



Neurotechnologien als Enabler von  
personalisierter beruflicher  
Weiterbildung  
*Science-Fiction oder die Realität der Zukunft?*

---

Dr. Nektaria Tagalidou und Dr. Mathias Vukelić –  
Zukunftswerkstatt, AGBFN 2026



# Personalisierung – Realität oder Rhetorik?

# Aktuelle Herausforderungen des Lernens

## Digitale Welten und Realitäten

### Reizüberflutung

- Ständige Notifications, E-Mails, parallele Kanäle
- Fragmentierte Aufmerksamkeit & verkürzte Fokusphasen

### Hohe kognitive Belastung

- Informationsüberfluss und komplexe Tools
- Häufiges Task-Switching

### Individuelle Unterschiede

- Unterschiedliche Fähigkeiten in Fokus, Reizfilterung, Verarbeitungsgeschwindigkeit
- Kognitive Belastungsgrenzen individuell verschieden

### Moderne Arbeitsumgebungen

- Weniger Peer-Learning, mehr Selbststeuerung
- Permanente Erreichbarkeit

### Organisationale Faktoren

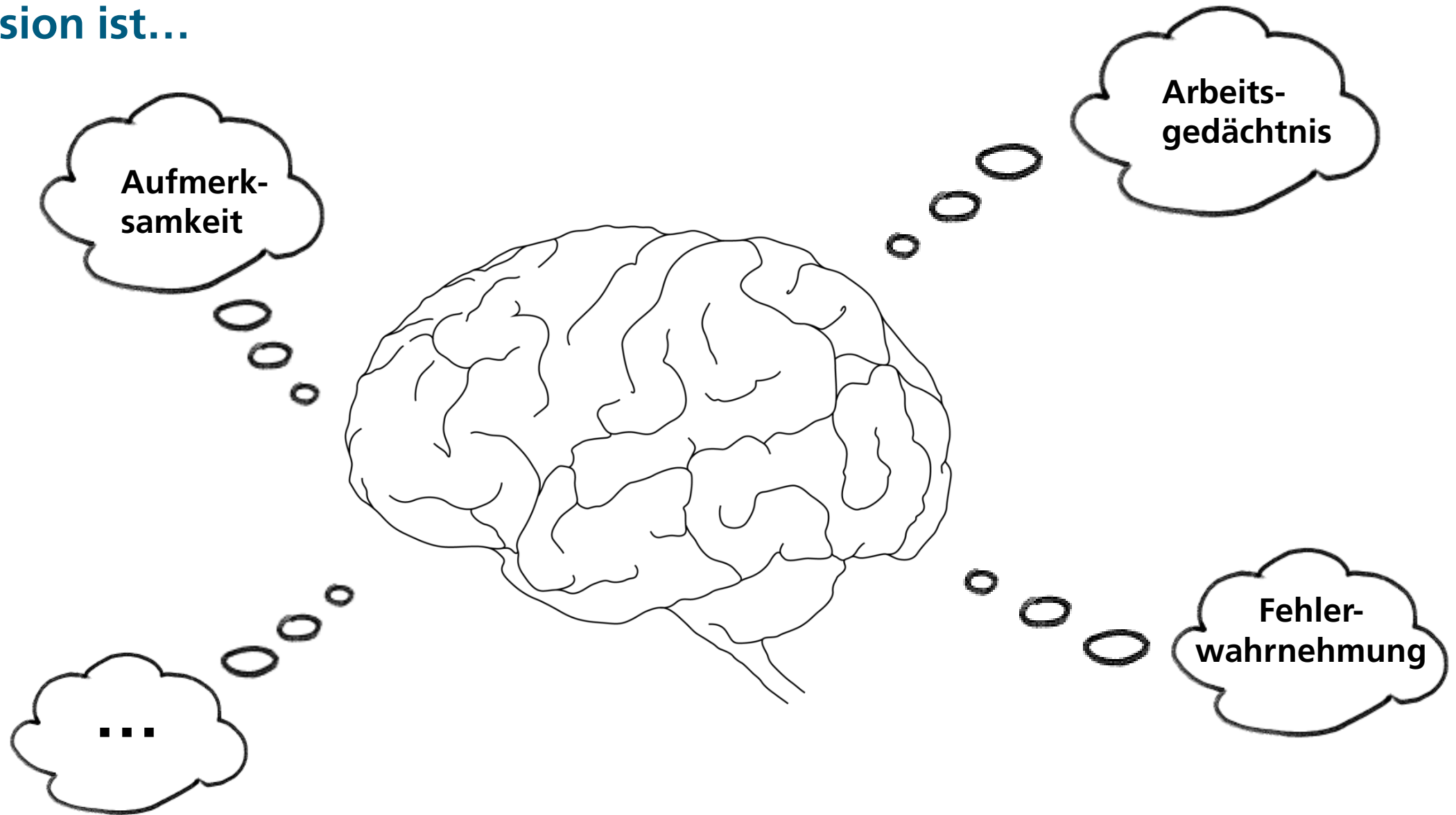
- Unklare Abläufe, multitaskinglastige Arbeitskultur
- Fehlende Fokuszeiten

