



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

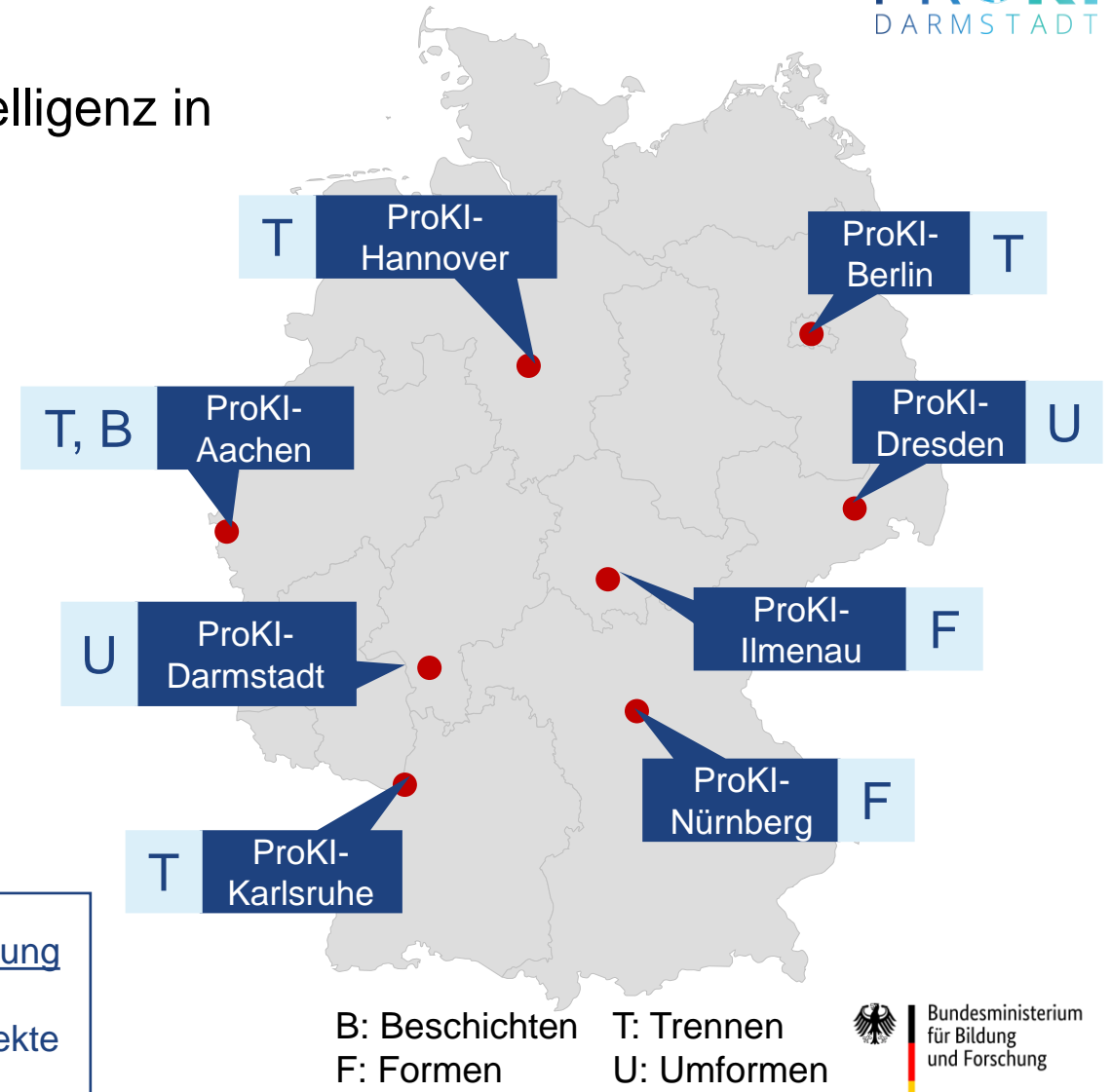


- I. Begrüßung und Vorstellung des ProKI Netzes**
- II. Impulsvortrag "Befähigung industrieller Versorgungssysteme zum energieoptimierten Betrieb am Beispiel der ETA-Fabrik"
- III. Impulsvortrag "Energetische Optimierung von Produktionsprozessen am Beispiel das Rollformens"
- IV. Diskussions- und Fragerunde



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.



