamten Interaktion mit Hilfe eines Atemgurtes erfasst, der auf Höhe des Abdomens über der Kleidung der Teilnehmer platziert wurde und die atmungsassoziierte Ausdehnung des Torsos registrierte.

2.3.5 Sekretorisches Immunglobulin A

Immunglobulin A ist ein proteinbasierter Antikörper, der sich in verschiedenen Körperflüssigkeiten wie z.B. Speichel nachweisen lässt. Erhöhte Werte im sekretorischen Immunglobulin A (sIgA) deuten auf eine erhöhte Immunreaktion hin (Sanders et al. 2007) und treten häufig nach Konfrontation mit einem akuten Stressor auf (Seegerstrom & Miller 2004). Die sIgA-Konzentration im Speichel wurde jeweils direkt nach Abschluss eines Levels erfasst, indem die Probanden eine zum Zweck der Speichelentnahme angefertigte Watterolle für zwei Minuten unter ihrer Zunge platzierten. Die Analyse der Proben erfolgte mittels radialer Immundiffusion (Mancini et al. 1965). Da eine während des laufenden Versuches durchgeführte Vorabanalyse keine Effekte bzgl. der sIgA-Konzentration zeigte, wurde diese aus ökonomischen Gründen nur bei den ersten 16 Studienteilnehmern erfasst.

2.4 Subjektive Messung des Nutzererlebens (UX)

Das Erleben der Studienteilnehmer wurde nach Abschluss eines jeden Levels anhand mehrerer Fragebögen erfasst. Zur Messung der empfundenen Schwierigkeit wurde der „Subjective Mental Effort Questionnaire“ (SMEQ) wie bei Zijlstra (1993) beschrieben verwendet. Er erfasst die subjektive Höhe des für die erfolgreiche Lösung einer Aufgabe benötigten kognitiven Aufwandes, indem dieser auf einer vertikalen Linie markiert wird. Der Affekt der Studienteilnehmer wurde mithilfe des „Self-Assessment Manikin“ (SAM) nach Bradley und Lang (1994) erfasst, bei dem es sich um ein nonverbales Verfahren handelt. Die Emotionsdimensionen Valenz und Arousal werden dabei mittels Rating auf einer piktogrammbasierten neunstufigen Skala erfasst, wobei niedrige Werte für positive Valenz und hohes Arousal stehen. Die User Experience (UX) wurde mithilfe des Fragebogens zur modularen Evaluation zentraler Aspekte der User Experience (meCUE) erfasst (Minge et al. 2013). Der Fragebogen basiert auf dem analytischen Komponentenmodell der User Experience von Thüring und Mahlke (2007) und bietet eine modulare Erfassung der darin postulierten verschiedenen Komponenten von User Experience über verschiedene Subskalen zu *wahrgenommenen Produkteigenschaften* (Nützlichkeit, Benutzbarkeit, visuelle Ästhetik, Status, Bindung), *Nutzeremotionen* (positive und negative Emotionen), *Konsequenzen der Interaktion* (Produktloyalität, Nutzungsintention) sowie ein *Gesamturteil*.

3 Ergebnisse

Um die physiologischen Werte mit den subjektiven Angaben zum Nutzererleben in Beziehung setzen zu können, wurden zunächst für jedes Level die physiologischen Werte gemittelt, um einen Gesamtwert für jedes Level zu erhalten. Anschließend wurde der Zusammenhang mittels Durchführung einer ANOVA mit Messwiederholung für jeden physiologischen Parameter sowie mehrerer Regressionsanalysen untersucht. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt. Die einzelnen Messwerte finden sich in Abbildung 1.

Die Durchführung von jeweils einer ANOVA mit Schwierigkeit des Levels und sozialer Bedingung als Innersubjektfaktoren ergab keine signifikanten Unterschiede für die elektrische Aktivität der beiden Gesichtsmuskeln sowie die sIgA-Konzentration im Speichel. Für die elektrodermale Aktivität konnten hingegen Unterschiede zwischen den verschiedenen Schwierigkeitsgraden ($F(2,74)=5,95$; $p<.01$; partielles $\eta^2=.14$), ebenso wie zwischen den beiden sozialen Bedingungen ($F(1,37)=6,00$; $p<.05$; partielles $\eta^2=.14$) gezeigt werden. Hierbei zeigte sich mit zunehmender Schwierigkeit auch ein Anstieg der EDA, die ebenfalls beim gemeinsamen Spiel höhere Werte aufwies als beim Spiel ohne einen befreundeten Teilnehmer. Auch bezüglich der kardialen Aktivität zeigten sich Unterschiede in der Herzfrequenz für die Faktoren Schwierigkeit ($F(2, 72)=6,68$; $p<.01$; partielles $\eta^2=.16$) und soziale Bedingung ($F(1, 36)=11,12$; $p<.01$; partielles $\eta^2=.24$) sowie in der Herzratenvariabilität für den Faktor Schwierigkeit ($F(2, 74)=5,04$; $p<.001$; partielles $\eta^2=.12$). Während die HRV mit steigender Schwierigkeit abnimmt, weist die HF den höchsten Wert für die mittlere und den niedrigsten Wert für die höchste Schwierigkeitsstufe auf. Zudem ist

