# Impulsvortrag

# Digitalisierungslösungen in der industriellen Anwendung

**Dr. rer. nat. Frank Hees**

Sitzung des
Industrie- und Technologieausschuss IHK Aachen
Dr. Babor GmbH und Co. KG

Aachen, 15. November 2018

IfU IMA RWTH AACHEN UNIVERSITY

# Vorstellung des Cybernetics Lab IMA & IfU
# **Wer sind wir?**

# Das interdisziplinäre **CyberneticsLab IMA & IfU**

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
**Christian Hopmann** (IKV)
Kommissarischer Direktor

Prof. Dr. phil.
**Ingrid Isenhardt**
1. Stellvertr. Direktorin

Dr. rer. nat.
**Frank Hees**
2. Stellvertr. Direktor

**Administration**

**Public Relations**

**IT & Medientechnik**

**Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau (IMA)**

Informationsmanagement | Wissensmanagement

Dipl. Inform.
**Christian Kohlschein**
Geschäftsführer

Dr. phil.
**Max Haberstroh**
Geschäftsführer

Ing. Industrial
**Alexia Fenollar Solvay**
Mobilität und Logistik

Ing./M.Sc.
**Anas Abdelrazeq**
Innovations- und Arbeitsforschung

Dipl.-Inform.
**Daniel Lütticke**
Produktionstechnik

Dr. phil.
**Kathrin Schönefeld**
Knowledge Engineering

M.Sc.
**André Pomp**
Cognitive Computing & eHealth

Dr. phil.
**Valerie Stehling**
Digitale Lernwelten

Dr.-Ing.
**Max Hoffmann** M.B.A.
Industrial Big Data

**An-Institut für Unternehmenskybernetik**

**(IfU)**

Dr. rer. nat.
**René Vossen**
Geschäftsführer

Dr. phil.
**Daniela Janßen**
Wirtschafts- und Sozialkybernetik

Dr. rer. nat.
**Pia Bresenitz**
Technische Kybernetik

M.Sc.
**Christoph Henke**
Mobile Robotik

**Data Science im Maschinenbau**

**Demnächst**

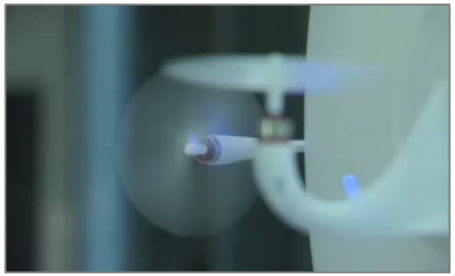
# Industrie 4.0 – und wo man ansetzen kann

# Industrie 4.0: Digitalisierung und intelligente Systeme

→ Kollaborative Montagezelle

© Festo

→ Schwarmintelligenz nicht einer, sondern viele…



© Festo

http://www.carologistics.org/

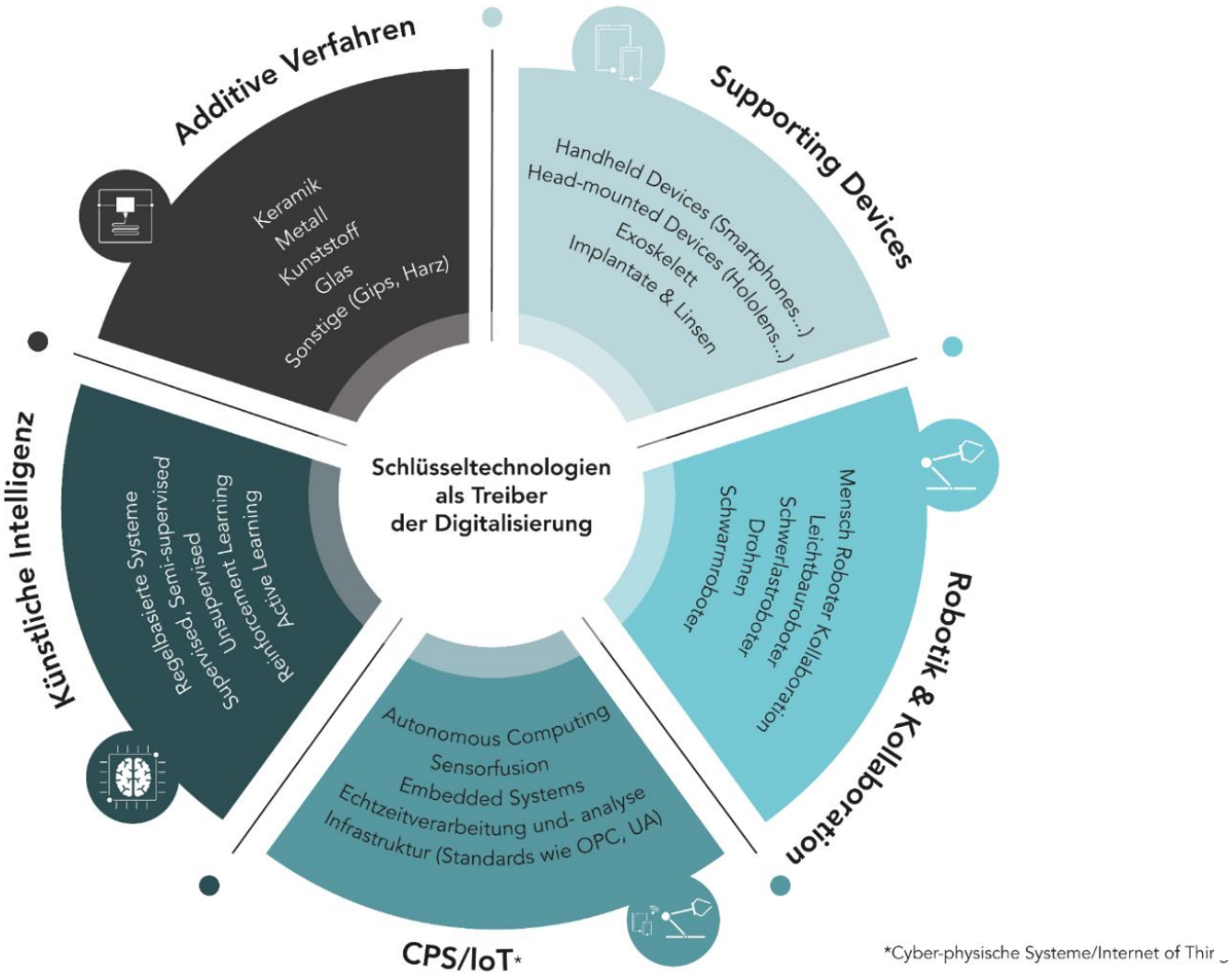
→ Mobile Roboter in Produktion und Logistik
von stationär zu mobil und intelligent

!

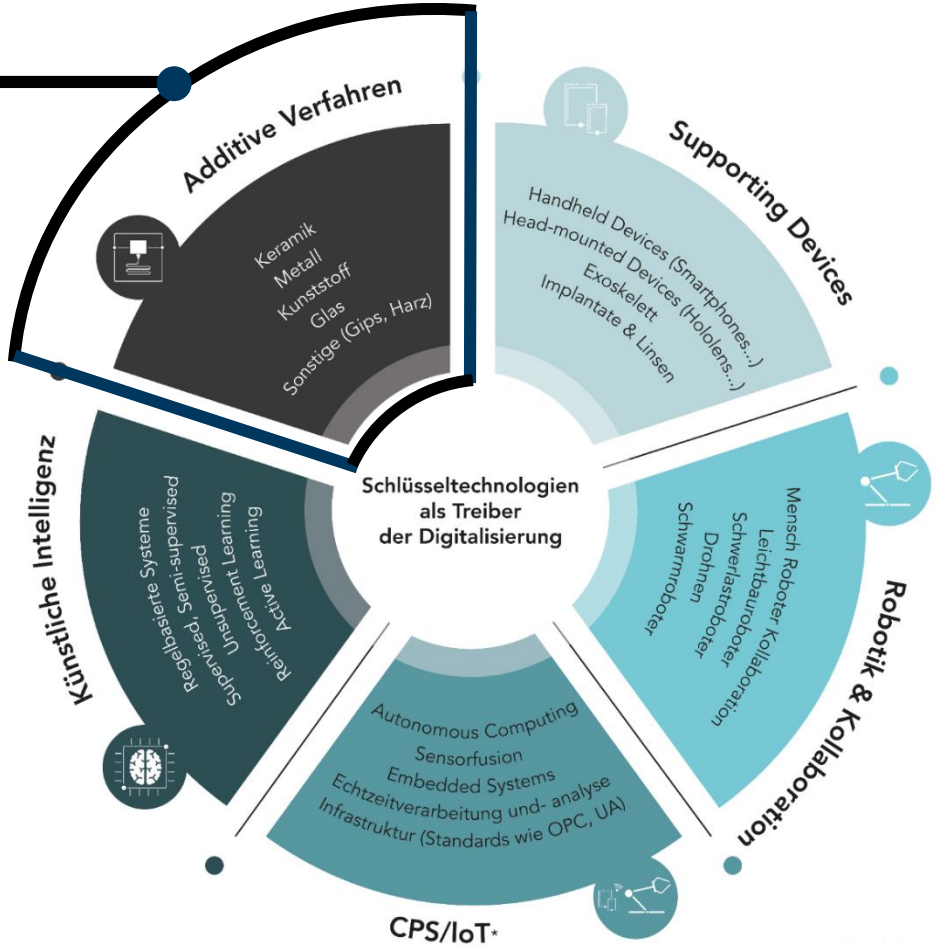
Umgang mit Unsicherheiten

- Unterschiede zwischen menschlichen Verfahren und technischen Systemen
- Umgebungsveränderungen und zeitkritische Prozesse

