



## 7. ProKI InfoPoint

### Robustifizierung

Wie kann KI dabei unterstützen Unsicherheiten in Umformprozessen zu beherrschen?

Darmstadt, 15.06.2023

# Agenda des heutigen Termins

- 1 Begrüßung und Einleitung**
- 2 Zuverlässigkeit von KI in der Produktion: Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?**
- 3 Mit KI zur smarten Formteilmaschine: Entwicklung eines Assistenzsystems für die Maschinenkonfiguration bei Erlenbach**
- 4 Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle**
- 5 Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium**
- 6 Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk**



Besuchen Sie [www.menti.com](https://www.menti.com) und benutzen Sie den Code 7131 3758

# Diskussion

## ProKI-InfoPoint

Robustifizierung in produzierenden  
Unternehmen  
15.06.2023



# Agenda des heutigen Termins

- 1 **Begrüßung und Einleitung**
- 2 **Zuverlässigkeit von KI in der Produktion: Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?**
- 3 **KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle**
- 4 **Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle**
- 5 **Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium**
- 6 **Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk**



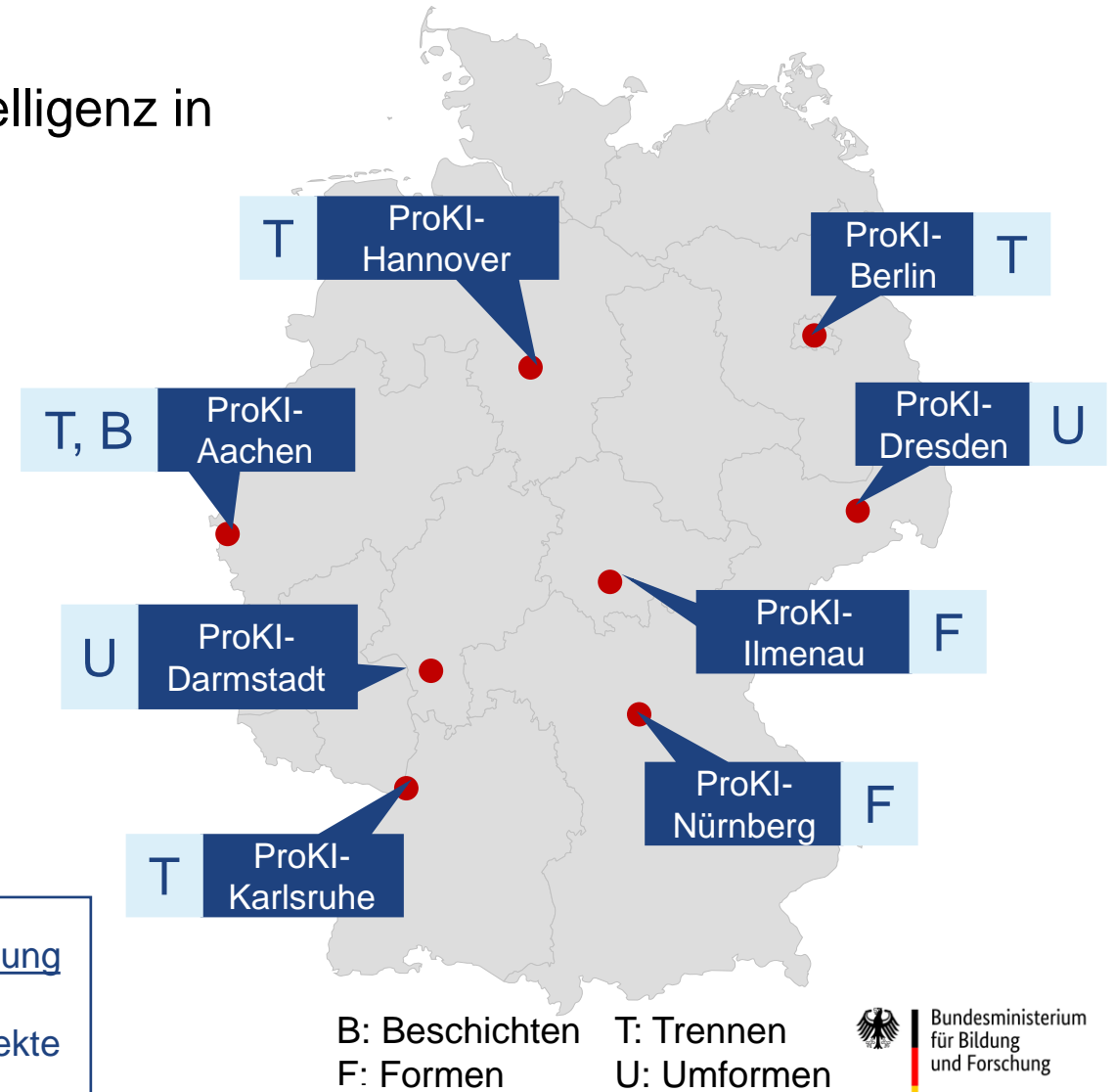
M. Sc. Leonie Meldt  
Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen



# ProKI Netz

## Demonstrations- und Transfernetzwerk Künstliche Intelligenz in der Produktion

- ProKI ist ein bundesweites Demonstrations- und Transfernetzwerk für KI in der Produktion.
- Die Zentren in Darmstadt und Dresden bieten den Transfer von KI in umformtechnische Prozesse durch kostenfreie und praxisnahe Lösungen.



## Unsicherheit

Als Unsicherheit wird der Teil des Inputs beschrieben, der vom Menschen in einer industriellen Umgebung nicht kontrollierbar ist [1].

## Robustheit

Robustheit ist der Zustand, in dem die Technologie-, Produkt- oder Prozessleistung nur minimal empfindlich auf Einflüsse reagiert, die Schwankungen verursachen. Das KI-System erbringt somit in unsicheren Umgebungen die erwartete Leistung [2].

[1] Wiebenga, J.H. / Optimization under uncertainty of metal forming processes. Enschede : Materials Innovation Institute, M2i, 2010, p.60.

[2] G. Taguchi. Systems of experimental design. Unipub / Kraus International Publication, White Plains, New York, 1987.



# Agenda des heutigen Termins

1 Begrüßung und Einleitung

2 **Zuverlässigkeit von KI in der Produktion: Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?**

3 **Mit KI zur smarten Formteilmaschine: Entwicklung eines Assistenzsystems für die Maschinenkonfiguration bei Erlenbach**

4 Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle

5 Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium

6 Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk



M. Sc. Nicolas Jourdan  
Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen





## 6. ProKI InfoPoint

**Zuverlässigkeit von KI in der Produktion**

Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?

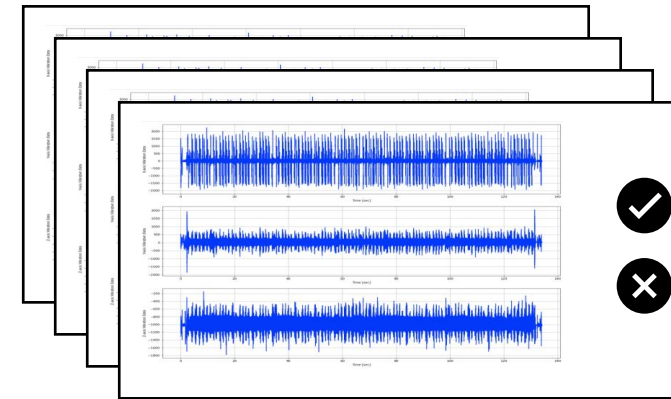
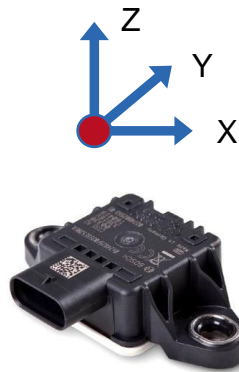
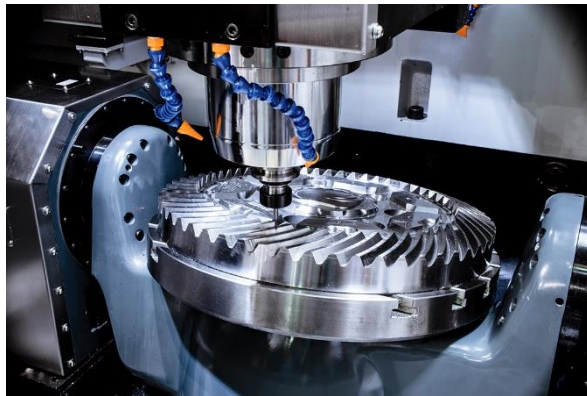
Nicolas Jourdan | Darmstadt, 15.06.2023



## Beispielapplikation: Qualitätsprädiktion bei einem Fräsprozess



## Beispielapplikation: Qualitätsprädiktion bei einem Fräsprozess

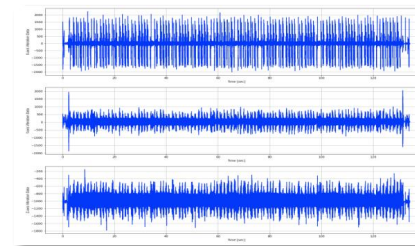
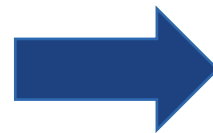
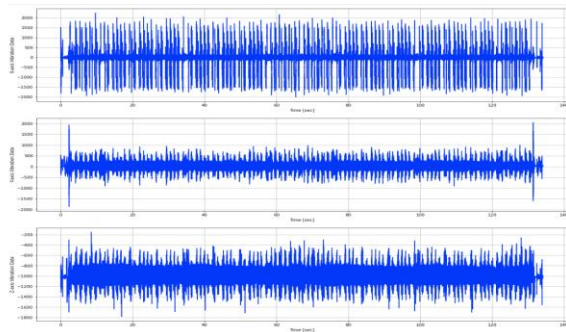


### CNC Milling Dataset (Bosch Rexroth) [5]

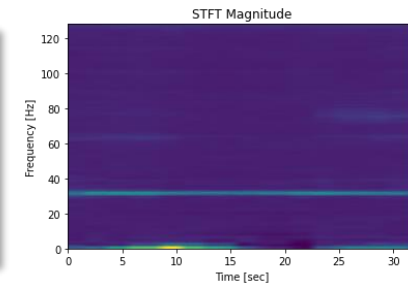
- OK / NOK Labels
- 3 Produktionsmaschinen
- 15 Operationen
- 2 Jahre Produktionsbetrieb
- 1706 Datenpunkte

[5] Tnani, Mohamed-Ali, Michael Feil, and Klaus Diepold. "Smart Data Collection System for Brownfield CNC Milling Machines: A New Benchmark Dataset for Data-Driven Machine Monitoring." *Procedia CIRP* 107 (2022): 131-136.

