



**lernen:digital**  
Kompetenzzentrum  
MINT

# Simulationen in einer Mixed Reality zur Innovation von Lern-Lehr-Prozessen

**Christopher Eck**  
RWTH Aachen University  
Institut für Arbeitswissenschaft  
Bildung für technische Berufe

33. BAG-Fachtagung:

Session: Ersetzen digitale Formate die Lehre in der Berufsbildung?

Digitale Formate wie LMS, AR, KI etc. halten zunehmend Einzug in den technischen Unterricht



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Agenda



1. Anforderungen an Lern-Lehr-Systeme zur Unterstützung des Lernens aus Fehlern
2. Systematische Unterscheidung zwischen Augmented, Virtual und Mixed Reality
3. Beispiele für Fehlerlernen mit Mixed Reality Simulationen
4. Innovationspotentiale für Lehr-Lern-Prozesse



**lernen:digital**  
Kompetenzzentrum  
MINT

# **1. Anforderungen an Lern-Lehr-Systeme zur Unterstützung des Lernens aus Fehlern**



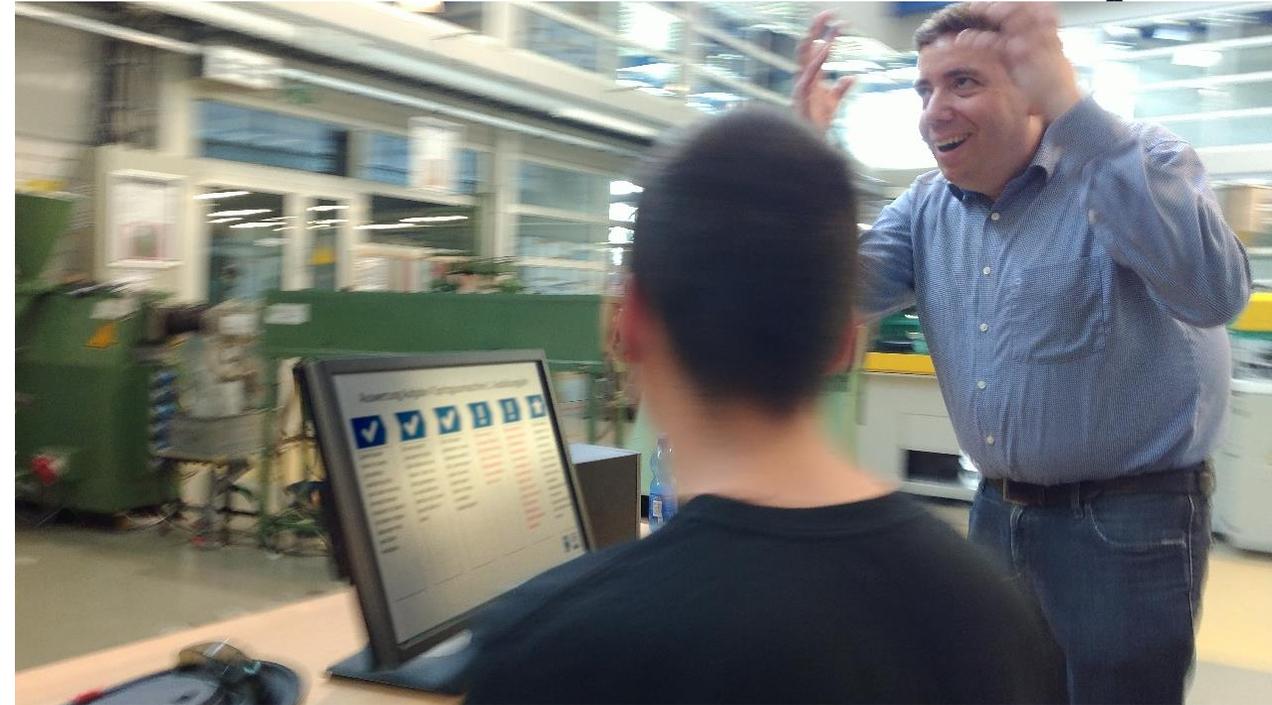
**Finanziert von der  
Europäischen Union**  
NextGenerationEU



