

# EMOTIONSENSITIVE ANPASSUNG DER INTERAKTION ZWISCHEN MENSCH UND MASCHINE - EIN BEITRAG DER HIRNFORSCHUNG

Dr. André Brechmann, Dr. Martin Latsch, Dr. Kerstin Krauel, Prof. Eva Brinkschulte, Prof. Johannes Bernarding

## 1 Mensch-Maschine Interaktion der Zukunft

Technische Systeme wie wir sie im Alltag ständig nutzen werden in immer kürzeren Innovationszyklen immer "intelligenter". Trotz zahlreicher Verbesserungen entspricht das "Verhalten" technischer Systeme oft nicht den Erwartungen der Nutzer. Dies zu verbessern ist Gegenstand zahlreicher interdisziplinärer Forschungs-Projekte (SFB-TRR 62 "Companion-Technologie", BMBF "EmoAdapt"), über deren Aktivität bei der Gastvortragsreihe "Mensch und Maschine im interaktiven Dialog" aus Sicht der Hirnforschung berichtet wurde: Das Gesamtvorhaben des SFB-TRR 62 folgt der Vision, dass technische Systeme der Zukunft Companion-Systeme sind – kognitive technische Systeme, die ihre Funktionalität individuell auf den jeweiligen Nutzer abstimmen, indem sie sich an seinen Fähigkeiten, Vorlieben, Anforderungen und aktuellen Bedürfnissen orientieren und sich auf seine emotionale Befindlichkeit einstellen. Somit soll ein solches System dem jeweiligen Nutzer als kooperativ, vertrauenswürdig und kompetenter Dienstleister gegenüber treten. Um dies zu erreichen sollte die Interaktion mit technischen Systemen als Dialog aufgefasst werden, da der Mensch durch lebenslangen Umgang mit anderen Menschen Grundannahmen macht, die eine Maschine berücksichtigen muss.

## 2 Neurophysiologische Auswirkungen von Systemrückmeldungen

Einer dieser Grundregeln, die bei der Konzeption von Mensch-Maschine Interaktionen eine bedeutende Rolle für die Akzeptanz seitens des Nutzers spielt, ist die Angepasstheit der Rückmeldung durch das technische System. Hierbei ist nicht nur wichtig, welche Informationen übermittelt werden, sondern auch wie sie übermittelt werden, insbesondere bei sprachbasierter Interaktion [1]. In einer unserer Studien wurde untersucht, welche Auswirkungen prosodisch motivierendes Feedback auf die Änderung der Lernleistung während einer kognitiven Aufgabe im Vergleich zu prosodisch neutralen natürlichsprachlichen oder synthetisch generierten Rückmeldungen haben. Hier zeigte sich zum einen, dass durch lobende und tadelnde Prosodie die initiale Lernleistung im Vergleich zu neutraler Prosodie beschleunigt werden kann. Noch deutlicher war der Gewinn in der Performanz im Vergleich zu synthetisch generiertem Stimmen, wie sie derzeit in technischen Systemen eingesetzt werden [2].

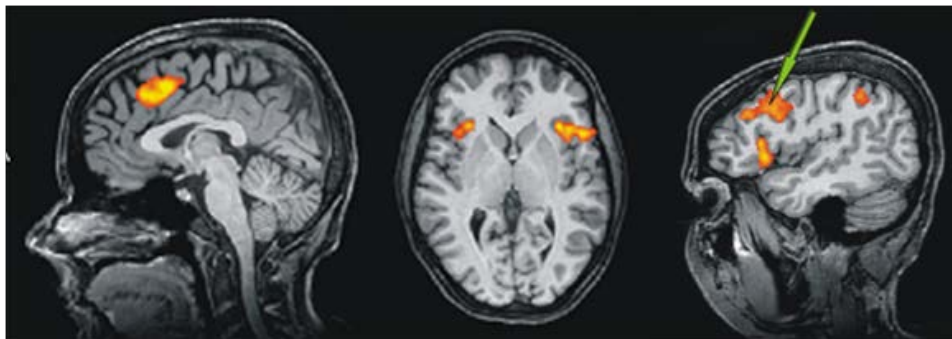
Das zweite Thema bezieht sich auf ein häufig beobachtetes Phänomen verzögerter Reaktionen durch technische Systeme auf Eingaben des Nutzers. In einer Reihe von Untersuchungen haben wir die Auswirkungen auf Verhalten, die Psychophysiologie und Hirnaktivität untersucht und festgestellt, dass bereits eine