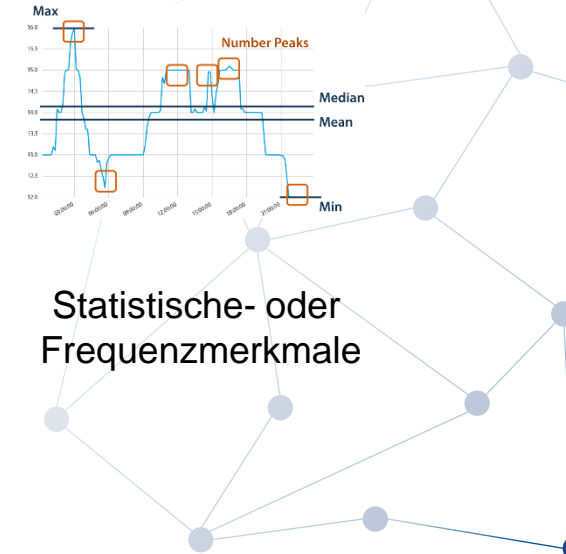
## Feature Extraktion aus Rohdaten



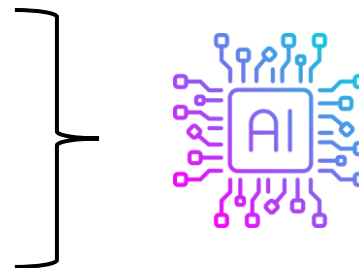
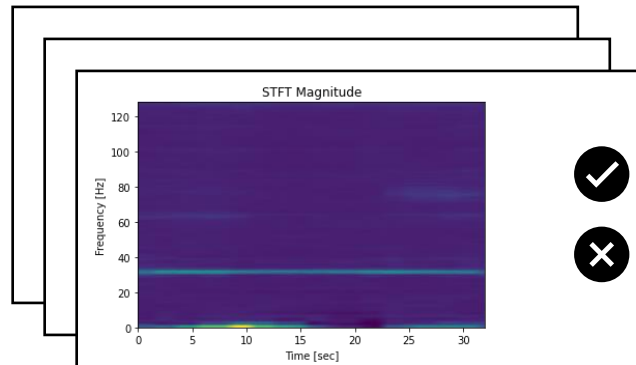
Sensorsignale



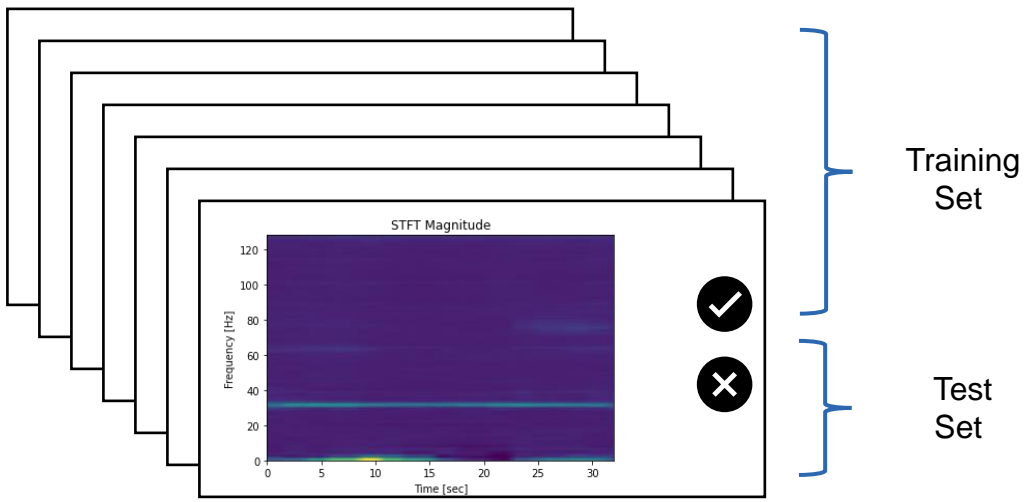
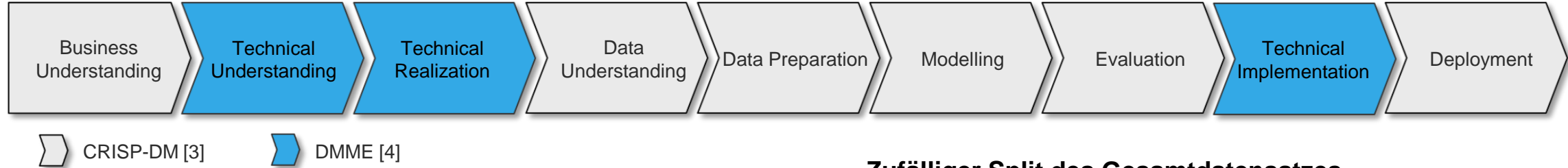
Fourier oder Wavelet Transformation



## Training eines Convolutional Neural Networks zur Qualitätsprädiktion



## Die erreichbare Vorhersagegenauigkeit hängt stark vom Datensplit ab



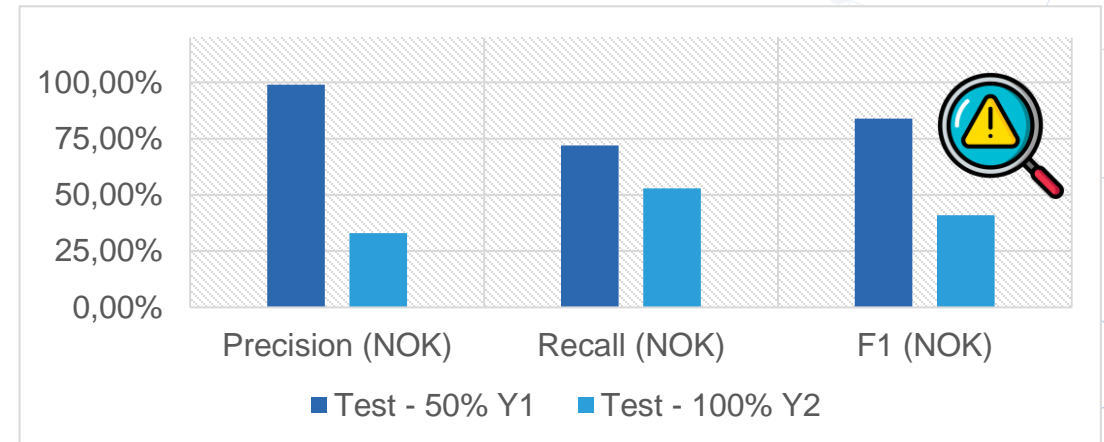
F1 score auf Testset: 84%



### Zufälliger Split des Gesamtdatensatzes

vs.

### Zeitabhängige Splits - z.B. Jahr 1 (Y1) vs. Jahr 2 (Y2)



## Eingangsdaten der KI-Anwendungen unterliegen dynamischen Randbedingungen



# Zuverlässigkeit von KI-Anwendungen in der Produktion

## Dynamische Bedingungen führen zu Performanceverlust



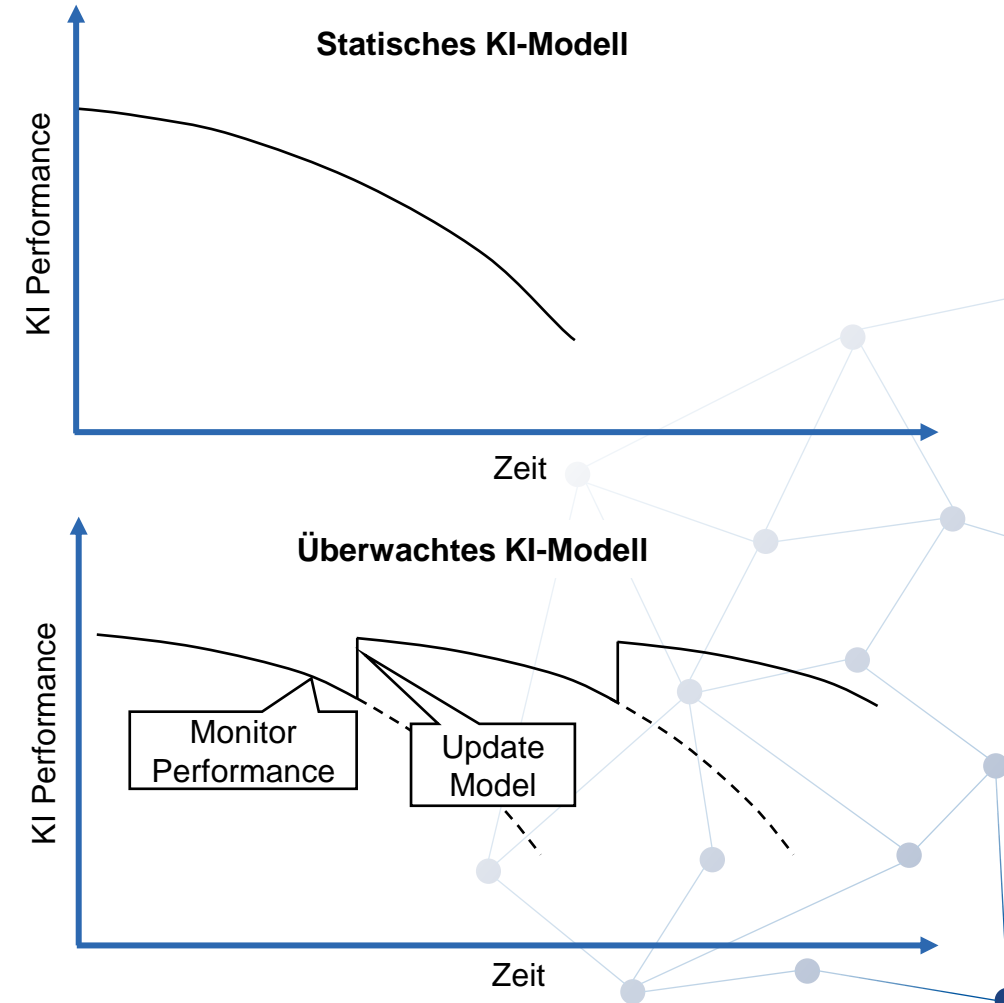
### Die Produktionsumgebung ist dynamisch

- Werkzeug- und Maschinenverschleiß
- Änderungen in Produktvarianten oder Materialien
- Shopfloor Layout
- Mitarbeiterpräferenzen
- Saisonalitäten
- Daten- und Netzwerkprobleme
- ...

