



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

BAK Tagung in Trier am 22./23.4.2024



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



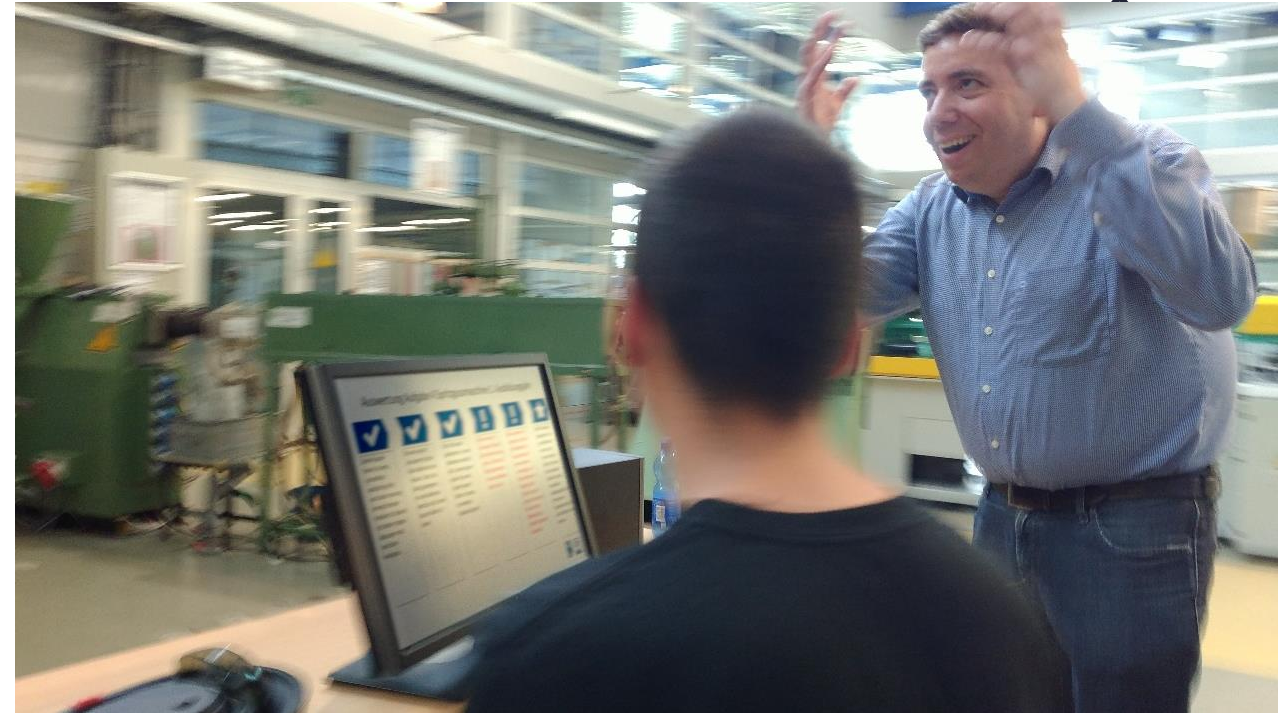
Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