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

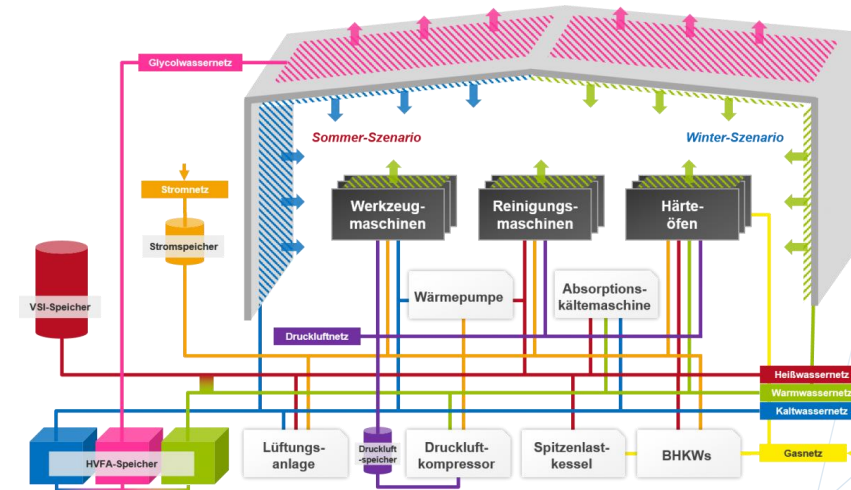
Energieeffizienz
prozessnah (lokal)



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



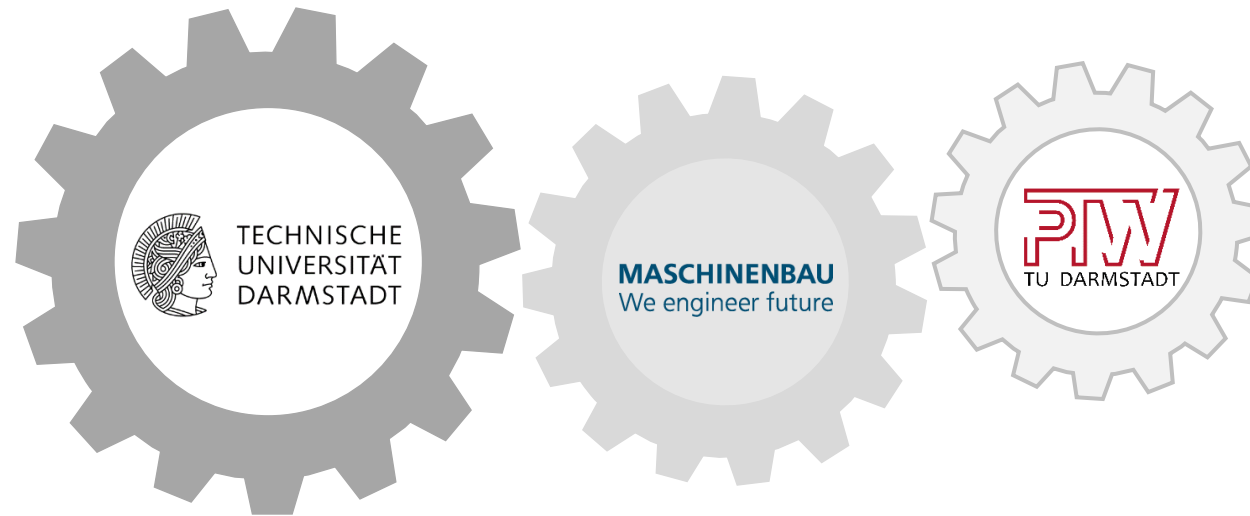
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