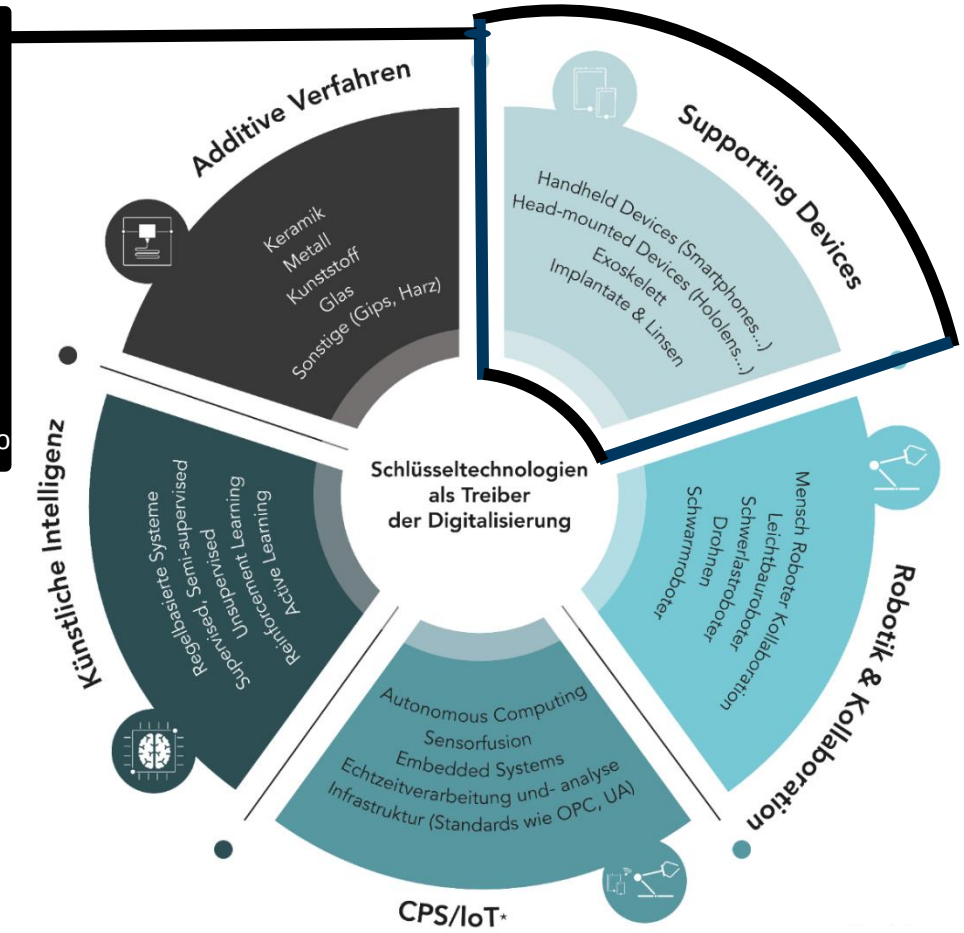
# Digitale Technologien in der Produktion/Montage



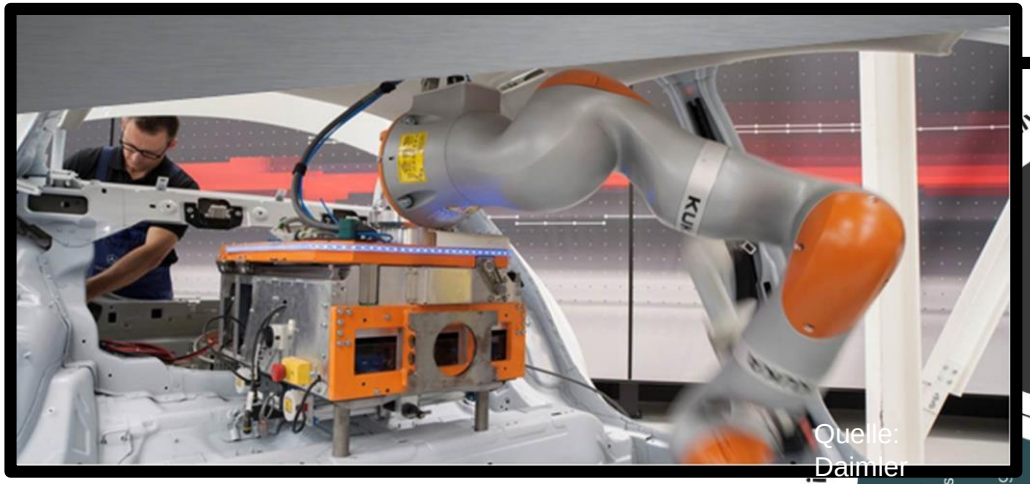
# Digitale Technologien in der Produktion/Montage: **Additive Verfahren**



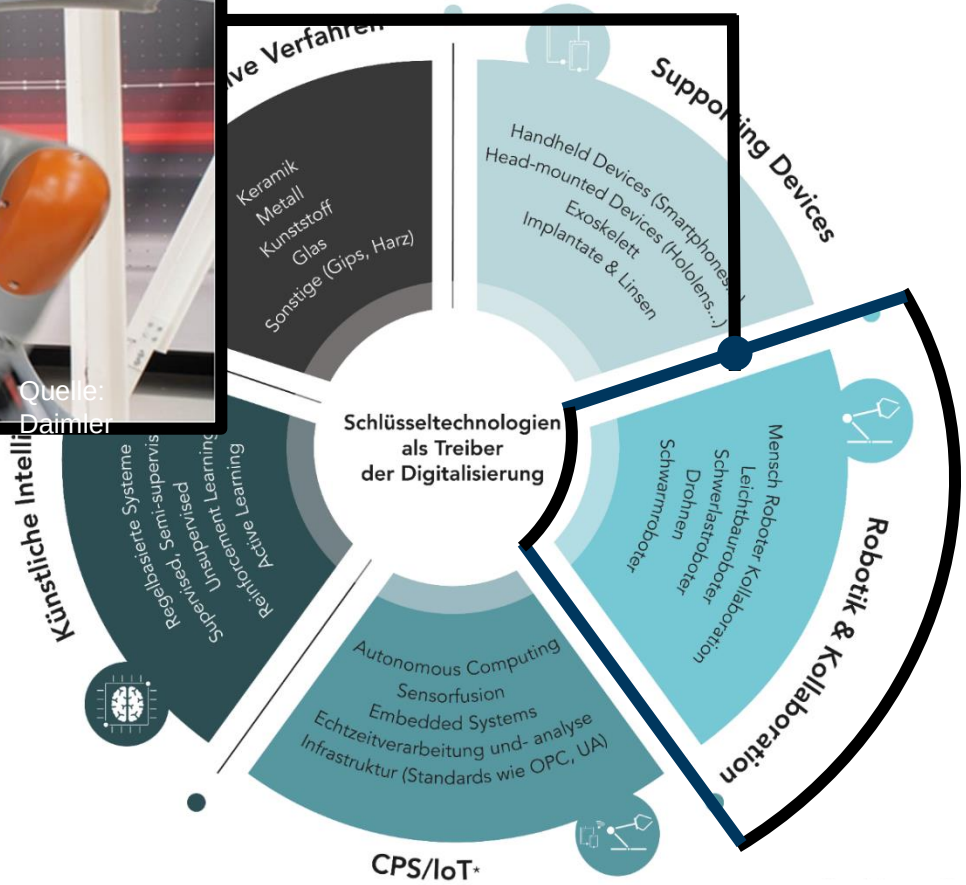
# Digitale Technologien in der Produktion/Montage: **Supporting Devices**



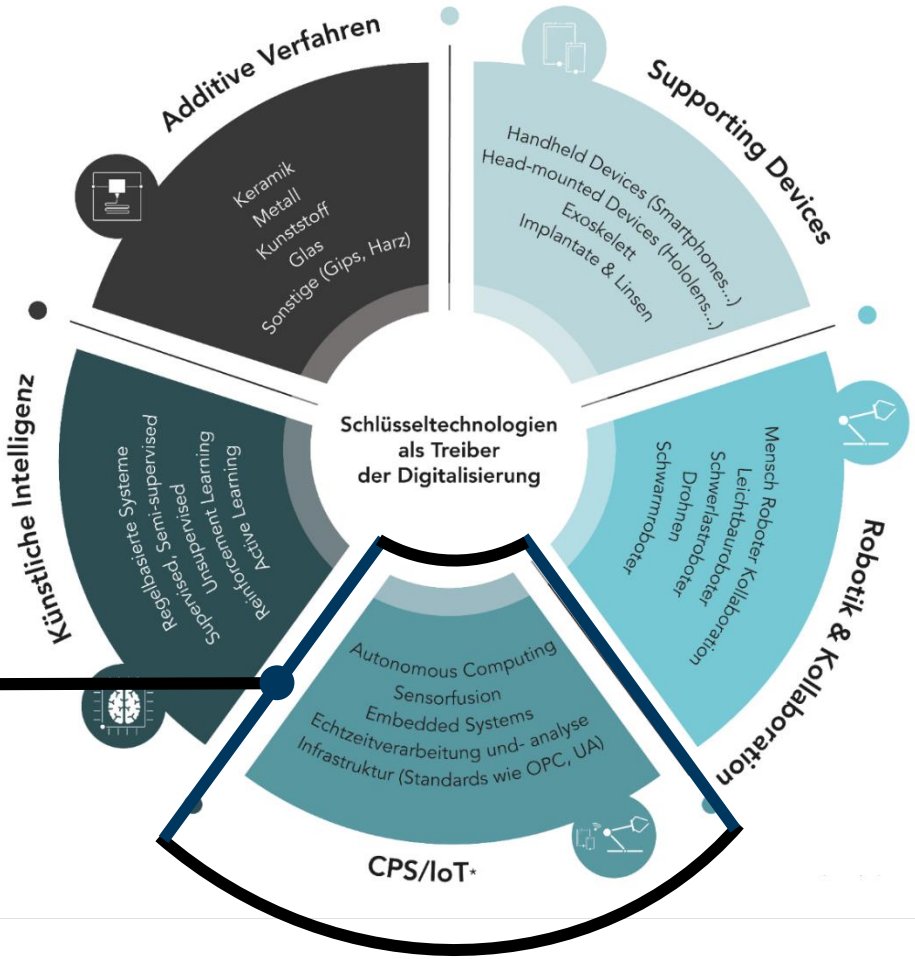
# Digitale Technologien in der Produktion/Montage: **Robotik & Kollaboration**



