



## 5. ProKI InfoPoint

### Energieeffizienz

Wie lässt sich die Energieeffizienz in umformtechnischen Unternehmen durch KI optimieren?

Darmstadt, 13.04.2023

# Agenda des heutigen Termins

## AGENDA

- I. Begrüßung und Vorstellung des ProKI Netzes  
Betrachtungsweisen von Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen
- II. Impulsvortrag Fabian Borst, M.Sc.  
Befähigung industrieller Versorgungssysteme zum energieoptimierten Betrieb am Beispiel der ETA-Fabrik
- III. Impulsvortrag Tilman Traub, Dr.-Ing.  
Energetische Optimierung von Produktionsprozessen am Beispiel des Rollformens
- IV. Diskussions- und Fragerunde



M. Sc. Christian Kubik  
Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen



M. Sc. Fabian Borst  
Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion



Dr.-Ing. Tilman Traub  
Dreistern GmbH & Co. KG

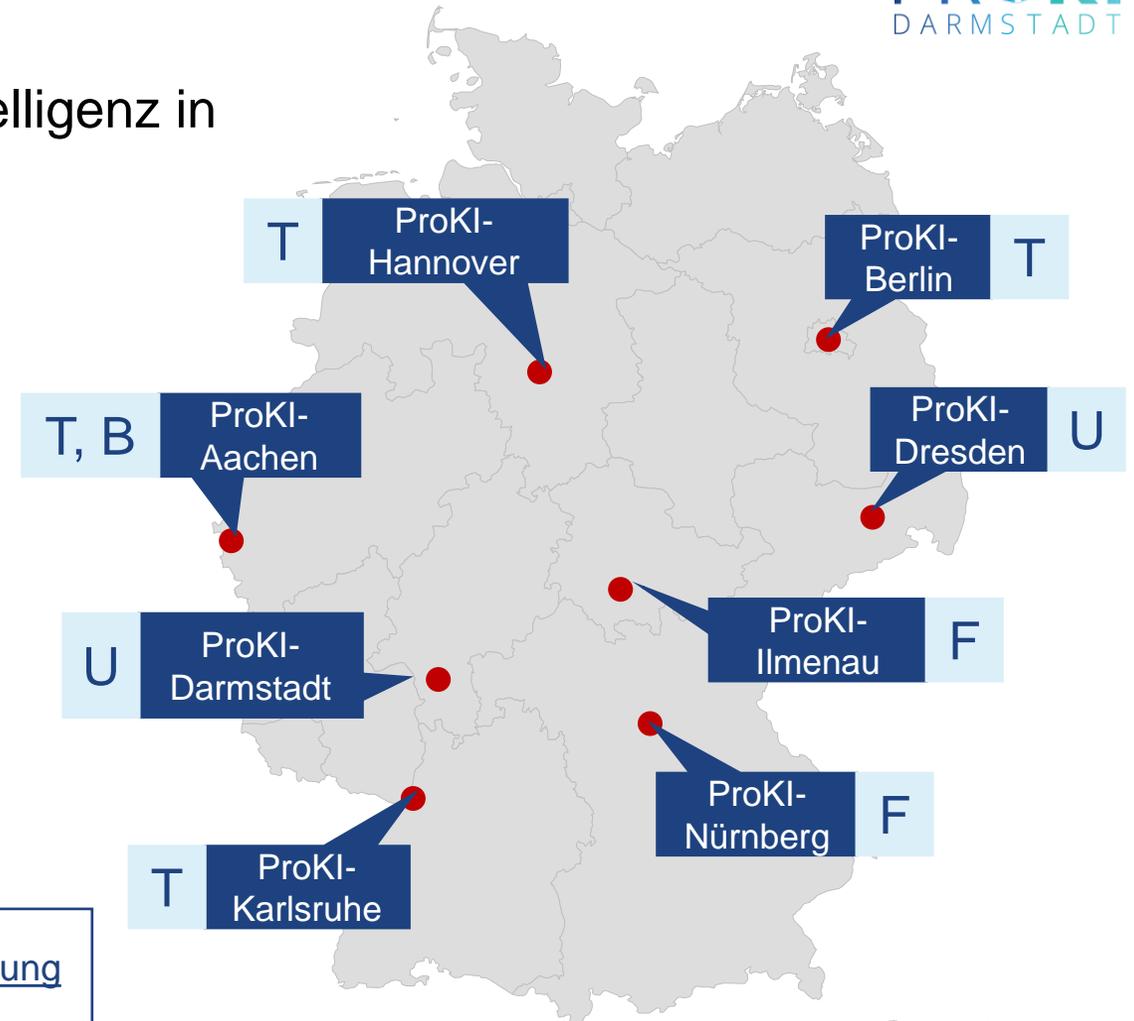


- I. Begrüßung und Vorstellung des ProKI Netzes**
- II. Impulsvortrag "Befähigung industrieller Versorgungssysteme zum energieoptimierten Betrieb am Beispiel der ETA-Fabrik"
- III. Impulsvortrag "Energetische Optimierung von Produktionsprozessen am Beispiel das Rollformens"
- IV. Diskussions- und Fragerunde



## 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.



B: Beschichten    T: Trennen  
F: Formen        U: Umformen

## Betrachtungsweisen von Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen

Sichtweisen auf die Potenziale von Energieeffizienz in der Produktion

### Energie- und Materialeffizienz durch Prozessstabilität

- Einsparung von Material
- Ausschuss reduzieren

*„Bei einem Ausschussteil am Ende einer Prozesskette der Massivumformung entspricht ein Kilogramm Bauteilmasse einem Energieverlust von 12 kWh“*

### Ressourcenvernetzung in Prozessketten und Systemen

- Vernetzung von Ressourcen- und Energiekreisläufen

*„Im Bereich der Warmumformung ist nahezu die gesamte Erwärmungsenergie Verlustenergie. Das entspricht 167 kWh pro Tonne“*

### Energie- und Materialeffizienz in Prozessketten und Systemen

- verkürzte Prozessketten  
Substitution hochenergetischer Prozesse und Betriebsmodi

*„30 Prozent Energieverbrauch entstehen bei Werkzeugmaschinen im Stand-by-Betrieb zum Erhalt der Prozessstabilität.“*

\*in Anlehnung an

[Neu08] Neugebauer, R., et al. (2008) "Energieeffizienz in der Produktion: Untersuchung zum Handlungs- und Forschungsbedarf" Fraunhofer Gesellschaft

[Bau13] Bauernhansl, T., et al. (2013) "Energieeffizienz in der Produktion der Zukunft"

[Jun18] Junge, I. M., et al. (2018) "Energieeffizienz in der Automobilindustrie,"

[Gös10] Göschel, A. et al. (2010) "Systembetrachtungen von Prozessketten der Blechwarmumformung in Hinblick auf Energie- und Ressourceneffizienz" eniPROD

## Betrachtungsweisen von Energieeffizienz in produzierenden Unternehmen

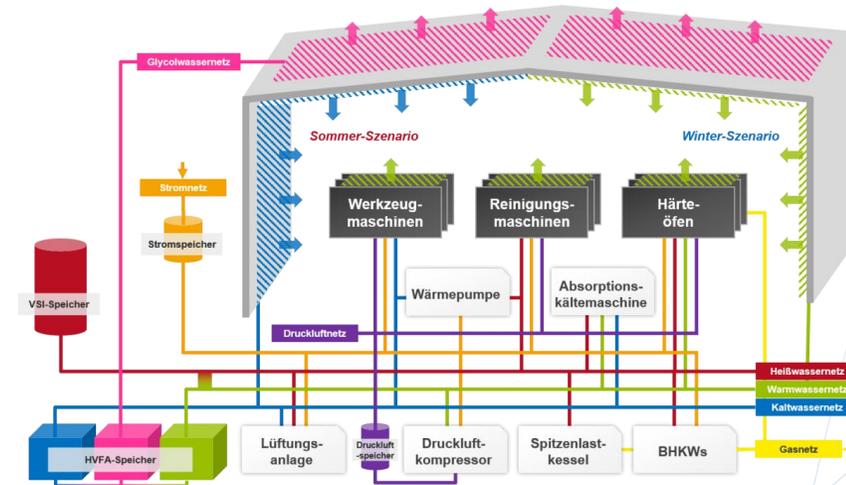
Energieeffizienz  
prozessnah (lokal)



Energieeffizienz  
systemübergreifend (global)



### Thermische und energetische Vernetzung



Energetische Optimierung von globalen und lokalen Produktionssystem durch die Nutzung von Prozess- Maschinen- und Sensordaten

- I. Begrüßung und Vorstellung des ProKI Netzes
- II. **Impulsvortrag "Befähigung industrieller Versorgungssysteme zum energieoptimierten Betrieb am Beispiel der ETA-Fabrik"**
- III. Impulsvortrag "Energetische Optimierung von Produktionsprozessen am Beispiel das Rollformens"
- IV. Diskussions- und Fragerunde