die HF beim gemeinsamen Spiel im Vergleich zum Spiel alleine erhöht. Für keines der gemessenen physiologischen Signale ergaben sich signifikante Interaktionen zwischen der Schwierigkeit und der sozialen Bedingung.

Zusätzlich zur Auswertung mittels ANOVA wurde für jedes Spiel (d.h. die drei verschiedenen Schwierigkeitsstufen jeweils alleine und gemeinsam mit einem befreundeten Teilnehmer) eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt, bei der die verschiedenen physiologischen Signale als Prädiktoren dienten. Da die sIgA-Konzentration nur bei 16 von insgesamt 42 Studienteilnehmern erfasst wurde und sich zudem keine Effekte in der Auswertung mittels ANOVA zeigten, wurde dieser Faktor nicht in die Regressionsanalysen eingeschlossen. Insgesamt ergaben sich mehr signifikante Vorhersagemodelle für das Spiel alleine als für das gemeinsame Spiel. Die Ergebnisse unterscheiden sich zudem zwischen den Schwierigkeitsstufen (siehe Tabelle 1).

Bedingung	AV	R ²	Prädiktor	β-Wert	t-Wert
Alleine/Einfach	Affekt: Valenz	.42	EDA	-.41	-2,99*
			AF	.88	4,84**
			HF	-.30	-2,29*
	UX Gesamt	.38	HRV	-.32	-2,12*
			EMG CS	.35	2,34*
			EMG ZM	-.59	-4,13**
			AF	-.66	-3,53*
	UX Nützlichkeit	.22	EDA	.42	2,67*
			AF	.23	1,49*
			HRV	.45	2,60*
UX neg. Emotionen	.22	EMG ZM	.49	3,09*	
		AF	.62	2,98*	
		HF	.40	2,78*	
		HRV	.50	3,02*	
Alleine/Mittel	Affekt: Valenz	.45	EDA	-.39	-2,97*
			AF	.44	2,55*
			HF	-.45	-3,63*
	UX visuelle Ästhetik	.33	EMG CS	.47	2,88*
			EDA	.30	2,07*
Alleine/Schwierig	UX Status	.26	HF	.43	3,10*
	UX Bindung	.38	HF	.58	3,09*
			AF	.29	2,05*
Gemeinsam/Schwierig	UX pos. Emotionen	.19	HF	.47	3,33*
			HF	.52	3,18*

Tabelle 1. Regressionsmodelle für das Spiel in den verschiedenen Bedingungen, dabei gilt: **signifikant mit $p < .001$, *signifikant mit $p < .05$.

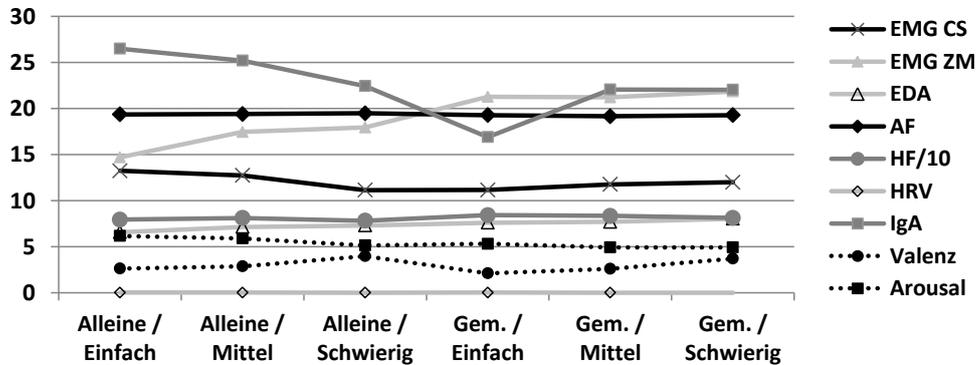


Abbildung 1. Gemittelte Werte für Physiologie und SAM. Die HF wird zur besseren Übersichtlichkeit mit Quotient 10 dargestellt.