PMW
TU 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

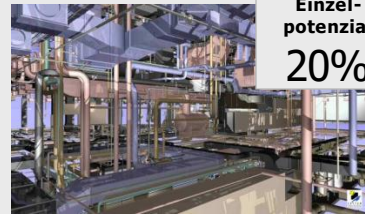
Teilsystem Gebäude



Einzel-
potenzial
25%

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

Teilsystem Technische Infrastruktur



Einzel-
potenzial
20%

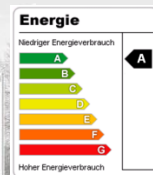
Teilsystem Maschine



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

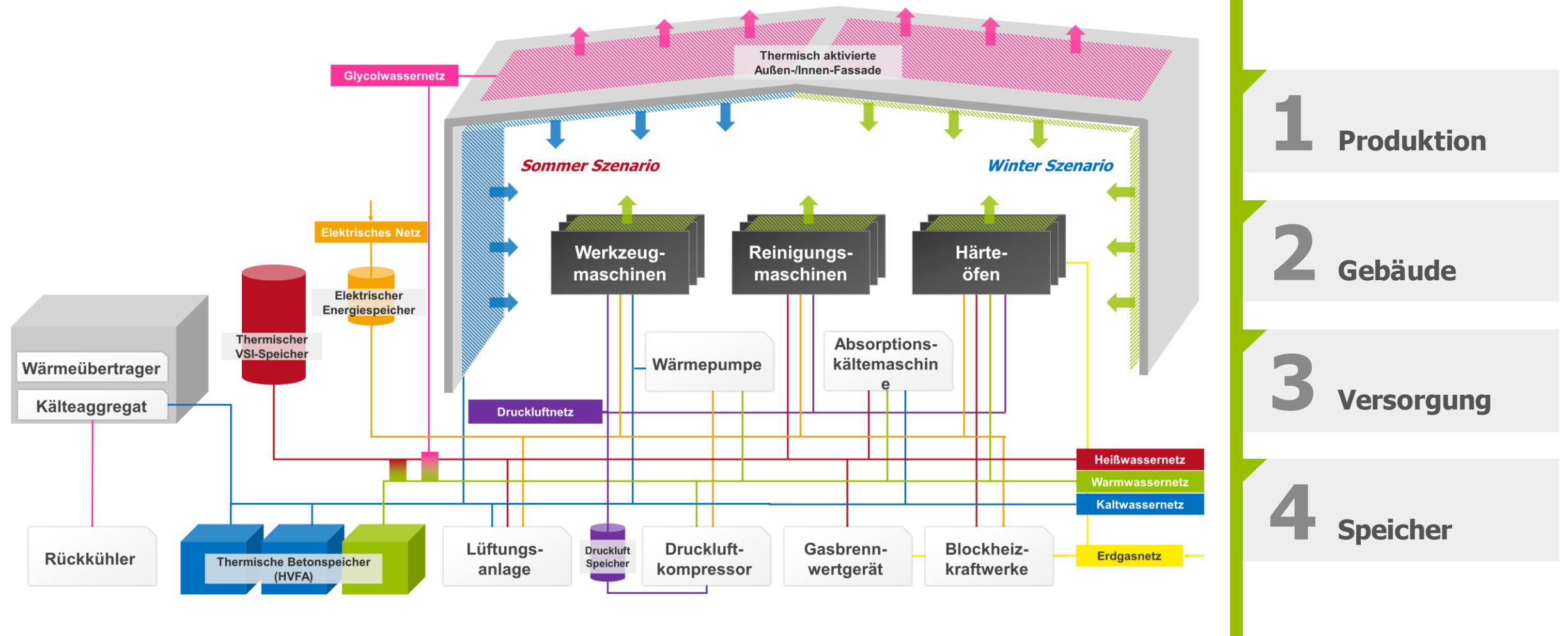


Forschung basierend auf einer realen Produktionskette

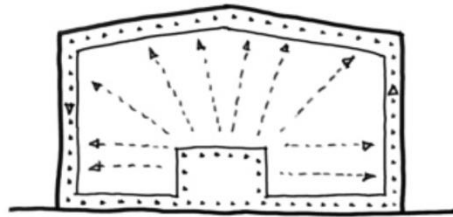
- **Energieeffizienzforschung** an dieser **realen Produktionsprozesskette** in einem **innovativen Produktionsgebäude**