### Technologischer Anpassungsdruck

- Häufige Einführung neuer Tools & Lernplattformen
- Technostress & Überforderung

*One-size-fits-all verschenkt Potenzial*

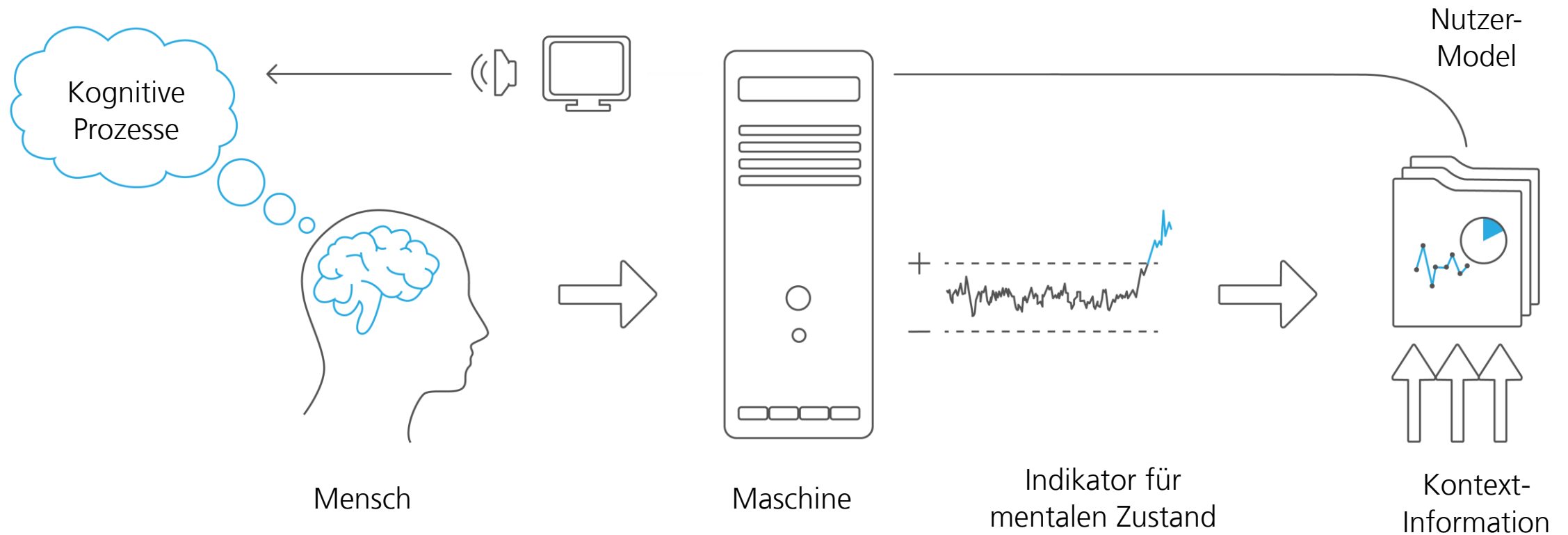
# Die Vision ist...