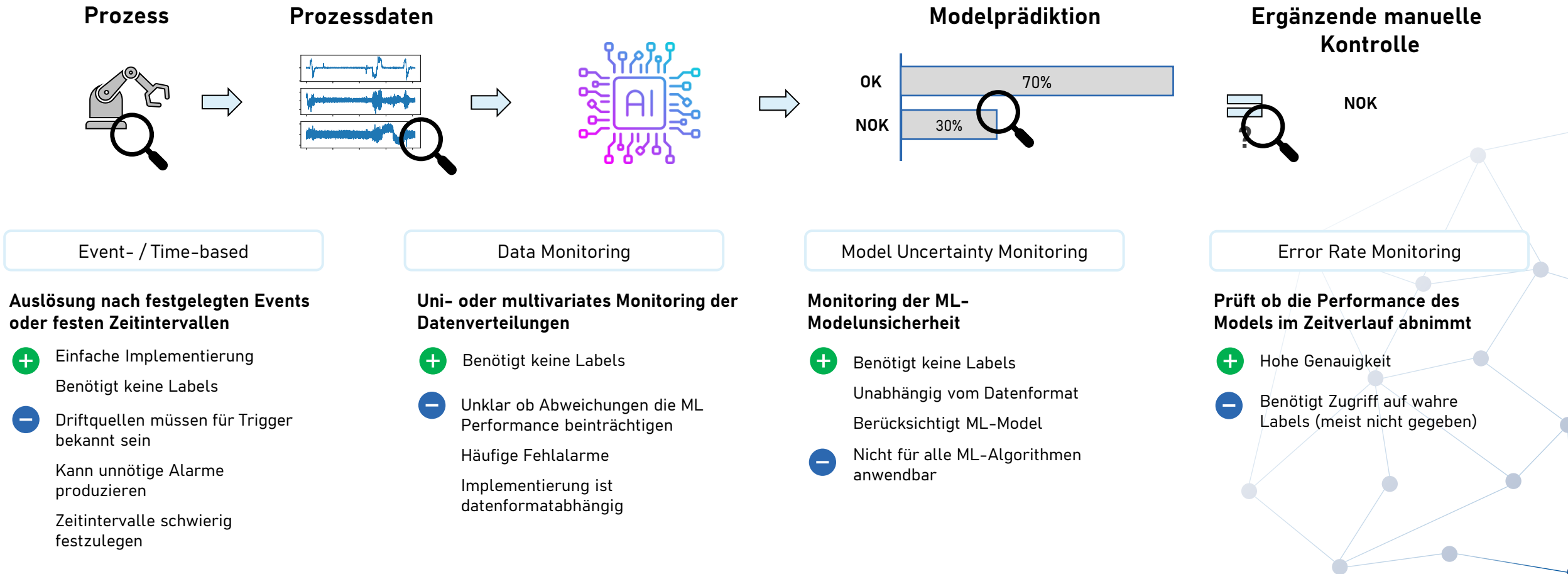


### Modelüberwachung erforderlich für:

- Akzeptanz
- Sicherheit
- Wirtschaftlichkeit



## Wann müssen KI-Anwendungen gewartet werden?





## Zusammenfassung und Key-Takeaways



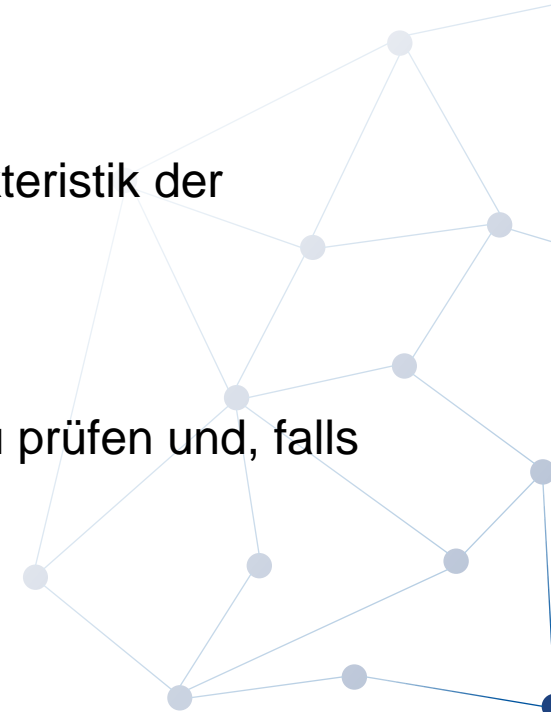
KI-Anwendungen sind nur zuverlässig, sofern die Datenverteilung zwischen Training und späterer Verwendung übereinstimmen.



Die Dynamik von Produktionsumgebungen kann dazu führen, dass sich die Charakteristik der Datenverteilung im Laufe der Zeit ändert.



Im Betrieb der KI-Anwendung ist es notwendig, die Zuverlässigkeit kontinuierlich zu prüfen und, falls notwendig, ein Neu-Training vorzunehmen.



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Nicolas Jourdan

Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen | TU Darmstadt

[N.Jourdan@ptw.tu-darmstadt.de](mailto:N.Jourdan@ptw.tu-darmstadt.de)



# Agenda des heutigen Termins

- 1 Begrüßung und Einleitung
- 2 Zuverlässigkeit von KI in der Produktion: Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?
- 3 **Mit KI zur smarten Formteilmaschine: Entwicklung eines Assistenzsystems für die Maschinenkonfiguration bei Erlenbach**
- 4 Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle
- 5 Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
- 6 Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk



Oliver Bracht  
Eoda GmbH



# Mit KI zur smarten Formteilmaschine: Entwicklung eines Assistenzsystems für die Maschinenkonfiguration bei Erlenbach

Wie kann KI dabei unterstützen, Unsicherheiten in Produktionsprozessen zu beherrschen?

Transfernetzwerk ProKI | TU Darmstadt | 15.06.2023



REFERENT

Oliver Bracht | Chief Data Scientist | eoda GmbH

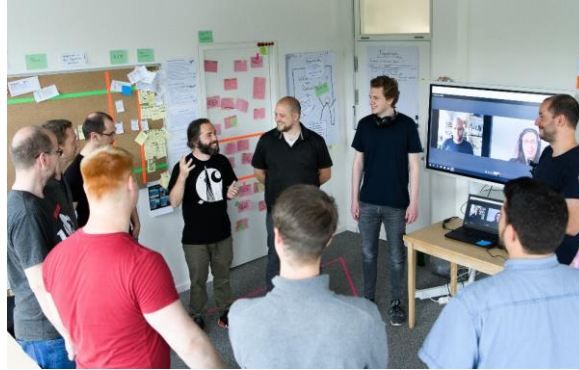
 **Erlenbach**  
Maschinen

 **eoda**  
daten ► wissen ► nutzen

# eoda FACTS

**2010**

gegründet  
Hauptsitz: Kassel



**> 350**

Kunden – darunter  
14 DAX-Konzerne



**>50**

Mitarbeitende



**>10**

Jahre Erfahrung im  
Maschinenbau

**EMPOWERING DATA-DRIVEN INTELLIGENCE**

Unsere Mission

# Referenzen und Projekte



Zuverlässigere Maschinen & optimierte Prozesse durch Predictive Maintenance und die Entwicklung einer Digitalen Maschinenakte



Entwicklung eines „Health Indicators“ für die Steigerung der Maschinenverfügbarkeit

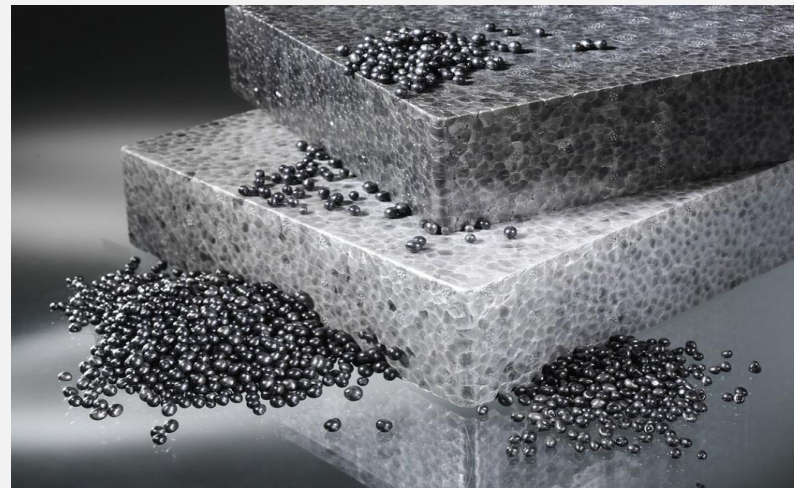


Aufbau von Condition Monitoring und Predictive Maintenance für die Entwicklung neuer Kundenservices



# Über Erlenbach

Maschinenbauer mit  
Lösungen rund um die  
Verarbeitung von  
Partikelschaumstoffen