- **Interdisziplinärer Ansatz** verschiedener Ingenieurdisziplinen zur **Reduktion des Energiebedarfs** von Industriebetrieben

Energiesystem ETA-Fabrik - Überblick

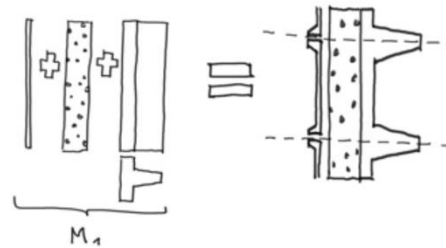
ETA-Fabrik



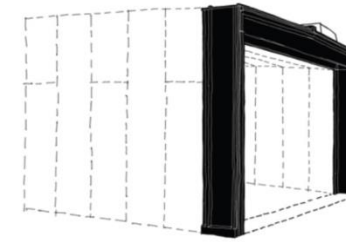
Energetische Aktivierung



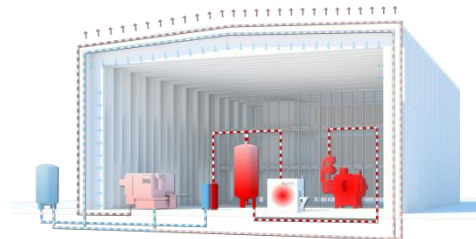
Ein Material: Beton



Modulare Struktur



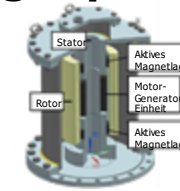
Energetische Verknüpfung von Maschinen, TGA & Gebäude



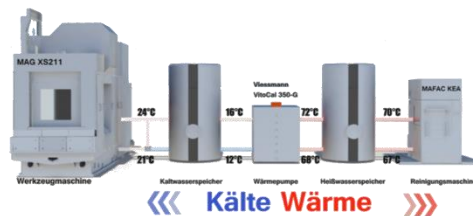
Ganzheitliches Energiecontrolling



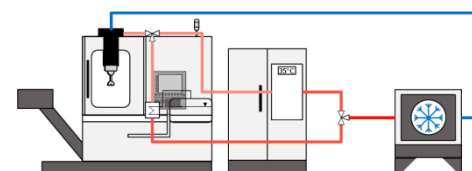
Lastspitzenglättung mittels kinetischem Energiespeicher



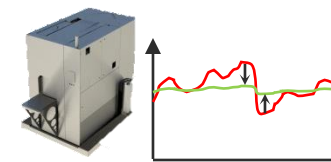
Energetische Verknüpfung auf Maschinenebene