# Feinfühlige Technik...

...wenn Computer mit uns Denken, statt für uns

## *Neuroadaptive System auf der Basis von Gehirn-Computer Schnittstellen*



# Mobile Neurotechnologien

werden zu praktischen persönlichen Computergeräten

**2000 - 2010**

**2010 - heute**

**heute – nahe Zukunft**

Bilder mit Copyright gelöscht



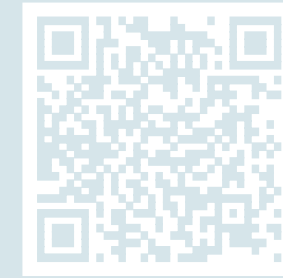
Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



Fraunhofer  
IAO

# Feinfühlige Technik

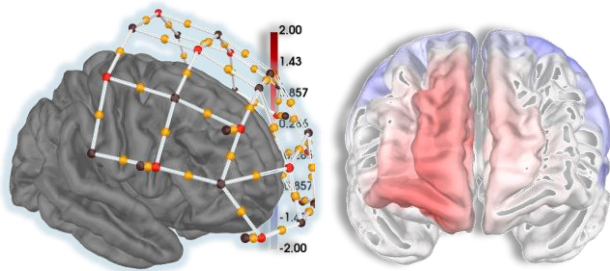
## Mental Load und Neuroadaptives Lernen