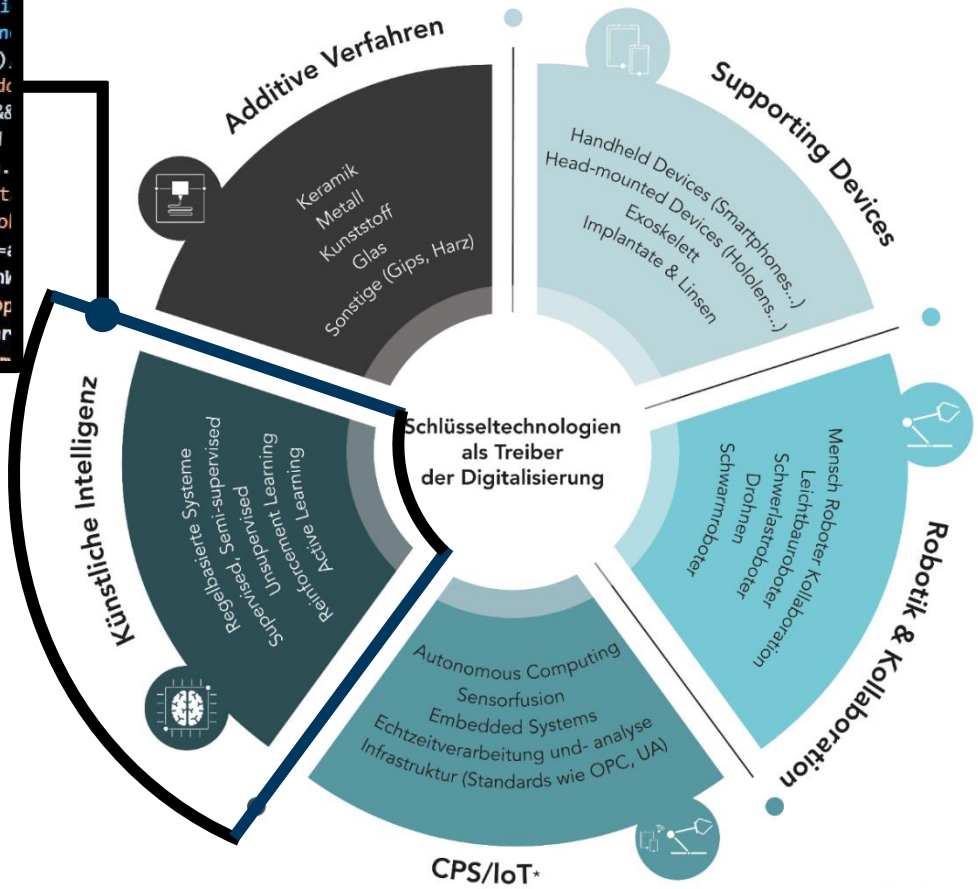
Quelle: Daimler



# Digitale Technologien in der Produktion/Montage: **Cyber Physical Systems**



# Digitale Technologien in der Produktion/Montage: **Künstliche Intelligenz**



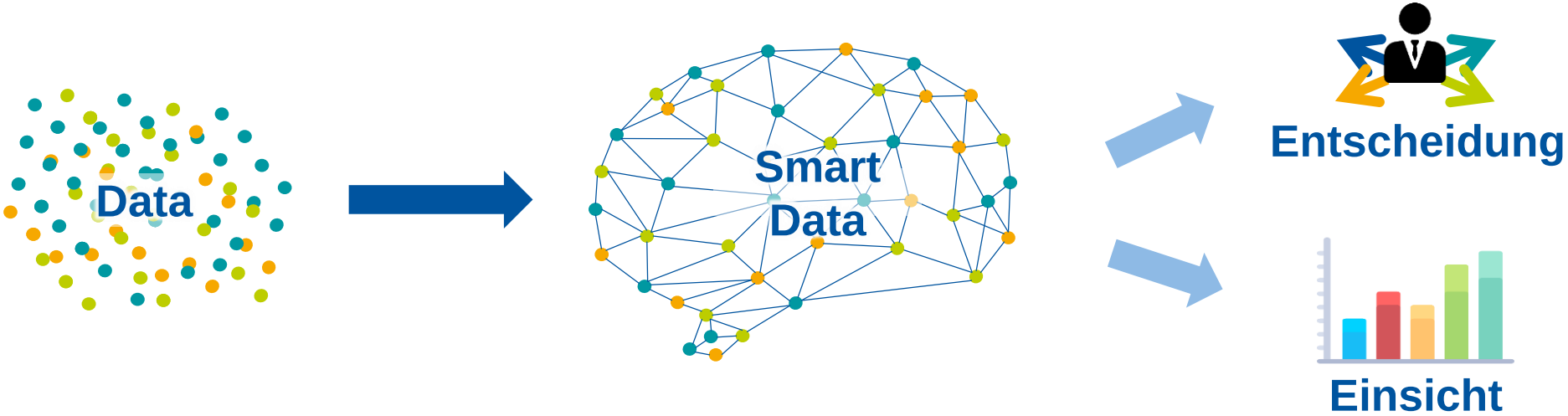
“**Information** is the **oil** of the **21st century**, and **analytics** is the **combustion engine**”

Peter Sondergaard, senior vice president at Gartner

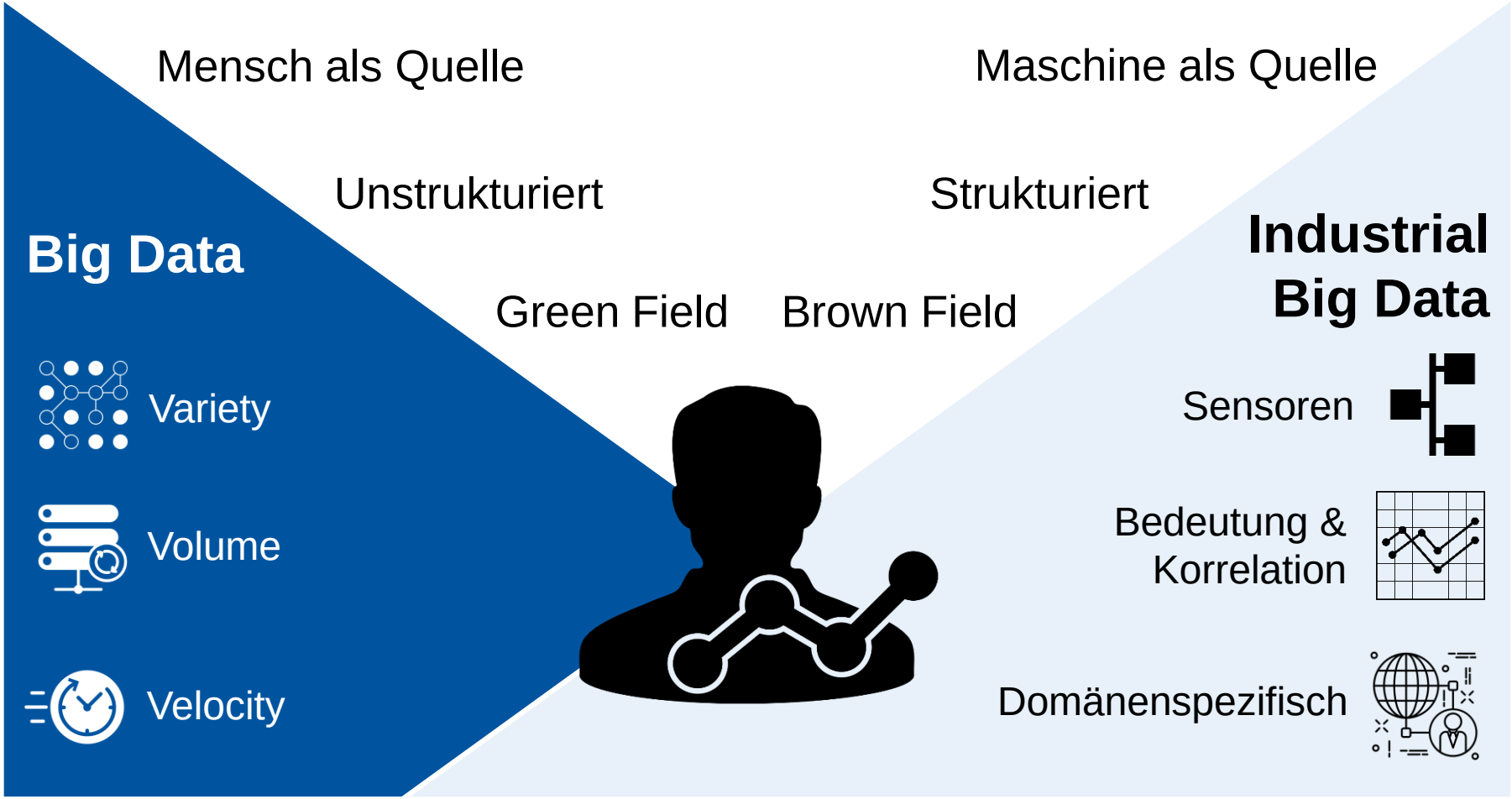
# Industrial Big Data und Künstliche Intelligenz