GEFÖRDERT VOM

**Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung**

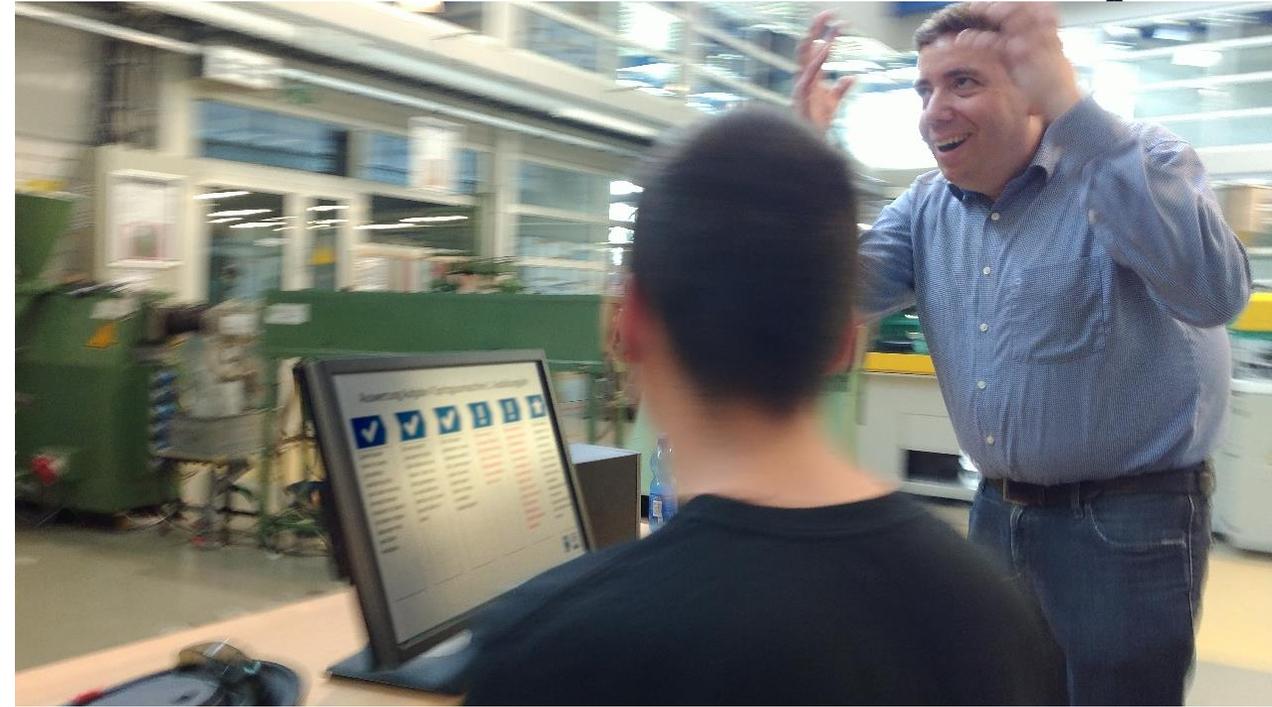
## Ausgangssituation: Vermeidung von Fehlerhandeln



- Arbeitsergebnisse mit negativen Folgen sind unerwünscht, um z.B. Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz einzuhalten
- Für Reflexions- und Problemlösefähigkeit förderliche Fehler werden vermieden

➔ Zielkonflikt

## Ausgangssituation: Vermeidung von Fehlerhandeln



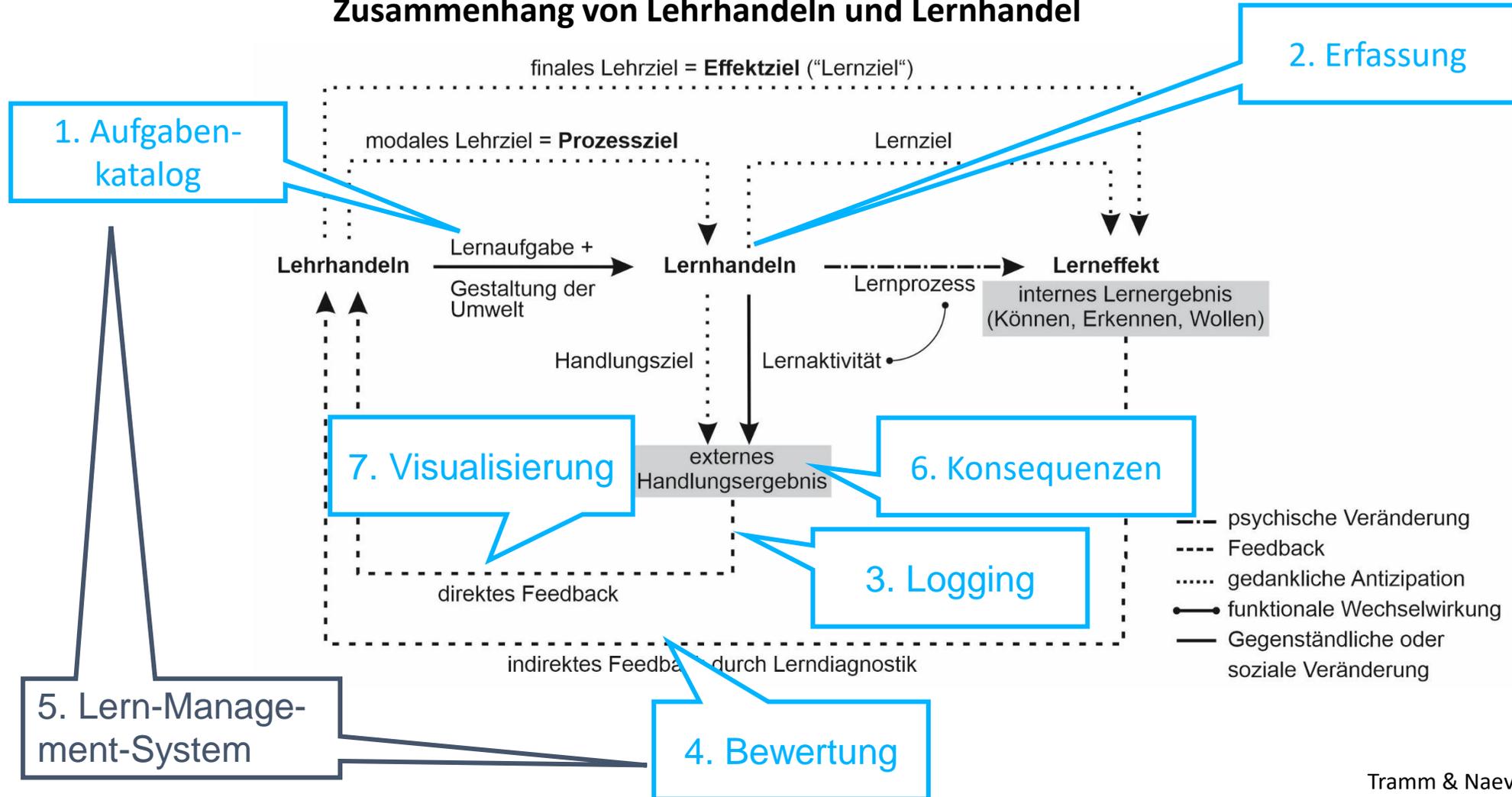
### **Wir wünschen uns für die bestehenden Herausforderungen in der Praxis, dass...**