Full Paper

fNIRS

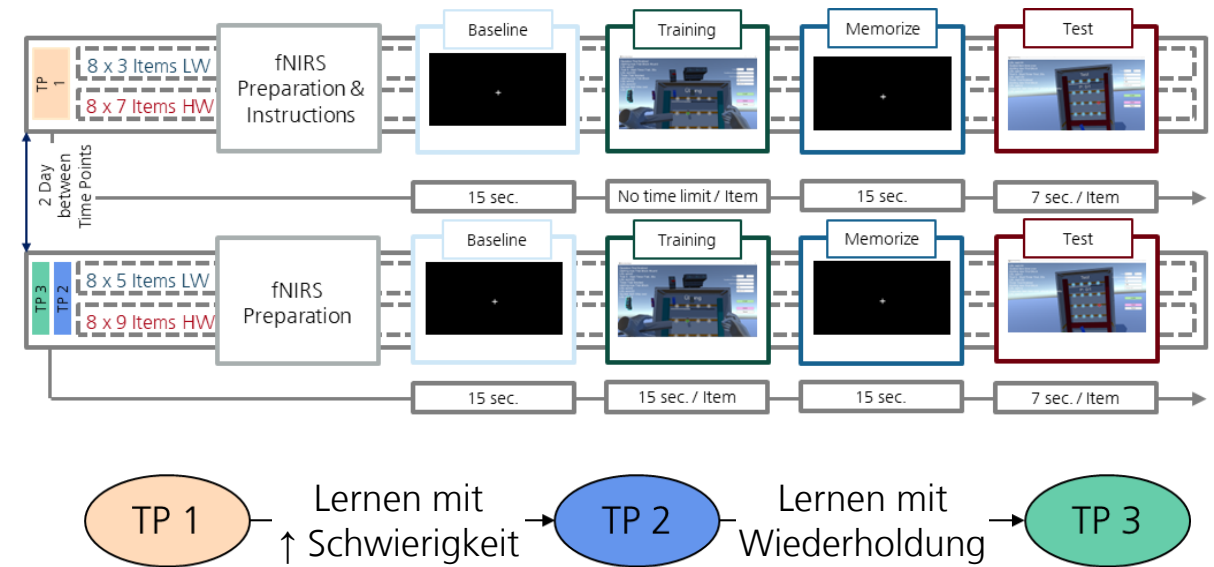
VR



### Innovation

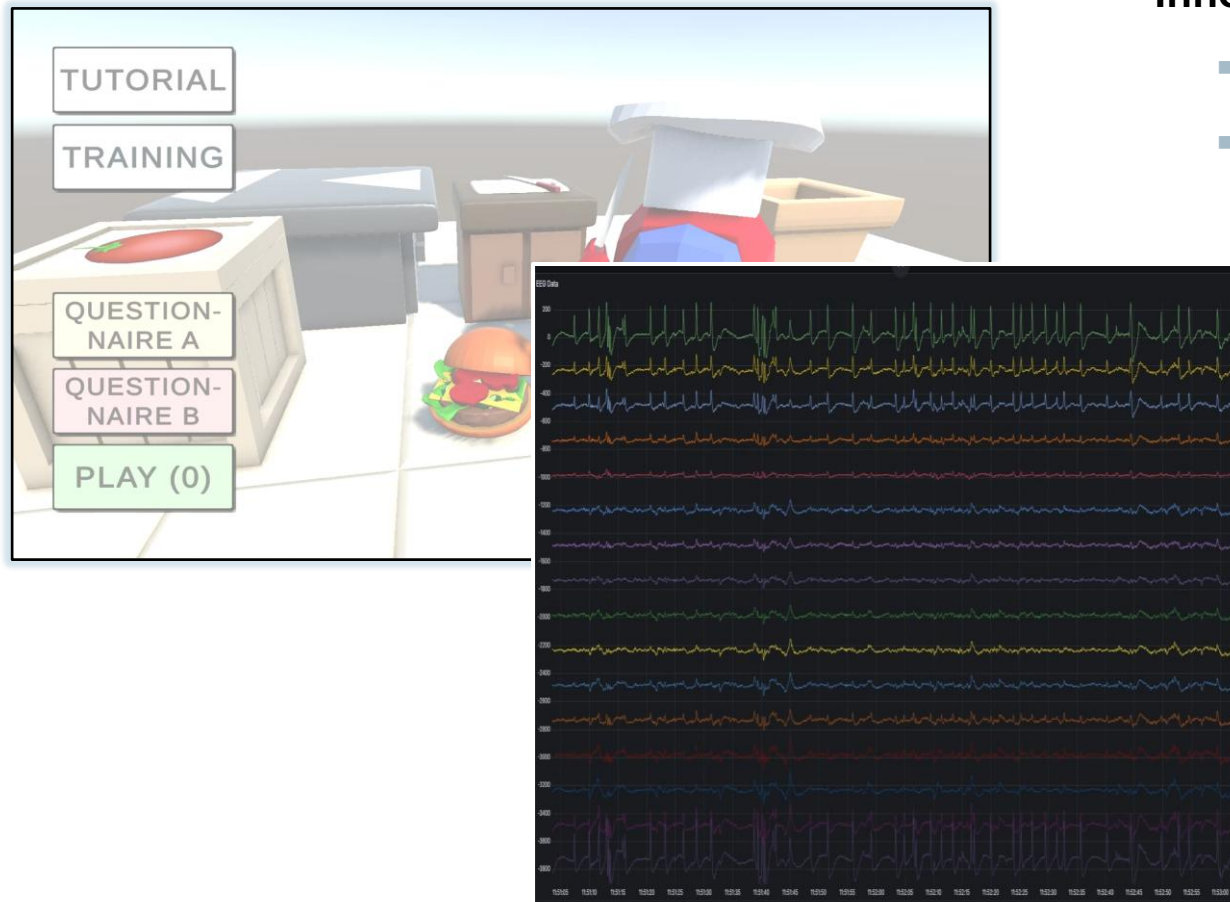
- Bewertung der mentalen Arbeitsbelastung während eines Trainings über mehrere Tage hinweg
- Anpassung des Lernverhaltens und Fortschritts an individuelle Fähigkeiten

**Lernaufgabe:** Installation von elektrischen Komponenten (Reihenfolge und Positionierung) in einem Schaltschrank unter Bedingungen mit **niedriger** und **hoher** Arbeitsgedächtnisbelastung