Verzögerung von 500 Millisekunden zu ähnlich starker Aktivierungen von Hirnregionen der Aufmerksamkeitskontrolle und Handlungsplanung führt wie vollständig ausbleibende Rückmeldungen (Bild 1). Darüber hinaus führten verzögerte Rückmeldungen sogar zu Aktivierungen in Strukturen des Belohnungssystems, obwohl sie keine Belohnung enthielten, sondern nur den Tastendruck des Nutzers quittierten [3]. Auch auf emotionaler Ebene ließen sich Auswirkungen auf psychophysiologische Parameter, wie Hautleitfähigkeit, Atmung und Herzrate feststellen [4] (Bild 2), die übereinstimmend mit der Befragung der Probanden als "Unsicherheit / Angespanntheit" bezeichnet werden kann [5].

Die hier beschriebenen Effekte zeigen, dass grundlegende Eigenschaften von Systemrückmeldungen, wie die zeitliche Angepasstheit, aber auch subtile positive Einflussnahmen auf den Nutzer durch motivierende Kommentare bei der Konzeption zukünftiger technischer Systeme stärker berücksichtigt werden sollten.

### 3 Emotionen bei Mensch-Maschine Interaktionen

Emotionale Belastung des Nutzers, wie die gezeigte Auslösung von Ärger durch fehlerhaftes "Verhalten" der Maschine sollte vermieden werden. Im Gegenteil sollten negative Emotionen, die bereits während der Bewältigung der eigentlichen Aufgabe beim Nutzer auftreten, durch Unterstützungsmaßnahmen der Maschine reduziert werden. Dies ist eines mehrerer zentraler Anliegen des BMBF Projektes "EmoAdapt", bei der es um die Entwicklung neuer Strategien geht, neurobiologisch fundiert Emotionen in Echtzeit zu erkennen und entsprechende adaptive Virtual Reality Szenarien mit multimodaler Messmethodik zu entwickeln. Eine dafür hilfreiche Emotionstheorie, die spezifisch für Mensch-Maschine Interaktion ist, ist derzeit noch in der Entwicklung [6]. Kognitionspsychologische Emotionstheorien gehen davon aus, dass der Abgleich von einem gewünschten Soll- mit einem Ist-Zustand und die daraus resultierende gedankliche Evaluation eine wichtige Quelle für das Entstehen von Emotionen sind [7].



*Bild 1: Hirnregionen, die bei zeitlich verzögerten System-Rückmeldungen aktiviert werden. Links: medialer Präfrontalkortex, Mitte: anteriore Insel, Rechts mit grünem Pfeil: dorsolateraler Präfrontalkortex. ©Leibniz-Institut für Neurobiologie*

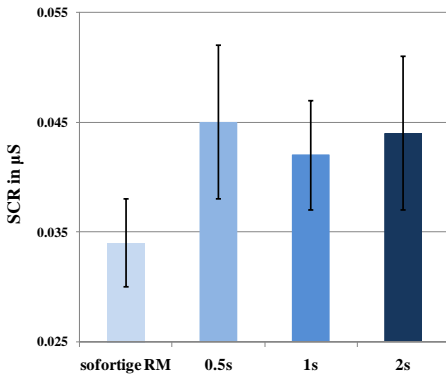


Bild 2: Anstieg der Hautleitfähigkeit (SCR) bei unerwartet verzögerten Rückmeldungen. © Leibniz-Institut für Neurobiologie)

In der Mensch-Maschine Interaktion sind somit Gestaltung und Ergebnis der Interaktion besonders relevant und verschiedene Emotionen sind hier besonders bedeutsam: Freude/Stolz, Ärger/Wut, Angst/ Unsicherheit oder Hilflosigkeit, Überraschung und auch Langeweile.