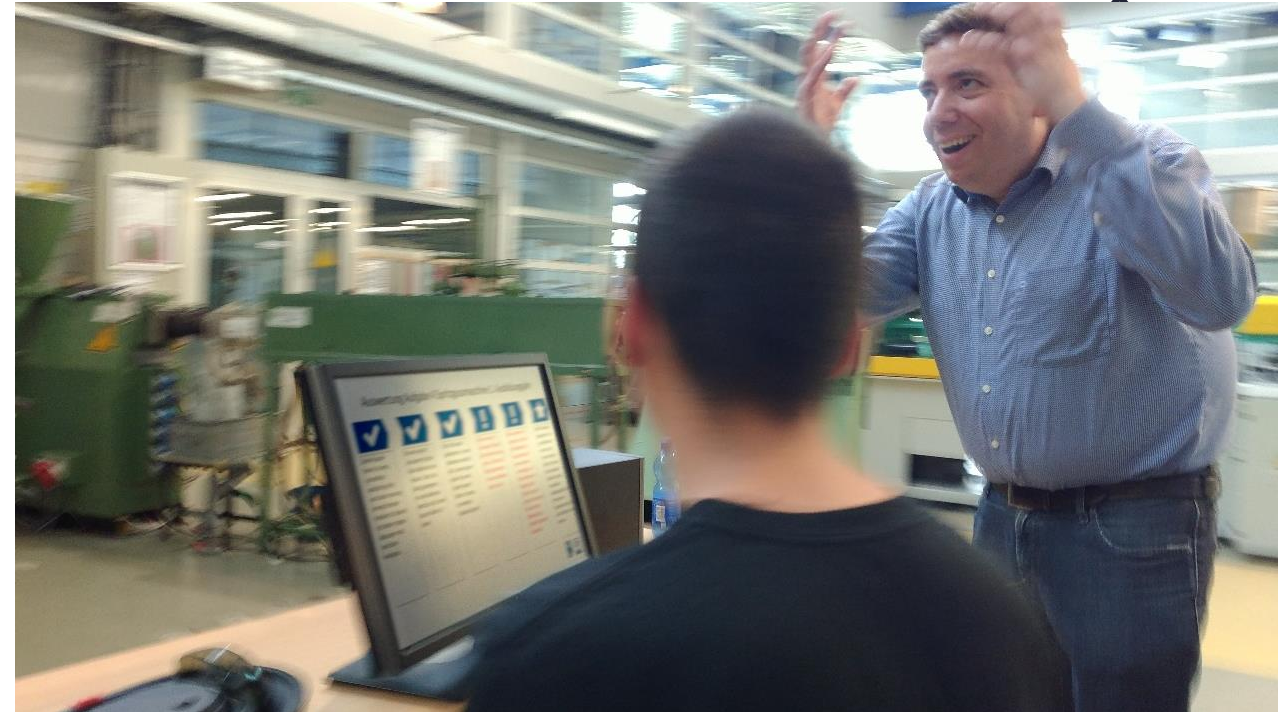
Ausgangssituation: Vermeidung von Fehlerhandeln



- 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