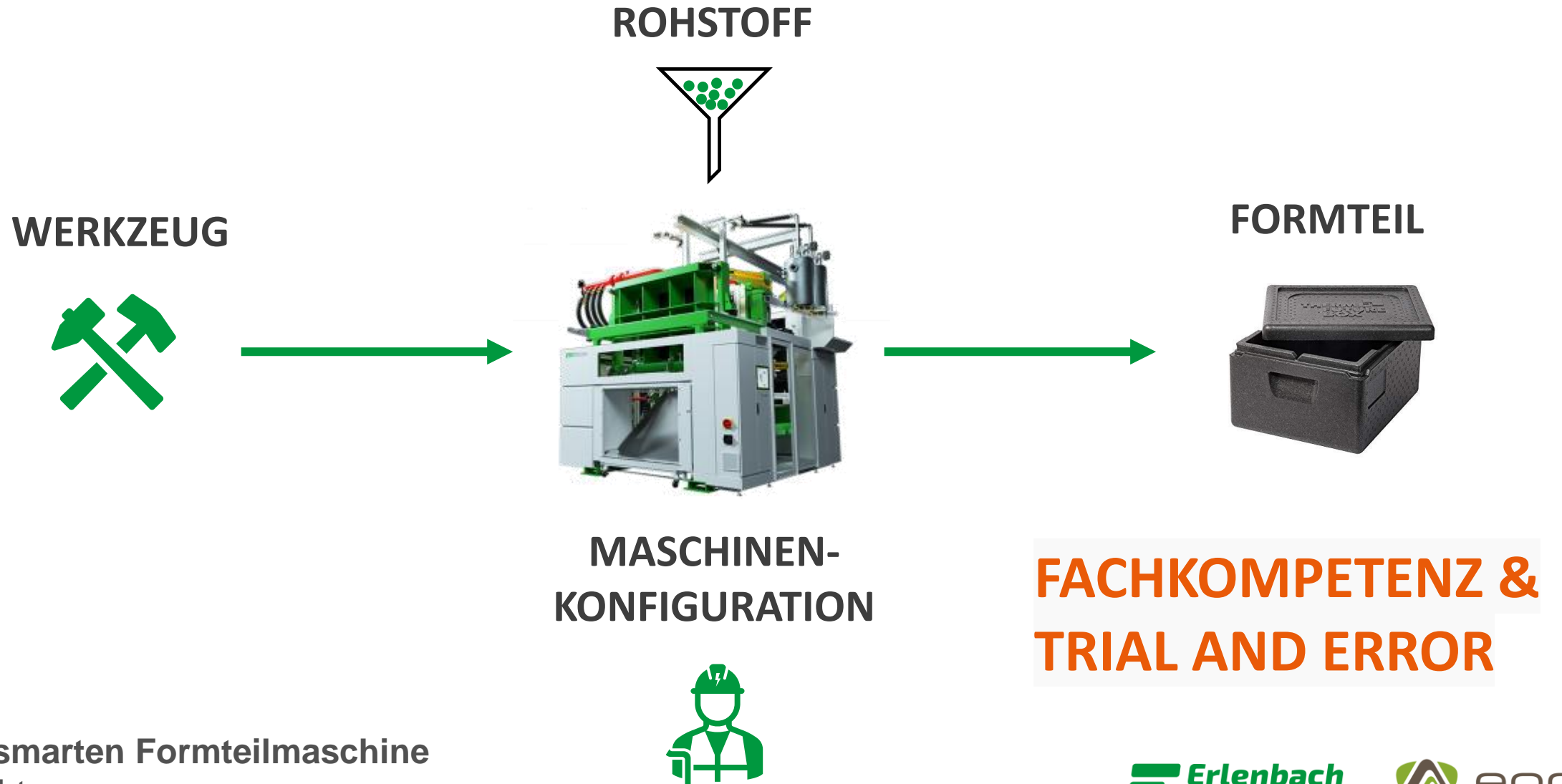


Bildquellen: Erlenbach & Fraunhofer ICT

Mit KI zur smarten Formteilmaschine  
Oliver Bracht



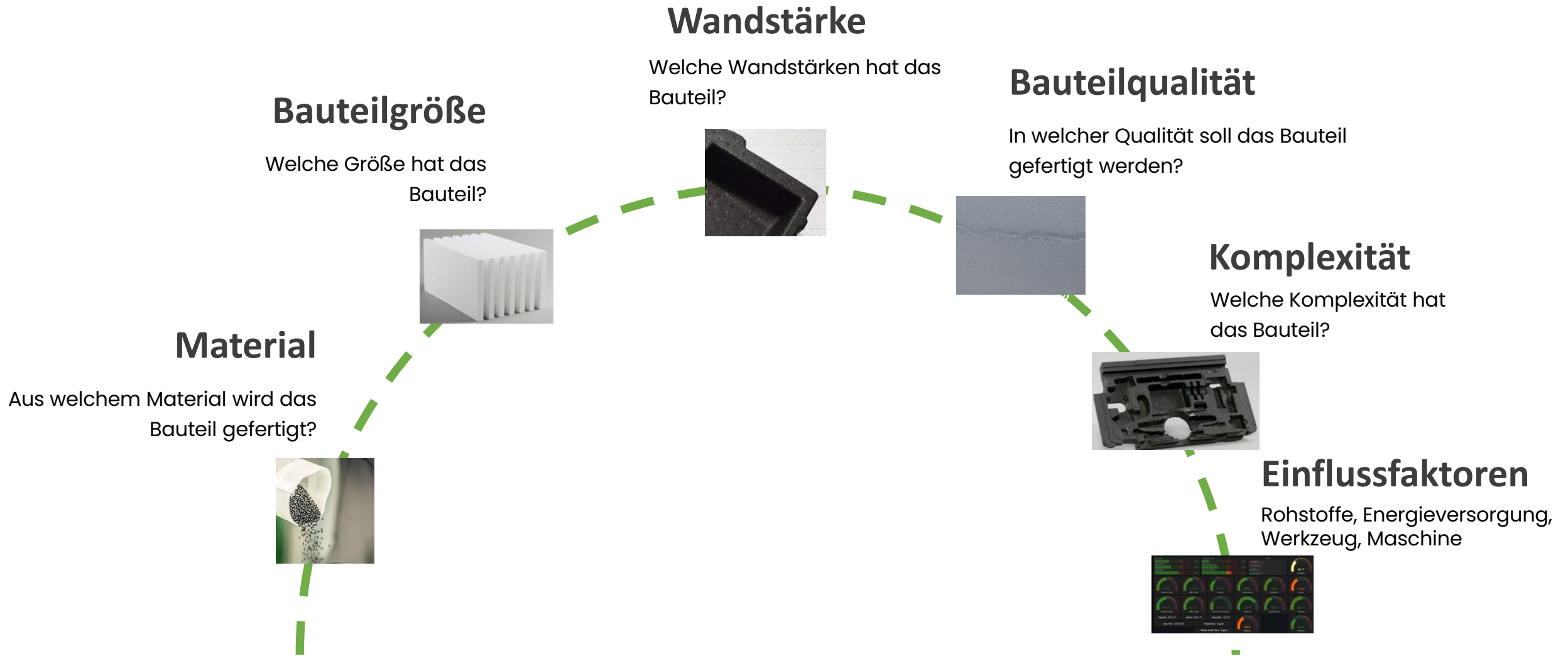
# Formteilherstellung BISLANG



Mit KI zur smarten Formteilmaschine  
Oliver Bracht

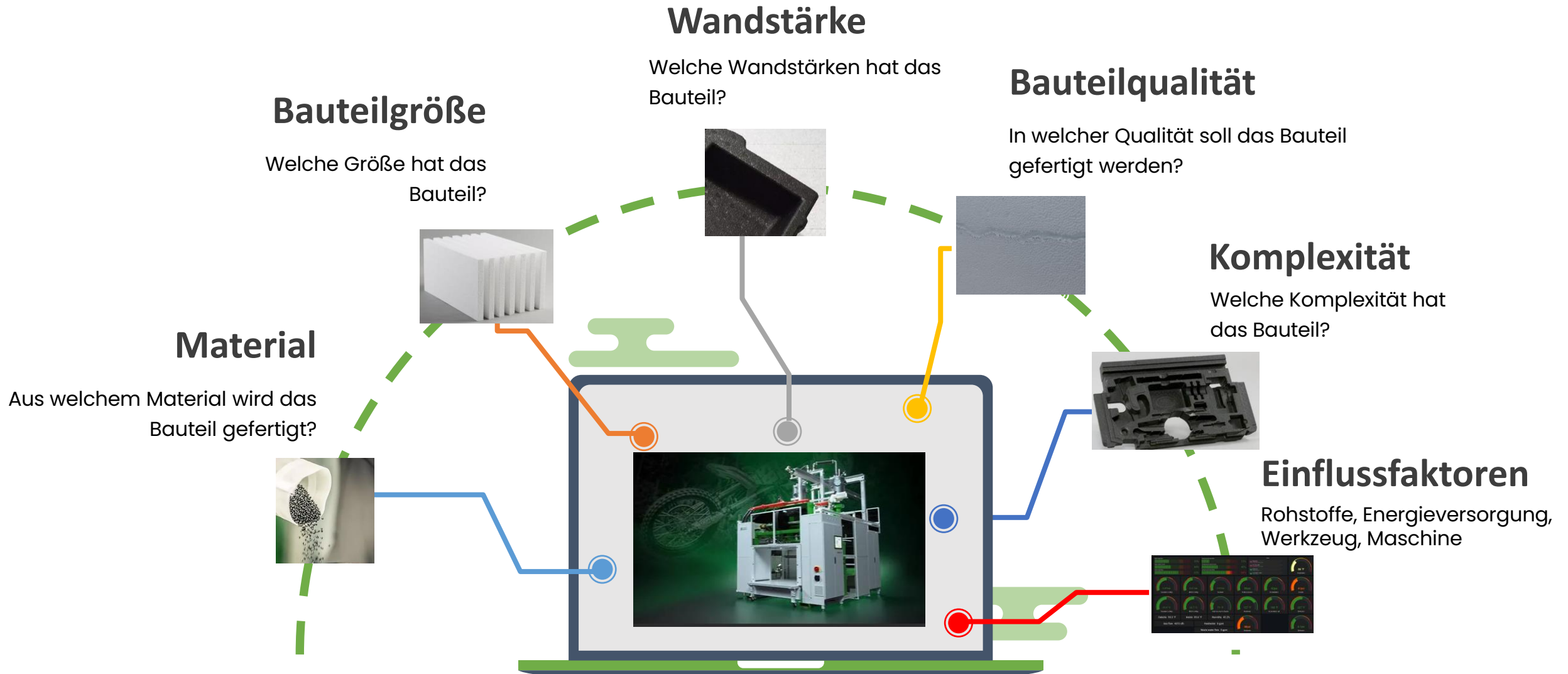


# Herausforderung: Unterschiedliche Einflussfaktoren



Mit KI zur smarten Formteilmaschine  
Oliver Bracht

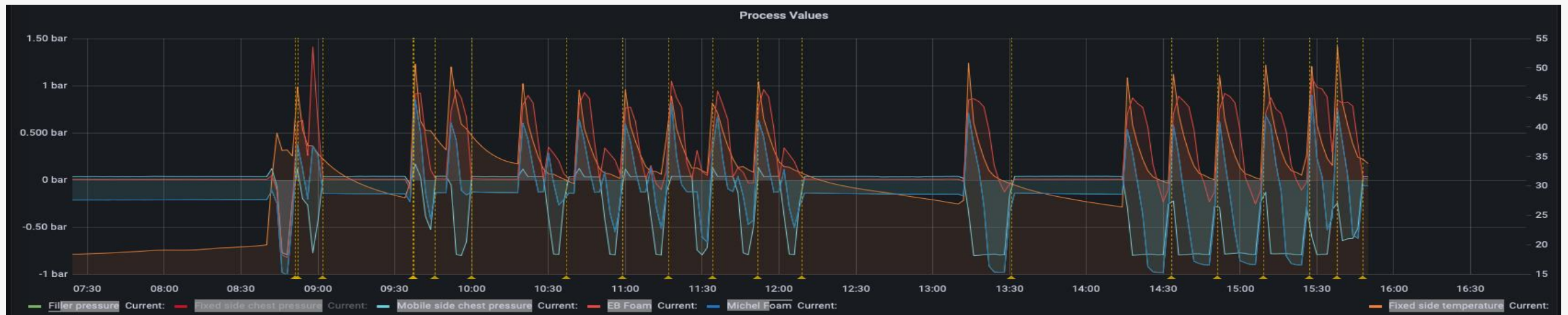
# Ziel: sMARTE FORMTEILMASCHINE



Mit KI zur smarten Formteilmaschine  
Oliver Bracht

# Zentrale Einflussvariable

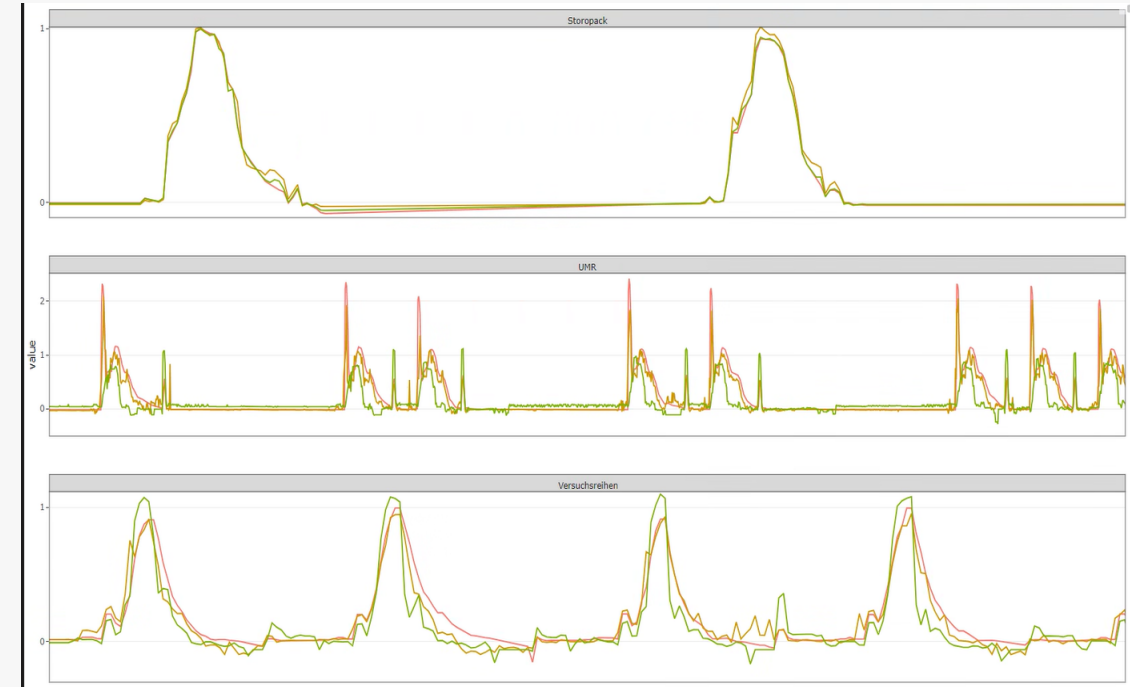
- **Schaumdruck** als zentrale Einflussvariable
- Sehr gute Möglichkeit zur **Steuerung des Herstellungsprozesses** anhand der Schaumdruckkurve
- Erfassung des Schaumdrucks mittels **Sensorik aufwändig und kostenintensiv**



Mit KI zur smarten Formteilmaschine  
Oliver Bracht

# Lösung: Virtueller Schaumdrucksensor als technisches Herzstück Assistenzsystems

- Einbeziehung **vorhandener Daten** (Kammerdruck, -temperatur etc.) & Informationen aus **internen Versuchsreihen**
- Ermittlung, welche **Einflüsse** sich wie auf den Schaumdruck auswirken
- Konsequente Modelloptimierung: **Präzise Prognose** der Schaumdruckkurve bereits **nach kurzer Zeit** möglich
- Möglichkeit, Anomalien und Probleme an der Maschine oder in der Produktion besser **vorherzusagen**



# Formteilherstellung ZUKÜNFTIG

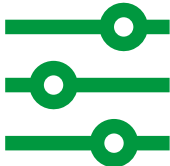
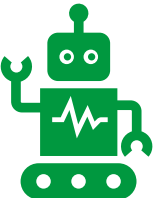
ASSISTENZ-  
SYSTEM

ALGORITHMUS

MASCHINEN-  
KONFIGURATION

HERSTELL-  
PROZESS

FORMTEIL



ITERATIVES FEEDBACK  
DURCH ANWENDER

**SMART  
INTELLIGENT  
DATENBASIERT**

Mit KI zur smarten Formteilmaschine  
Oliver Bracht



# KI-basierte Assistenzsystem als Lösungsbaustein

## FACHKRÄFTEMANGEL

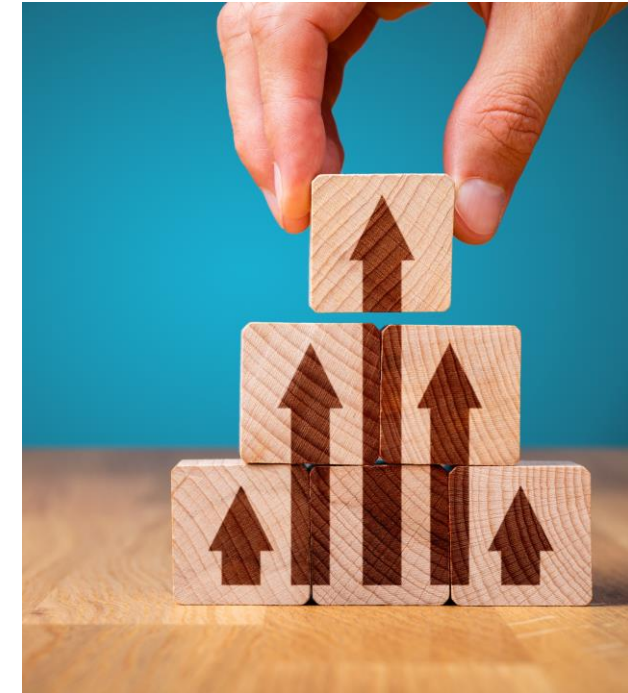