M. Sc. Fabian Borst  
Energietechnologien und Anwendungen  
in der Produktion



# Befähigung industrieller Versorgungssysteme zum energieoptimierten Betrieb am Beispiel der ETA-Fabrik



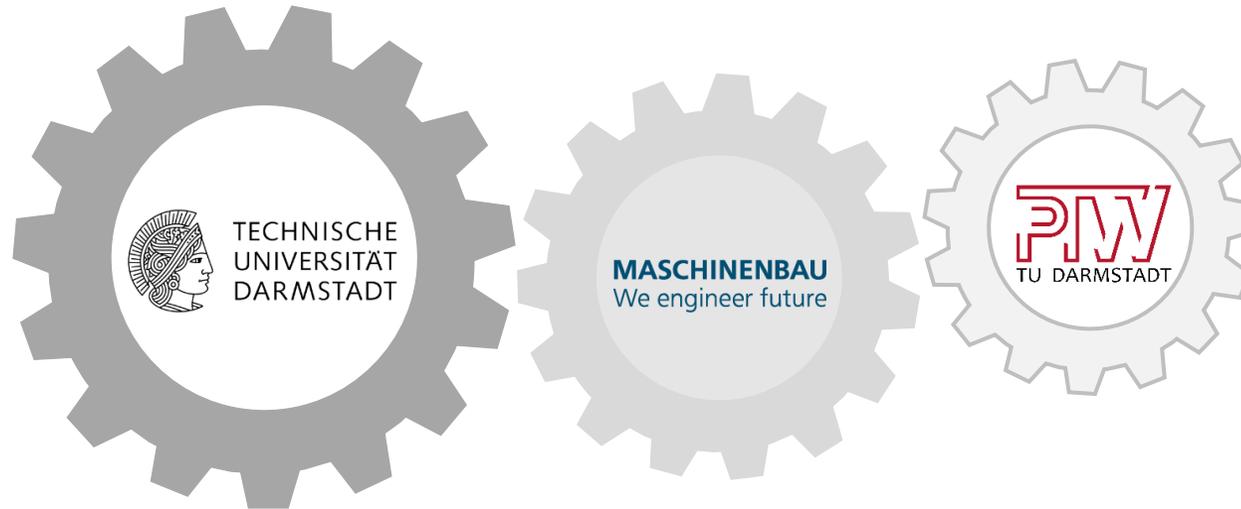
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Darmstadt | 13.04.2023



ENERGIEEFFIZIENZ, TECHNOLOGIE UND ANWENDUNGSZENTRUM



## TU Darmstadt

**26.000** Studierende  
**310** Professor\*innen  
**13** Fachbereiche  
**4** Studienbereiche  
**115** Studiengänge

## FB Maschinenbau

## PTW

**1.900** Hörer\*innen pro Jahr  
**19** Lehrveranstaltungen  
**110** Mitarbeiter\*innen  
**50** Laufende Forschungs- und  
Industrieprojekte



## Datengetriebene Produktion

Prof. Dr.-Ing. M. Weigold

### Hauptanwendungsfelder

Maschinenbau | Automobil | Luftfahrt | Dentaltechnik

## Produktionsorganisation

Prof. Dr.-Ing. J. Metternich



## Klimaneutrale Produktion

Prof. Dr.-Ing. M. Weigold



# Vision

## Vorstellung der Forschungsgruppe ETA



Energie-  
effizienz



Energie-  
flexibilität



Ressourcen-  
effizienz

Die Forschungsgruppe ETA (Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion) strebt nach der Vision, die industrielle Produktion von morgen energieeffizient, energieflexibel und ressourceneffizient zu gestalten und damit einen wesentlichen Beitrag zu einer klimaneutralen Produktion zu leisten.



## Klimaneutrale Produktion

Fokus: Direkte und indirekte Emissionen im Fabrikbetrieb



Bild | Eibe Soennecken

# Struktur der Forschungsgruppe ETA

## Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion



Arbeitsfelder: Energieeffizienz // Energieflexibilität // Ressourceneffizienz



### Strategisches Energie- und Ressourcenmanagement

Transformationsstrategien •  
Fabrikumfeld • Kompetenzen •  
Kennzahlen & Bilanzierung

Entwicklung von  
Transformationsstrategien für  
Produktionsstandorte  
Technischen Voraussetzungen im  
Fabrikumfeld  
Kennzahlen und Bilanzierungsmethoden  
Kompetenzen für die klimaneutrale  
Produktion

Source | pixabay



### Klimaneutrale Produktionsinfrastruktur

Kälte • Wärme • Druckluft •  
Klimatisierung • Lüftung

Modellbasierte Planung  
Technologiebenchmarking  
Topologieplanung  
Multimodale Vernetzung  
Regelbasierte Betriebsstrategien

Source | stock.adobe



### Energieoptimierter Fabrikbetrieb

Wärme- und Kälteversorgung •  
Produktionstechnik

Systemidentifikation & energetische  
Bedarfsprognose  
Optimierung von Betriebsstrategien  
Regelstrategien, Mathematische  
Optimierung, Machine Learning  
Umsetzung optimierter  
Betriebsstrategien  
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Source | stock.adobe



### Energetische Systemanalyse und Optimierung von Produktionsmaschinen

Zerspanung • Reinigung • Trocknung • Wärmebehandlung

Industrietaugliche Messkonzepte zur Transparenzsteigerung  
Datengestützte Maßnahmenidentifikation bei Neu- und  
Bestandsanlagen  
Bedarfsoptimierung von Produktionsanlagen und -prozessen  
Benchmarking von Anlagen und Technologien

Source | Jan Hosan



### Cyber-physische Systeme in der klimaneutralen Produktion

CPPS • Digitaler Zwilling • Verwaltungsschale

Begriffsdefinition, Nomenklatur und Ableiten von Standards  
CPPS Architektur  
Datenmodelle für Transparenz und optimierten Fabrikbetrieb  
Programmierschemas für Automation, Simulation &  
Connectivity Layer

Source | stock.adobe

Ziel: Entwicklung von Technologien, Lösungen und  
Methoden für eine klimaneutrale Produktion

Methoden: Versuchsaufbauten // Datenmodelle // Simulation // Optimierung // Künstliche Intelligenz

# Herausforderung

Energieeffizienz über alle Teilsysteme steigern



**Bisher:** Isolierte Optimierung der einzelnen Teilsysteme einer Fabrik

## Teilsystem Gebäude



Einzel-  
potenzial  
25%

Quelle: Prof. Dipl.-Ing. J. Eisele

## Teilsystem Technische Infrastruktur



Einzel-  
potenzial  
20%

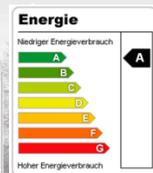
## Teilsystem Maschine



Einzel-  
potenzial  
30%

**Einsparung  
Gesamtsystem  
< 30 %**

**Ziel der ETA-Fabrik:** Optimierung der Fabrik unter Berücksichtigung **aller** Teilsysteme



**Gesamt-  
potenzial  
ca. 40 %**

**Interaktion von:**

- **Maschine**
- **Technischer Infrastruktur**
- **Gebäude**

**Synergie durch Vernetzung, Energie-  
controlling und -rückgewinnung**

# ETA-Produktionsprozesskette

Referenzprozess und zugeordnete Produktionsmaschinen



Maschine

**EMAG VLC 100Y**  
Vertikal-Drehmaschine



**MAFAC JAVA**  
Reinigungsmaschine



**IVA Ofen**  
Einkammer-Retortenofen



**EMAG VLC 100 GT**  
Vertikal-Schleifmaschine



**MAFAC KEA**  
Reinigungsmaschine



Steuerplatte für  
Axialkolben-Hydraulik

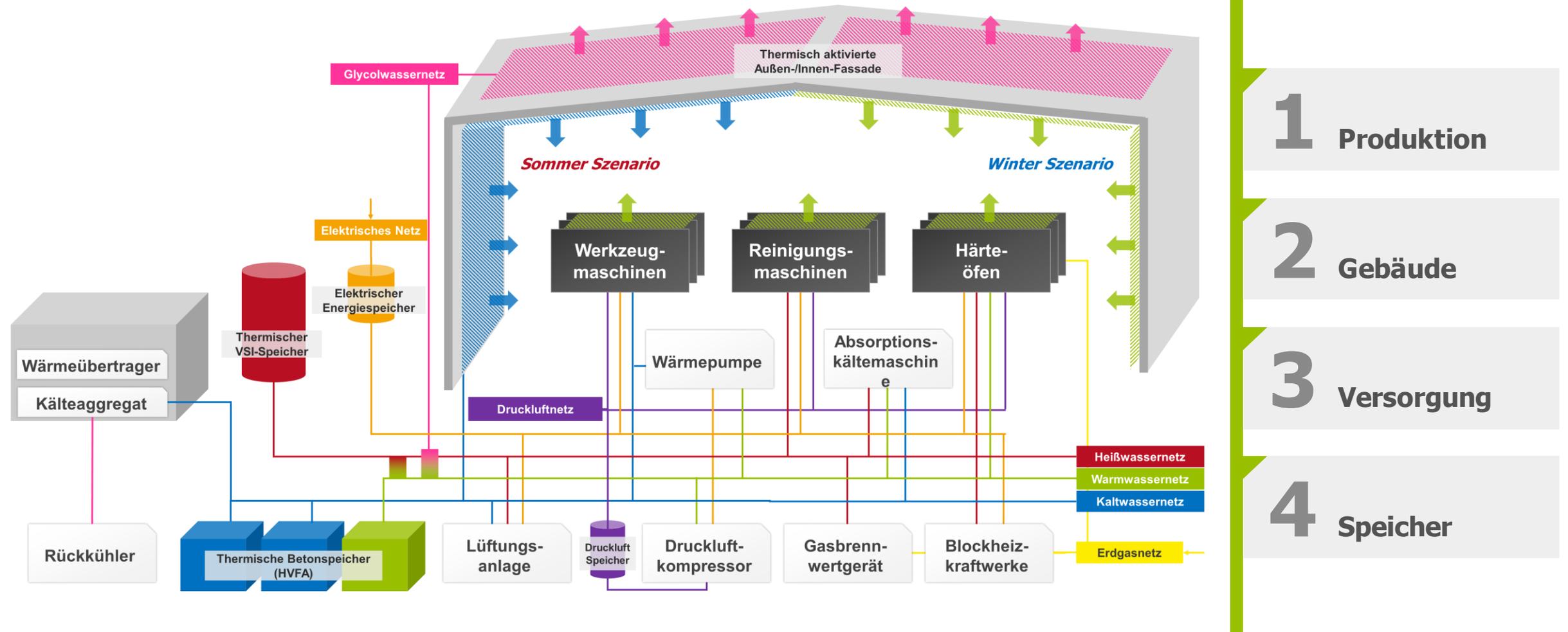


## Forschung basierend auf einer realen Produktionskette

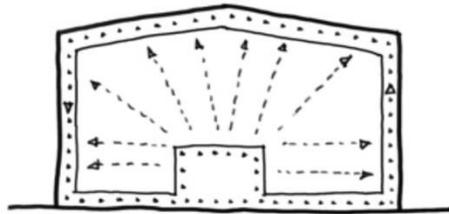
- **Energieeffizienzforschung** an dieser **realen Produktionsprozesskette** in einem **innovativen Produktionsgebäude**
- **Interdisziplinärer Ansatz** verschiedener Ingenieurdisziplinen zur **Reduktion des Energiebedarfs** von Industriebetrieben