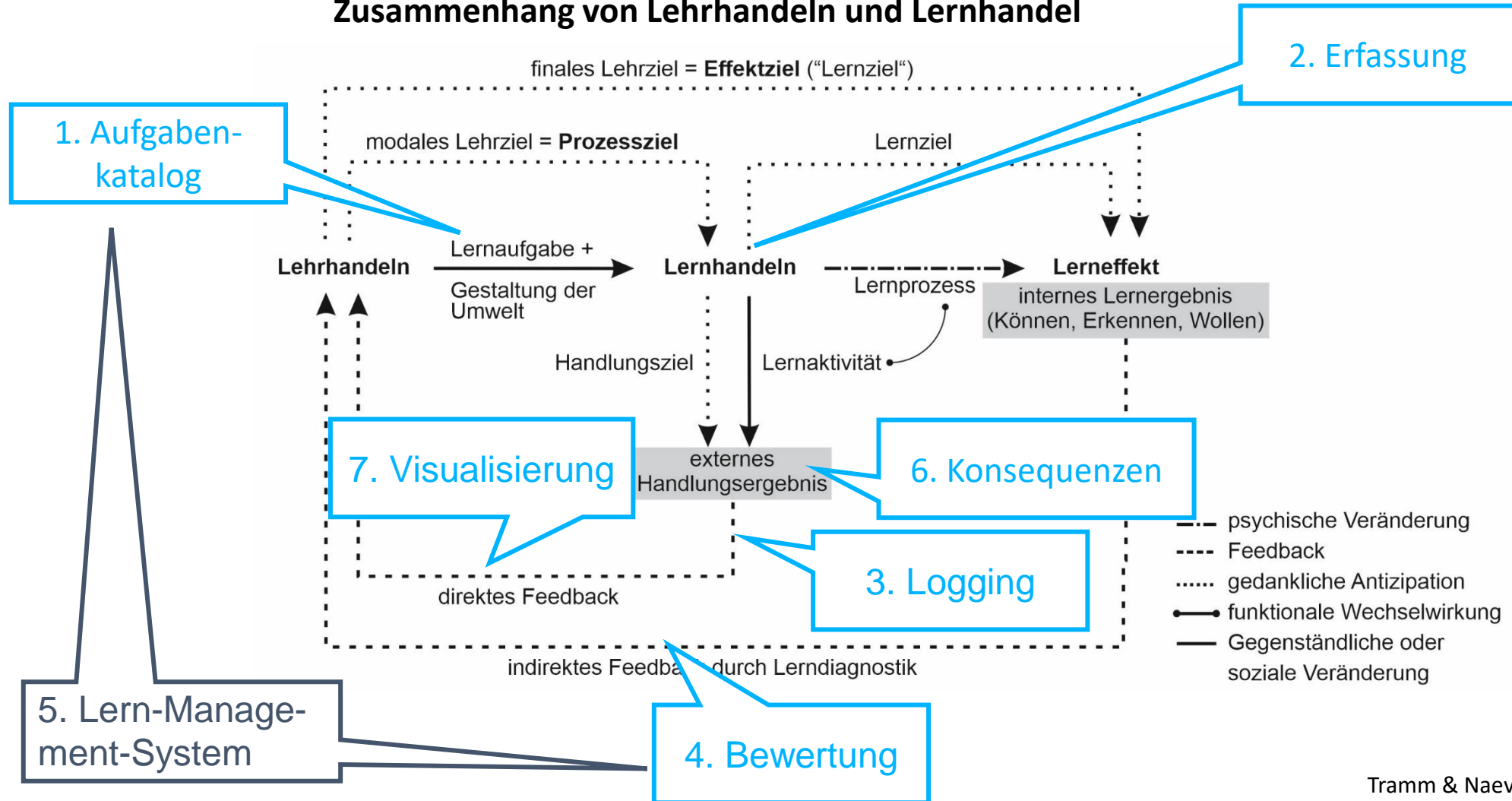
Wir wünschen uns für die bestehenden Herausforderungen in der Praxis, dass...