- Verringerung der Komplexität
- Verkürzung von Einarbeitungszeiten
- Automatisierung von Arbeitsschritten

## ENERGIEKOSTEN

- Optimierung des Ressourceneinsatzes
- Kosteneinsparungen

## PRODUKTION

- Sicherstellung einer hohen Produktionsqualität und –menge
- Präzisere Steuerungsmöglichkeiten



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Ihr Ansprechpartner



## Oliver Bracht

Chief Data Scientist

Phone: +49 561 87948 325

E-Mail: [oliver.bracht@eoda.de](mailto:oliver.bracht@eoda.de)



**eoda GmbH**

Universitätsplatz 12

34127 Kassel

[www.eoda.de](http://www.eoda.de)

[sales@eoda.de](mailto:sales@eoda.de)

+49 561 87948-370

[Datenanalyse-Blog](#) |



| [Newsletter](#)

# Agenda des heutigen Termins

- 1 Begrüßung und Einleitung
- 2 Zuverlässigkeit von KI in der Produktion: Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?
- 3 Mit KI zur smarten Formteilmaschine: Entwicklung eines Assistenzsystems für die Maschinenkonfiguration bei Erlenbach
- 4 Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle
- 5 Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
- 6 Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk



Dr.-Ing. Michael Lechner  
Lehrstuhl für Fertigungstechnologie





LEIT

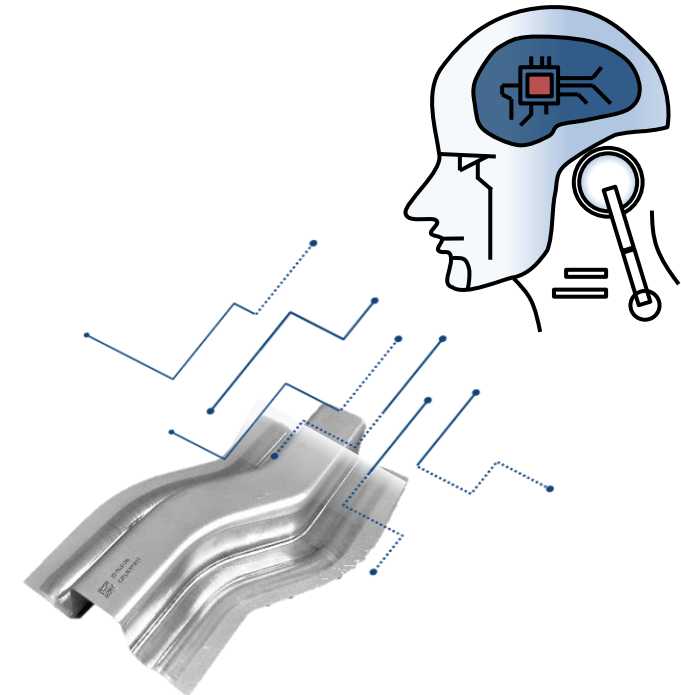


Friedrich-Alexander-Universität  
Technische Fakultät

# Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle

Dr.-Ing. M. Lechner, R. März, E. Vallaster, Prof. M. Merklein

- Motivation
- Möglichkeiten von KI in der Umformtechnik
- Anwendungsbereiche
- Herausforderungen und Trends
- Zusammenfassung und Ausblick



## Motivation

Reduktion der  
Lieferzeiten

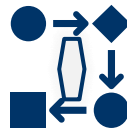


Schonung von  
Ressourcen

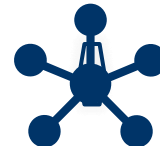
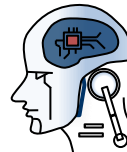