# Energiesystem ETA-Fabrik - Überblick

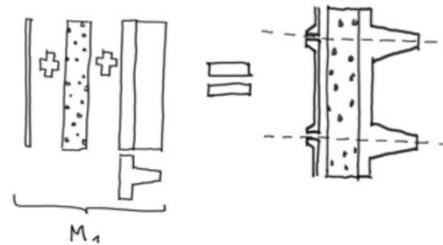
ETA-Fabrik



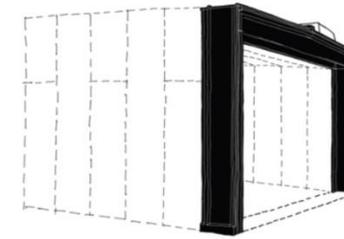
## Energetische Aktivierung



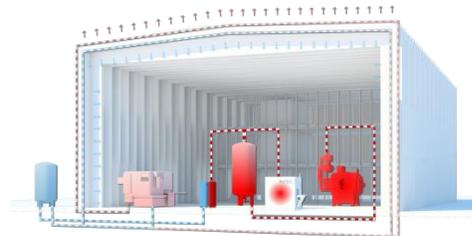
## Ein Material: Beton



## Modulare Struktur



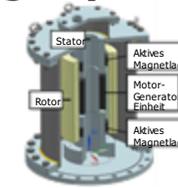
## Energetische Verknüpfung von Maschinen, TGA & Gebäude



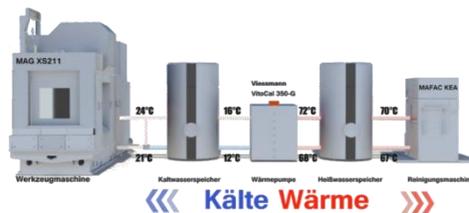
## Ganzheitliches Energiecontrolling



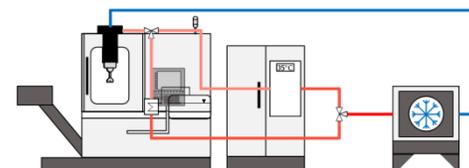
## Lastspitzenglättung mittels kinetischem Energiespeicher



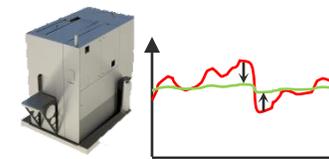
## Energetische Verknüpfung auf Maschinenebene



## Energetische Maschinenoptimierung



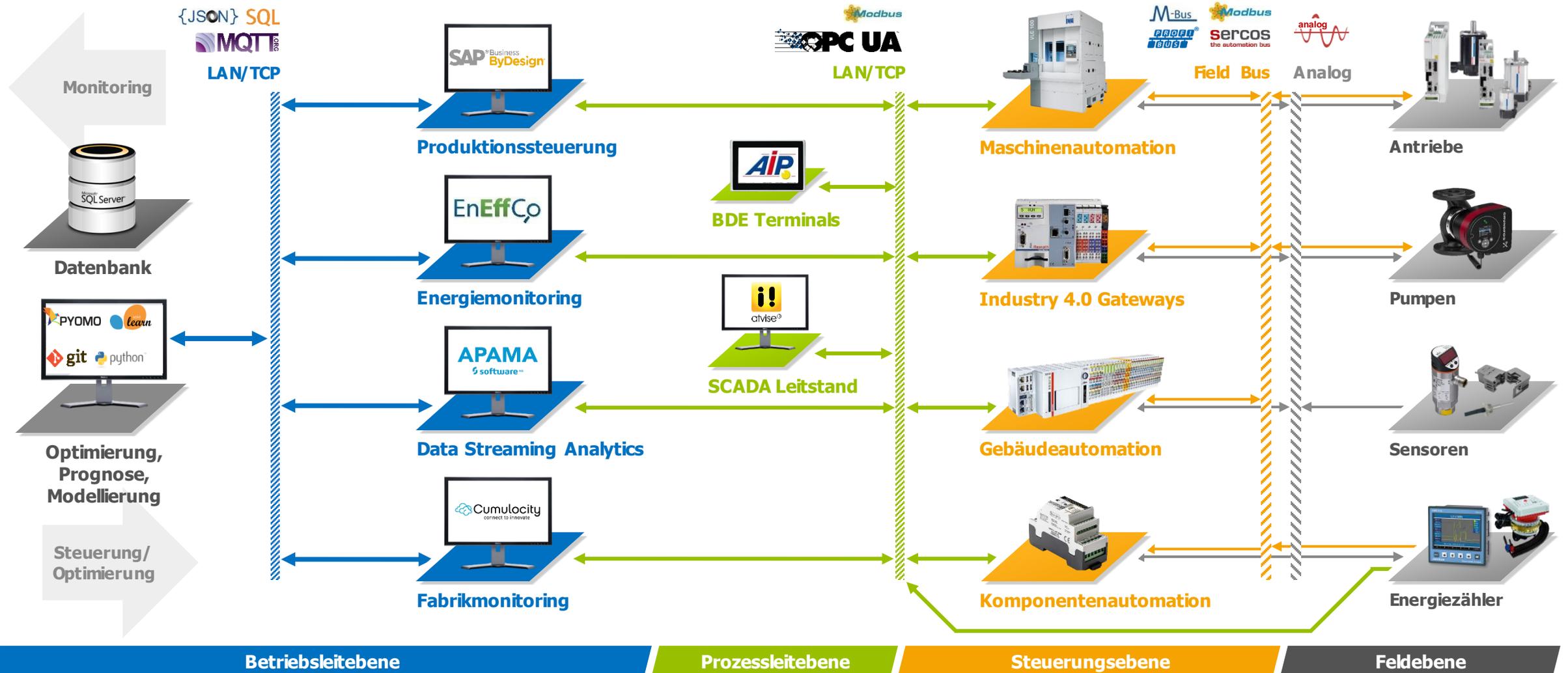
## Lastspitzenreduktion durch Innovative Steuerungskonzepte



Hoher Bedarf an (Echtzeit-) Energiedaten

# IKT-Infrastruktur von Feld- über Steuerungs- bis Leitebene

ETA-Fabrik



# Energieflüsse in der ETA-Fabrik



# ETA | Industrial Energy Lab

ETA-Fabrik



**ETA | Control Algorithm Lib**  
Basis: Python (OpenAI, pyomo,...)

- KI-Algorithmen (z.B. Deep Reinforcement Learning)
- Mathematische Optimierung (z.B. Mixed Integer Linear Programming)
- Konventionelle Regler (z.B. PID)



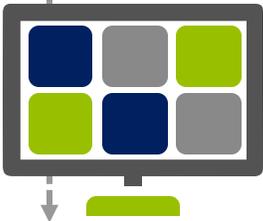
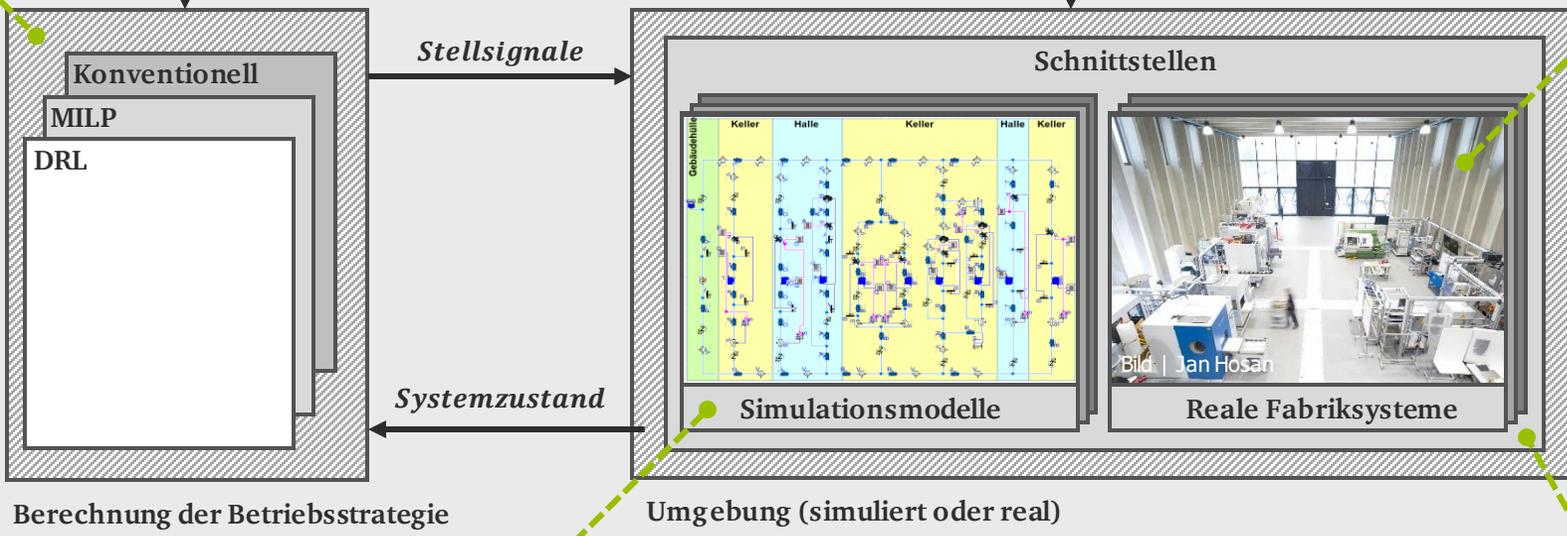
**ETA | Machine Learning Lib**  
Basis: Python (scikit learn,...)