- 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



Reale Umgebung

Extended Reality (XR)

Virtuelle Umgebung



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



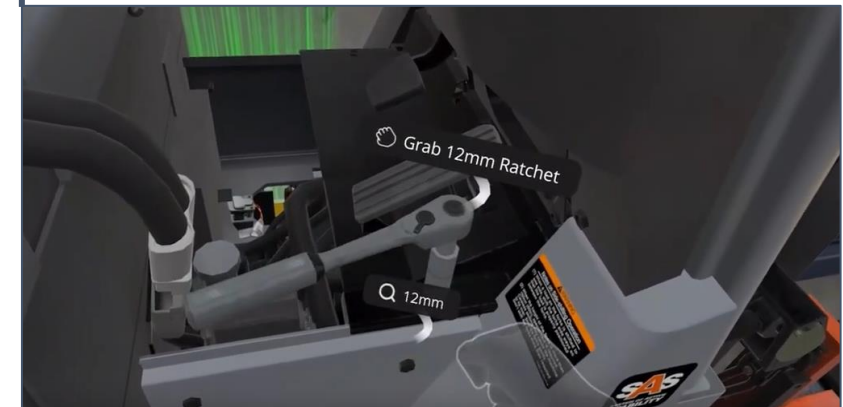
Lernen am realen Arbeitsplatz

Fehlerrisiken durch (Echtzeit-) Unterstützung minimieren