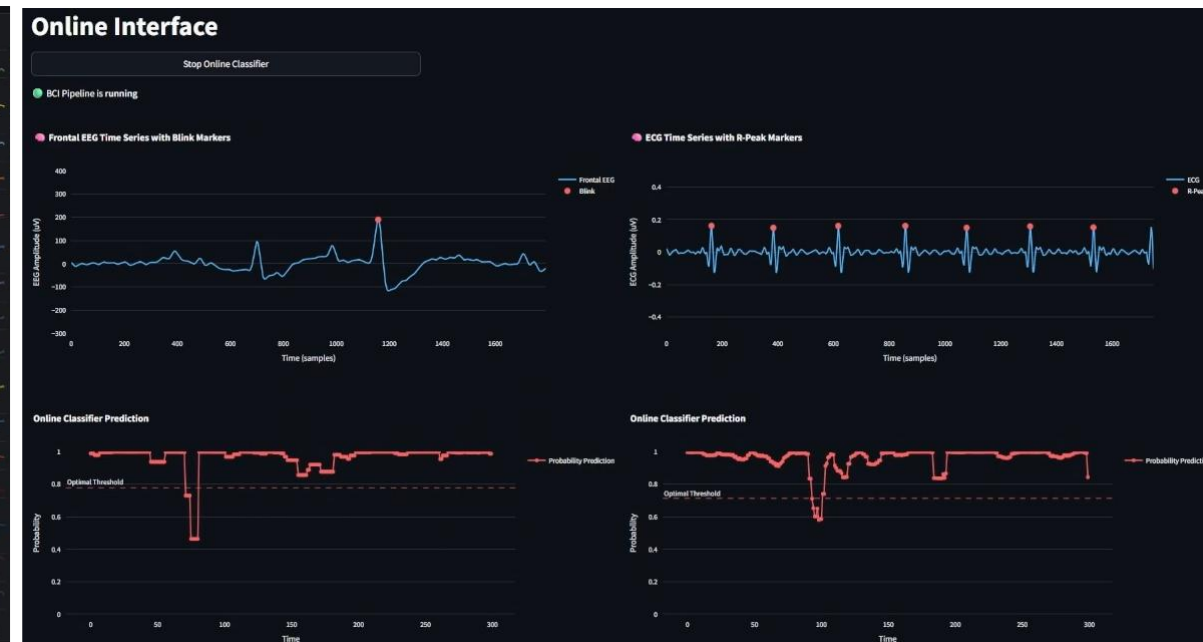
# Feinfühlige Technik

## Neuroadaptivität und Anpassung des Schwierigkeitsniveaus



### Innovation

- **Multidimensionale Dekodierung** mentaler Prozesse
- **Automatische Anpassung** von Schwierigkeitsgraden auf Basis der multidimensionalen Dekodierung



Vukelić, M., Bui, M., Lingelbach, K., Tagalidou, N. (2025). Balancing the Gamer's Load: Blink-Driven EEG for Neuroadaptive Frameworks. Methods In Mobile EEG, mbt Conference 3.0, 13-15 April 2025, Belgrade.

Tagalidou, N., Bui, M., Vukelić, M. (2025). Finding the Sweet Spot: Assessing Skill-Challenge Balance and Flow Using a Novel Game-based Task Paradigm. Proceedings of Mensch und Computer, ACM, p 594-598



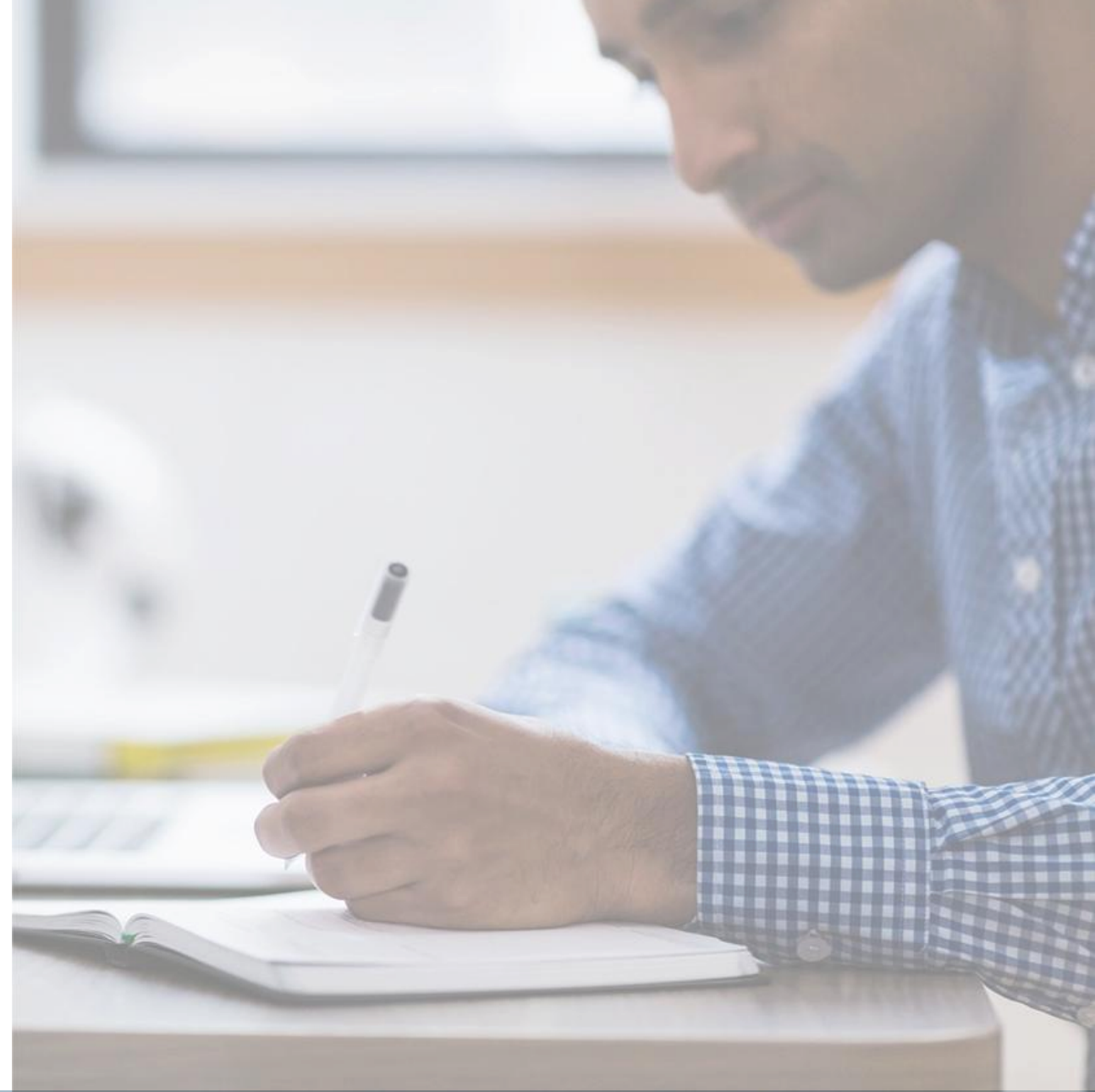
Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT

Fraunhofer  
IAO

# Neurotechnologien im Lernen

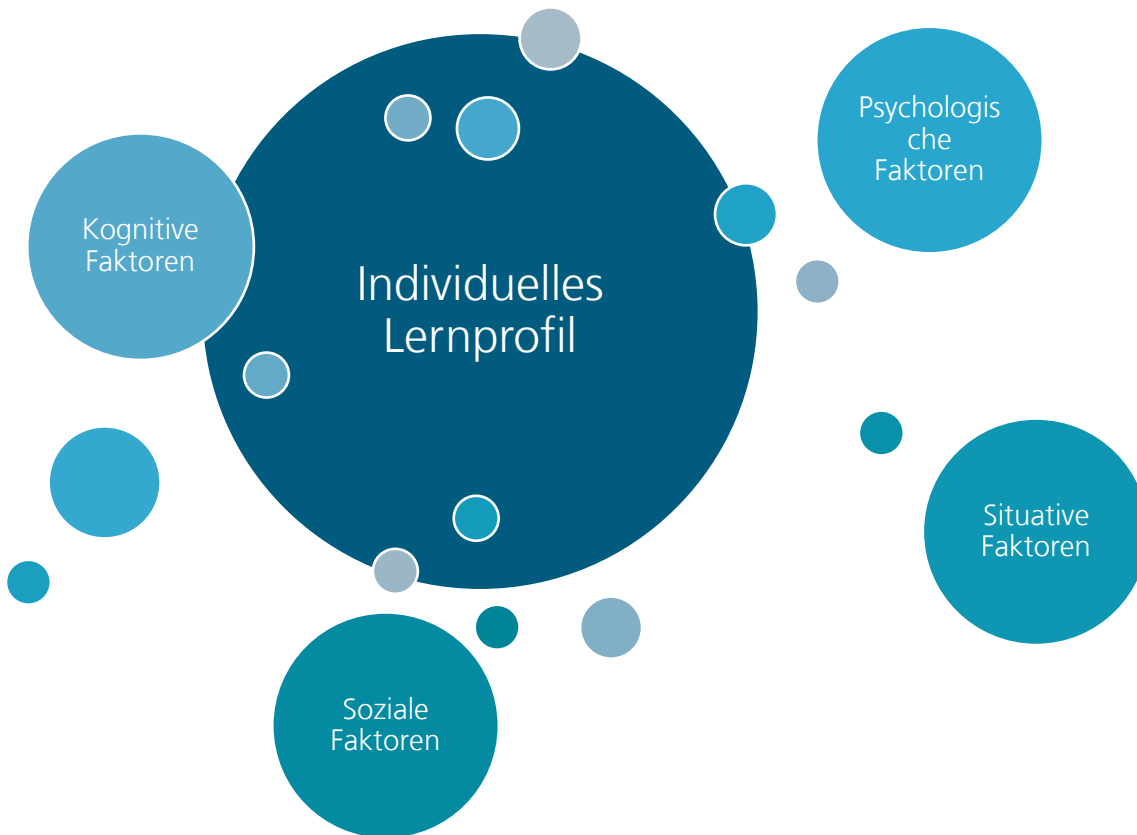
## Zusammenfassung wichtigster Erkenntnisse