- Einzelne Methoden (z.B. Datenbereinigung)
- Pipelines für bestimmte Anwendungsfälle (z.B. Prognose)

**ETA | Fabrik**  
Reale Prozessketten inkl.

- Produktionsanlagen
- Versorgungstechnik
- Gebäude
- Energiespeicher
- Elektrofahrzeuge
- ...

Datenverarbeitung



**ETA | Applications**  
Sammlung lauffähiger digitaler Werkzeuge (z.B. E-Flex-Scanner)

**ETA | Factory Simulation Lib**  
Basis: Modelica / Dymola

- Komponentenmodelle
- Systemmodelle

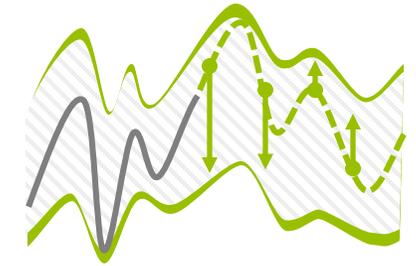
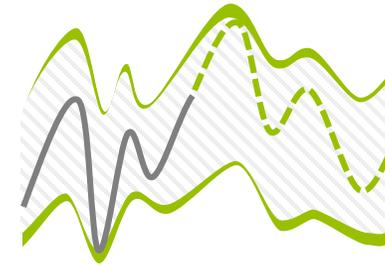
**ETA | Utility Functions**  
Universelle Softwaremodule

- Schnittstellen (Python-FMU, Python-OPC-UA), ...



# Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

Unsere vier Säulen von Erfassung bis Optimierung



**1** Erfassung

**2** Modellierung

**3** Bewertung

**4** Optimierung

# Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

## (1) Erfassung von Energie- und Betriebsdaten

# 1

Erfassung

# 2

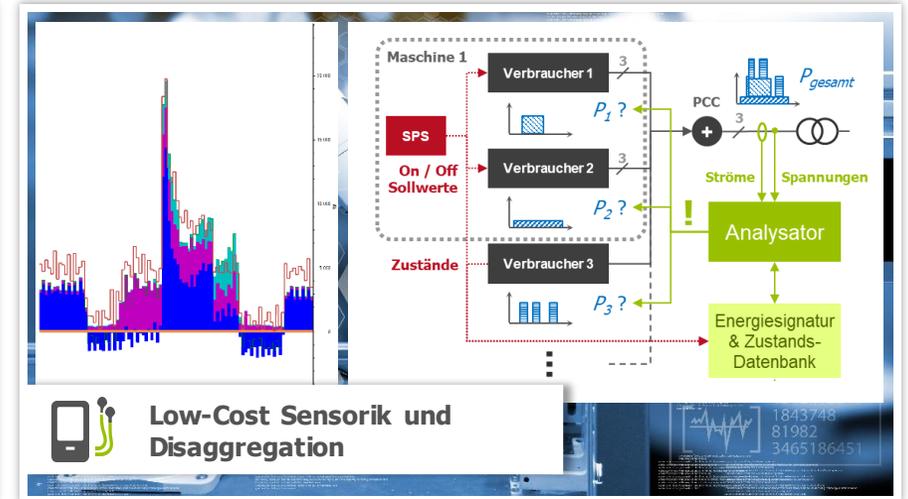
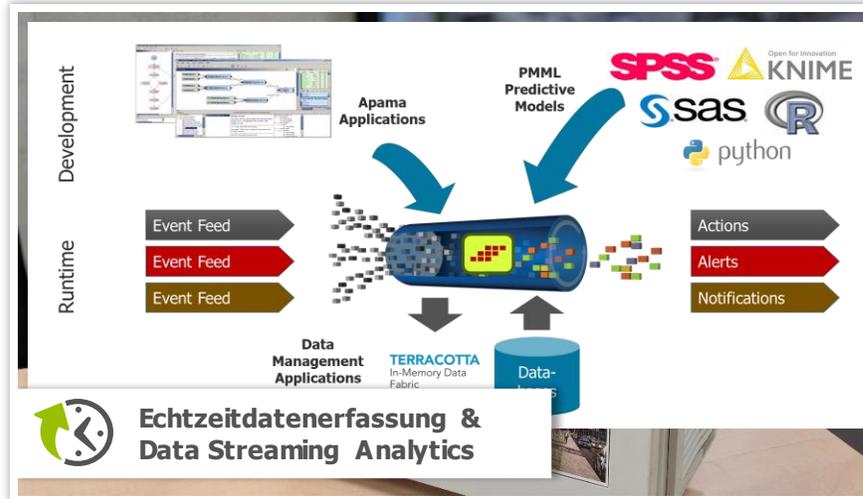
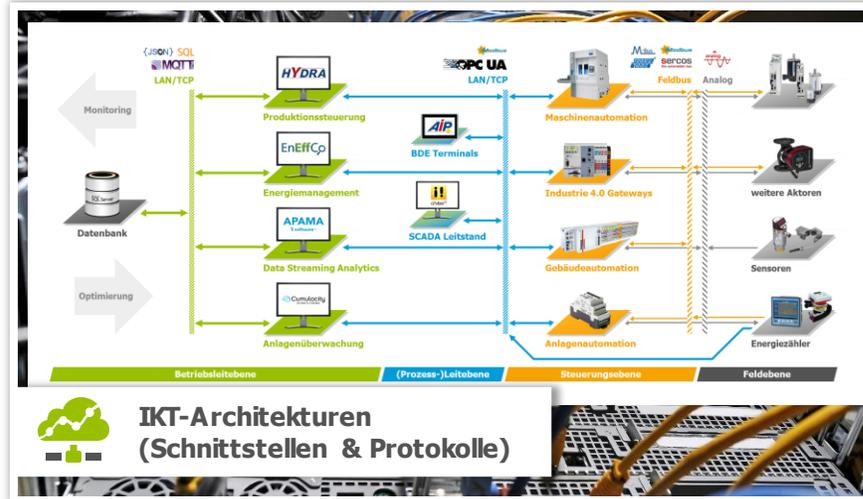
Modellierung

# 3

Bewertung

# 4

Optimierung



# Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

## (2) Daten-basierte Modellierung von Anlagen und Systemen

# 1

Erfassung

# 2

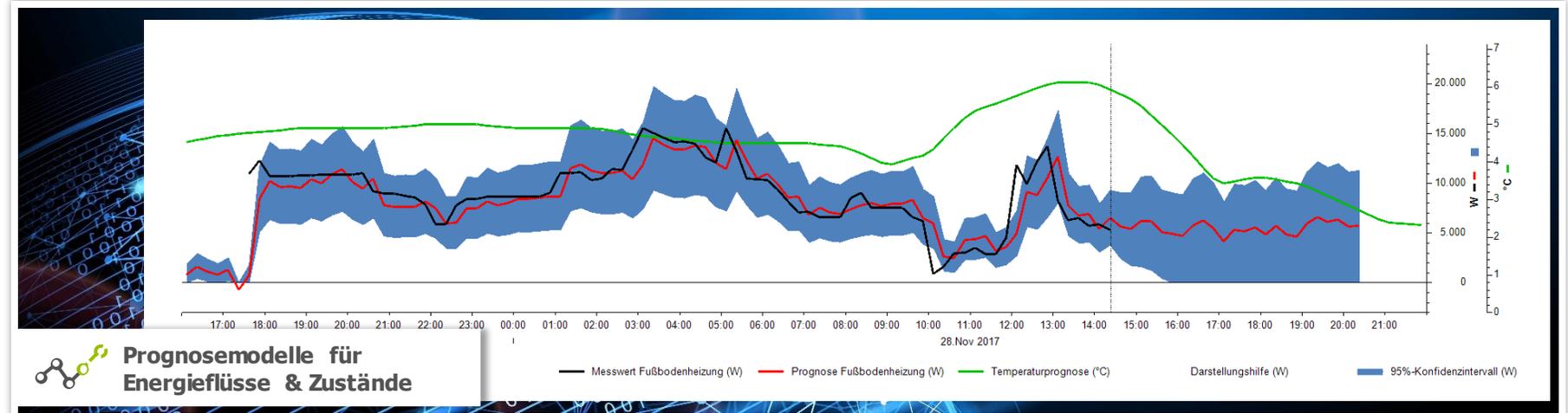
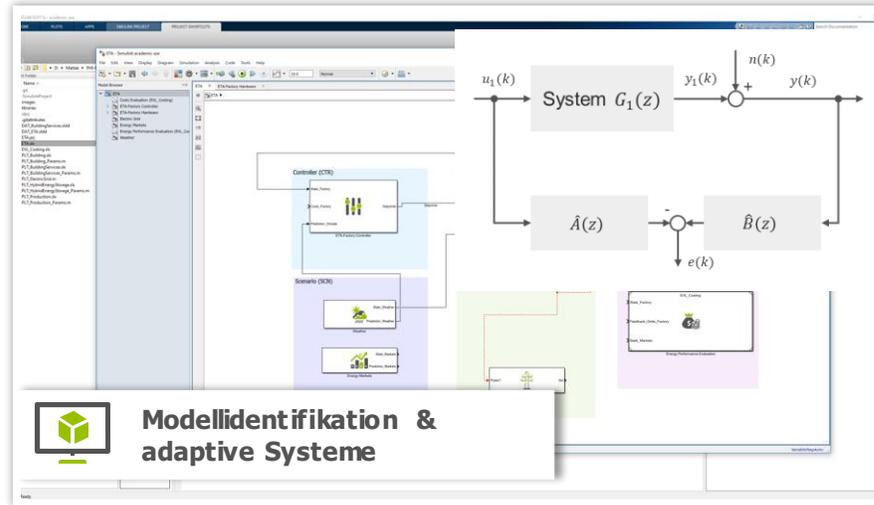
Modellierung