Assistenzsysteme und Wissensmanagement

Mixed Reality

Interaktion zwischen realer Umgebung und virtueller Umgebung



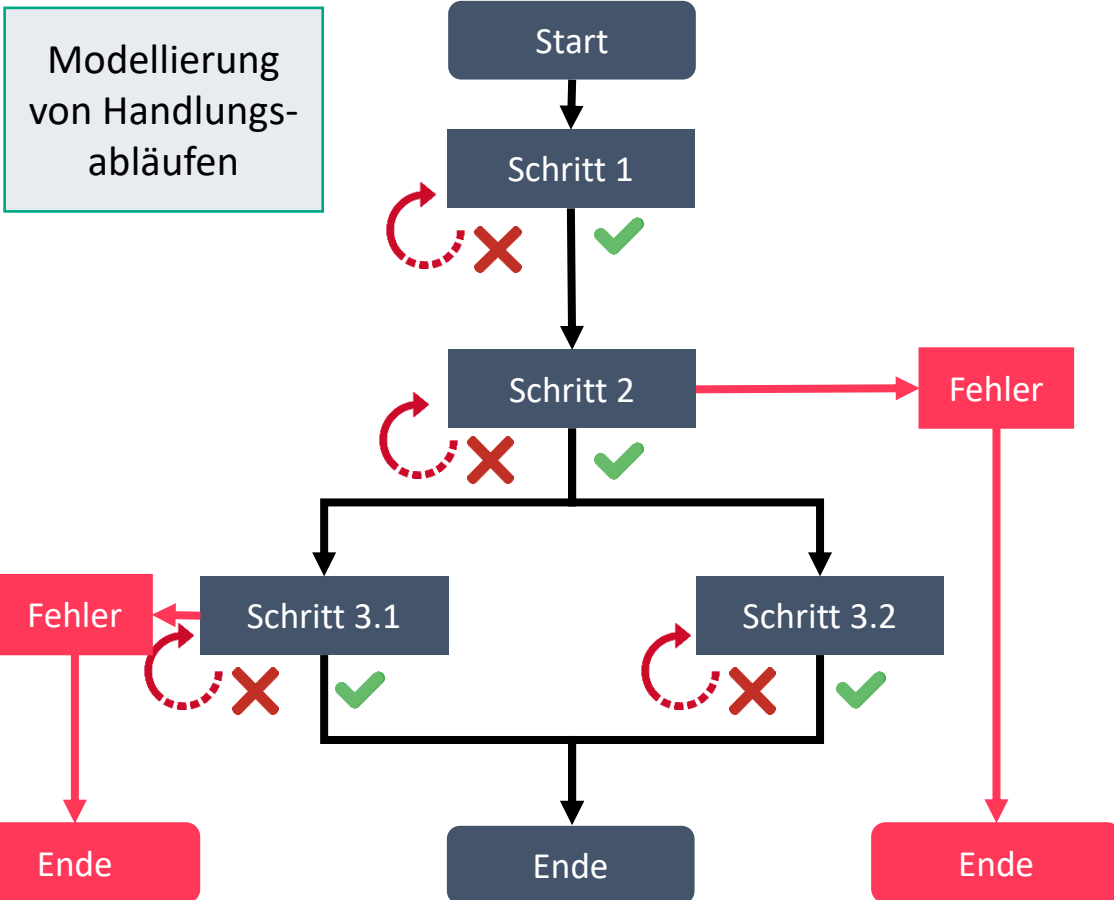
Virtuelle Umgebung

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?



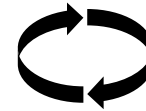
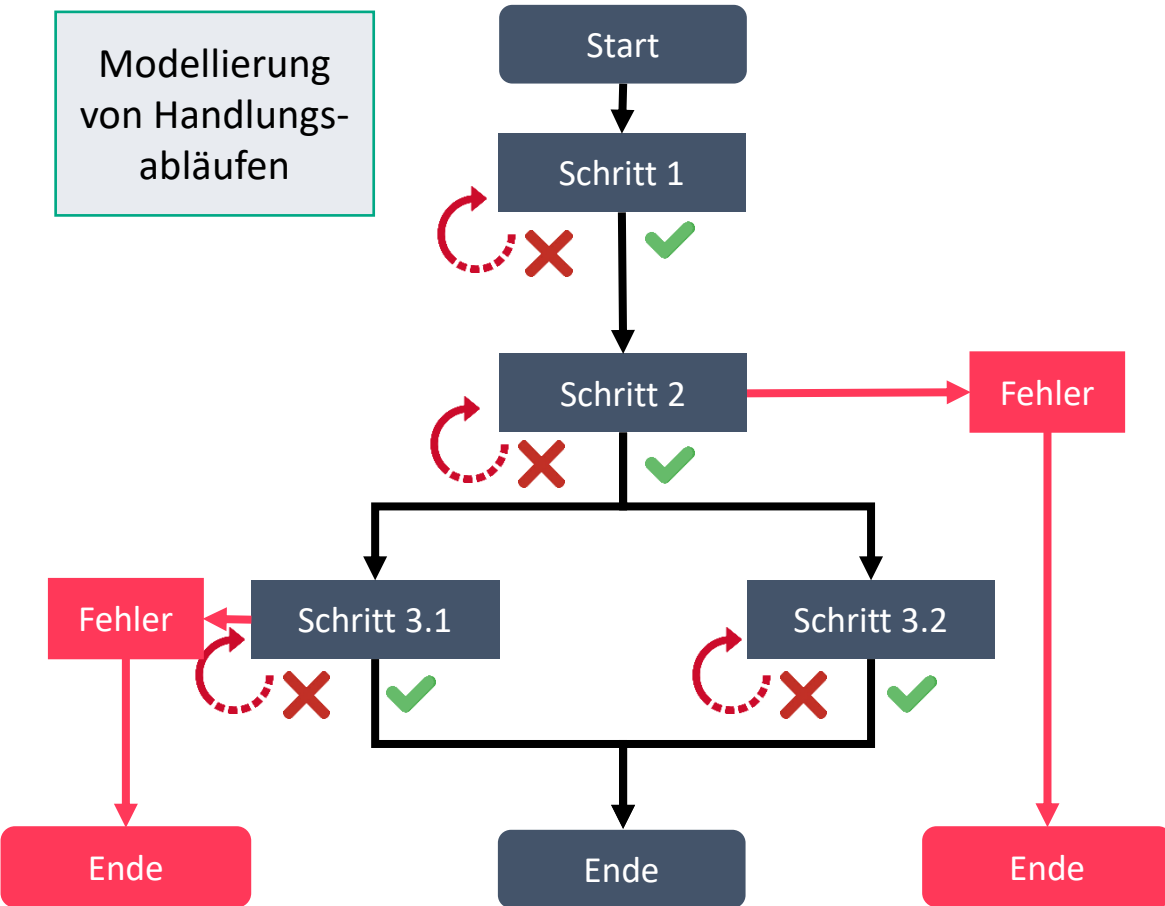
Lernen an Fehlern