- **Ziel der Analyse:** Literaturrecherche (2020–2025)
- **Umfang der Recherche:** 6.600 Studien gescreent → 160 als relevant → 28 erfüllten alle Kriterien
- **Status quo:** Einsatz noch überwiegend experimentell
- **Häufig eingesetzte Technologien:** EEG & fNIRS; Wearables & Eye-Tracking bisher unterrepräsentiert
- **Typische Lernformate:** Meist PC-basiert
- **Fokus der Interventionen:** Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis
- **Häufigste Outcome-Messgrößen:** Performance (Reaktionszeit, Fehlerquote, Effizienz, Genauigkeit); starker Fokus auf quantitative Leistungsparameter



# Lernprofile

Kognition und Psychologie in einem Blick



- Jede Person hat andere **Stärken, Schwächen, Interessen und Bedürfnisse**
- »One-size-fits-all« ist Schnee von gestern
- KI- und Neurotechnologien ermöglichen niederschwellige Personalisierung
- **WICHTIG:** Keine Überwachung, kein Leistungsmonitoring, keine Individualanalysen in Unternehmen
- **SONDERN:** Rahmen für Lernerfolge, eigene Fähigkeiten verstehen, übergeordnete Erkenntnisse ziehen



**KRITIKPHASE**

# Neurotechnologien für personalisiertes Lernen

Spannungsachsen

Effizienz ← — — — — → Autonomie

Neuroadaptive Systeme können Lernpfade in Echtzeit anpassen –  
etwa bei nachlassender Aufmerksamkeit.  
Gleichzeitig verschiebt sich damit Entscheidungsautorität vom  
Lernenden zum System.

## Ab wann wird personalisierte Unterstützung zur externen Steuerung?



# Neurotechnologien für personalisiertes Lernen

Spannungsachsen

Personalisierung ← — — — — — → Normierung

Personalisierung basiert auf Modellen. Modelle beruhen auf Vergleichsdaten. Vergleichsdaten erzeugen implizite Normen.

## Wie kann man Lernende vor Vergleichen schützen?

# Neurotechnologien für personalisiertes Lernen

Spannungsachsen

Innovation ← — — — — — → Organisation

Neurophysiologische Daten sind sensible Daten. Im betrieblichen Kontext entstehen Macht- und Datenschutzfragen.

## Wie kann man den Einsatz von Neurotechnologien regulieren?



Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



Fraunhofer  
IAO



**UTOPIEPHASE**



# Wie sähe eine ideale Lernumgebung im Jahr 2035 aus?\*

\*Wenn wir die Spannungsfelder ernst nehmen und dennoch annehmen, dass Neurotechnologien verantwortungsvoll weiterentwickelt werden.

# Der Lernende im Zentrum

## Dimension 1

**Wie müsste ein neurogestütztes System gestaltet sein, damit es Freiheit und Lernerfolg stärkt statt einschränkt?**



Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



Fraunhofer  
IAO

# Didaktische Integration

## Dimension 2

**Wie müssten didaktische Konzepte verändert werden, dass sie adaptiv und flexibel auf die mentalen Zustände der Lernenden reagieren können?**