# Informationsmanagement

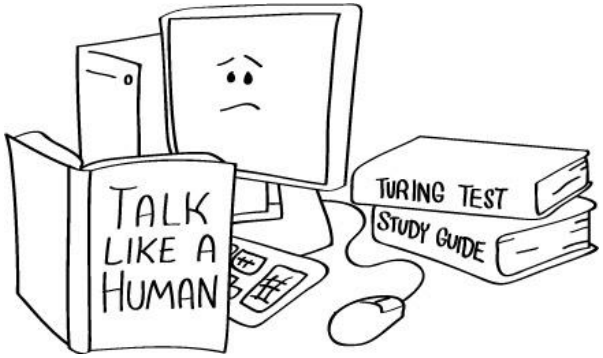
## Wissensmanagement

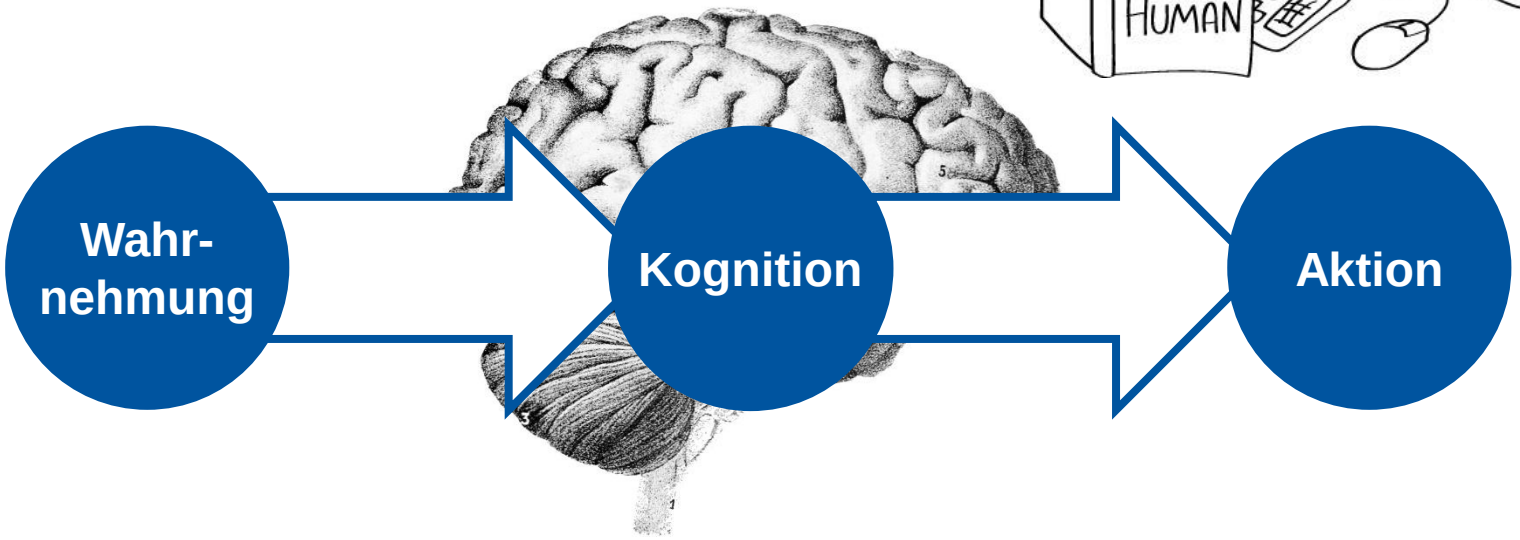


# Besonderheiten von Produktionsdaten

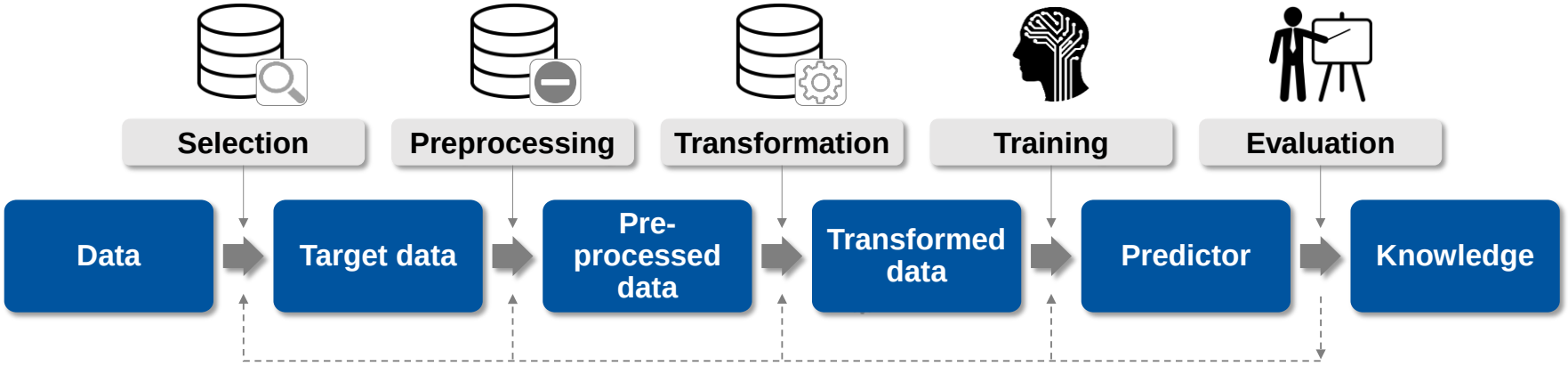


## Was macht ein intelligentes System aus?



## Wie wird aus Daten ein intelligentes System?



“**At the end of the day**, it's not about **how much data you have**, it's about **how well you use it**.”

T. Brenninkmeijer: “It's Not Big Data - It's Smart Data”, CMS Wire

# Projektbeispiel

# Datenintegration und -analyse im Druckguss

## Ausgangssituation

- Stark erfahrungsbasierter Prozess, hoher manueller Einsatz
- Datenerfassung teilweise papiergebunden und inkonsistente Darstellung von Analyseergebnissen
- Personengebundene Erfahrungswerte und Einsatzmöglichkeiten

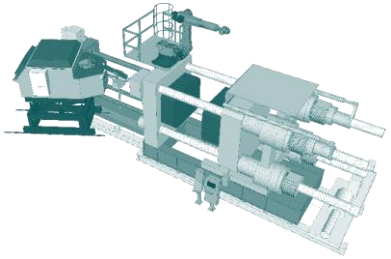
**Notwendigkeit der Schaffung einer durchgehenden Datenerfassung zur Sicherung von Erfahrungswerten und Entwicklung neuer Darstellungsformen!**

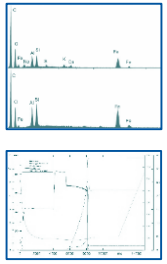
Wandlung von einer stückzahlgetriebenen Fertigung zu einer durchgängig informationsgetriebenen und qualitätsorientierten Fertigung!