Worin bestehen Limitierungen typischer Augmented und Virtual Reality Anwendungen?

Modellierung von Handlungsabläufen

Erfassung von (Fehler-) Handlungen



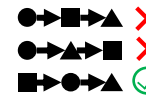
Vertauschungsfehler

Bsp.: Falsches Werkstück gerüstet.



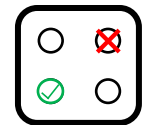
Zeitfehler

Bsp.: Drehmoment zu lange aufgebracht.



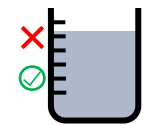
Handlungsablauffehler

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

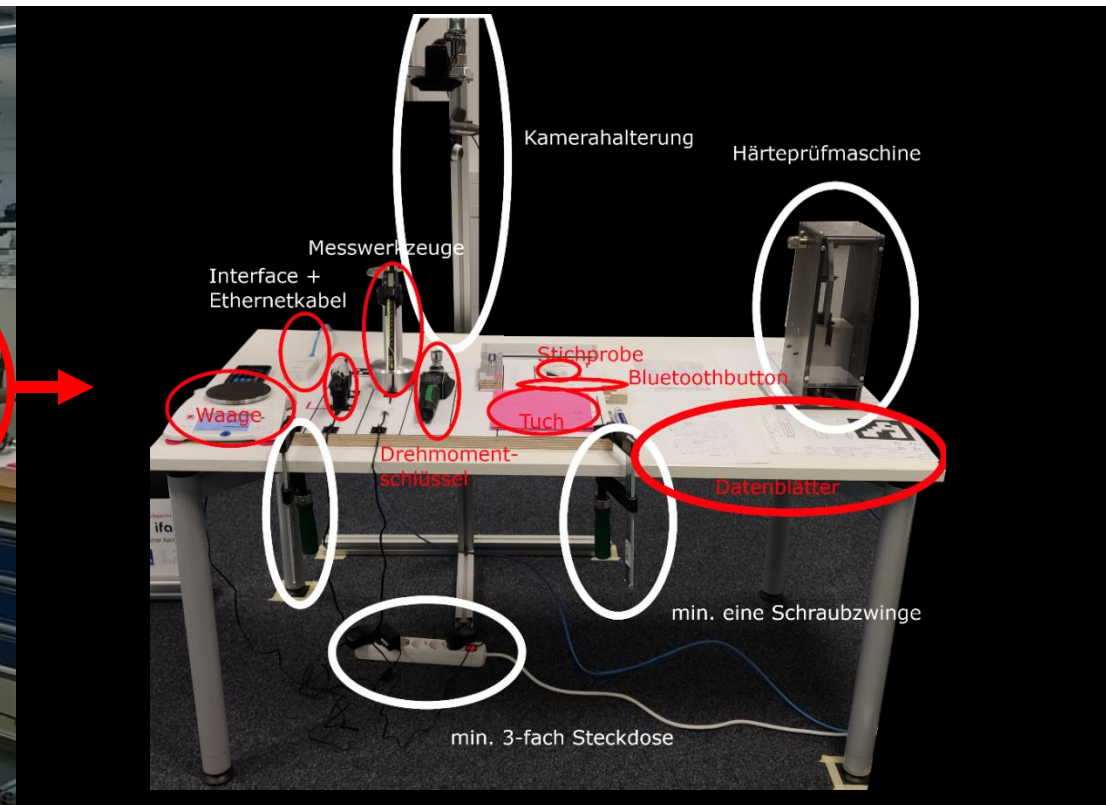
GEFÖRDERT VOM



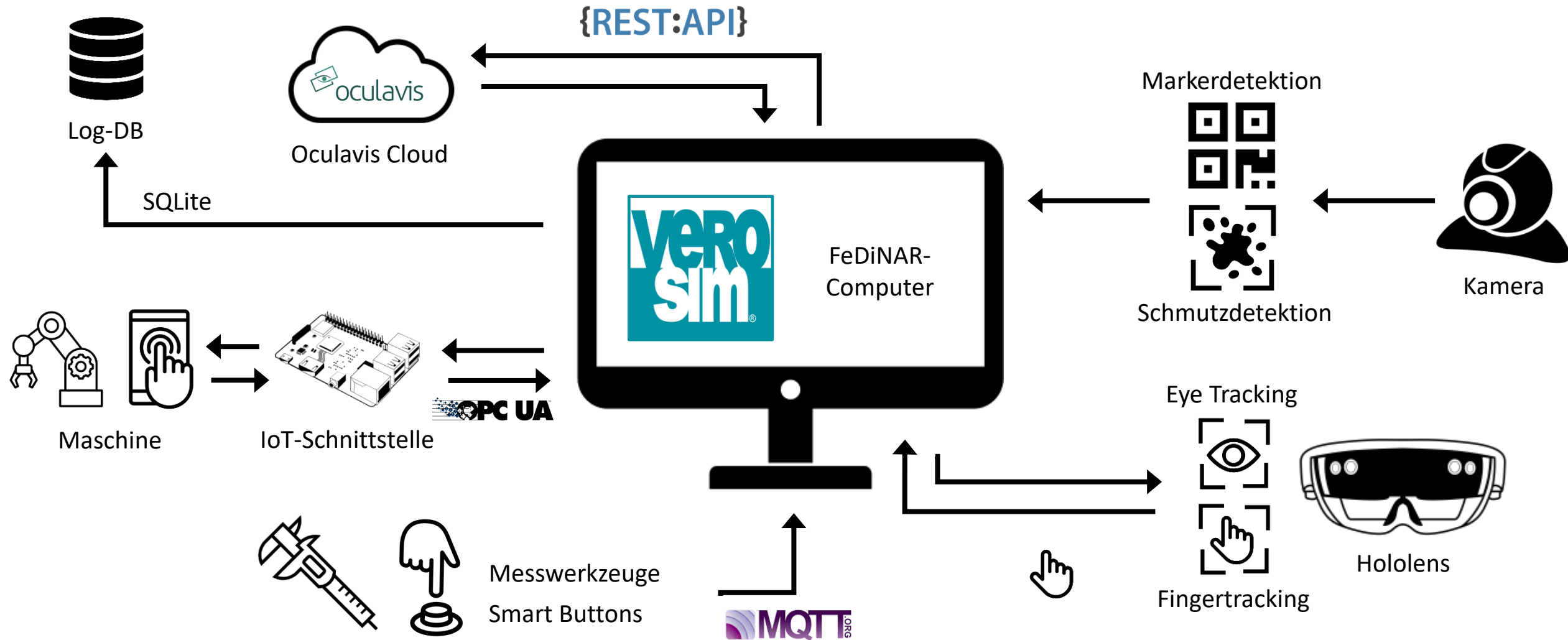
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Simulation von Fehlerkonsequenzen mit Mixed Reality