Individualisierung  
der Produkte

**Ganzheitliche  
Prozessmodellierung**



**Prozessprognose mittels  
Künstlicher Intelligenz**



## Ansätze

Null-Fehler-  
Produktion



Ressourcen-  
effizienz



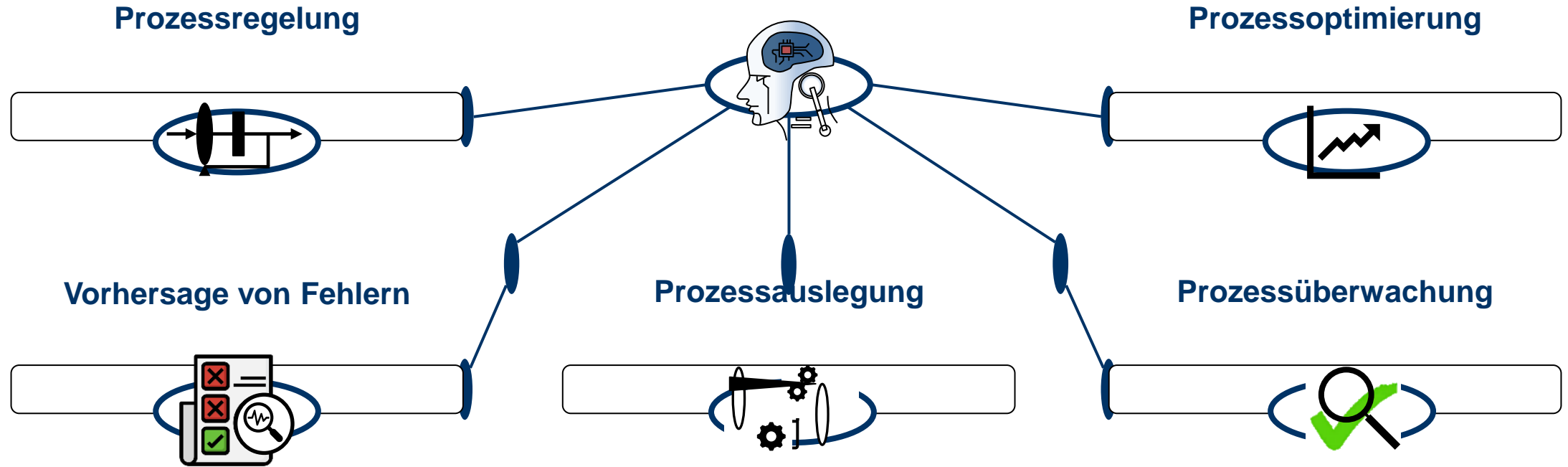
Automatische  
Prozessadaption / Flexibilität



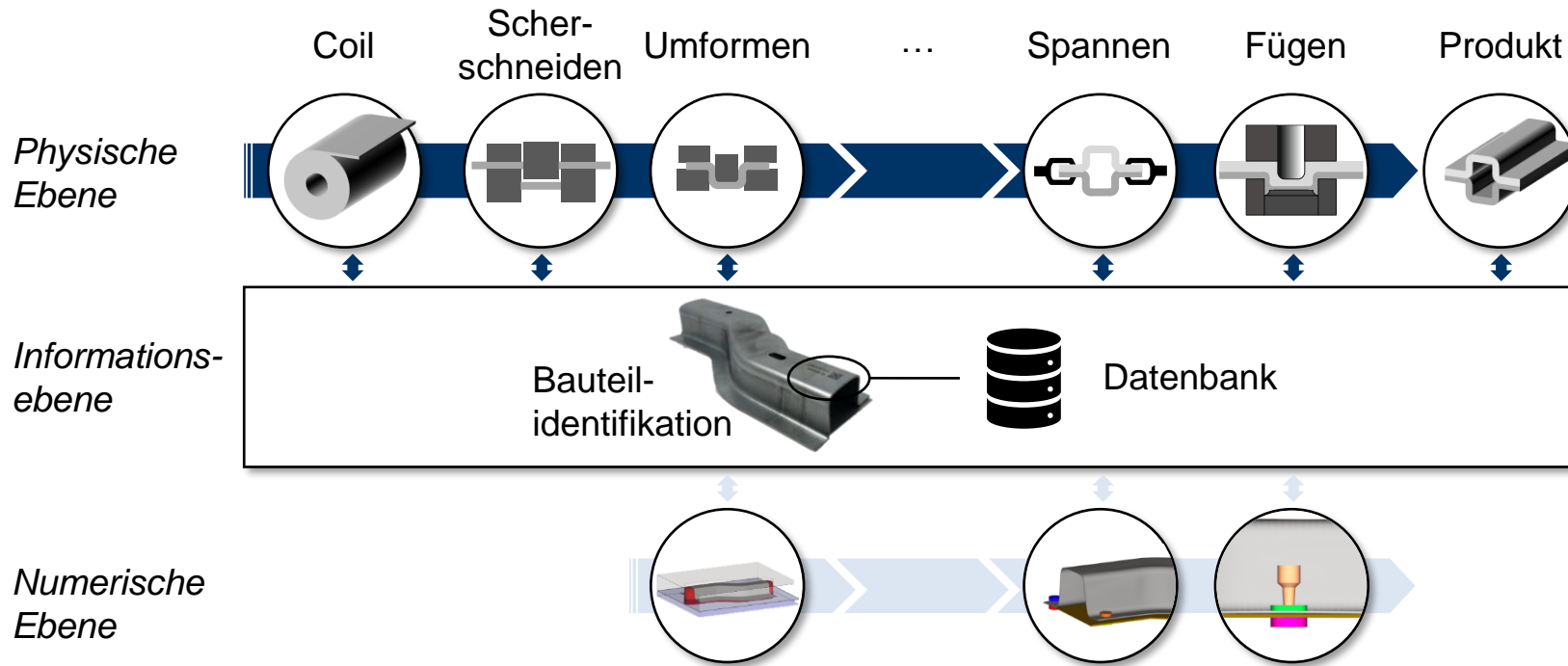
**Sicherer  
Datenaustausch**



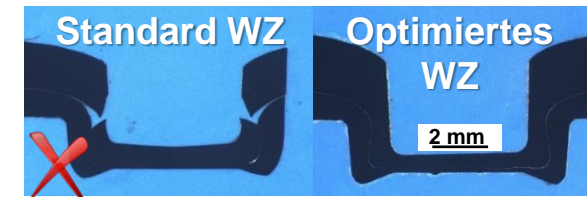
**Vernetzung der  
Einzelprozesse**



- Vernetzung mit vor- und nachgelagerten Prozessen sowie effiziente Nutzung von Prozessdaten zur Regelung von Fertigungsprozessen
- Nutzung von KI in allen Teilgebieten der Umformtechnik möglich
- Überwiegender Einsatz von KI in der Blechumformung



Anpassung der Werkzeug-  
geometrie beim Fügen



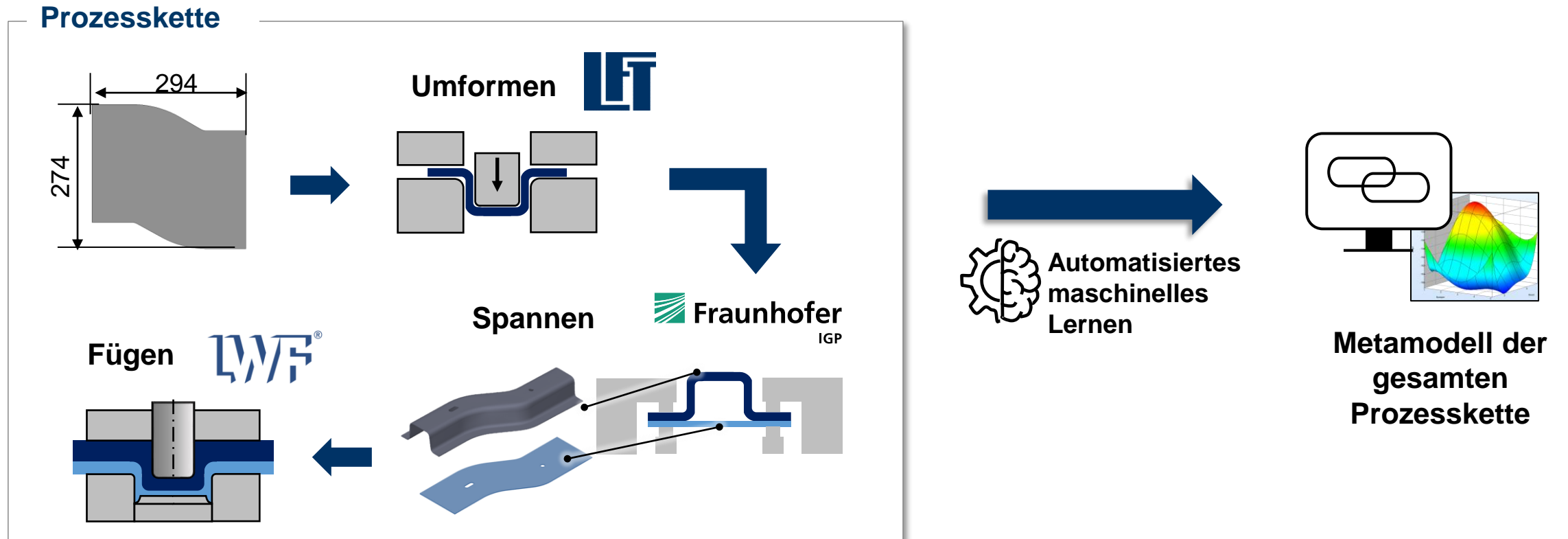
Gefördert durch EFB AiF  
Projektnummer: EFB 02-217



- Identifikation relevanter **Prozessdaten** entlang der Prozesskette
- Verknüpfung mit den **Halbzeug- und Bauteileigenschaften**  
→ Bestimmung der Randbedingungen beim Fügen
- **Durchgängige FE-Simulation** und Erstellung von Metamodellen zur Parameterprognose
- **Datenbank** für prozessübergreifenden Datenaustausch → Bereitstellung von Eingangsdaten für Folgeprozesse zur Verbesserung des Prozessergebnisses