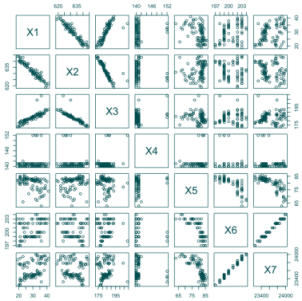
# Informationsevaluation

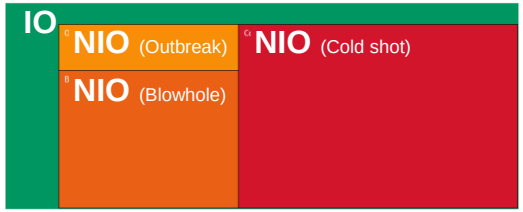
in Kooperation mit Audi

## Vorhersage von HPDC Ergebnissen basierend auf historischen Daten und Supervised Learning?








**HPDC Prozess**

**Historische Daten**
Prozess- und Qualitätsdaten

**Prädiktionsmodel**
Modellierung und Training

**Visualisierung von Vorhersagen**
Inline und web-basiert

## Erweiterung des Prädiktionsmodels um die Berücksichtigung weiterer Datenquellen

**Body-Schall-Sensorik**
Fourier-Transformation & Feature Extraktion

**Erweitertes Model**
k-nearest und random forest tree

**Wetterdaten**
zeitliche Korrelation



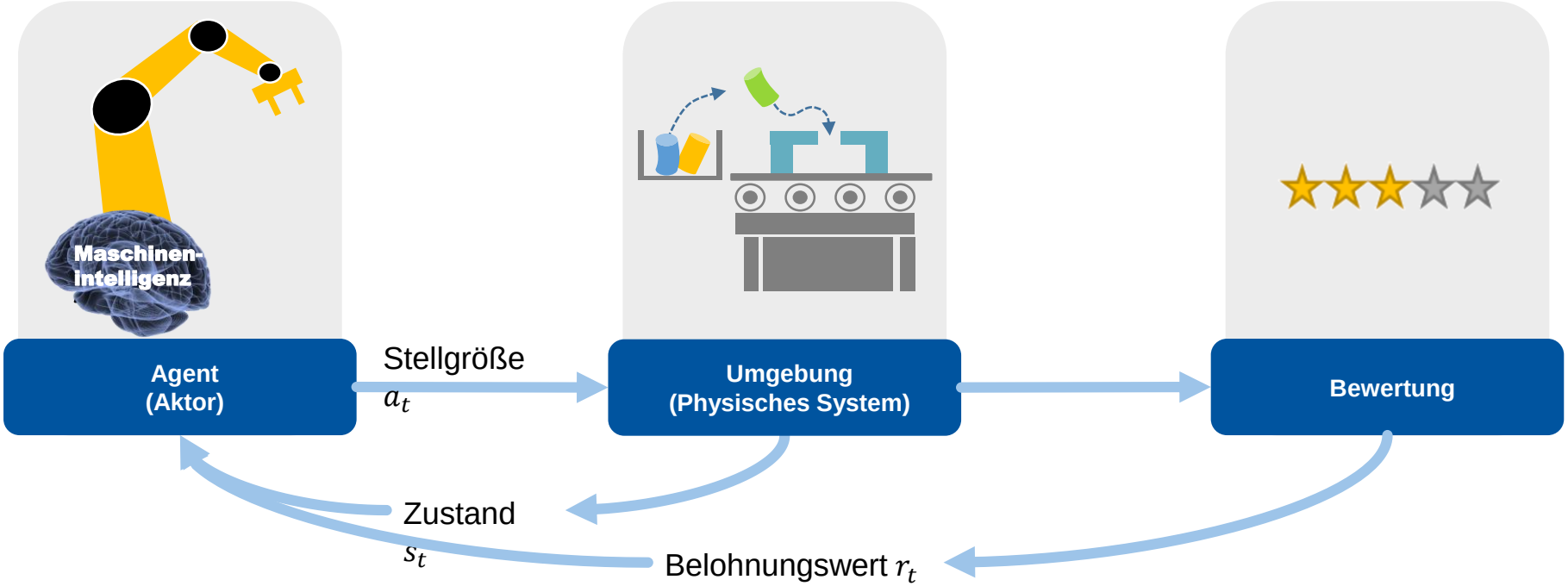
IfU IMA RWTH AACHEN UNIVERSITY

# Projektbeispiel

Selbstlernende Produktionsprozesse

InPulS

## Reinforcement Learning lernt Regelungsstrategien (Maschinenintelligenz)



# InPulS – Intelligente und Selbstlernende Produktionsprozesse

**Industrielle Anwendung von RL nur möglich, wenn**

- gute Simulationsumgebung existiert und/oder (sehr) viel Zeit vorhanden

**Kühlung Rechenzentrum Google (2016)**

**Ein Jahr** Datensammeln und Trainieren

**+40%** Leistung

**CNC-Fräse Siemens / BonsAI (2018)**

Training in **Simulation**

**13 Sek.** anstatt **6,5 Min**. für Kalibrierung

**Für zahlreiche industrielle Anwendungen**

- existieren keine (guten) Simulationen,
- muss der Trainingsprozess in kurzer Zeit stattfinden

InPulS

**Projektziele:**

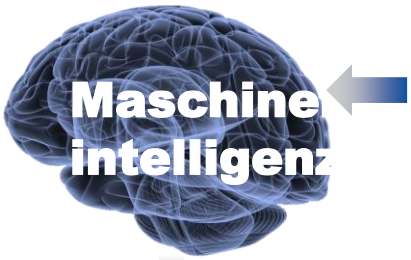
- Entwicklung einer Reinforcement Learning Methode für den industriellen Einsatz
- Validierung an industriellen Praxisbeispielen (Pneumatische Schüttgutförderung, Roboter)
- Entwicklung eines Handlungsleitfadens

VDMA

# InPulS – Intelligente und Selbstlernende Produktionsprozesse

## Anwendungsfall: Pneumatischer Schüttgutförderer

**Belohnung für:**
Maximale Fördermenge (kg)
innerhalb von 90 Sekunden



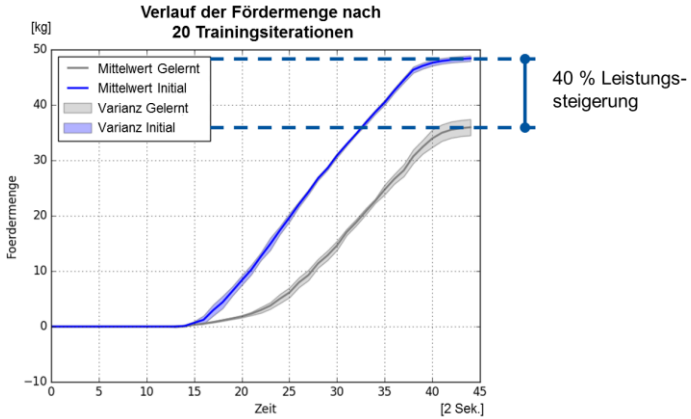

**Stellgrößen:**
Drehzahl Gebläse
Drehzahl Dosierorgan

**25 Zustandswerte:**
Umgebungsbedingungen
Erreichen des Leerdrucks $p_{leer}$
Zeit bis Erreichen des Leerdrucks $\Delta_t$
Förderdruck p
Filterdifferenzdruck
Absolutdruck im Abscheider
Dynamischer Druck $p_{dyn}$
Produktgeschwindigkeit $v_{Prod.}$
Massenstrom / Durchsatz der Anlage
Leistungsaufnahme
div. weitere Sensorik

# InPulS – Intelligente und Selbstlernende Produktionsprozesse

**InPulS Lernverfahren [1]**

1. Lernen eines lokalen Simulationsmodell
2. Traininieren der Maschinenintelligenz mit der gelernten Simulation




**40% Leistungssteigerung** nach 60 Minuten Training

**Laufruhigere** und **stabilere** Förderung

*[1] Ennen, P., Bresenitz, P., Vossen, R., & Hees, F. (2018). Learning Robust Manipulation Skills with Guided Policy Search via Generative Motor Reflexes. arXiv preprint arXiv:1809.05714.*

# Projektbeispiel

Biologisch Inspirierte Lernprozesse für Maschinen der Produktion

# BRAIN
# Anwendungsfelder in verschiedenen Domänen

## Warmwalzen von Stahlblechen

ibf | RWTH AACHEN UNIVERSITY

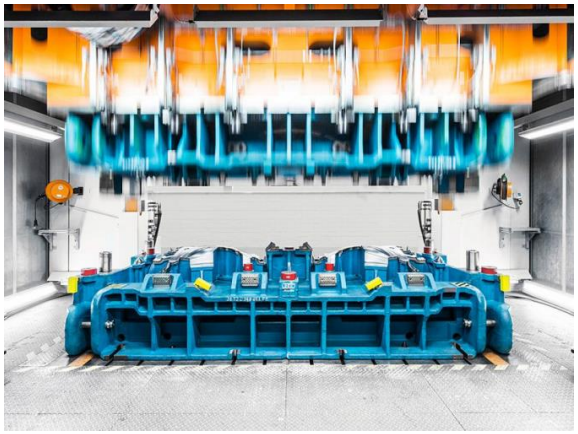
## Widerstandspunktschweißen

OPEL

## Spritzgießen von Kunststoffbauteilen

INSTITUT FÜR KUNSTSTOFFVERARBEITUNG
IN INDUSTRIE UND HANDWERK AN DER RWTH AACHEN

## Tiefziehen von Karosseriebauteilen



Audi

# Initial Situation

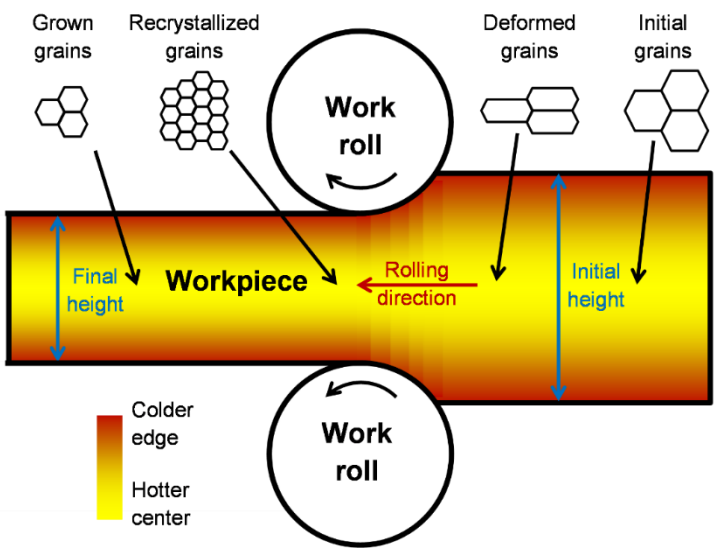
in cooperation with

## Development of a process to produce metal sheets

- Highly complex interactions between the system variables
- Strongly simulation-based and expert-driven processes
- No usage of measurement and diagnostics data so far