Energetische Maschinenoptimierung



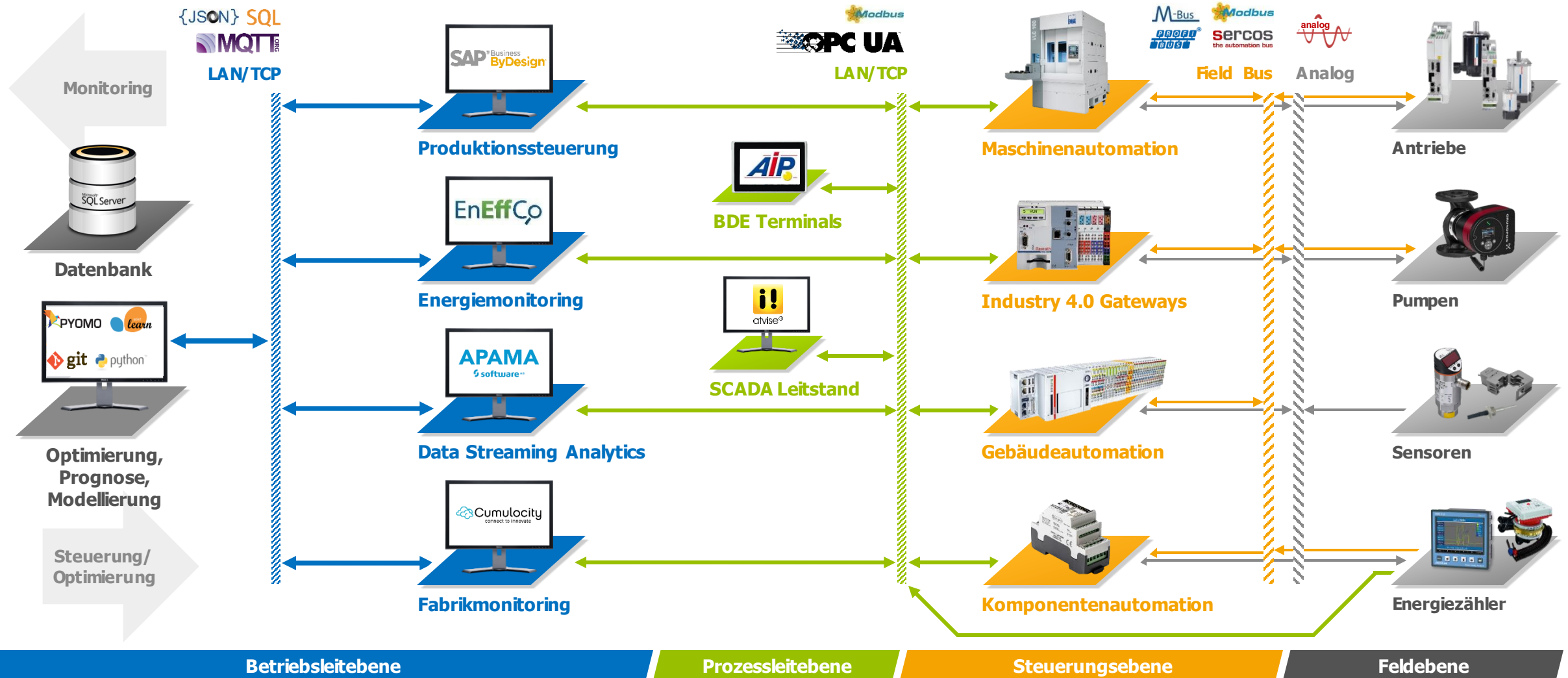
Lastspitzenreduktion durch Innovative Steuerungskonzepte



Hoher Bedarf an (Echtzeit-) Energiedaten

IKT-Infrastruktur von Feld- über Steuerungs- bis Leitebene

ETA-Fabrik



Energieflüsse in der ETA-Fabrik

Energieflüsse sind

- z.T. hoch dynamisch
- verzerrt durch Einflüsse

AKM	
u	True
u _{0%}	100 %
T _*	10,5 °C

HO-RH655g	
T _K	558,7 °C
P _{th}	-5,3 kW
P _{ele}	2914 w
V _{EG}	40 l/min
u _m	2

FE010	
u	False

LI013	
u	True
u _{0%}	83 %

LS001	
E _v	1300 lx

WS000	
T _A	11,1 °C
f _%	53 %
E _{GS}	137 w/m ²
V _w	7,3 m/s
RS	False

SP100	
T _O	18,1 °C
T _M	17,6 °C
T _u	13,1 m ³ /h

PU321	
T _{VL}	69,1 °C
T _{RL}	60,6 °C
V	1,7 m ³ /h
P _{ele}	39 w
u	True
u _{0%}	91 %

PU322	
T _{VL}	25,1 °C
T _{RL}	24,9 °C
V	0,0 m ³ /h
P _{ele}	2 w
u	False
u _{0%}	0 %

