

MATHIAS VUKELIĆ | KATHARINA LINGELBACH | DANIELA PIECHNIK

## FEINFÜHLIGE TECHNIK

WIE NEUROERGONOMIE UND BRAIN-COMPUTER-INTERFACES IN DER PRAXIS  
EINGESETZT WERDEN KÖNNEN

HRSG.: WILHELM BAUER | OLIVER RIEDEL | THOMAS RENNER | MATTHIAS PEISSNER





**DOWNLOAD**  
der vollständigen  
**STUDIE**

[www.ki-fortschrittszentrum.de/  
studien](http://www.ki-fortschrittszentrum.de/studien)

# INHALT

<b>1</b>	<b>Management Summary</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Feinfühlige Technik – eine »Annäherung« von Mensch und Technik?</b>	<b>10</b>
2.1	Was ist eine feinfühlige Technik?	11
2.2	Begriffsdefinitionen	13
2.2.1	Mensch-Technik-Interaktion, User Experience und Neuroergonomie	13
2.2.2	Erkennungstechnologien zur Erfassung mentaler Prozesse	15
2.2.3	Technische Grundlagen einer feinfühligem Technik	25
2.2.4	Brain-Computer-Interfaces und neuro-adaptive Systeme	35
<b>3</b>	<b>Einsatz in der Praxis</b>	<b>44</b>
3.1	Einsatz von feinfühligem Technik zur Gestaltung von menschenzentrierter Technik	44
3.1.1	Optimierung der 25sten Stunde	45
3.1.2	Affective Computing – Emotionserkennung während der Interaktion	47
3.2	Feinfühligem Technik für Echtzeitanwendungen	50
3.2.1	Physiologisches Monitoring für die Fahrerzustandserkennung	50
3.2.2	Neuro-adaptive Lernassistenten und -programme	53
3.2.3	MindTrain – Förderung mentaler Fitness	55
3.2.4	Feinfühligem kollaborative Roboter	56
3.3	Qualitative Interviews	58
3.3.1	Identifizierte Potenziale feinfühligem Technik	69
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>71</b>

<b>Literatur</b>	<b>73</b>
<b>KI-Fortschrittszentrum</b>	<b>86</b>
<b>Fraunhofer-Gesellschaft</b>	<b>87</b>
<b>Ansprechpersonen</b>	<b>89</b>



**DOWNLOAD**  
der vollständigen  
**STUDIE**

[www.ki-fortschrittszentrum.de/  
studien](http://www.ki-fortschrittszentrum.de/studien)

# 1 MANAGEMENT SUMMARY

Im Zeitalter digital vernetzter Produkte und Technologien der Künstlichen Intelligenz nimmt die Gestaltung der Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine eine Schlüsselrolle ein. Die Studie zeigt auf, welche neuen Perspektiven und Potenziale sich hier durch neuroergonomische Methoden für die Gestaltung von menschengerechter Technik und Arbeit ergeben. Anhand von Praxisbeispielen berichten wir, welche Methoden und Technologien sich nutzen lassen, um Technikdesign so zu optimieren, dass Produkte und Services auf die Bedürfnisse der Nutzer\*innen ausgerichtet sind und Gestaltungsprozesse der Menschzentrierung und Akzeptanz angemessen berücksichtigt werden. Fragen, die durch die Neuroergonomie beantwortet werden können, sind z. B. wie hoch die kognitive Belastung oder wie das emotionale Wohlbefinden der Menschen während des Umgangs mit Technik ist. Welche Denkprozesse und Verhaltensweisen fördern ein positives Erleben im Umgang mit Technik? Wie kann eine Mensch-Technik-Interaktion möglichst umfassend evaluiert werden, um Ergebnisse für die Gestaltung von Arbeitsplätzen und Technik zu berücksichtigen?

Weiterhin zeigen wir, wie sich aktuelle Neurotechnologien einsetzen lassen, um Signale des Gehirns oder auch körperliche Erregungsmuster zu messen und somit emotionale und kognitive Zustände in Echtzeit zu erkennen – eine *feinfühlige Technik*. Dies ist mit sogenannten Brain-Computer-Interfaces (BCIs) möglich. Aktuell ist der Einsatz von BCIs noch überwiegend für medizinische Anwendungen etabliert, z. B. in technischen Systemen zur Kommunikation bei schwerst gelähmten Patient\*innen. In realen Situationen der Mensch-Technik-Interaktion können sie noch nicht ohne Weiteres genutzt werden, da ihr Einsatz noch streng kontrollierte Bedingungen erfordert. Die Studie informiert darüber, wo Herausforderungen für Entwickelnde und Endnutzer\*innen im Einsatz liegen. Anhand von praktischen Beispielszenarien und Zukunftsvisionen erläutern wir, welches Potenzial und welcher Mehrwert sich durch den Einsatz von neuroergonomischen Methoden und BCI-Technologien zur Lösung aktueller Probleme in der Entwicklung von Produkten oder adaptiven und autonomen Assistenzsystemen für die Arbeit, das Lernen und die Mobilität ergeben.

In Gesprächen mit Expert\*innen aus der Praxis haben wir diese Potenziale diskutiert und gemeinsam anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsthemen mit besonders großem Potenzial erörtert: i) die Nutzerzustandserkennung und situationssensitive Anpassung der Maschine an einzelne Nutzer\*innen mittels feinfühligere Technik, ii) die Förderung positiver Emotionen und kognitiver Faktoren wie Aufmerksamkeit, Konzentration und Kontrollfähigkeit in oder mithilfe der Interaktion mit feinfühligere Technik, iii) das interaktive Eintrainieren von Maschinenverhalten (u. a. auch Roboter) mittels BCI-basiertem verstärkendem Lernen (Reinforcement Learning).



**DOWNLOAD**  
der vollständigen  
**STUDIE**  
[www.ki-fortschrittszentrum.de/  
studien](http://www.ki-fortschrittszentrum.de/studien)

Gefördert durch



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

**CyberValley**