## AI based approach for support the process planning

- Specification of the targeted results
- Using AI for the planning and combination of the single deformation steps



# Methodik

in Kooperation mit

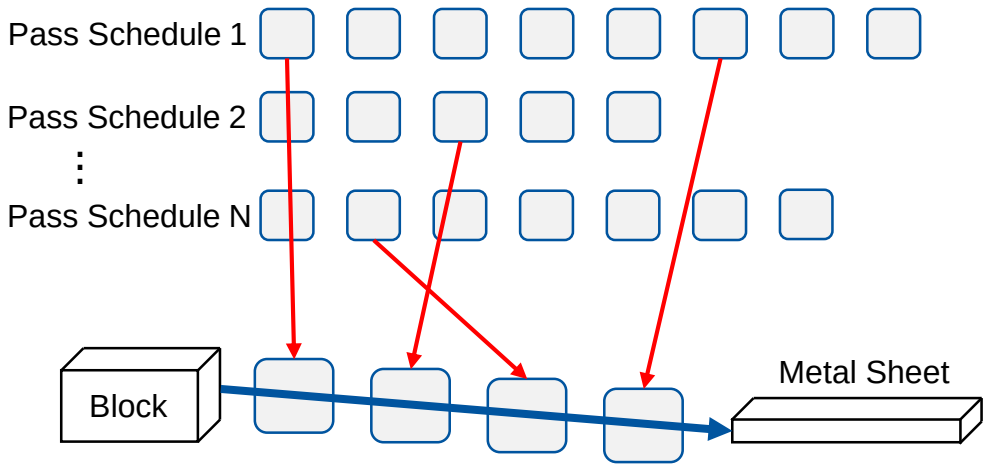
## ? Solution based on classical parameter optimization

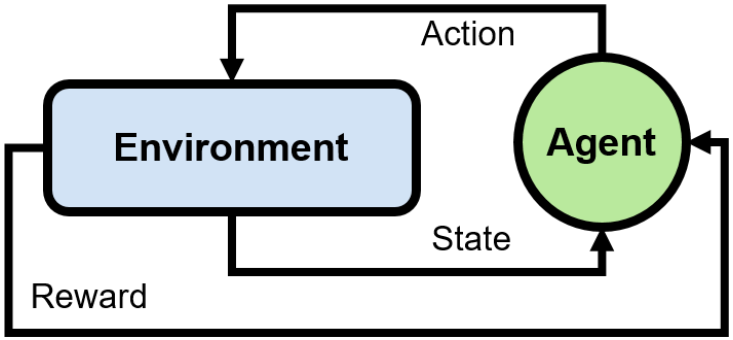
- Formulation of an optimization problem

- Precise knowledge about the influences of process parameters on the result
- Concurrent influences of the process parameters on each other
- Mathematical modeling of the optimization problem

## ! Model free Reinforcement Learning

- Automation of trial-and-error based approaches through learning AI mechanism
- Simple modeling of a reward function



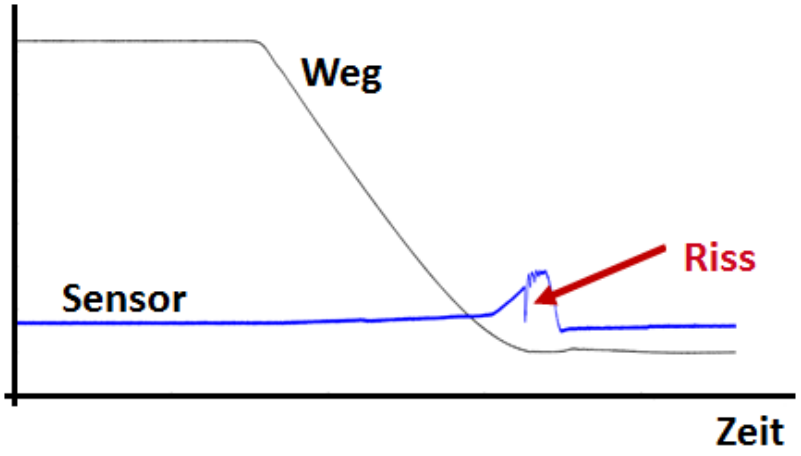



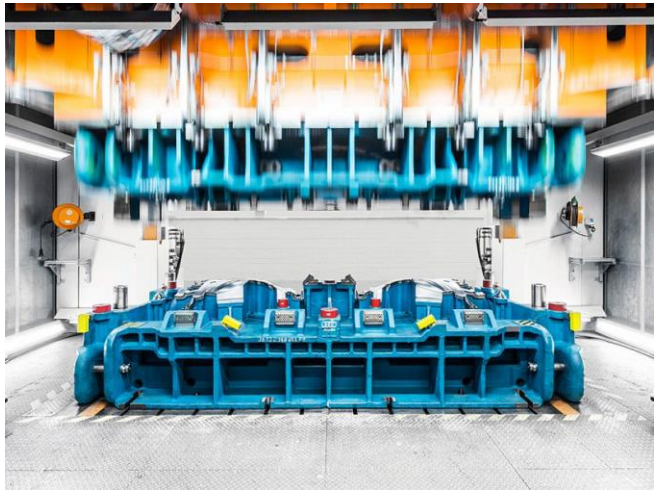
# Ausgangssituation

in Kooperation mit Audi

## Herstellung von Karosseriebauteilen

- Das Tiefziehen ist einer von vielen Schritten im Herstellungsprozess von Karosseriebauteilen
- Die Qualitätskontrolle des Karosseriebauteiles geschieht erst ganz am Ende des Prozesses durch menschliche in Augenscheinnahme der Bauteile
- Keine Nutzung der Sensordaten zur Prozessbewertung
- Fehlerentstehung unbekannt
- Vorhersage von Fehlern (Rissen im Blech)