- die Maschine rechtzeitig, automatisch vor Fehlern stoppt
- Auszubildende trotzdem sehen, was durch den Fehler passiert wäre
- der Weg zum Fehler für Ausbilder\*innen nachvollziehbar ist
- Ausbilder\*innen unterstützt werden, um gezielt auf Wissenslücken eingehen zu können

# Technische Anforderungen die Gestaltung von Lern-Lehr-Systemen



## Zusammenhang von Lehrhandeln und Lernhandel



Tramm & Naeve 2007



**lernen:digital**  
Kompetenzzentrum  
MINT

## **2. Systematische Unterscheidung zwischen Augmented, Virtual und Mixed Reality**



**Finanziert von der  
Europäischen Union**  
NextGenerationEU



GEFÖRDERT VOM

**Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung**

# Extended Reality Continuum



**AR**  
AUGMENTED REALITY

Digitale Inhalte der virtuellen Umgebung **ergänzen** die reale Umgebung um Informationen



**MR**  
MIXED REALITY

Virtuelle und reale Umgebung vermischen sich und **interagieren** miteinander



**VR**  
VIRTUAL REALITY

Immersive virtuelle Umgebung **überlagert** die reale Umgebung

# Extended Reality Continuum



→ Klassische Ausbildungssituation: reale Fehlerkonsequenzen vermeiden

Reale Umgebung



Virtuelle Umgebung



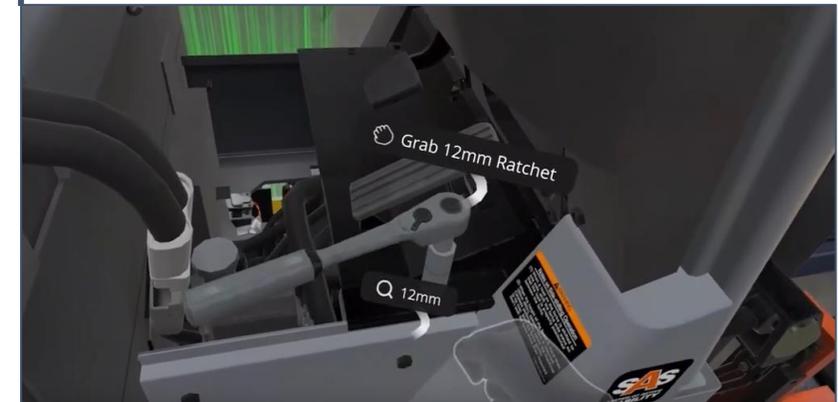
## Lernen am realen Arbeitsplatz

Fehlerrisiken durch (Echtzeit-) Unterstützung minimieren

Assistenzsysteme und Wissensmanagement

## Mixed Reality

Interaktion zwischen realer Umgebung und virtueller Umgebung



## Virtuelle Umgebung

Räumliche Trennung zu Arbeitsplatz

Fehler sind erlaubt

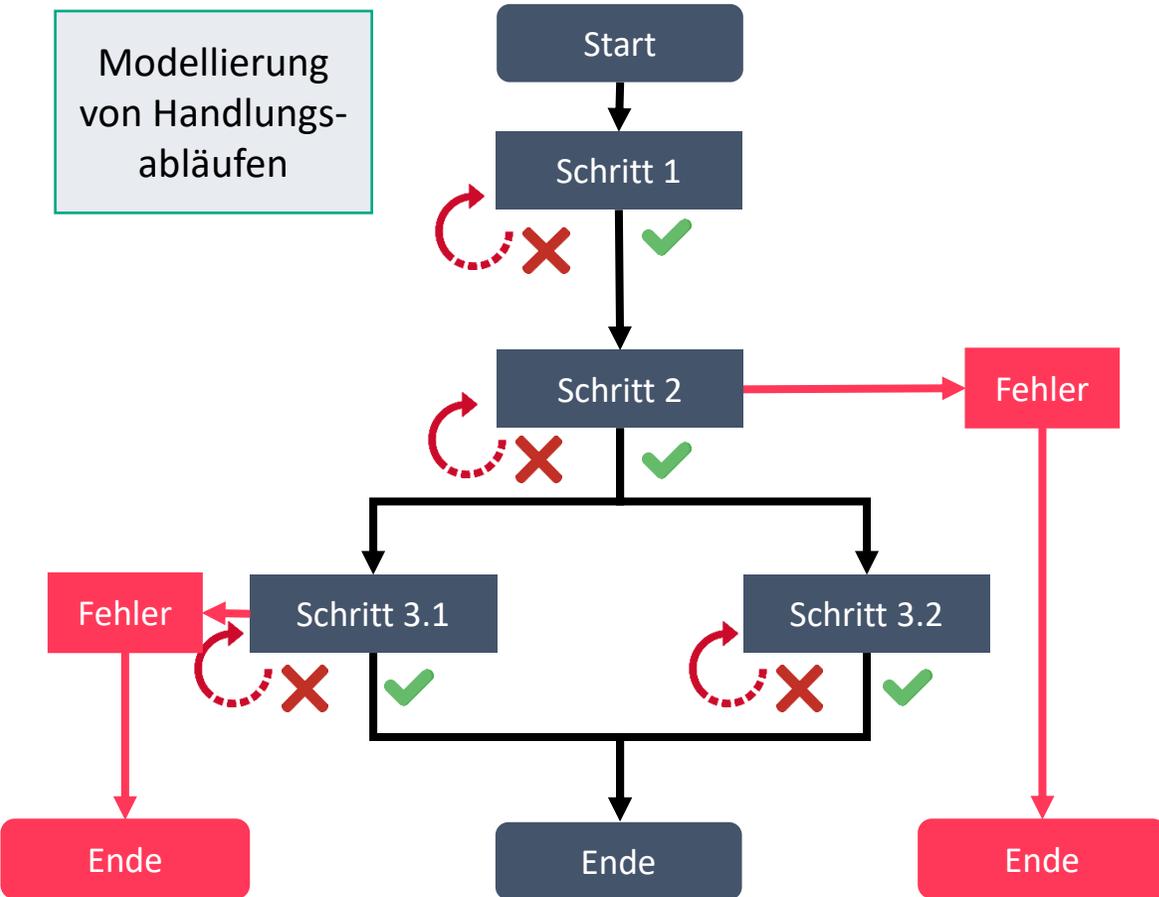
Kennenlernen, ausprobieren und üben von Arbeitsprozessen

# Lernen an Fehlern



## Worin bestehen Limitierungen typischer Augmented und Virtual Reality Anwendungen?

Modellierung von Handlungsabläufen



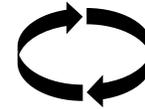
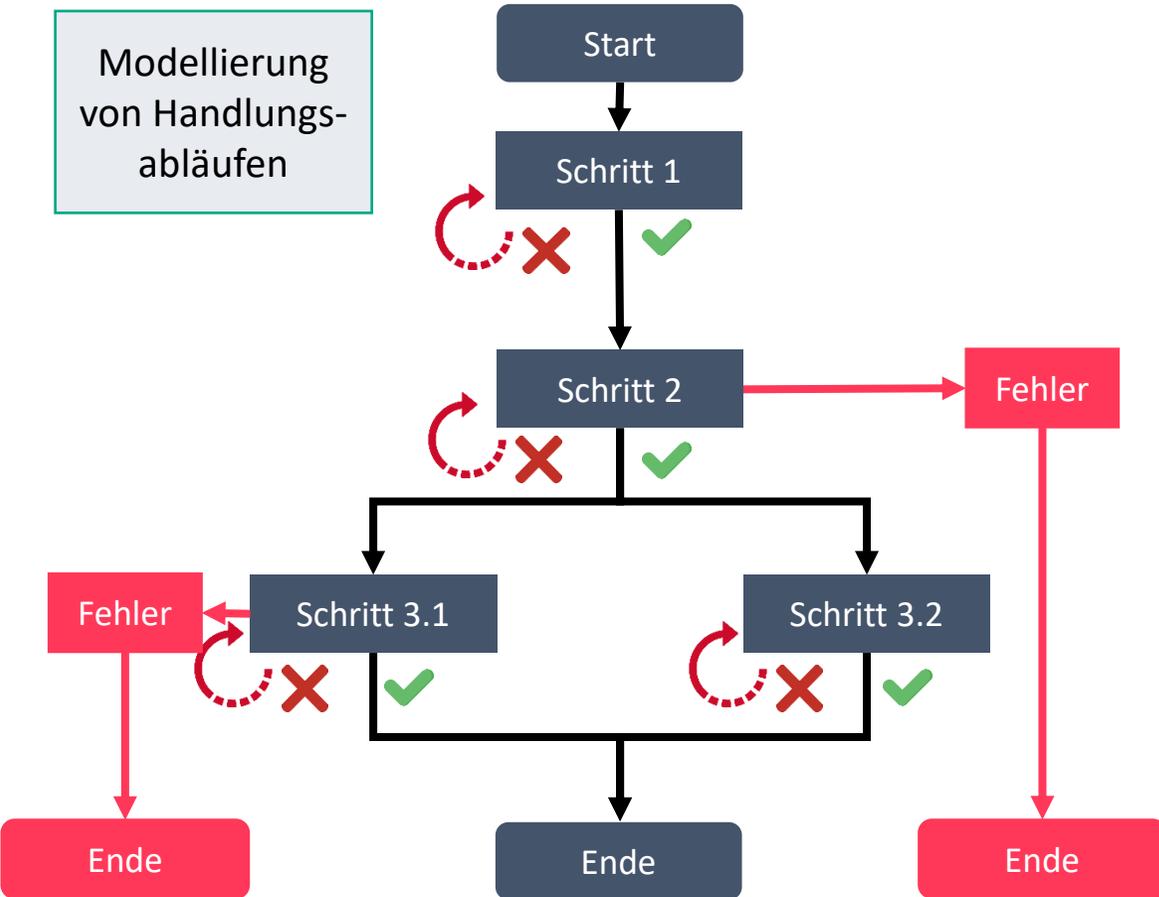
# Lernen an Fehlern



## Worin bestehen Limitierungen typischer Augmented und Virtual Reality Anwendungen?

Modellierung von Handlungsabläufen

Erfassung von (Fehler-) Handlungen



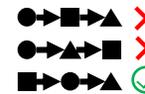
Vertauschungsfehler

Bsp.: Falsches Werkstück gerüstet.