# Organisationale Einbettung

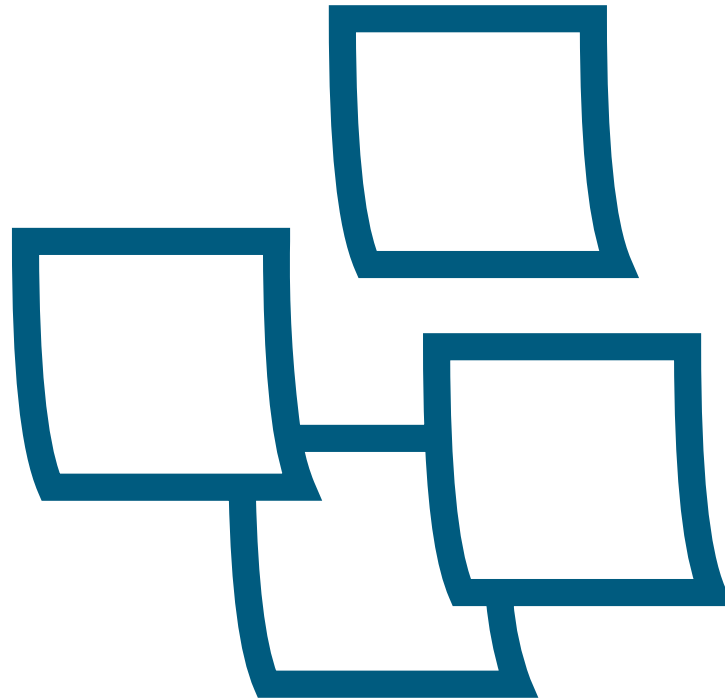
## Dimension 3

**Wie sieht eine Organisation aus, in der der Einsatz von Neurotechnologie in der Weiterbildung als legitim und vertrauenswürdig gilt (Stichworte: Beteiligung, Transparenz, Mitbestimmung)?**



# Verdichtung der Vision

Leitsätze der Zukunftswerkstatt



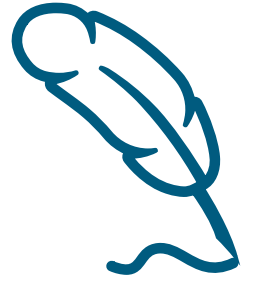
Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



Fraunhofer  
IAO

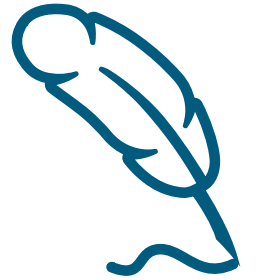


**REALISIERUNGSPHASE**



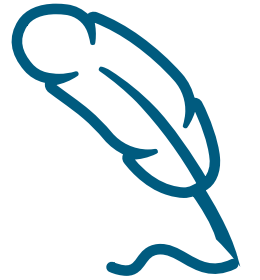
**Wie sieht eine Situation aus, in der Lernende durch Neurotechnologien mehr Lernerfolg haben als heute (konkretes Beispiel)?**

- Entwickeln Sie erste Ideen, wie eine Situation aussehen könnte, die die Leitfrage positiv beantworten kann?
- Schreiben Sie ihr konkretes Realisierungsszenario stichpunktartig auf und formulieren Sie erste 3 Realisationsschritte.



**Wie können wir  
neuroadaptive  
Informationen sinnvoll in  
Lernkonzepte einbetten,  
ohne didaktische Prinzipien  
zu verletzen?**

- Entwickeln Sie erste Ideen, wie eine Situation aussehen könnte, die die Leitfrage positiv beantworten kann?
- Schreiben Sie ihr konkretes Realisierungsszenario stichpunktartig auf und formulieren Sie erste 3 Realisationsschritte.



**Welche strukturellen  
Voraussetzungen müssten  
Unternehmen oder  
Bildungsträger schaffen, damit  
ein Einsatz von  
Neurotechnologien legitim und  
akzeptiert ist?**

- Entwickeln Sie erste Ideen, wie eine Situation aussehen könnte, die die Leitfrage positiv beantworten kann?
- Schreiben Sie ihr konkretes Realisierungsszenario stichpunktartig auf und formulieren Sie erste 3 Realisationsschritte.

# Reflexion und Abschluss

Zukunftswerkstatt Neurotechnologien

**Was nehmen Sie als wichtigste Voraussetzung mit, damit Neurotechnologien lernförderlich, ethisch reflektiert und organisational anchlussfähig werden?**



Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



Fraunhofer  
IAO

# Vielen Dank für den Dialog!

---

**Dr. Mathias Vukelić**

*Leiter Applied Neurocognitive Systems*  
[mathias.vukelic@iao.fraunhofer.de](mailto:mathias.vukelic@iao.fraunhofer.de)



**Dr. Nektaria Tagalidou**

*Applied Neurocognitive Systems*  
[nektaria.tagalidou@iao.fraunhofer.de](mailto:nektaria.tagalidou@iao.fraunhofer.de)



*Follow us!*



Universität Stuttgart  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT



**Fraunhofer**  
IAO