# 3

Bewertung

# 4

Optimierung



# Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

## (3) Bewertung von Energie- und Betriebsdaten

# 1

Erfassung

# 2

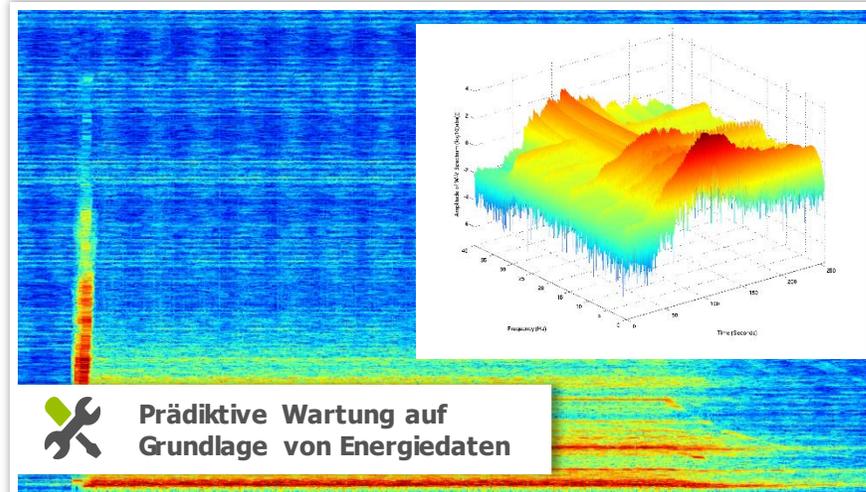
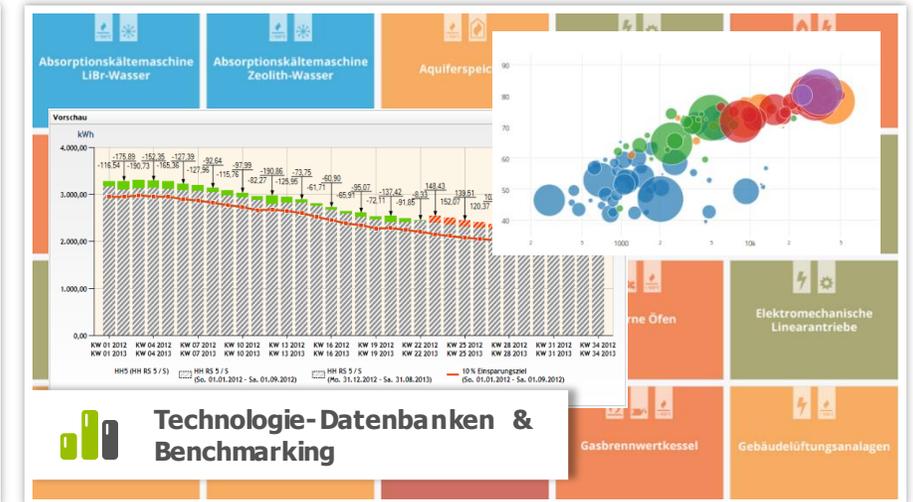
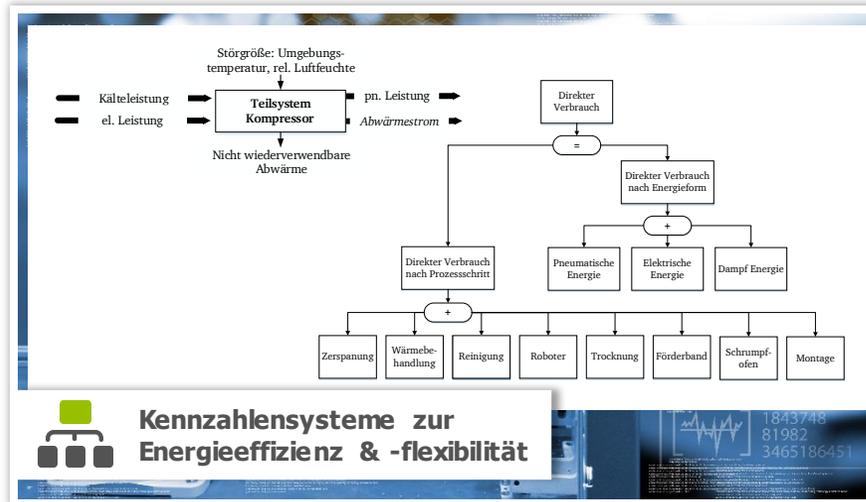
Modellierung

# 3

Bewertung

# 4

Optimierung



# Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

## (4) Erfassung von Energie- und Betriebsdaten

# 1

## Erfassung

# 2

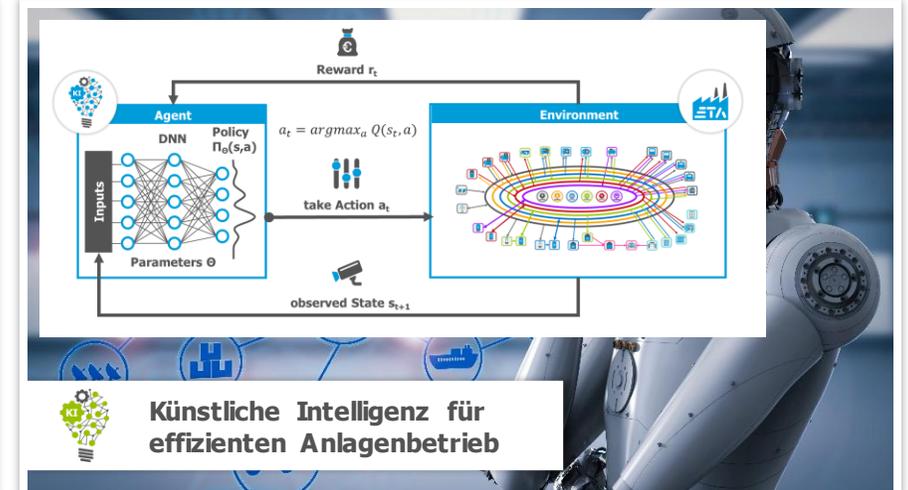
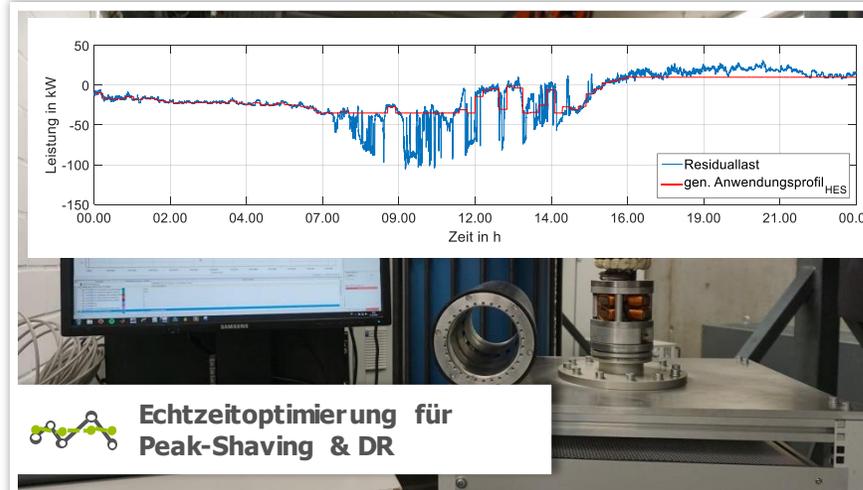
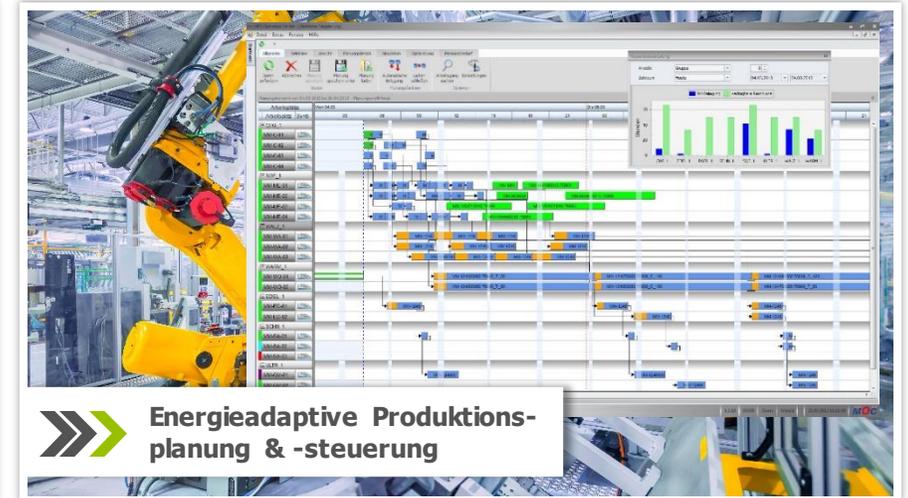
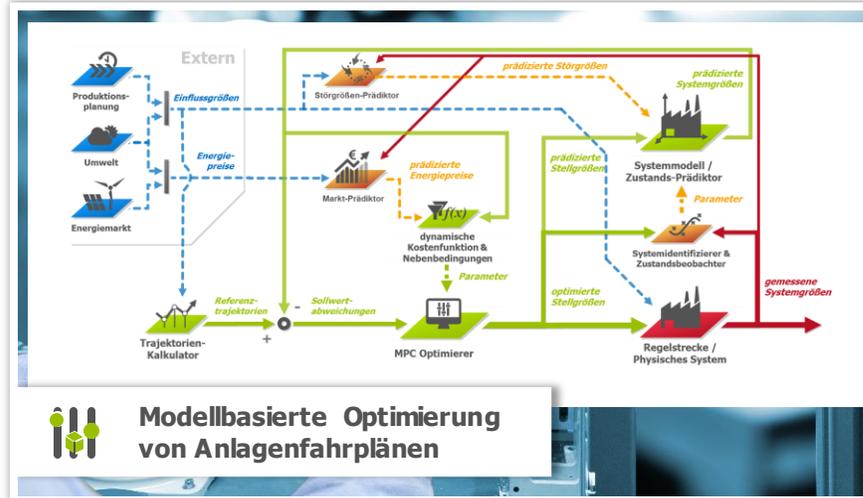
## Modellierung