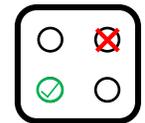
Zeitfehler

Bsp.: Drehmoment zu lange aufgebracht.



Handlungsablauffehler

Bsp.: Kleber auf nicht-gesäuberte Fläche aufgetragen.



Positionierungsfehler

Bsp.: Werkzeug an falsche Position gerüstet.



Mengenfehler

Bsp.: Zu hohes Drehmoment aufgebracht.



lernen:digital  
Kompetenzzentrum  
MINT

# 3. Beispiele für Fehlerlernen mit Mixed Reality Simulationen



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

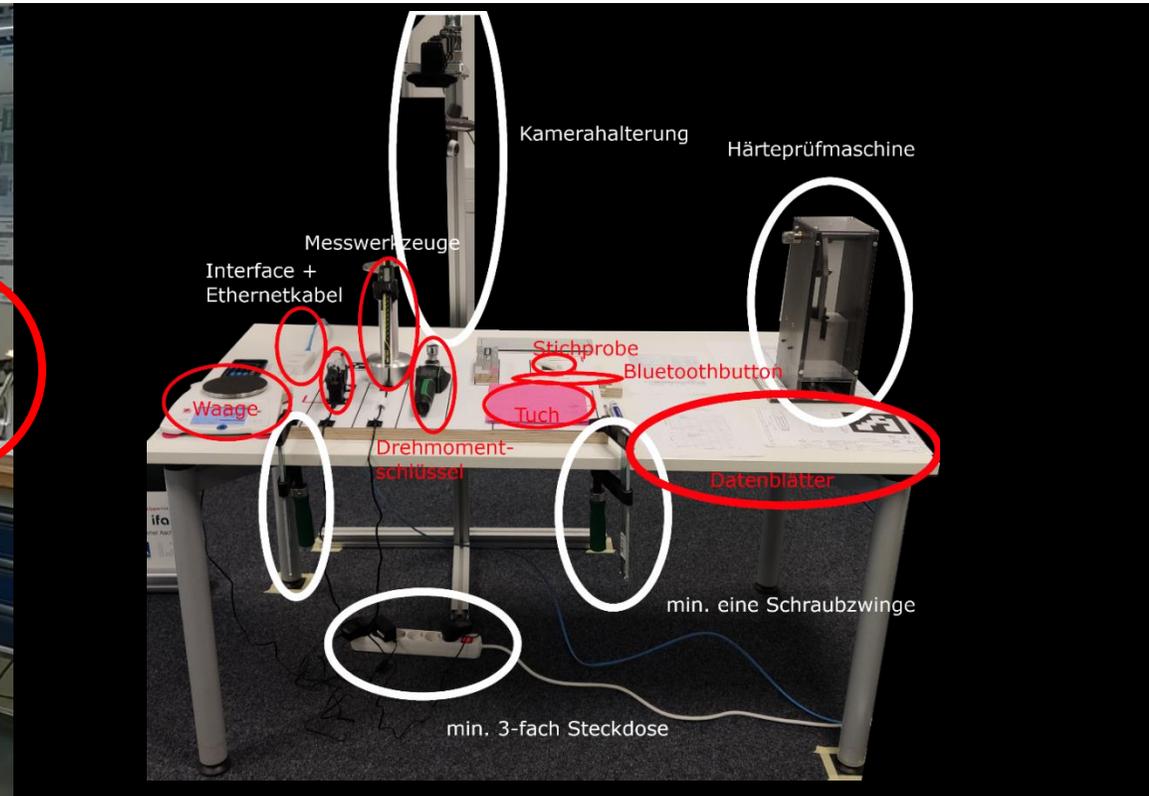


GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Simulation von Fehlerkonsequenzen mit Mixed Reality