Aus psychologischen Arbeiten ist bekannt, dass Emotionen in sozialen Situationen Wahrnehmung, Interaktionsprozesse [8], kognitive Ressourcen und Informationsverarbeitung [9] und schließlich auch Entscheidungen [10] beeinflussen. Durch die Verwendung von künstlichen Personen (Avataren) wird häufig ein sozialer Bezug hergestellt, um die kommunikative Funktion von Emotionen stärker mit einzu-beziehen. Hierdurch werden Situationen in ihrer Ambiguität reduziert: Bei Entscheidungen unter Unsicherheit wird es möglich, die emotionale Komponente in die Planung und Strukturierung weiterer Interaktionsprozesse einfließen zu lassen und Strategien oder Handlungen anzupassen.

Eine Echtzeit-Detektion emotionalen Erlebens unter Einbezug neurobiologischer Korrelate [11] und peripher-physiologischer Veränderungen [12] sowie einer darauf basierenden Anpassung des Systems würde dazu beitragen, Unsicherheit zu reduzieren und die Interaktionsqualität zwischen Nutzer und Maschine positiv zu beeinflussen. Denkbar wären hier z.B. die Erhöhung der Helligkeit, der Salienz zentraler Informationen oder das Anbieten von Hilfe- und Assistenzfunktionen bei Angst und Unsicherheit.

#### 4 Hirn-Computer-Schnittstelle zur Echtzeit-Adaption von Virtuellen Realitäts-Szenarien

Eine solche Funktionalität könnte durch sogenannte Hirn-Computerschnittstellen (Brain Computer Interfaces, BCI) erzielt werden. BCI können zur Kommunikation einschließlich der Steuerung von Maschinen eingesetzt werden, die Übertragungsrate der Kommunikation ist jedoch in der Regel eingeschränkt, insbesondere bei EEG-basierten BCI [13]. Neuere Entwicklungen setzen die sogenannte Echtzeitfunktionelle Magnetresonananz-Bildgebung ein (rt fMRI). Mit der rt fMRI kann die Aktivität des gesamten Gehirns innerhalb weniger Sekunden analysiert und mit hoher örtlicher Auflösung zugeordnet werden. Die rt fMRI wird zunehmend für Neurofeedback-Anwendungen eingesetzt [14]. Als BCI kommt die Methode dann zum Einsatz, wenn bewusst steuerbare Handlungen wie z.B. eine tatsächliche oder auch eine nur vorgestellte Bewegung einer Hand über die Variation der Aktivierung des damit verbundenen Hirnareales zur Kommunikation mit einer externen Einheit dient. Außerdem erlaubt die Metho-

de, die Aktivierung weiterer Hirnareale einzu-  
beziehen, deren Funktion in vielfältigen neu-  
rowissenschaftlichen Untersuchungen unter-  
sucht wurden [15]. Dies bildet die Grundlage  
des EmoAdapt Projektes  
(<http://www.emoadapt.ovgu.de>), bei dem  
zunächst versucht werden soll, Emotionen  
oder Dispositionen, die während der Interak-  
tion mit einer Maschine auftreten und die die  
Interaktion beeinflussen können, zu verste-  
hen. Eine maschinengetriebene Klassifizie-  
rung verschiedener emotional beeinflusster  
interner Zustände des Gehirns soll zur Modu-  
lation einer Interaktion genutzt werden. Um  
eine Reproduzierbarkeit zu gewährleisten,  
sollen wirklichkeitsnahe, aber eindeutig defi-  
nierbare und reproduzierbare Szenarien in  
Form von verschiedenen Virtual Reality Szena-  
rien (VR) genutzt werden [16, 17]. Dies kann  
einerseits ein virtuelles Objekt sein, anderer-  
seits kann sich die VR selbst direkt an den  
menschlichen Akteur anpassen. Bei der Ge-  
staltung der Virtual-Reality (VR) Szenarien  
müssen zudem relevante psychologische  
Aspekte wie z.B. Wahrnehmungs- und Auf-  
merksamkeitsprozesse, Besonderheiten sozia-  
ler und pseudo-sozialer Interaktionsprozesse  
berücksichtigt werden. Individuellen Persön-  
lichkeitsmerkmale der Nutzer, aber auch  
situative Merkmale wie das aktuelle Nutzer-  
befinden wirken modulierend auf das Erleben  
und somit auf alle Messparameter ein.