# 3

## Bewertung

# 4

## Optimierung



# Hardware, Schnittstellen und Software

## Data Analytics Werkzeuge in der ETA



### Hardware (stationär)

- >10 OPC-UA Industriesteuerungen (Beckhoff, Bosch Rexroth)
- >30 elek. Leistungszähler (Janitza, ABB, ...)
- >25 Grundfos Magna3 Pumpen
- >100 Temperatursensoren
- Drucksensoren, Betriebsdaten, u.v.m.
- ARTIS Genior Modular
- Raspberry Pi 3, Arduino Boards, ...

### Hardware (mobil)

- ETA M-Box Master/Slaves
- ETA Messkoffer
- ETA Janitza Messkoffer
- 2x Ultraschall Wärmemengenzähler
- Wärmebildkameras, u.v.m.



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bei Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**PTW**  
TU DARMSTADT



exzellente  
Forschung



Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich  
Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold  
**Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen**  
Technische Universität Darmstadt

Otto-Berndt-Straße 2  
64287 Darmstadt

Tel.: +49 61 51 | 16 2 00 80  
Fax: +49 61 51 | 16 2 00 87  
E-Mail: [info@ptw.tu-darmstadt.de](mailto:info@ptw.tu-darmstadt.de)  
Internet: [www.ptw.tu-darmstadt.de](http://www.ptw.tu-darmstadt.de)

praxisnahe  
Lehre



lernende  
Netzwerke



fundierte  
Beratung



- I. Begrüßung und Vorstellung des ProKI Netzes
- II. Impulsvortrag "Befähigung industrieller Versorgungssysteme zum energieoptimierten Betrieb am Beispiel der ETA-Fabrik"
- III. **Impulsvortrag "Energetische Optimierung von Produktionsprozessen am Beispiel das Rollformens"**
- IV. Diskussions- und Fragerunde



Dr.-Ing. Tilman Traub  
Dreistern GmbH & Co. KG



# Energieeffizienz im Rollformprozess

Dr. Tilman Traub  
Innovation / Business Development

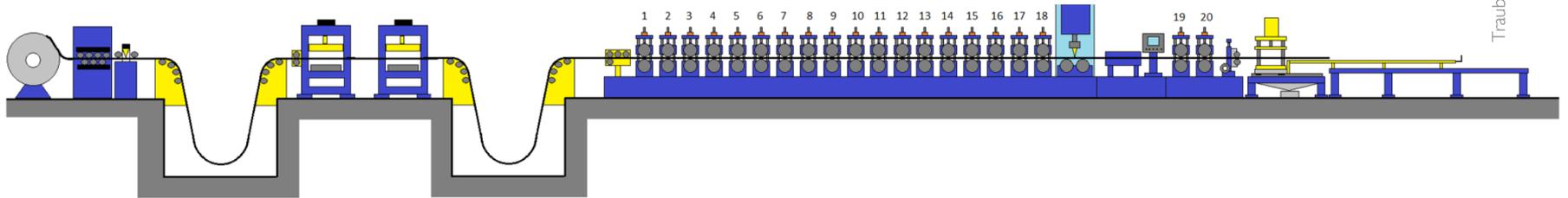
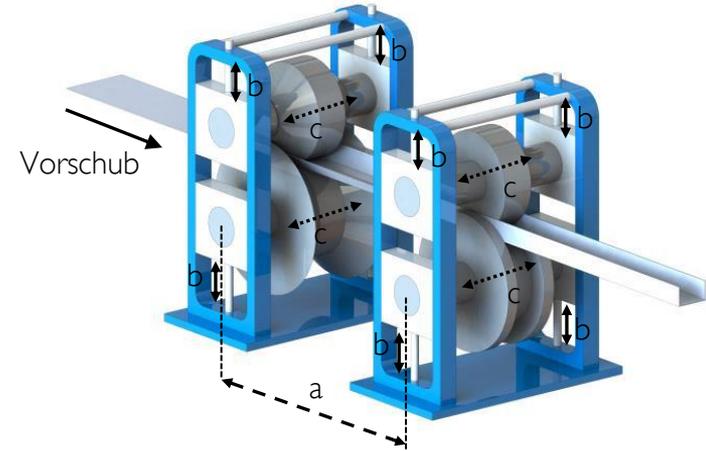
# Kurzvorstellung Dreistern

- Mitarbeiter: 180
- Gründung: 1949
- Produkte: Rollformanlagen
  - Vom Werkzeug bis zur Komplettanlage
  - Rollprofilieren von komplexen Profilen
  - Entwicklung neuer Anwendungen
- Produktion: 30 - 40 Anlagen pro Jahr



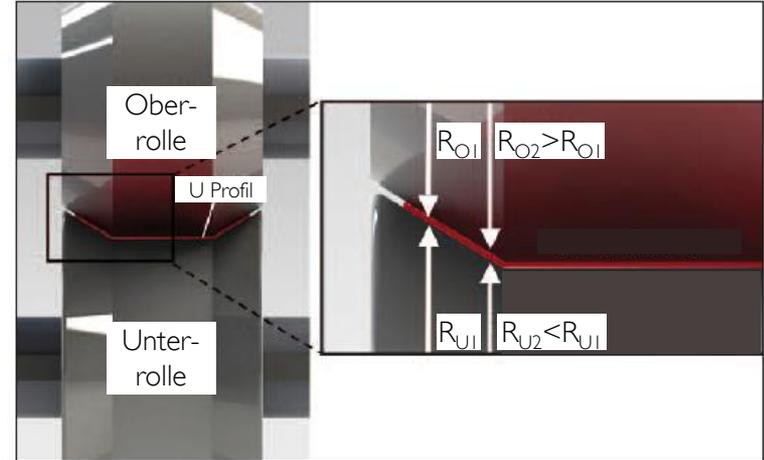
# Was ist Rollformen?