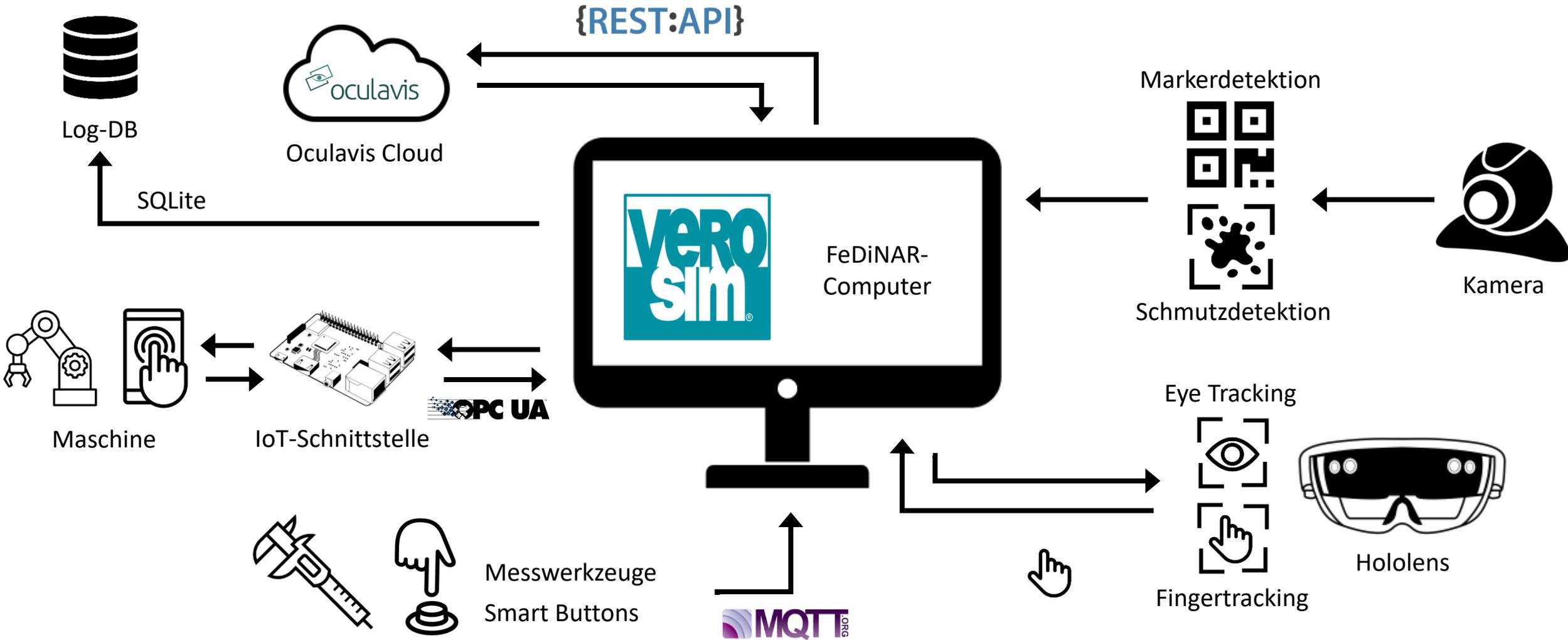
Ein Beispiel aus dem Projekt FeDiNAR



GEFÖRDERT VOM  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



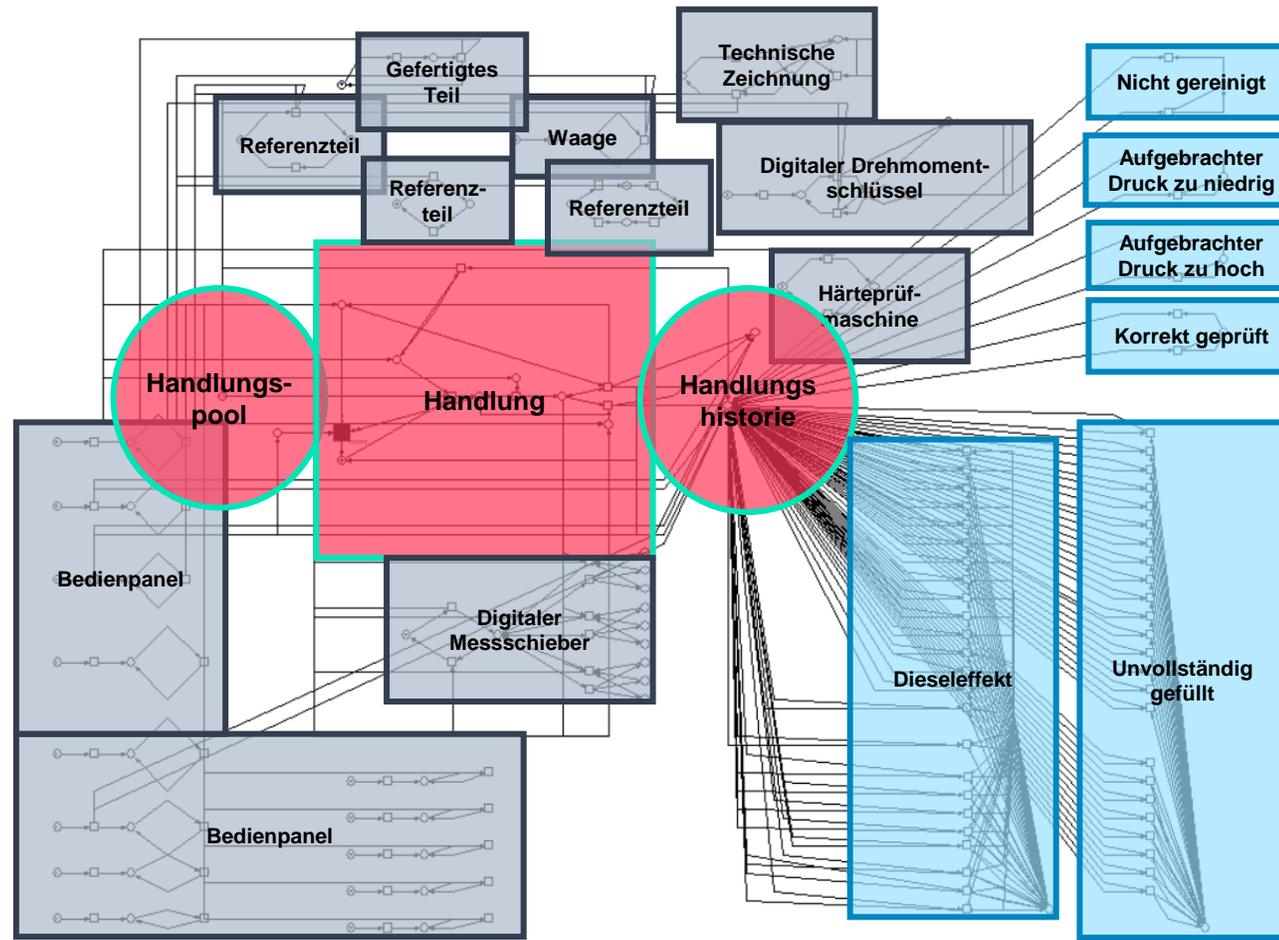
# Die Architektur des FeDiNAR-Lernsystems