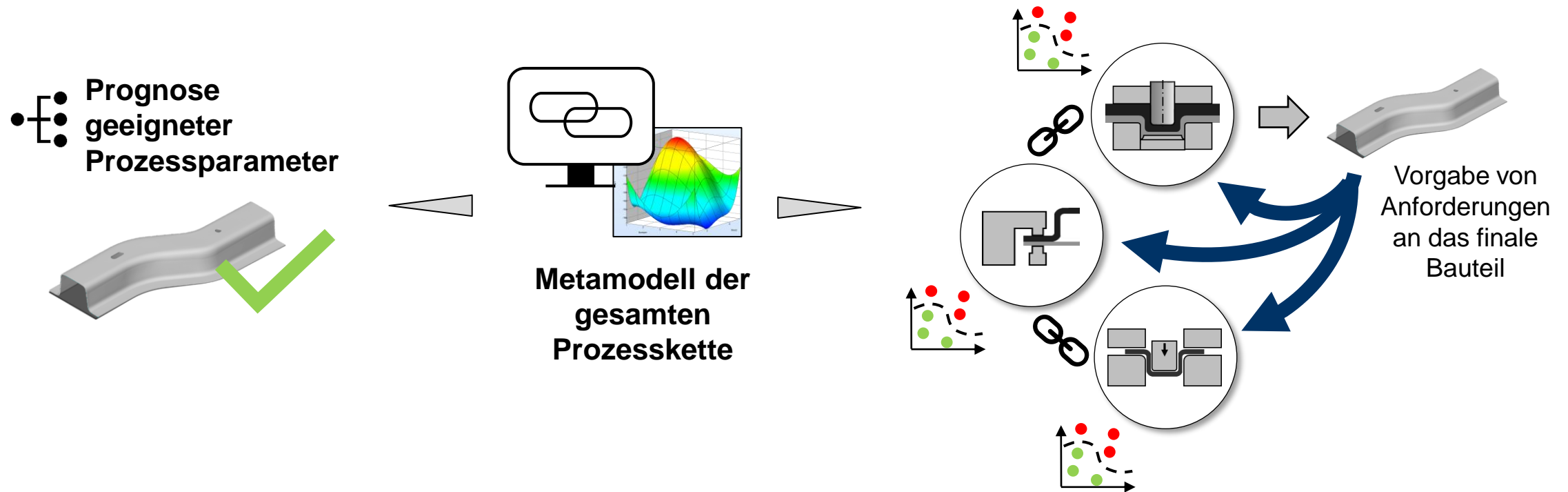
## Projektziel

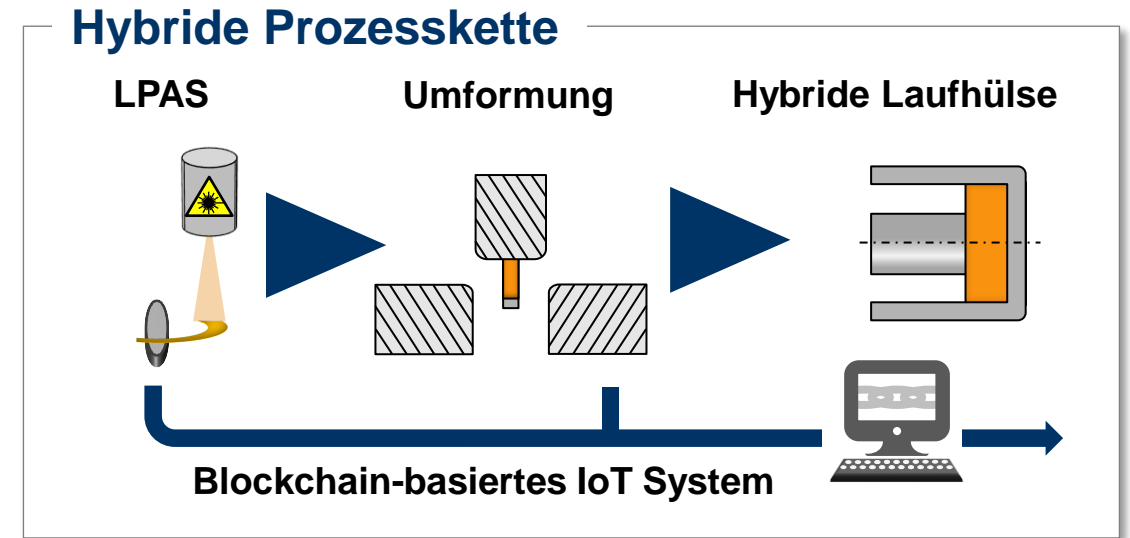
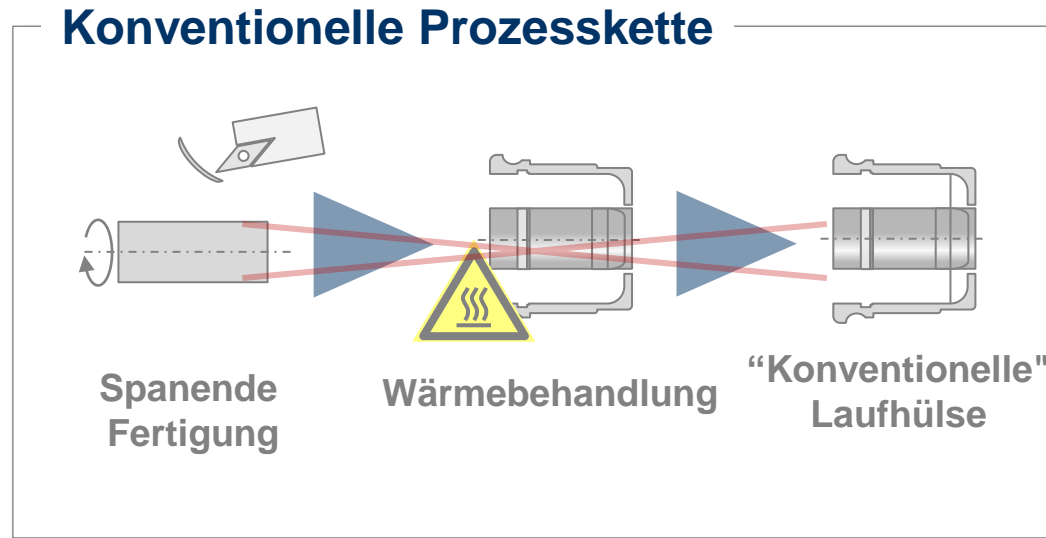
**Durchgängige Abbildung** der Prozesskette  
 zur Identifikation und zum Ausgleich von **Chargen- und Prozessschwankungen**



## Potentiale

- **Prognose** geeigneter Prozessparameter für kombinierten Spann- und Fügeprozess zur Reduktion der Fehlerquote
- Inverse Auslegung der Teilprozesse → Verbreiterung der **Toleranzfelder** der Teilprozesse





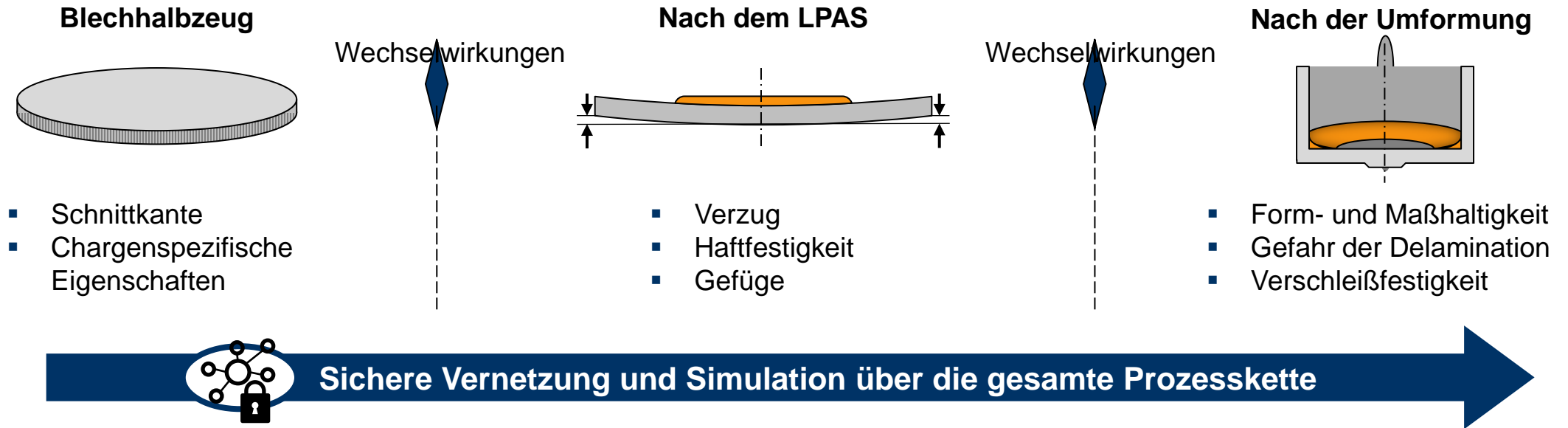
## Herausforderungen für die konventionelle Prozesskette

- Geringe Materialeffizienz bedingt durch den zeitintensiven Zerspanungsprozess
- Energieintensive globale Wärmebehandlung zur Erzielung der erforderlichen Bauteileigenschaften

## Neuer Ansatz zur Fertigung von Laufhülsen

- Laserpulverauftragschweißen (LPAS) zur lokalen Erhöhung der Verschleißfestigkeit
- Nachfolgender, mehrstufiger Tiefziehprozess für Laufhülse für reduzierte Prozessdauer und Materialverluste





- Hyperledger-basierte Blockchain als Backend für manipulationssicheren Datenaustausch
- Digitale Darstellung der Prozesskette auf einer industriellen Datenplattform zur Analyse und Optimierung
- Unternehmensübergreifendes digitales End-to-End-Mapping, um auf Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Prozessschritten zu reagieren

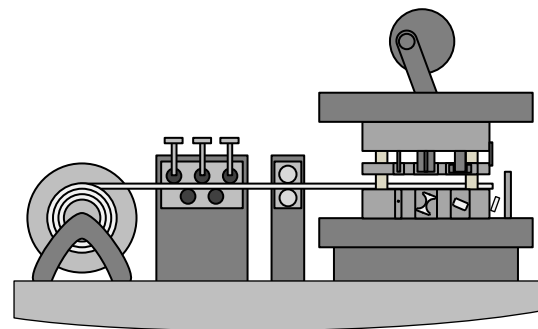
# Überwachung und Prognose des Wirkflächenzustandes und -eingriffs bei Fließpressprozessen vom Band