DLS5	
p	7 bar
V _{DL}	571 l/min

SV605	
u	False

SV300	
u	True

PU141	
T _{VL}	10,3 °C
T _{RL}	18,1 °C
V	2,6 m ³ /h
P _{ele}	54 w
u	True
u _{0%}	100 %

TS001	
T _L	21,7 °C

LA-H	
u	True
V _L	15 m ³ /h

PU261	
T _{VL}	23,2 °C
T _{RL}	22,8 °C
V	0,0 m ³ /h
P _{ele}	0 w
u	False
u _{0%}	0 %

PU100	
T _{VL}	17,3 °C
T _{RL}	24,4 °C
V	1,2 m ³ /h
P _{ele}	35 w
u	True
u _{0%}	95 %

SV100	
u	True
FB	True

RM-KEA	
T _{RB}	66,9 °C
P _{th}	18,9 kW
P _{ele}	4760 w
V _{DL}	293 l/min
u _m	3

WZM-100Y	
P _{ele}	21,6 kW
P _{th}	-1,2 kW
V _{DL}	126 l/min
U _{SP}	912 U/min
u _m	4

P _{ele}	0,7 kW
P _{th}	-0,1 kW
V _{DL}	0 l/min
U _{SP}	0 U/min
u _m	1

DL-Kompr	
T _{VL}	29,7 °C
T _{RL}	27,4 °C
V _{DL}	811 l/min
P _{ele}	6,7 kW
u	True
u _{0%}	100 %

BHKW1	
T _K	70,2 °C
P _{th}	-21,9 kW
P _{ele}	-6100 w
V _{EG}	36 l/min
u	True
u _{0%}	100 %

BHKW2	
T _K	20,7 °C
P _{th}	0,0 kW
P _{ele}	230 w
V _{EG}	0 l/min
u	False
u _{0%}	0 %

PU315	
T _{VL}	65,3 °C
T _{RL}	55,9 °C
V	2,7 m ³ /h
P _{ele}	49 w
u	True
u _{0%}	100 %

PU215	
T _{VL}	33,8 °C
T _{RL}	26,0 °C
V	1,2 m ³ /h
P _{ele}	85 w
u	True
u _{0%}	81 %

DS200	
p	1,5 bar

SV215	
u	True
FB	True

SV315	
u	True
FB	True

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)



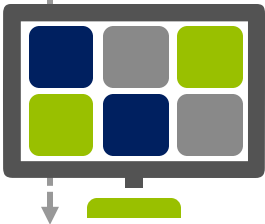
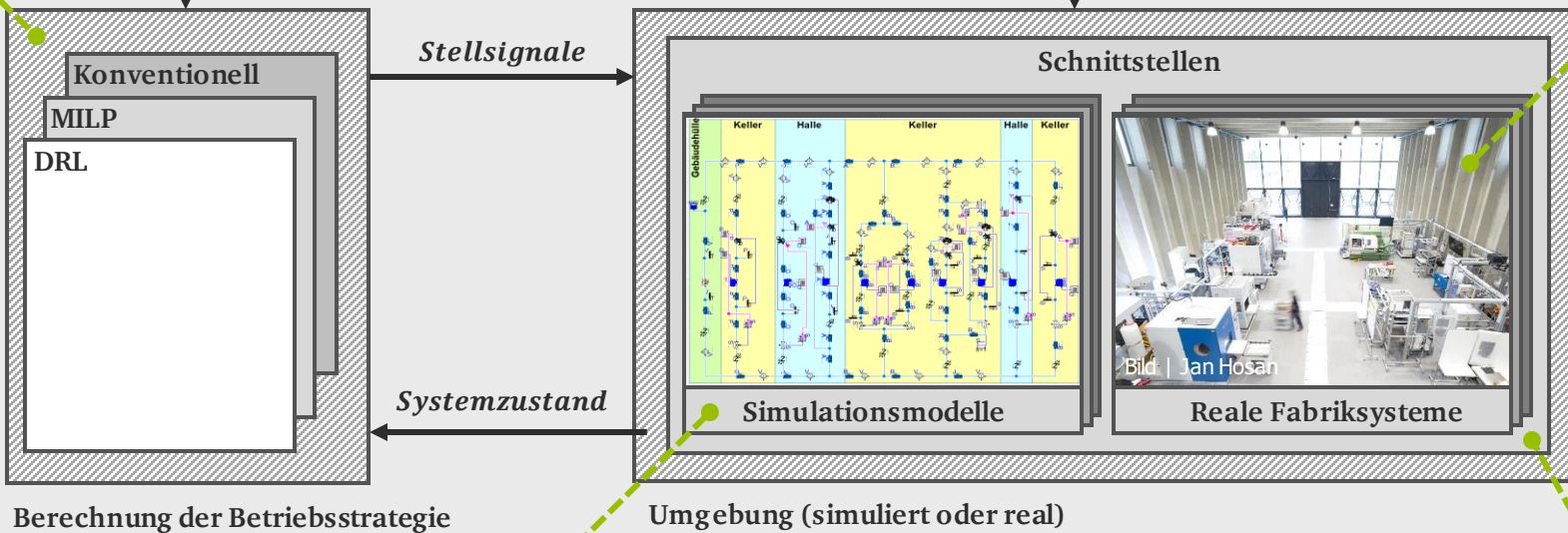
ETA | Machine Learning Lib
Basis: Python (scikit learn,..)