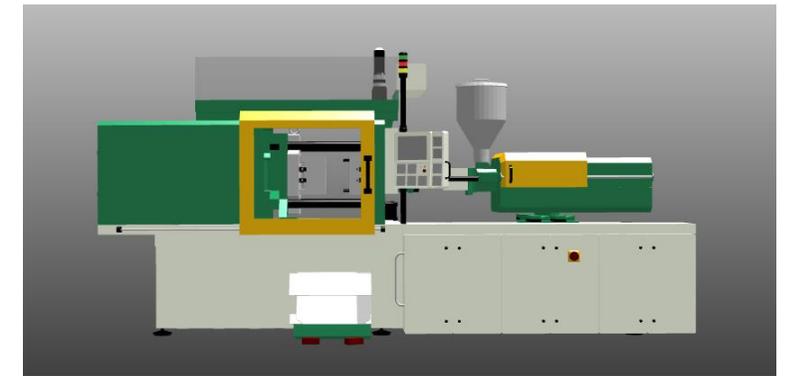
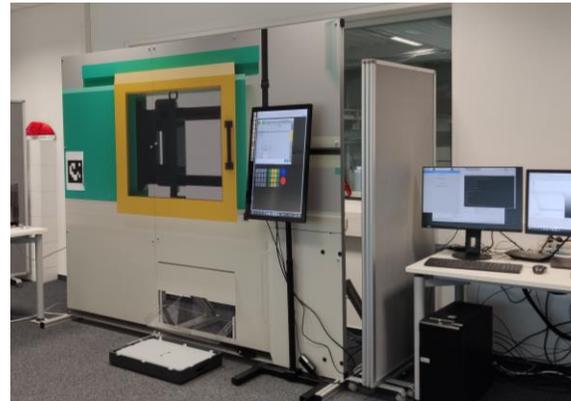
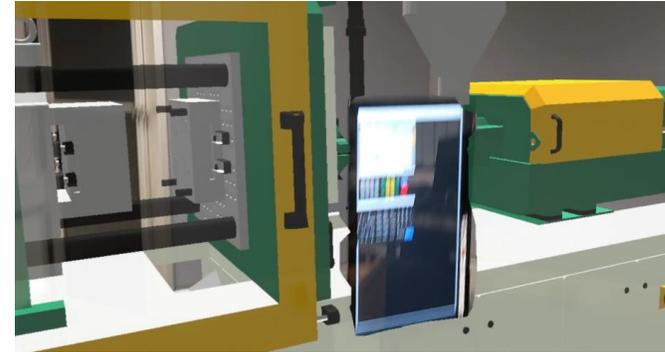
# Petri-Netz-Architektur am Beispiel des Anwendungsfalls „Spritzgießen“



## Modellierung der Füllstudie als Petri-Netz



# XR-Spektrum für handlungsorientiertes Lernen



Realität



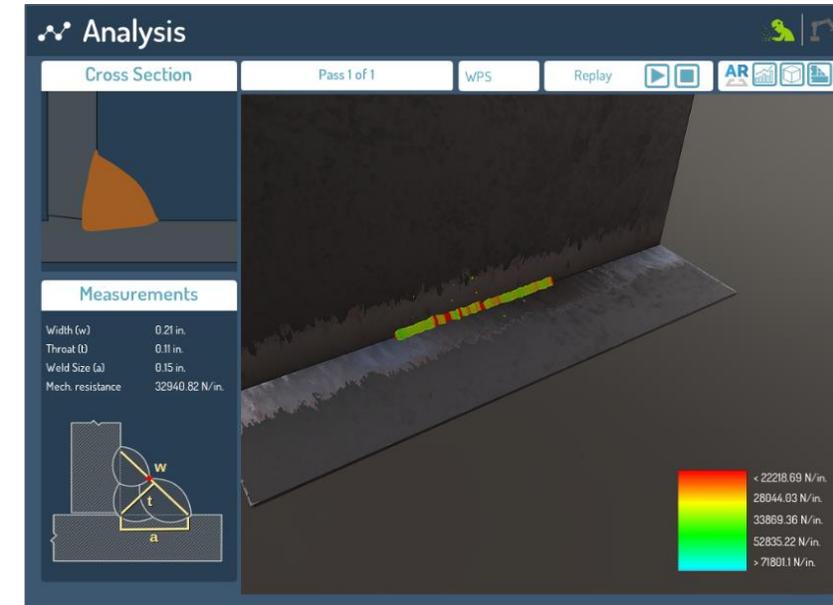
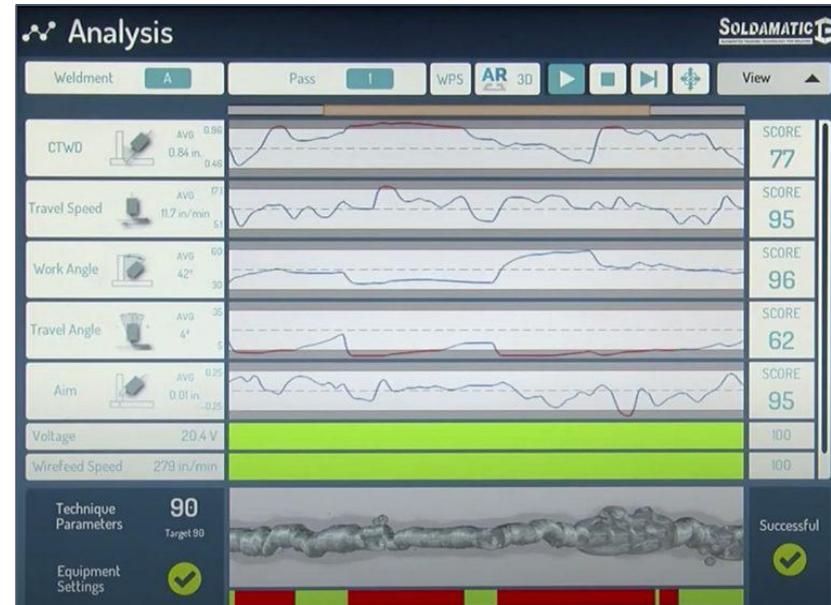
Virtualität