4 Diskussion

Insgesamt lässt sich kein über Studienteilnehmer, Schwierigkeitsstufen und soziale Bedingung hinweg einheitliches Muster identifizieren, das den Zusammenhang zwischen physiologischen Signalen und dem Nutzererleben beschreiben könnte. Für das Spiel alleine, ohne befreundeten Spieler, scheinen die physiologischen Werte als bessere Prädiktoren für das Nutzererleben zu dienen als beim gemeinsamen Spiel. Zumindest für den leichten sowie den mittleren Schwierigkeitsgrad zeigt sich hier ein ansatzweiser konsistenter Zusammenhang zwischen Valenz und Atemfrequenz (positiv), Herzfrequenz (negativ) sowie elektrodermalen Aktivität (negativ), wobei die relative Bedeutung der Prädiktoren zwischen den beiden Bedingungen variiert. Da niedrige Valenzwerte für einen positiven Affekt stehen, steigt die Herzfrequenz also ebenso wie die elektrodermale Aktivität mit zunehmender positiver Valenz an, während sich die Atemfrequenz verringert. Diese Beobachtungen sind konsistent zu den eingangs beschriebenen Studienergebnissen, die eine Verkürzung des Atemzyklus mit positivem Affekt (Boiten 1998) sowie eine Zunahme der elektrodermalen Aktivität mit steigendem Arousal (Lang 1995) in Verbindung bringen. Sie widersprechen jedoch der eingangs beschriebenen Reduktion der Herzfrequenz, die laut Anttonen und Surakka (2005) mit emotionalem Empfinden allgemein einhergeht. Der Zusammenhang von EDA und Valenz könnte dabei darauf hindeuten, dass bei leichter bzw. mittlerer Schwierigkeit ein ansteigendes Arousal, das vermutlich mit einer wahrgenommenen Herausforderung einhergeht, vom Nutzer als positiv bewertet wird.

Die geringe Vorhersagekraft der physiologischen Kennwerte beim Spiel mit einem Freund könnte darin begründet liegen, dass die soziale Komponente während des Spiels ein komplexeres Nutzererleben verursacht als das Spiel alleine (Ekman et al. 2012). Zudem können die physiologischen Werte beim gemeinsamen Spiel eher durch Störfaktoren wie Reden oder Lachen beeinflusst werden. Nichtsdestotrotz deuten die erhöhten Werte von EDA und HF beim gemeinsamen Spiel auf einen Unterschied im Erleben des gemeinsamen Spiels in Relation zum Spiel alleine hin.

Die verschiedenen Facetten der User Experience weisen nur vereinzelt einen Zusammenhang mit den physiologischen Kennwerten auf. Dies könnte sich möglicherweise darauf zurückführen lassen, dass je nach Rahmenbedingung – d.h. in diesem Fall Schwierigkeitsgrad der erlebten Interaktion – andere Faktoren im Zentrum des Erlebens stehen. So könnte beispielsweise ein schwieriges Spiel eher mit Status und Produktbindung zusammenhängen, während bei einem einfachen Spiel eher die Nützlichkeit und das Vermeiden von negativen Emotionen im Vordergrund stehen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Ergebnisse durch Verwendung der verschiedenen Level des Spieles, welche die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade operationalisierten, beeinflusst wurden. Zwar zeigte sich das intendierte Schwierigkeitsgefälle der verschiedenen Level auch in den Bewertungen der Studienteilnehmer, jedoch äußerten mehrere Teilnehmer weitere, mit den verschiedenen Leveln verbundene Wahrnehmungen, wie eine besonders positive visuelle Ästhetik des mittelschweren Levels. Auch wurde nicht kontrolliert, welche Schwierigkeitsgrade von den jeweiligen Nutzern als positiv und welche als negativ empfunden wurden, ebenso wie nicht berücksichtigt wurde, ob der jeweilige Nutzer das Spiel alleine oder zu zweit bevorzugen würde. Die verschiedenen Bedingungen repräsentieren demnach keine einheitlichen Ausprägungen der User Experience auf einem Kontinuum von niedrig bis hoch (im Sinne von: einfach ist immer besser als schwer, gemeinsam immer besser als alleine), sondern unterscheiden sich vermutlich stark zwischen den verschiedenen Studienteilnehmern, wie auch im Flow-Konzept beschrieben (z.B. Jin 2012), das häufig bei der Untersuchung von Spielerleben herangezogen wird. Zukünftige Studien sollten dies berücksichtigen und versuchen, eine einheitliche Manipulation des Nutzererlebens zu erzeugen, indem Nutzer jeweils in einer Schwierigkeitsstufe mit dem Produkt interagieren, die sie unterfordert, die genau ihren Fähigkeiten entspricht sowie einer Stufe, die sie überfordert. Zudem wäre es interessant, physiologische Signale mit bestimmten Ereignissen aus dem Spielverlauf zu verknüpfen, z.B. die Zielerreichung. Um die entsprechenden physiologischen Kennwerte auf die User Experience beziehen zu können, müsste jedoch eine zusätzliche Messung erfolgen, die das Nutzererleben bei solchen relevanten Ereignissen zusätzlich subjektiv erfragt.