Ein Beispiel aus dem Projekt FeDiNAR



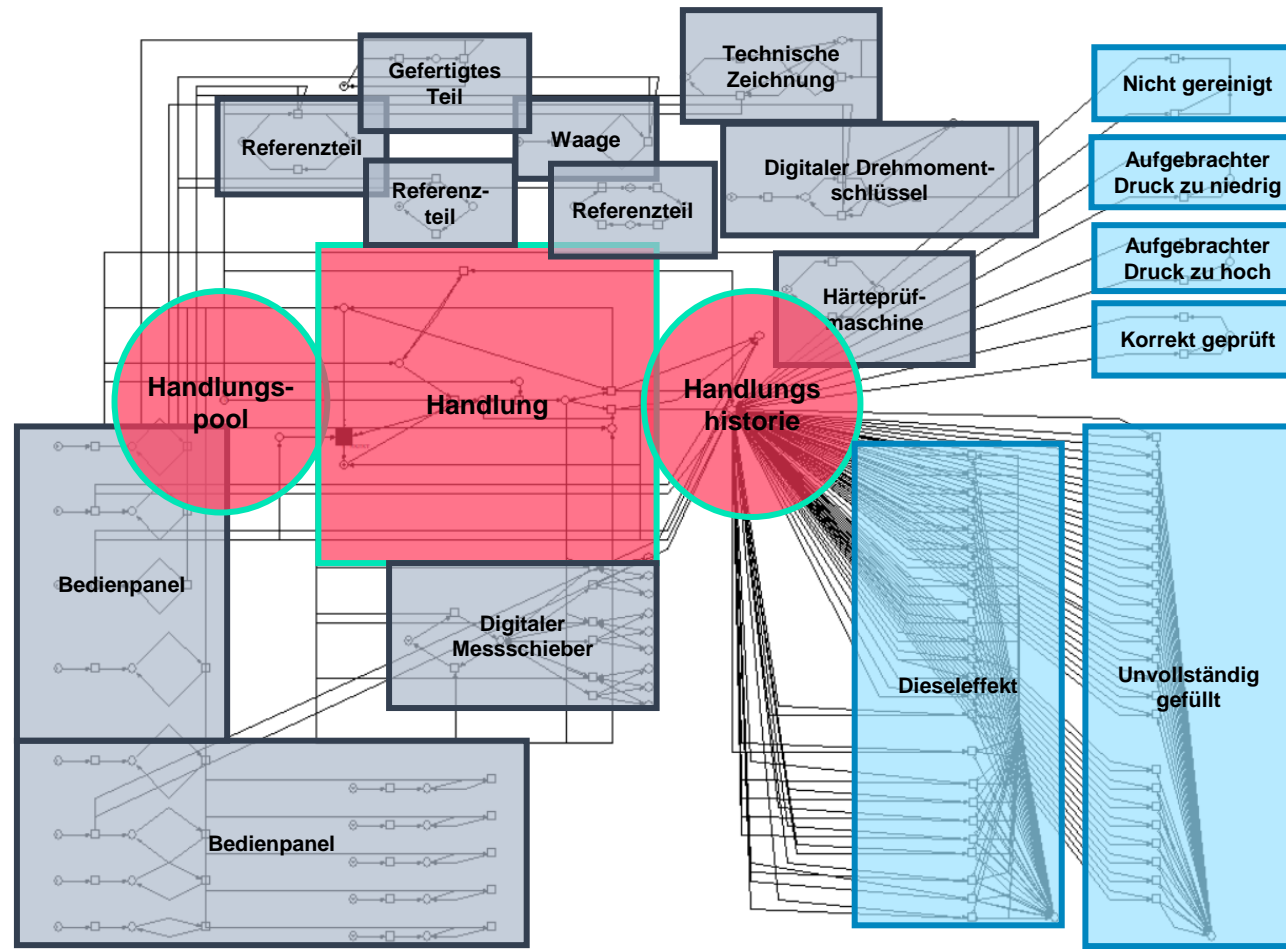
Die Architektur des FeDiNAR-Lernsystems



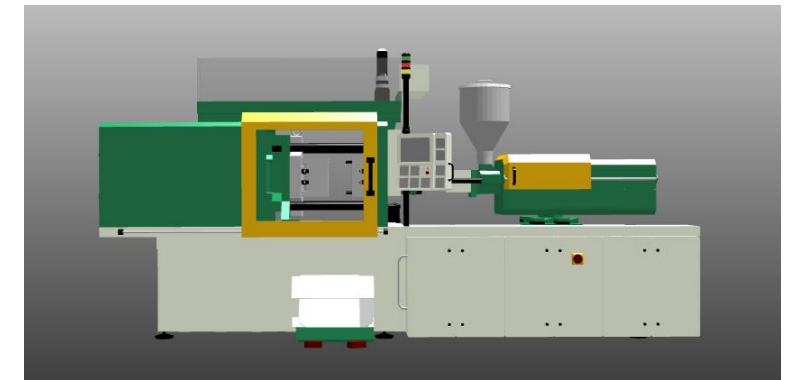
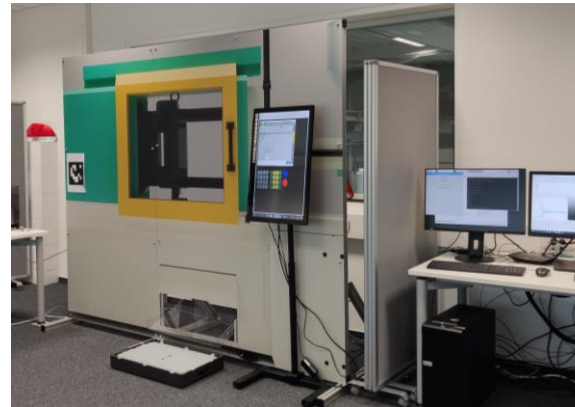
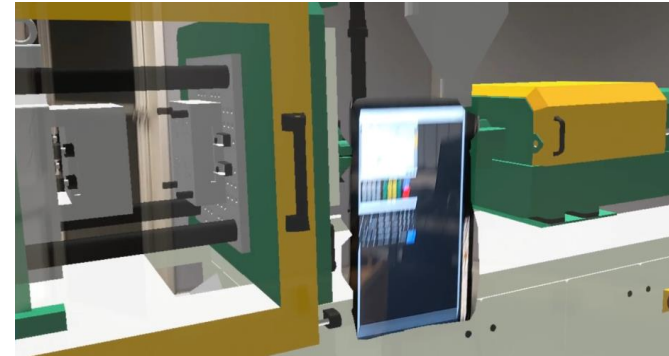
Petri-Netz-Architektur am Beispiel des Anwendungsfalls „Spritzgießen“