## **5 Ethische, legale und soziale As- pekte (ELSA)**

ELSA Forschung, also Begleitforschung zu  
ethischen, legalen und sozialen Aspekten  
neuer naturwissenschaftlich-technischen  
Entwicklungen ist mit zwei Zielsetzungen

verknüpft: ei-nerseits soll Wissen über die  
Auswirkungen naturwissenschaftlich-  
technischer Entwicklungen erforscht und  
erzeugt und dies gesell-schaftlichen Akteuren  
zur Verfügung gestellt werden; und anderer-  
seits soll ein Reflexions-prozess über dies  
Auswirkungen in den jewei-ligen Wissen-  
schaftsfeldern angeregt werden (Technikfol-  
genabschätzung). ELSA Forschung ist eine  
relativ neue Erscheinung. Als "Erfinder" gilt  
James Watson, der erste Direktor des Hu-  
mangenomprojekts in den USA - er entschied  
von Anbeginn einen Teil des Forschungsbud-  
ges der Genomforschung für das Studium der  
ethischen und gesellschaftlichen "Implikatio-  
nen" (weshalb das Programm in den USA  
"ELSI" heißt) auszugeben. Mittlerweile hat  
sich ELSA Begleitforschung insgesamt in den  
Lebenswissenschaften etabliert und das  
BMBF fördert seit 1997 ELSA-Forschung  
programma-tisch. Wir betrachten ELSA-  
Forschung in der Tradition kritischer Reflekti-  
on und Begleitung von Natur-  
/Lebenswissenschaften, wie sie seit dem 19.  
Jahrhundert gefordert wurde und haben in  
diesem Rahmen unsere Begleitforschung um  
einen medizin- und wissenschaftshistorischen  
Aspekt erweitert [18].

Im Rahmen des EmoAdapt Projektes sollen  
zunächst Gefühlsnormen und deren zeitlicher  
Wandel betrachtet werden [19]. In diese  
Betrachtung sollen auch historische Mensch-  
Maschine-Modelle einbezogen werden z.B.  
La Mettrie L'homme machine (1748) [20]  
oder Fritz Kahns "Der Mensch als Indust-  
riepalast"[21]. Da es das Ziel des For-  
schungsprojekts EmoAdapt ist neue Erkennt-  
nisse zur Entstehung und Modulation von  
Emotionen in der Interaktion mit Maschi-  
nen/Computer zu generieren, ist der Umgang

mit der Datengewinnung hoch sensibel. Kognitiv bedingte Veränderungen in der Interaktion werden derzeit in der Regel von Maschinen nicht wahrgenommen und in die Interaktionsdynamik nicht einbezogen. Wenn einzelne mentale Zustände und Wahrnehmungen analysiert werden können, und der Verlauf einer Entscheidung allein aus dem zerebralen Aktivierungsmuster bestimmt werden kann, bevor die ProbandInnen diese kommunizieren [22], so erfordert dies einen besonderen Umgang mit den Daten zum Schutz der Persönlichkeitsrechte. Die Beachtung internationaler Standards bei der Forschung am Menschen, wie z.B. "informed consent", Datenschutz und Ethikkommissionsvotum (Aufklärung, Freiwilligkeit, Autonomie und Nichtschaden etc. laut den Grundsätzen der Deklaration von Helsinki) reichen dann nicht immer hin, wenn technische Systeme individuelle Emotionsmuster speichern und bewerten bzw. kategorisieren. Die gesammelten Daten dürfen z.B. nicht zu einer ungewollten "Gedanken/Gefühls-Überwachung" der anwendenden Person führen.

Die rechtlichen Aspekte sollen ebenfalls untersucht werden. Dies betrifft arbeitsrechtliche Bereiche wie z.B. die nicht selbstbestimmte Einsicht in Daten und Prozesse durch unbefugte Dritte ("Überwachung"), aber auch die Klärung von Verantwortlichkeit bei maschinen-assistierten Prozessen, die zu Schäden an Personen oder Dingen führen können. Dies soll auch die Entwicklung eines Konzepts für Datenschutz einschließen u.a. soll geklärt werden wie sich Daten bei der Echtzeit-Aquisition, der Auswertung und Langzeitspeicherung verschlüsseln lassen. Zusätzlich werden die Daten gemäß aner-

kannter Richtlinien ([www.tmf-ev.de](http://www.tmf-ev.de)) pseudonymisiert.