Augmentiertes Overlay

Mixed Reality  
Mockup

Vollvirtuelle Maschine

# Beispiel: Simulator zum Erlernen von Schweißverfahren (Soldamatic)



- **Aufgabenkataloge** zu verschiedenen Werkstücken, Positionen und Verfahren
- **Erfassung** der Position des Schweißbrenners
- **Logging** der Daten

- **Leistungsbewertung** über relevante Parameter
- Auswertungsmöglichkeiten und Fehleranalyse
- Verknüpfung mit **Lernmanagementsystem**

- Simulation der **Konsequenzen**
- Lernförderliche **Visualisierung** zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit



lernen:digital  
Kompetenzzentrum  
MINT

# 4. Innovationspotentiale für von Simulationen und Mixed Reality für Lern-Lehr Prozesse



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## Aus Sicht der Auszubildenden

- Realistische Handlungen selbstständig durchführbar (als Ganzes) innerhalb von Lern- und Arbeitsaufgaben
- Erleben von Fehlerkonsequenzen ermöglichen, um aus ihnen zu lernen
  - Darstellung im entsprechenden Arbeitsschritt
  - Ohne Gefährdung von Sicherheit, Umwelt und Wirtschaft
- Nachvollziehen der Handlung (Reflexion)
  - Auswertungshilfe/Hervorheben von relevanten Arbeitsschritten
  - Hilfsmittel zur Prüfung der Verfolgung von Leitideen
  - Für Auszubildende und Ausbilder
- Transparenz als Motivationsfaktor (z.B. Vergleich untereinander beim Schweißen)
- Möglichkeit der Wiederholung der Lern- und Arbeitsaufgabe

# Innovationspotentiale für Lern-Lehr-Prozesse



## Aus Sicht von Ausbilder\*innen / Lehrkräften

- Technische Entlastung/Unterstützung des Lehrpersonals, z.B. durch
  - Gewährleistung sicherer Lernbedingungen
  - Vorbereiteten Aufgaben und Lernszenarien
  - Datengrundlage zur Lerndiagnostik
  - Automatisierte Rückmeldung zum Lernhandeln
- Daten können zur Gamifizierung genutzt werden
  - lockeres Üben vs. Punkte-Vergleich
- Lernsituationen mit Simulatoren können anders gestaltet sein
  - Bsp.: Nicht einsehbare Schweißkabine vs. Klassenraum mit Simulatoren
    - Ggf. Kosteneinsparungen
  - Neue Möglichkeiten der lernortübergreifenden Kooperation
  - Flexibilität, z.B. wenn Ausbilder\*innen / Lehrkräfte ausfallen



## Zusammenfassung

- Neue Ansätze, um mit Zielkonflikten zwischen Lernen aus Fehler und negativen Konsequenzen umzugehen
  - Größere Autonomie bei Lernen bei gleichzeitiger Verbesserung der Reflexions- und Problemlösekompetenz
  - Technische Gestaltung vor dem Hintergrund lerntheoretischer Modelle und didaktischer Ziele
  - Voraussetzung:
    - Angemessene Modellierung von Handlungsmöglichkeiten (inkl. Fehlerhandeln) und Konsequenzen
    - Technische Voraussetzung zur Erfassung des Handels durch Sensorik
- ➔ Aber: Anwendungen sind derzeit mit hohem Entwicklungsaufwand und Kosten verbunden

Vorgestellte Gestaltungsanforderungen für Lernen aus Fehlern sind für verschiedenen Medien und Kontexte übertragbar ➔ Orientierungshilfe für Entwickler\*innen und Lehrkräfte



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Christopher Eck

IAW - Institut für Arbeitswissenschaft  
RWTH Aachen University  
Abteilung: Bildung für technische Berufe

[c.eck@iaw.rwth-aachen.de](mailto:c.eck@iaw.rwth-aachen.de)  
Tel: +49 241 80 99 476