- Kontinuierliches Biegeverfahren
- 3D-Einformung
- Verkettung in Anlagen mit weiteren Fertigungsschritten

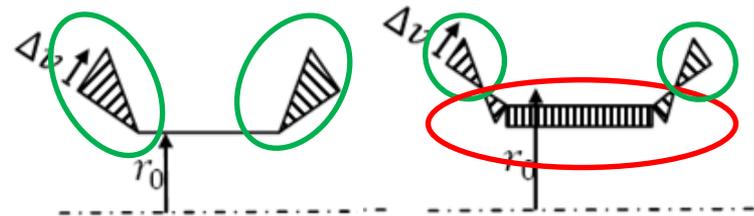


Traub et al., ATINER's Conference Paper Series MEC2017-2346, 2017

- Herausforderung treibender Durchmesser:
  - Blechgeschwindigkeit = konstant
  - Lokale Rollengeschwindigkeit = variabel  
→ Schlupf
- Folgen:
  - Antreibende und abbremsende Bereiche
  - Bei Verkettung mehrerer Wellen/Stiche: Antreibenden und bremsende Wellen  
→ Energieverschwendung



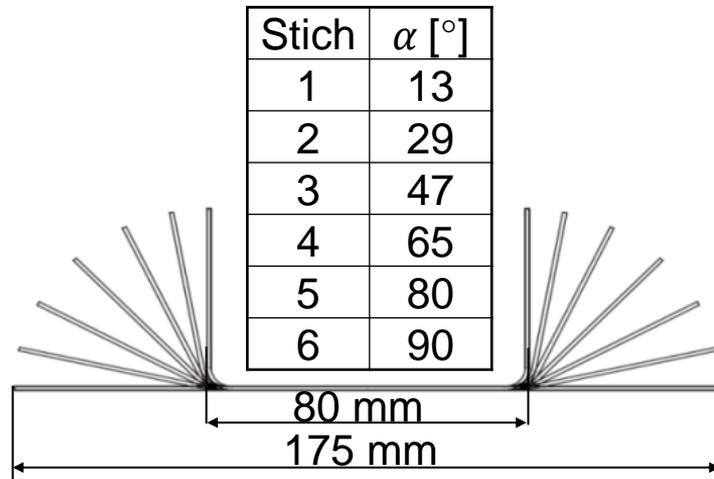
Groche et al.: Walzprofilieren von Flacherzeugnissen aus Stahl, 2013



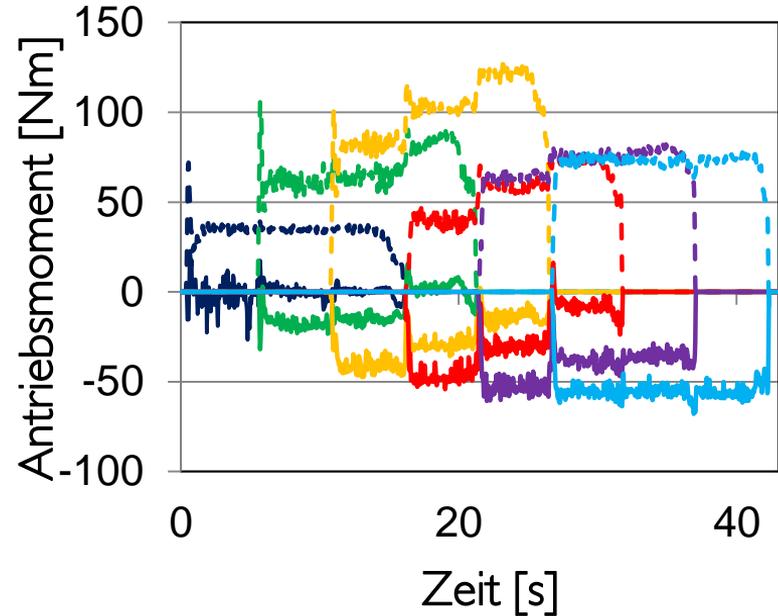
Traub et al.: Energy efficient roll forming processes through numerical simulations, I I. Numisheet, 2018

# Auswirkungen, wenn der treibende Durchmesser nicht passt

- Beispielprozess: Einformung eines U-Profiles



- Umformarbeit:  $\sim 1$  kJ / m
- Eingebroughte Arbeit: 4,3 kJ / m

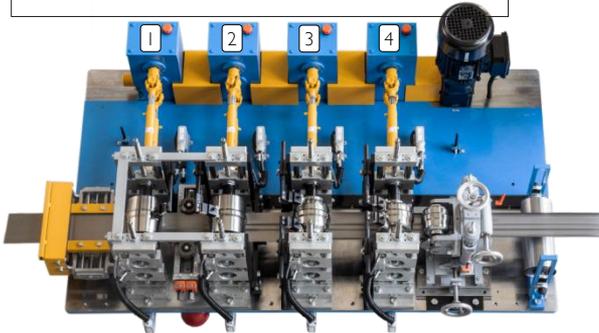
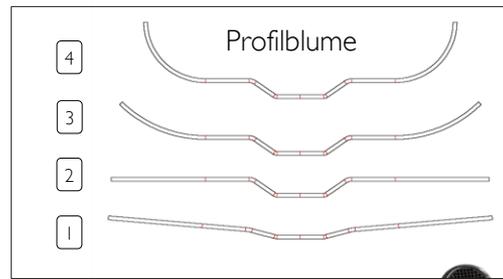


- 1. Werkzeugauslegung:
  - Identifikation der passenden treibenden Durchmesser, sodass sich antreibende und bremsende Bereiche je Welle ausgleichen
- 2. Maschinenbetrieb und -regelung:
  - Identifikation, welche Wellen vom Antriebsstrang entkoppelt werden müssen
  - Regelung der Drehgeschwindigkeit einzelner Wellen

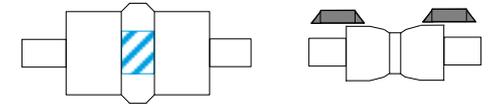
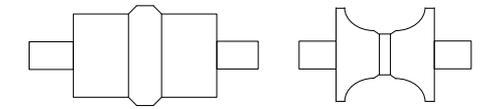
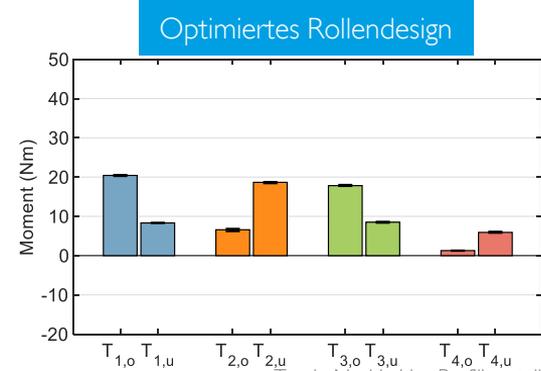
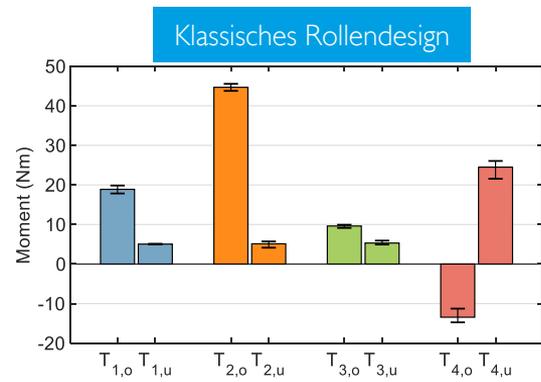


In allen Fällen kann KI bei der Entscheidungsfindung unterstützen!

# Energieeffizienz durch Werkzeugauslegung



Profileranlage P3.070.4 mit integrierter Messtechnik



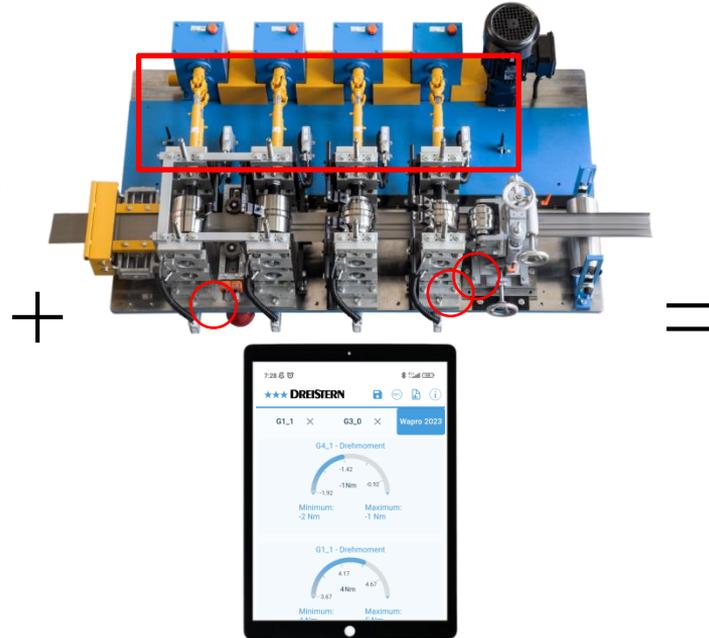
- Gleiche Geometrie
- -16 % Umformarbeit
- -5% Energieaufnahme

Traub: Nachhaltige Profilerstellung mit Hilfe von Digitalisierung. 12. WAPRO, 2023