Zusammenfassend betrachtet scheint die Messung physiologischer Signale aktuell eher dazu geeignet, qualitative Unterschiede im emotionalen Erleben bei der Interaktion mit einem Produkt aufzuzeigen als genaue Facetten der User Experience zu erfassen. Gerade für die gemeinsame, soziale Interaktion mit einem Produkt liegen viele Störfaktoren vor, die bei der Anwendung eines solchen Ansatzes berücksichtigt werden müssen. Jedoch bietet die vergleichsweise einfach und – nach einmaliger Investition – kostengünstig durchzuführende Messung von Herz- und Atemfrequenz sowie elektrodermalen Aktivität möglicherweise einen Hinweis auf komplexe Muster des Nutzererlebens, die sich so nicht vollständig durch rein subjektive Befragungsmethoden erfassen lassen.

Literaturverzeichnis

- Allanson, J. (2002). Electrophysiologically interactive computer systems. *IEEE Magazine*, 35(3), 60-65.
- Allanson, J. & Fairclough, S. H. (2004). A research agenda for physiological computing. *Interacting With Computers*, 16, 857-878.

- Anttonen, J. & Surakka, V. (2005). Emotions and Heart Rate while Sitting on a Chair. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '05)*, 491-499.
- Berntson, G. G. & Cacioppo, J. T. (2004). Heart Rate Variability: Stress and Psychiatric Conditions. *Dynamic electrocardiography*, 57-64.
- Boiten, F. A. (1998). The effects of emotional behaviour on components of the respiratory cycle. *Biological Psychology*, 49(1-2), 29-51.
- Bradley, M. & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The semantic self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M. M. & Lang, P. J. (2007). Emotion and Motivation. In Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. & Berntson, G. G. (Hrsg.): *Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge University Press, S. 581-607.
- Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., Larsen, J. T., Poehlmann, K. M. & Ito, T. A., (2000). The Psychophysiology of Emotion. In Haviland-Jones, J. M. (Hrsg.): *Handbook of Emotions*. New York: The Guilford Press, S. 173-191.
- Dimberg, U. & Petterson, M. (2000). Facial reactions to happy and angry facial expressions: evidence for right hemisphere dominance. *Psychophysiology*, 37(5), 693-696.
- Duarte, L. & Carriço, L. (2012). Power me Up!: an interactive and physiological perspective on videogames' temporary bonus rewards. *Proceedings of the 4th International Conference on Fun and Games (FnG '12)*, 55-63.
- Ekman, P., Levenson, R. W. & Friesen, W. V. (1983). Autonomic Nervous System Activity Distinguishes among Emotions. *Science*, 221(4616), 1208-1210.
- Ekman, I., Chanel, G., Järvelä, S., Kivikangas, J. M., Salminen, M. & Ravaja, N. (2012). Social interaction in games: measuring physiological linkage and social presence. *Simulation and Gaming*, 43(3), 321-338.
- Fairclough, S., Gilleade, K., Nacke, L. & Mandryk, R. (2011). Brain and Body Interfaces: Designing for Meaningful Interaction. *Proceedings of the 2011 Annual Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'11)*, 65-68.
- Fridlund, A. J. & Cacioppo, J. T. (1986). Publication guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology*, 23, 567-589.
- Ganglbauer, E., Schrammel, J., Deutsch, S. & Tscheligi, M. (2009). Applying psychophysiological methods for measuring user experience: possibilities, challenges and feasibility. *User Experience Evaluation Methods in Product Development (UXEM 2009)*.
- Gualeni, S., Janssen, D. & Calvi, L. (2012). How psychophysiology can aid the design process of casual games: a tale of stress, facial muscles, and paper beasts. *Proceedings of the International Conference on the Foundations of Digital Games*, 149-155.
- Jin, S.-A. A. (2012). "Toward Integrative Models of Flow": Effects of Performance, Skill, Challenge, Playfulness, and Presence on Flow in Video Games. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, 56(2), 169-186.
- Kivikangas, J. M., Ekman, I., Chanel, G., Järvelä, S., Cowley, B., Salminen, M., Henttonen, P. & Ravaja, N. (2010). Review on psychophysiological methods in game research. *Proceedings of the 1st Nordic DiGRA, DiGRA (2010)*.
- Kivikangas, J. M., Chanel, G., Cowley, B., Ekman, I., Salminen, M., Järvelä, S. & Ravaja, N. (2011). A review of the use of psychophysiological methods in game research. *Journal of Gaming and Virtual Worlds*, 3(3), 181-199.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe. Studies of motivation and attention. *The American Psychologist*, 50(5), 372-85.
- Lankes, M., Hochleitner, W., Hochleitner, C. & Lehner, N. (2012). Control vs. complexity in games: comparing arousal in 2D game prototypes. *Proceedings of the 4th International Conference on Fun and Games (FnG '12)*, 101-104.