## Blechmassivumformung vom Band

+ Potential für ökologische und ökonomische Fertigung

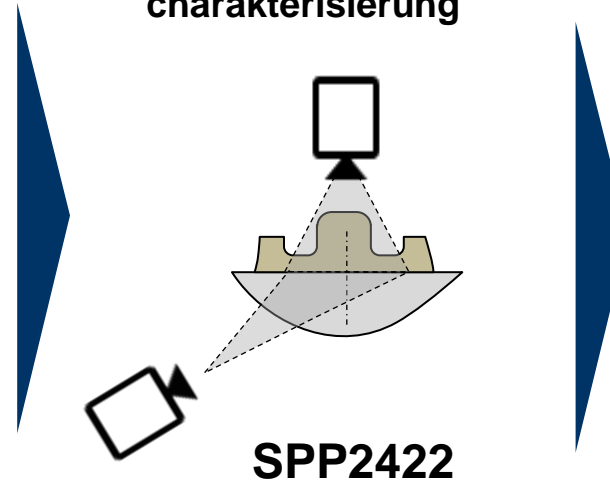
- Wirkflächenverschleiß

➔ **Unzureichendes Verständnis für Wirkbeziehungen** zwischen Prozessdaten, Produkteigenschaften und Verschleißmechanismen



Fließpressen vom Band

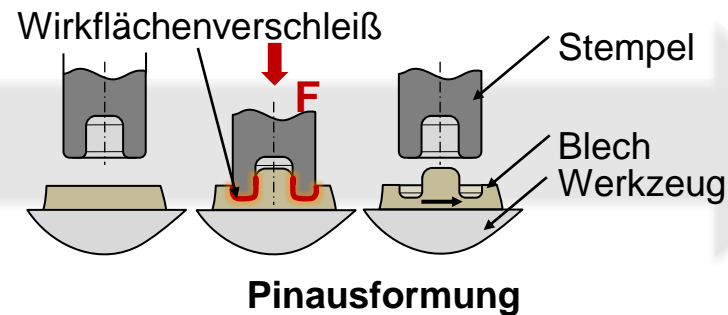
## Bildgebende Bauteilcharakterisierung



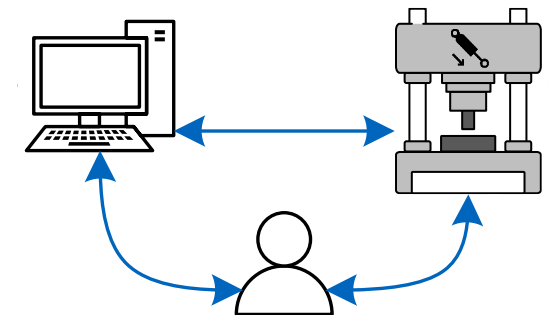
SPP2422

## Blechmassivumformung vom Band

**Verschleißfrühwarnsystem** auf Basis von Expertenwissen und datengetriebenen Informationsmodellen

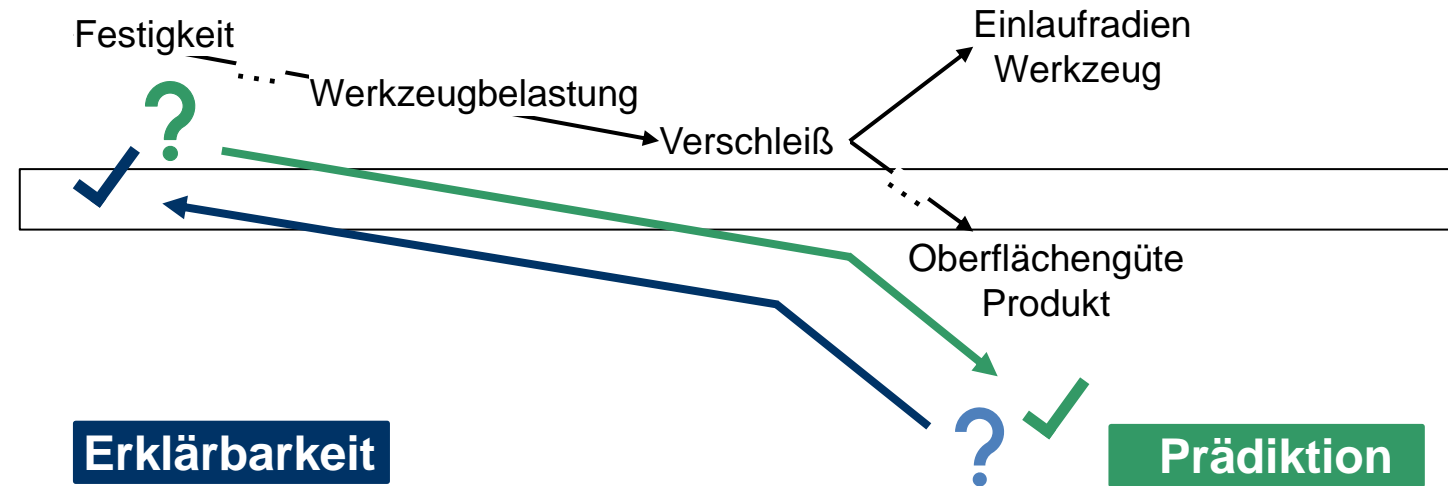


Pinausformung



# Überwachung und Prognose des Wirkflächenzustandes und -eingriffs bei Fließpressprozessen vom Band

## Ursache-Wirkungs-Diagramm



- Formulierung eines datengetriebenen Informationsmodells mit ontologiebasierter Wissensrepräsentation
- Vorhersage von Werkzeugverschleiß mit Hilfe eines Ursache-Wirkungs-Graphen auf Basis von Kausal- und Korrelationsmodellen
- Echtzeitüberwachung des Prozesses
  - Frühwarnsystem für Verschleiß
  - Vermeidung von Ausschuss

## Herausforderungen



- Generierung und strukturierte Analyse von Trainingsdaten
- Verallgemeinerbarkeit der verschiedenen Ansätze



## Trends der derzeitigen Anwendung

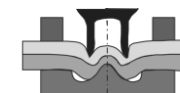
- Anwendungen von KI in allen Teilgebieten der Umformtechnik zu finden



Massivumformung



Blechumformung



Mechanisches Fügen



- Einsatz von neuronalen Netzen bei knapp der Hälfte der Anwendungen
- Maschinelles Lernen und generische Algorithmen zur Prozessprognose



## Vielfältige Möglichkeiten zum Einsatz von KI in der Umformtechnik



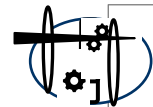
Prozessregelung



Prozessoptimierung



Prozessüberwachung



Prozessauslegung



Fehlervorhersage

### Ausblick

- KI und Industrie 4.0 als Türöffner im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Automatisierung
- Abgreifen, Abspeichern, Zuordnen und Austauschen von Produktionsdaten über Unternehmensgrenzen hinweg als Voraussetzung für die Anwendung von KI

**KI als Evolution statt Revolution in der Produktionstechnik**



# LET

Shaping ideas into solutions

Marion Heu

# Agenda des heutigen Termins

- 1 Begrüßung und Einleitung
- 2 Zuverlässigkeit von KI in der Produktion: Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?
- 3 Mit KI zur smarten Formteilmaschine: Entwicklung eines Assistenzsystems für die Maschinenkonfiguration bei Erlenbach
- 4 Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle
- 5 Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
- 6 Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk



M. Sc. Leonie Meldt  
Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen



# Agenda des heutigen Termins

- 1 Begrüßung und Einleitung
- 2 Zuverlässigkeit von KI in der Produktion: Weiß mein KI-Modell, was es nicht weiß?
- 3 Mit KI zur smarten Formteilmaschine: Entwicklung eines Assistenzsystems für die Maschinenkonfiguration bei Erlenbach
- 4 Künstliche Intelligenz in der Umformtechnik – Möglichkeiten zur Prozesskontrolle
- 5 Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
- 6 Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk



M. Sc. Leonie Meldt  
Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Nächster ProKI-InfoPoint

PROKI

Anmeldung zum nächsten  
ProKI-InfoPoint



<https://tu-dresden.de/ing/proki>

### THEMA

KI UND MENSCH

Wie lassen sich Unternehmensziele durch menschenzentrierte KI schneller erreichen?

### TERMIN

13.07.2023 16:00 Uhr

Weiterführende Informationen zu ProKI Netz und unserem Angebot finden Sie auf unseren Homepages



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

<https://proki-darmstadt.de/>

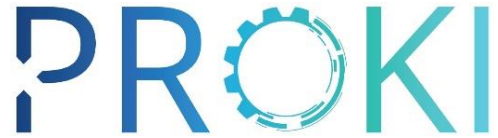


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

<https://tu-dresden.de/ing/proki>



# Unser Workshopangebot



Anmeldung zum nächsten  
ProKI-InfoPoint



<https://tu-dresden.de/ing/proki>

<b>01</b> Daten als Grundlage erfolgreicher KI-Anwendungen: Strategien zur Erfassung valider Daten als Basis einer KI-gestützten Analyse von Umformprozessen <a href="#">zum Workshop 01</a> Nächster Termin 1. Juni 2023	<b>02</b> Machine Learning Anwendungen im Kontext umformtechnischer Prozesse <a href="#">zum Workshop 02</a> Nächster Termin 5. Juli 2023	<b>03</b> Robustifizierung von Umformanlagen durch Zustandsüberwachung und fehler-tolerante Systemauslegung <a href="#">zum Workshop 03</a> Nächster Termin 25. Oktober 2023	<b>04</b> KI-gestützte Bildverarbeitung zur Überwachung und Optimierung von Produktionsprozessen <a href="#">zum Workshop 04</a> Nächster Termin 19. Juli 2023	<b>05</b> Grundlagen von KI in der Produktion – Predictive Quality in der Umformtechnik <a href="#">zum Workshop 05</a> Nächster Termin 28. Juni 2023	<b>06</b> KI in der Umformtechnik: Grundlagen und Einsatz in der prädiktiven Instandhaltung <a href="#">zum Workshop 06</a> Nächster Termin 24. Oktober 2023
<b>07</b> Robustheit von KI-Lösungen – Uncertainty Estimation <a href="#">zum Workshop 07</a> Nächster Termin 23. Juni 2023	<b>08</b> KI richtig im Unternehmen kommunizieren <a href="#">zum Workshop 08</a> Nächster Termin 13. Juni 2023	<b>09</b> Datensouveränität – Selbstbestimmung der Verarbeitung der eigenen Daten <a href="#">zum Workshop 09</a> Nächster Termin 13. Juli 2023	<b>10</b> Gaia-X: Erste Schritte in einem Datenökosystem <a href="#">zum Workshop 10</a> Nächster Termin 26. Oktober 2023	<b>11</b> Grundlagen und Potentialanalyse von Predictive Quality in der Umformtechnik <a href="#">zum Workshop 11</a> Nächster Termin 29. November 2023	



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

<https://proki-darmstadt.de/>



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

<https://tu-dresden.de/ing/proki>