Modellierung der Füllstudie als Petri-Netz



XR-Spektrum für handlungsorientiertes Lernen



Realität



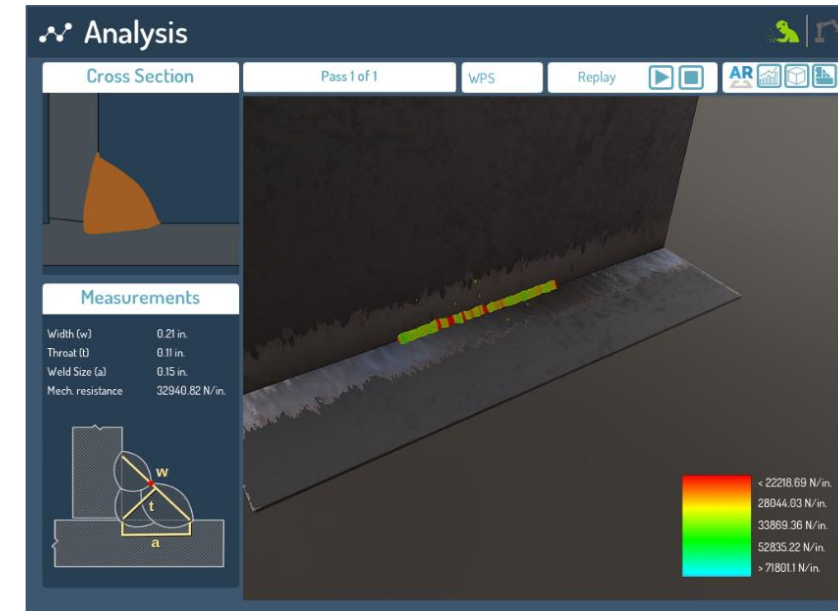
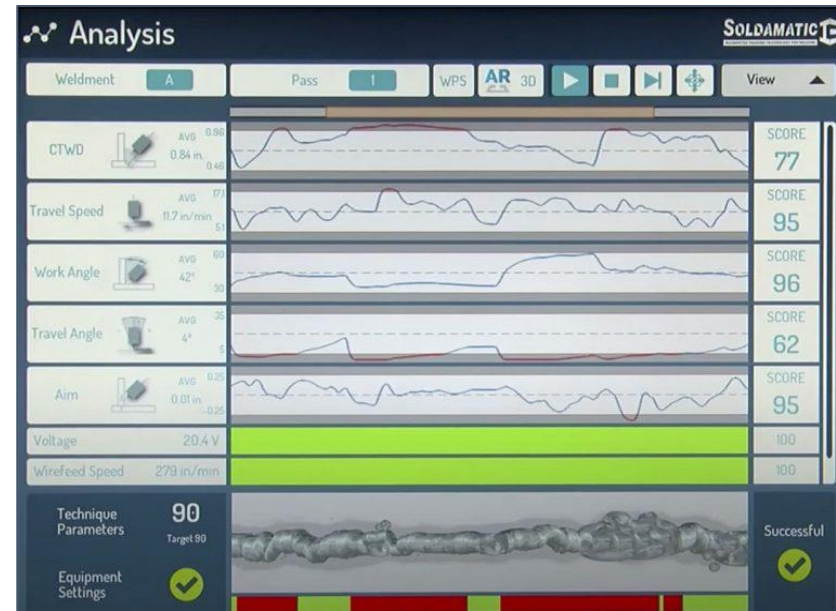
Virtualität

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
Tel: +49 241 80 99 476