## 6 Literatur

- [1] Nass, C., & Brave, S. (2005). *Wired for speech: How voice activates and advances the human-computer relationship*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- [2] Wolff S, Brechmann A (2015) Carrot and stick 2.0: The benefits of natural and motivational prosody in computer-assisted learning. *Computers in Human Behavior* 43:76-84.
- [3] Kohrs C, Angenstein N, Scheich H, Brechmann A (2012) Human striatum is differentially activated by delayed, omitted, and immediate registering feedback. *Front Hum Neurosci* 6:243.
- [4] Kohrs C, Hrabal D, Angenstein N, Brechmann A (2014) Delayed system response times affect immediate physiology and the dynamics of subsequent button press behavior. *Psychophysiology* 51(11):1178-1184.
- [5] Kreibig, S. D. "Autonomic nervous system activity in emotion: A review". *Biological Psychology*, vol. 84, no. 3, pp. 394 – 421, 2010.
- [6] Traue HC, Ohl F, Brechmann A, Schwenker F, Kessler H, Limbrecht K, Hoffmann H, Scherer S, Kozyba M, Scheck A, Walter S (2013) A Framework for Emotions and Dispositions in Man-Companion Interaction. In: *Coverbal Synchrony in Human-*

Machine Interaction (Rojc M, Campbell N, eds): CRC Press.

[7] Scherer, K., Dan, E., & Flykt, A. (2006). What Determines a Feeling's Position in Affective Space? A Case for Appraisal. *Cognition & Emotion*, 20(1), 92-113.

[8] Taylor, J., & Fragopanagos, N. (2005). The Interaction of Attention and Emotion. *Neural Networks*, 18(4), 353-369.

[9] Gross, J. (2002). Emotion Regulation: Affective, Cognitive, and Social Consequences. *Psychophysiology*, 39(3), 281-291.

[10] Schwarz, N. (2000). Emotion, Cognition, and Decision Making. *Cognition & Emotion*, 14(4), 433-440.

[11] Kim, M. K., Kim, M., Oh, E., & Kim, S. P. (2013). A Review on The Computational Methods for Emotional State Estimation From The Human EEG. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2013.

[12] Mauss, I., Levenson, R., McCarter, L., Wilhelm, F., & Gross, J. (2005). The Tie That Binds? Coherence Among Emotion Experience, Behavior, and Physiology. *Emotion*, 5(2), 175-190.

[13] Weiskopf N, Veit R, Erb M, Mathiak K, Grodd W, Goebel R, et al. Physiological self-regulation of regional brain activity using real-time functional magnetic resonance imaging (fMRI): methodology and exemplary data. *Neuroimage* 2003;19(3):577-86.

[14] Kassam KS, Markey AR, Cherkassky VL, Loewenstein G, Just MA. Identifying Emotions on the Basis of Neural Activation. *PLoS ONE* 2013;8(6):e66032.

[15] Mueller C, Luehrs M, Baecke S, Adolf D, Luetzkendorf R, Luchtman M, et al. Building virtual reality fMRI paradigms: a framework for presenting immersive virtual environments. *J. Neurosci. Methods* 2012;209(2):290-8.

[16] Müller K, Tangermann M, Dornhege G, Krauledat M, Curio G, Blankertz B. Machine learning for real-time single-trial EEG-analysis: from brain-computer interfacing to mental state monitoring. *J. Neurosci. Methods* 2008;167(1):82-90.

[17] Baecke S, Lützkendorf R, Mallow J, Luchtman M, Tempelmann C, Stadler J, Bernarding J (2015) A proof-of-principle study of multi-site real-time functional imaging at 3T and 7T: Implementation and validation. *Sci Rep* 5:8413.

[18] Kemper O, ELSA in der Genomforschung - eine vorübergehende Erscheinung. *Österreichische Zeitschrift für Soziologie* 2010, 35:13-32.

[19] Plamper J, *The History of Emotions: An Introduction* Oxford 2015

[20] *L'homme machine/Die Maschine* Mensch. Übers. u. hgg v. Claudia Becker, Hamburg 2009.

[21] Debschitz U, Fritz Kahn - *Man Machine, Maschine Mensch*, Wien 2009;

[22] Hollmann M, Rieger JW, Baecke S, et al. (2011) Predicting decisions in human social interactions using realtime fMRI and pattern classification. PLoS ONE 6:e25304