# Energieeffizienz durch gezielten Anlagenbetrieb



Herkömmliche Anlage



Sensorische Gelenkwellen + Applikation

© Dreistern GmbH & Co KG • 2023

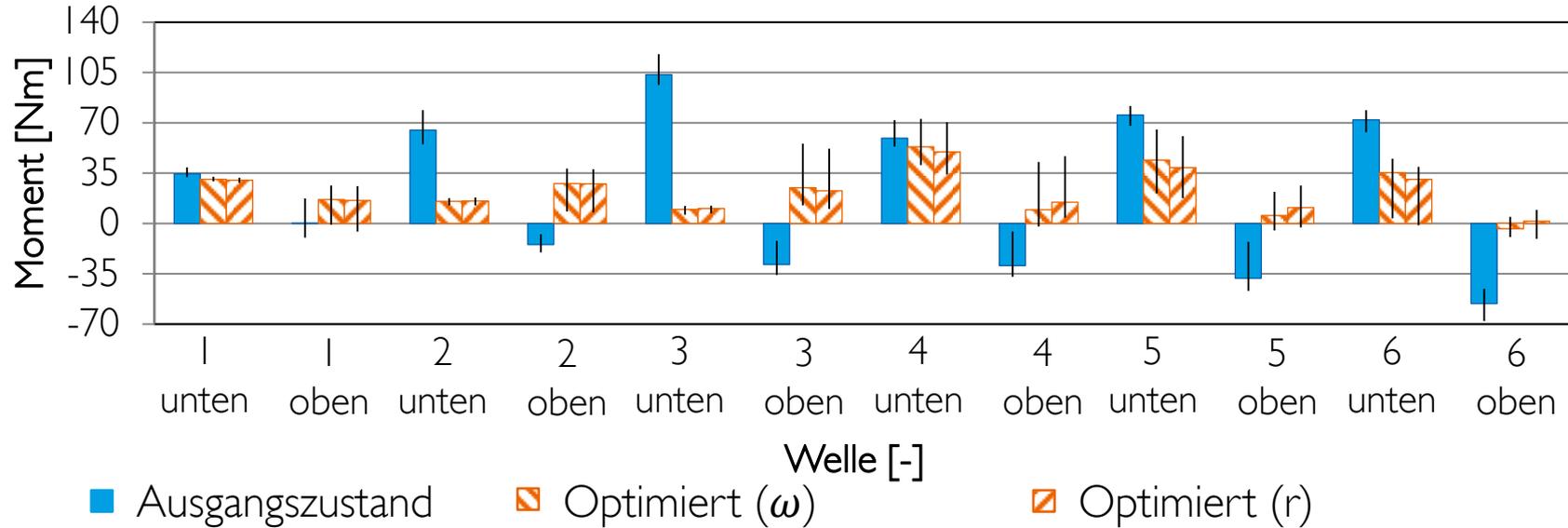


Digital augmented Rollformprozess

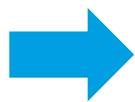
Traub: Nachhaltige Profilverstellung mit Hilfe von Digitalisierung. I2. WAPRO, 2023



# Energieeffizienz durch gezielte Regelung der Drehzahl



Traub et al.: Energy efficient roll forming processes through numerical simulations, I I. Numisheet, 2018



Signifikante Reduktion des Energieeinsatzes  
Wirkungsgrade bis zu 89 % erreichbar

Traub: Methodik zur Konzeption entscheidungsunterstützender Assistenzsysteme am Beispiel des Walzprofilierens, Shaker, 2019

- Um Prozesse effizient betreiben zu können, sind verschiedene Wege denkbar. Gemeinsam ist, dass Entscheidungen (und deren Evaluation) notwendig sind
- Wenn wir messtechnisch die Voraussetzung schaffen, den Prozesszustand zu erfassen, kann diese Entscheidung vom Menschen zur KI verlagert werden
  - Unterstützung bei der einmaligen Optimierung
  - Kontinuierliche Optimierung im Hintergrund
- Auch in effizienten Prozessen kann noch hohes Einsparpotential liegen



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Contact Details

Dr. Tilman Traub

Phone: +49 7622 391-258

E-mail: [tilman.traub@dreistern.com](mailto:tilman.traub@dreistern.com)

- I. Begrüßung und Vorstellung des ProKI Netzes
- II. Impulsvortrag "Befähigung industrieller Versorgungssysteme zum energieoptimierten Betrieb am Beispiel der ETA-Fabrik"
- III. Impulsvortrag "Energetische Optimierung von Produktionsprozessen am Beispiel das Rollformens"
- IV. Diskussions- und Fragerunde**



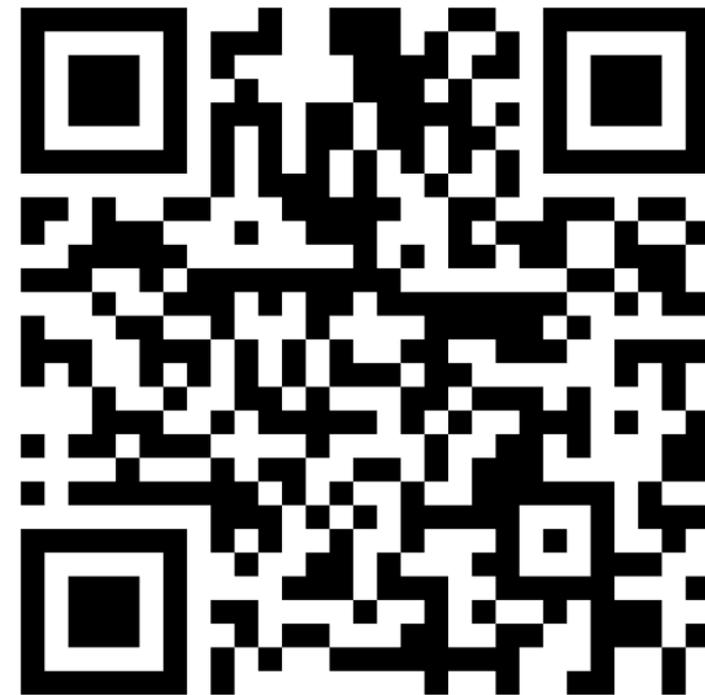
Besuchen Sie [www.menti.com](http://www.menti.com) und benutzen Sie den Code 59 82 56 5

# Diskussion und Feedback

## ProKI-InfoPoint

Energieeffizienz in produzierenden  
Unternehmen  
13.04.2023

**Achtung**  
1 = strongly disagree  
5 = strongly agree



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Nächster ProKI-InfoPoint:

PROKI

Anmeldung zum nächsten  
ProKI-InfoPoint



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

### THEMA

WERKSTOFF & KI

Wie kann der Einsatz von künstlicher Intelligenz die  
Charakterisierung und Ausnutzung von Werkstoffen optimieren?

### TERMIN

11.05.2023 16:00 Uhr

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



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

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

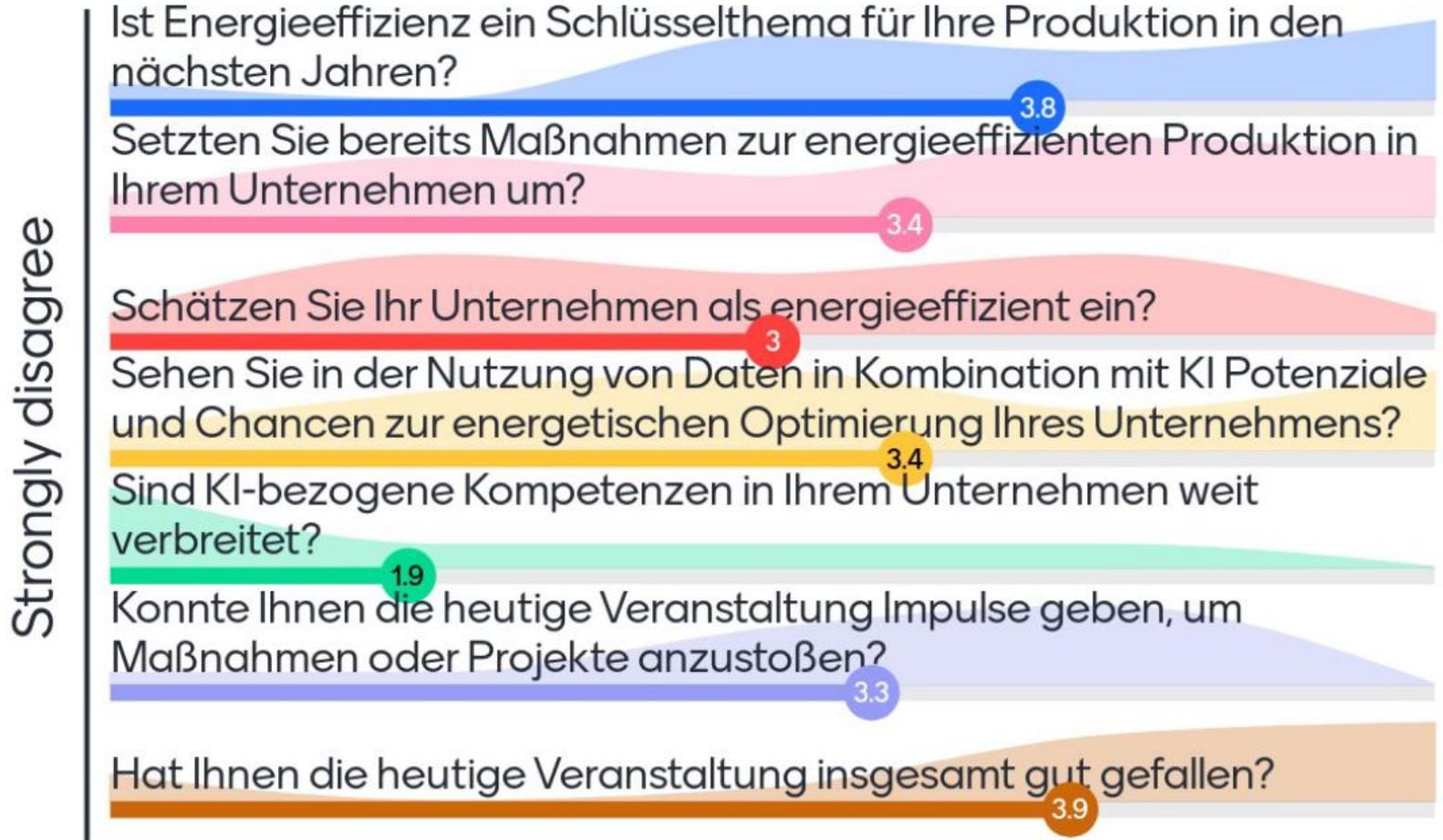


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

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



# Umfrage Mentimeter – Energieoptimierung in der Produktion



# Umfrage Mentimeter – Energieoptimierung in der Produktion



Welche Maßnahmen setzen Sie in Ihrem Unternehmen bereits ein, um die Produktion energetisch zu optimieren?