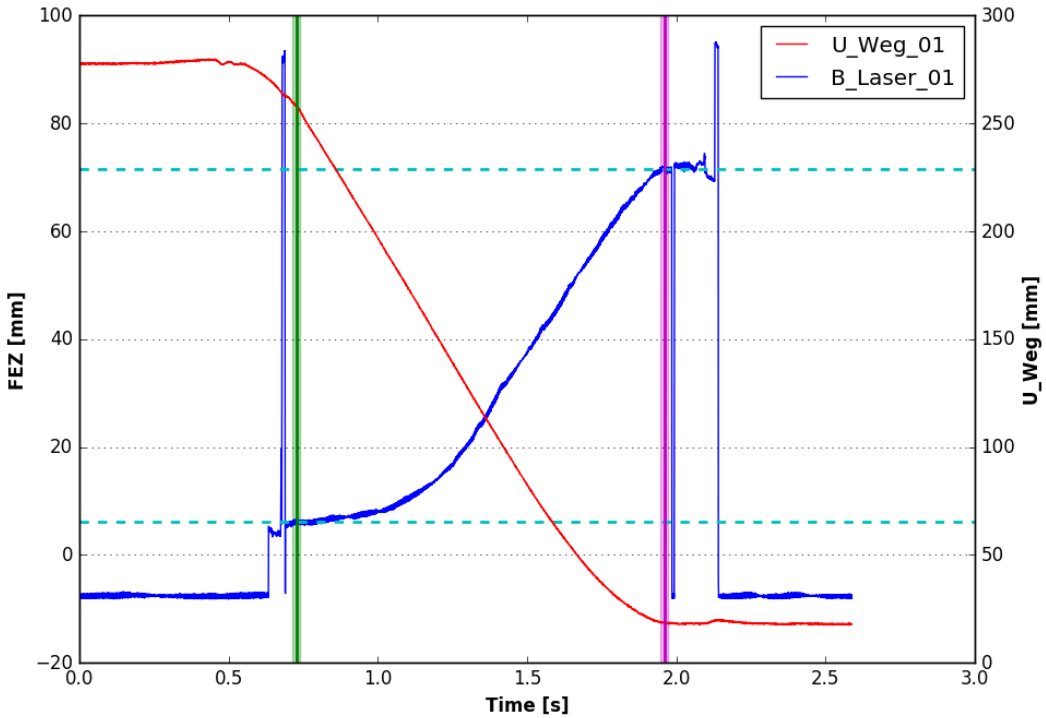



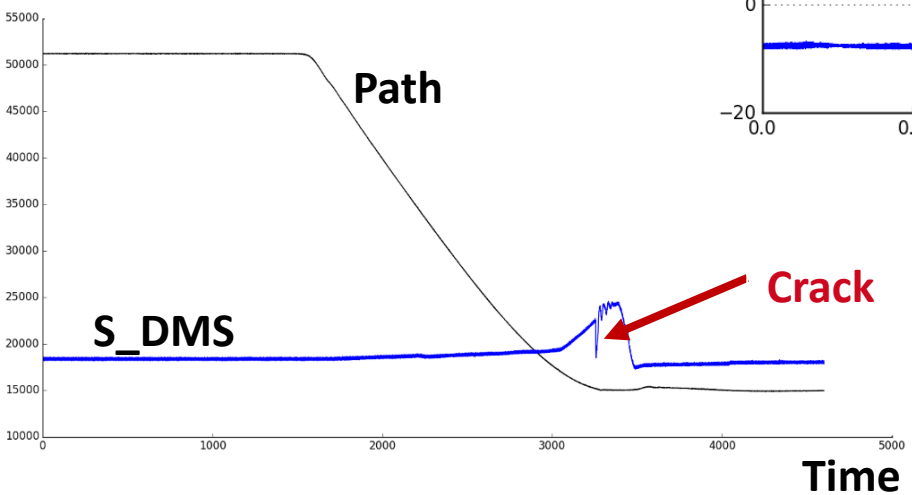
# Method

in cooperation with Audi

## Formalization of Expert Knowledge

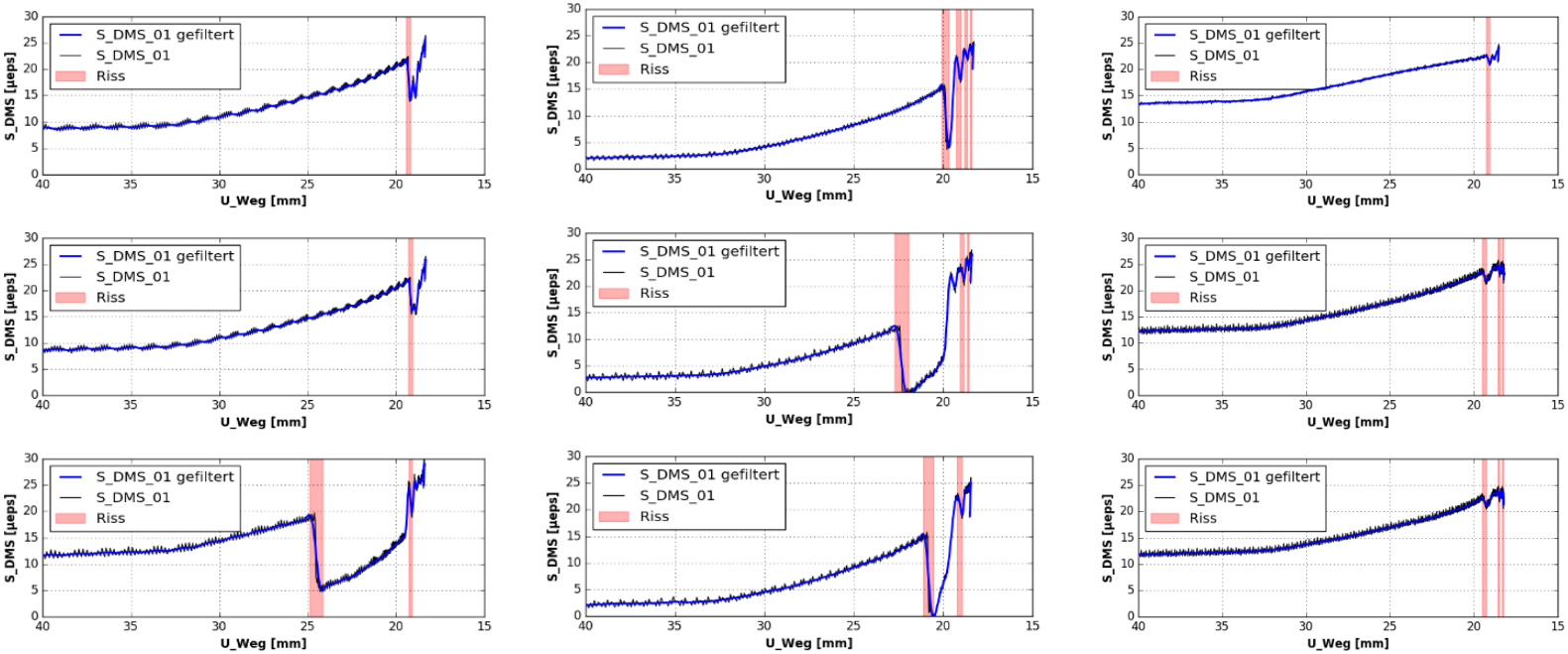
- Automated detection of cracks in the S_DMS signal
- Automated determination of parameters for regulation of the processes



## Formalisierung von Expertenwissen

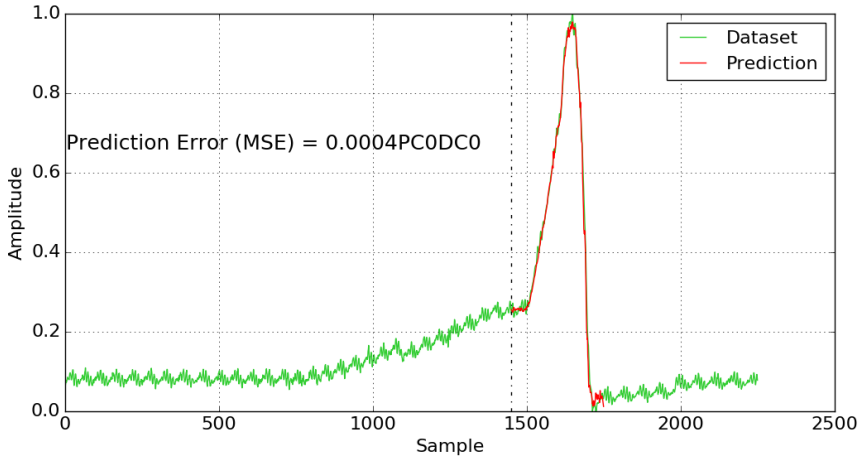
- Sensordaten müssen für die Verwendung von Supervised Learning Modellen gelabelt (d.h. „bezeichnet“ bzw. charakterisiert) werden.
- Labeling nicht vorhanden, allerdings menschliche Erfahrungswerte bzgl. der Frage danach, was ein Riss ist und was nicht.
- Formalisierung der Erfahrung zum automatisierten Labeling von Messdaten

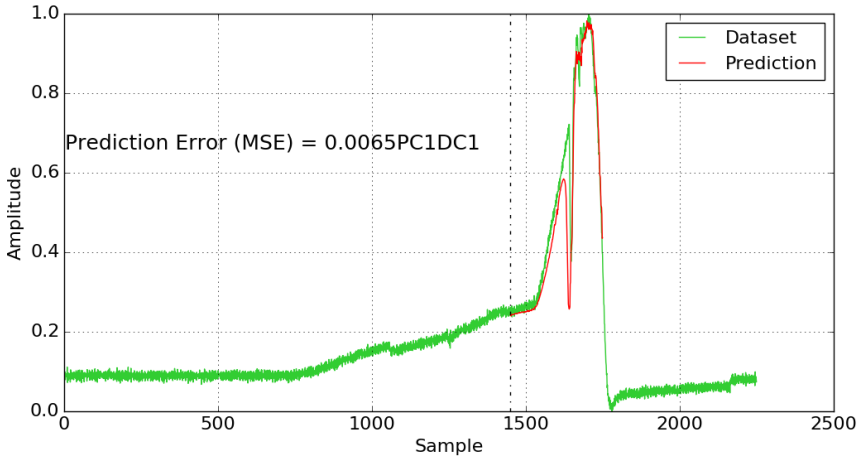


## Vorhersage des Sensorwertverlaufes – Riss oder kein Riss?

- Input des Netzes sind die zeitlichen Verläufe der Sensorwerte und daraus extrahierte Features bis zu einem gewissen Zeitpunkt (siehe gestrichelte Linie in den Plots).
- Vorhersage des Verlaufs auf Basis des Inputs möglich
- Vorhersage grundlegend verschiedener Verlaufstypen
  - Riss (rechts): abrupt und stark abfallendes Signal
  - Kein Riss (links): monoton steigender Verlauf

**Vorhersage auf Rohdaten (sampling rate: 2 kHz)**



# Projektbeispiel

Cognition Enhanced Self-Optimization

Cense 2.0

# Problemstellung

**!**

## Adaptive Bahnplanung für Industrieroboter

- Flexibilität der Bahnplanung und Bewegungsausführung
- Berücksichtigung dynamischer Faktoren der Umgebung

### Der Heiße Draht

- Erlaubt einfache Manipulation der Lernumgebung
- Bietet direkte sensorische Erfassung der Umgebung (Kamera und Stromsignal)

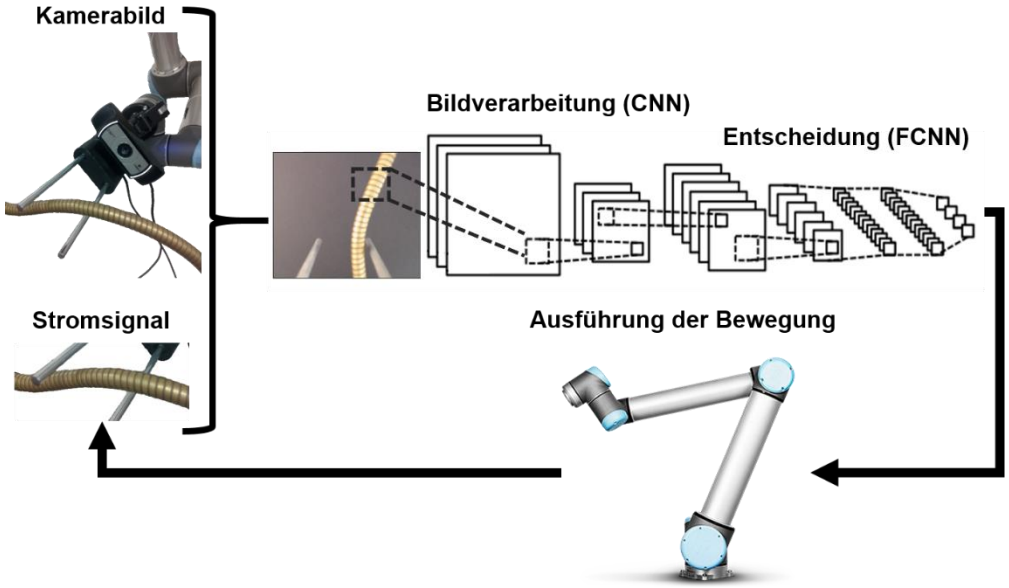
### Transfer auf Fertigungs- und Montagevorgänge