- Liu, C., Agrawal, P., Sarkar, N. & Chen, S. (2009). Dynamic Difficulty Adjustment in Computer Games Through Real-Time Anxiety-Based Affective Feedback. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(6), 506-529.
- Lorig, T. S. (2007). The Respiratory System. In Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. & Berntson, G. G. (Hrsg.): *Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge University Press, S. 231-244.
- Mancini, G., Carbonara, A. O. & Heremans, J. F. (1965). Immunochemical quantitation of antigens by single radial immunodiffusion. *Immunochemistry*, 2(3), 235-254.
- Mandryk, R. L., Inkpen, K. M. & Calvert, T. W. (2006). Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 141-158.
- Minge, M., Riedel, L. & Thüring, M. (2013). Modulare Evaluation von Technik. Entwicklung und Validierung des meCUE Fragebogens zur Messung der User Experience. In Brandenburg, E., Doria, L., Gross, A., Güntzler, T. & Smieszek, H. (Hrsg.): *Grundlagen und Anwendungen der Mensch-Technik-Interaktion. 10. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, S. 28-36
- Ravaja, N., Saari, T., Turpeinen, M., Laarni, J., Salminen, M. & Kivikangas, J. M. (2006). Spatial presence and emotions during video game playing: Does it matter with whom you play?. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 15(4), 381-92.
- Sanders, V. M., Kin, N. & Pongratz, G. (2007). Psychological Effects on Humoral Immunity: Neural and Neuroendocrine Mechanisms. In Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. & Berntson, G. G. (Hrsg.): *Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge University Press, S. 367-389.
- Segerstrom, S. C. & Miller, G. E. (2004). Psychological Stress and the Human Immune System: A Meta-Analytic Study of 30 Years of Inquiry. *Psychological Bulletin*, 130(4), 601-630.
- Tassinary, L. G., Cacioppo, J. T. & Vanman, E. J. (2007). The Skeletomotor System: Surface Electromyography. In Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. & Berntson, G. G. (Hrsg.): *Handbook of Psychophysiology*. New York: Cambridge University Press, S. 267-302.
- Thüring, M. & Mahlke, S. (2007). Usability, aesthetics, and emotions in human-technology interaction. *International Journal of Psychology*, 42(4), 253-264.
- van Boxtel, A. (2001). Optimal signal bandwidth for the recording of surface EMG activity of facial, jaw, oral, and neck muscles. *Psychophysiology*, 38(1), 22-34.
- Zijlstra, F. (1993). *Efficiency in work behavior. A design approach for modern tools*. PhD Thesis, Delft University of Technology. Delft: Delft University Press.

Gerber, Nina



Nina Gerber (geb. Kolb) studierte Psychologie an der Technischen Universität Darmstadt. Seit Anfang 2015 ist sie dort am Institut für Psychologie als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Forschungsgruppe für Arbeits- und Ingenieurpsychologie tätig. Ihre Forschungsinteressen liegen hauptsächlich im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion. In mehreren Kooperationsprojekten mit dem Fachbereich Informatik beschäftigt sie sich aktuell damit, wie Nutzer im Technikkontext mit privatsphäre-kritischen Daten umgehen.