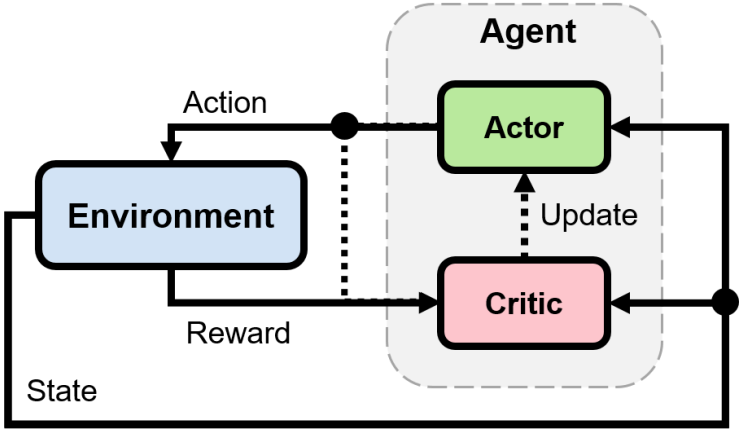
- Planen von Schweißbahnen
- Auftragen von Kleberaupen
- Montage von biegeschlaffen Bauteilen
- Fertigung von Bauteilen mit unterschiedlichen Ausprägungen

# Methodik

## Modell-freies Reinforcement Learning

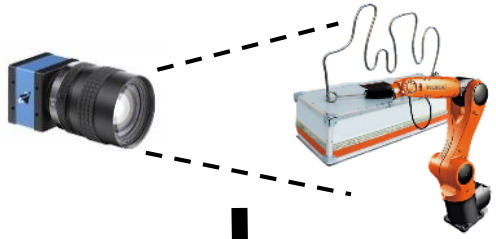
- Automatisierung von Trial-and-Error durch lernende KI
- Einfache Modellierung einer Belohnungsfunktion
- Convolutional Neural Networks zur Bildverarbeitung



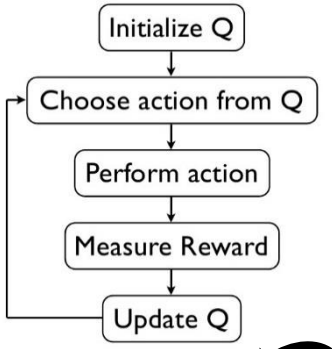



# Architecture and Approach

## Detection of the wire

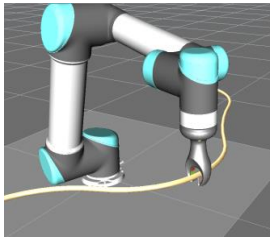


## Q-Learning

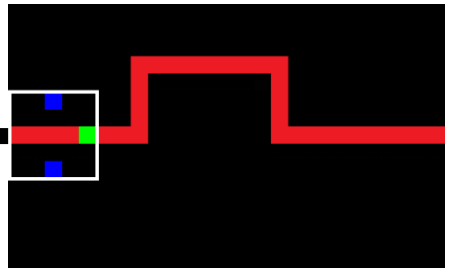


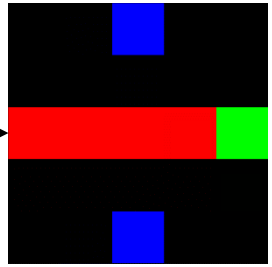

## Robot

## Simulation



## Environmental Model



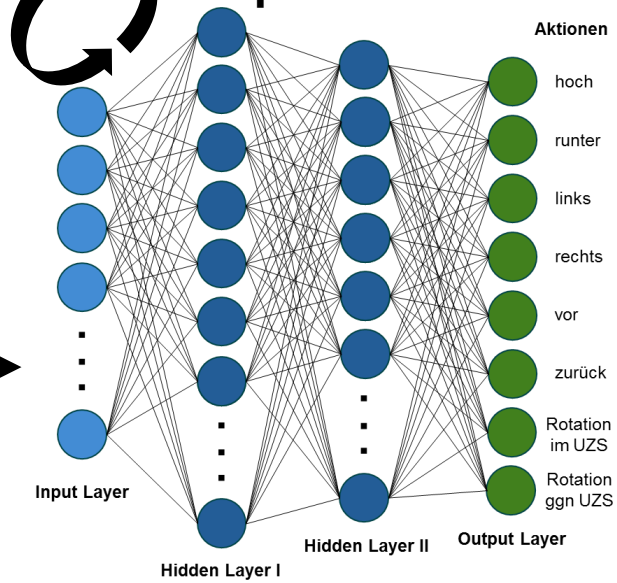


## Environmental state

## Feature Vector

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

## Deep Neural Network

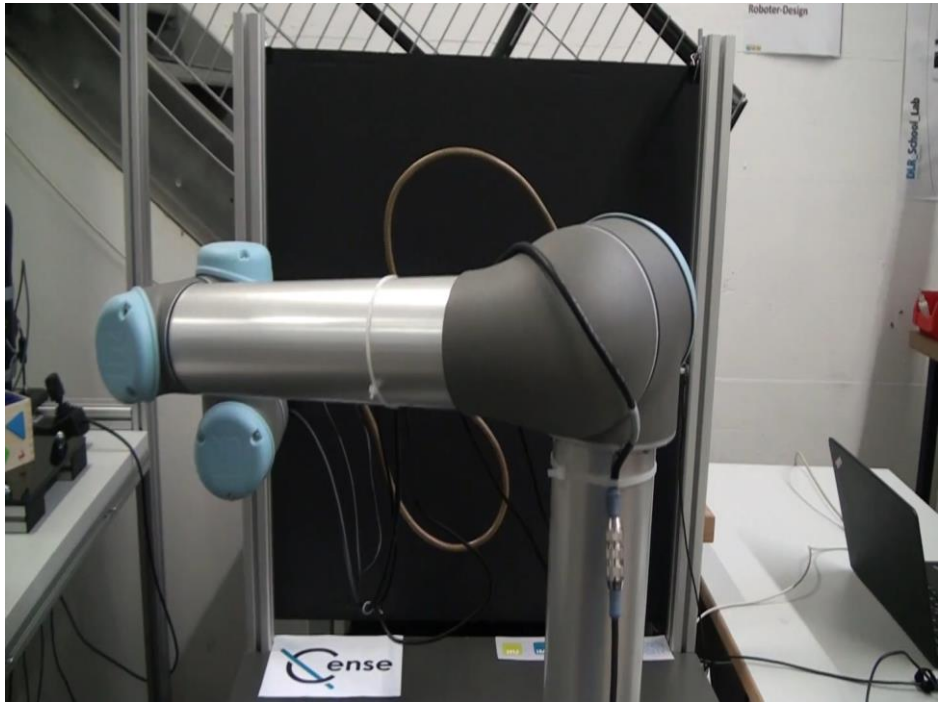


# Ergebnisse

!

## Adaptive Steuerung durch Generalisierung der Problemstellung

- Erlernen einer ersten Lösungsstrategie nach ~30 Minuten
- Generalisierung für beliebige Drähte in ~2 Stunden
- Verbiegung der Drähte während der Bewegung
- Robustheit der Steuerung trotz starkem Hintergrundrauschen



# Partner aus Industrie, Forschung und Entwicklung (in 2018)

OFFERGELD LOGISTIK
Menschen bewegen Werte. Seit 1924.

ENEXIO

Audi

Clariant

SAINT-GOBAIN

DB SCHENKER

FESTO

BOSCH

TORWEGGE
Bewegung auf allen Ebenen

VOLVO

SIEMENS

covestro

BÜHLER

PORSCHE

AIXTRON

Bystronic

herten PROSOZ

TRANSPOREON

Andersch
IHR ERFOLG. UNSERE QUALITÄT.

DAIMLER

...

# Research Focus and Target Industries

## Big Data in Mechanical Engineering

Industrial Data Lake

AI and Production Data

Big Data Compare Tool

## Applied Machine Learning

KI and learning systems in glass production

Machine Learning – Chemical Industries

Machine Learning and Motion Control

Applied AI in food production machinery

## ICT in hybrid machine infrastructures

Approaches for semiconductors (BMWi)

Communication standards in Industry 4.0

E-Health, AR in Emergency Care (BMBF)

## Digital Transformation Human-Organization-Technology

Industrial work in future factories (BMBF)

Demographical Management

City of Aachen – Digitization Strategy

## Didactics for Engineering Graduate

MINT – Career: Female professors (BMBF)

International Studies (BMBF)

Digital Learning / Teaching (VR/AR)

Virtual/Remote Labs for Students

## Mobile (Production-) Logistics

Mobile intra-logistics for mass production

AI approaches in transport logistics

World champion: mobile intra-logistics

Smart City & Smart Mobility

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Dr. rer. nat. Frank Hees**
2. Stellv. Leiter
Phone: +49 241 / 80 911 13
Frank.Hees@ima-ifu.rwth-aachen.de

**Dr. - Ing. Max Hoffmann**
Leiter Forschungsgruppe Industrial Big Data
Phone: +49 241 / 80 911 34
max.hoffmann@ima-ifu.rwth-aachen.de

IfU IMA RWTH AACHEN UNIVERSITY