- 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

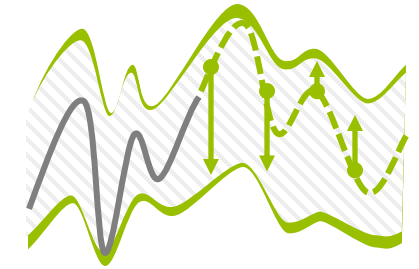
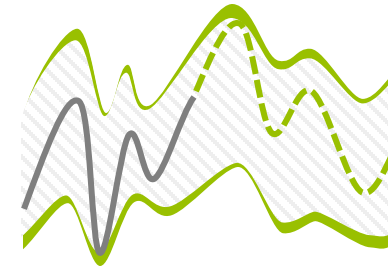
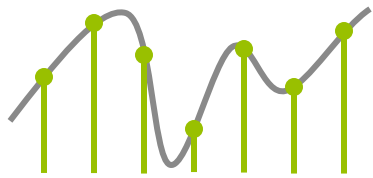
ETA | Utility Functions
Universelle Softwaremodule

- 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

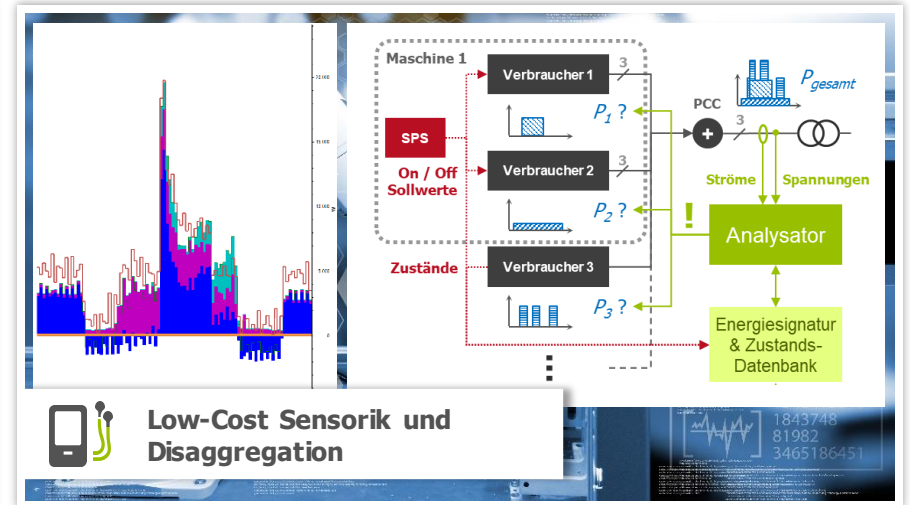
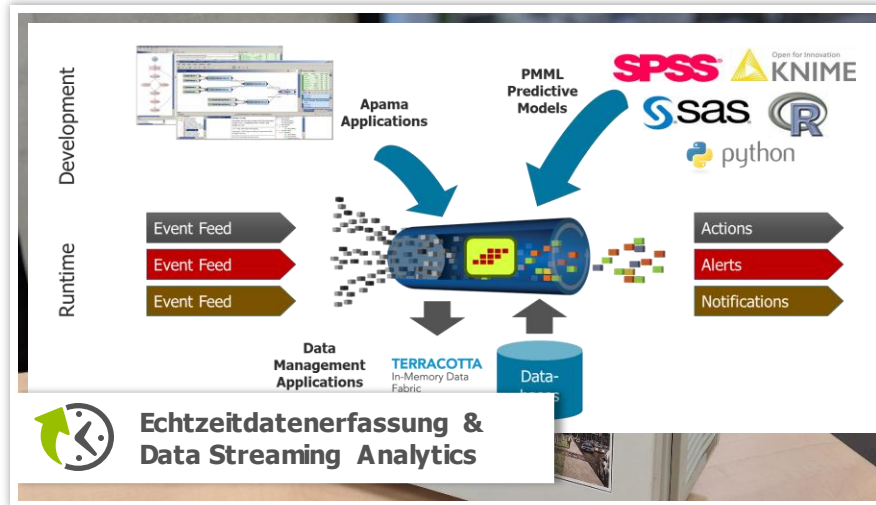
Modellierung

3

Bewertung

4

Optimierung



Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

(2) Daten-basierte Modellierung von Anlagen und Systemen

1

Erfassung

2

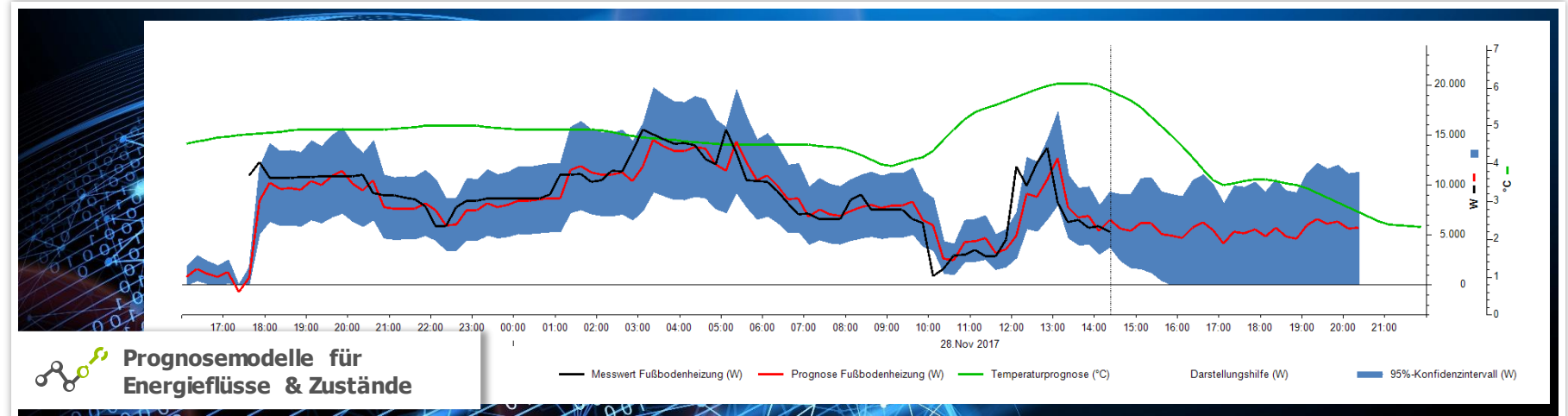
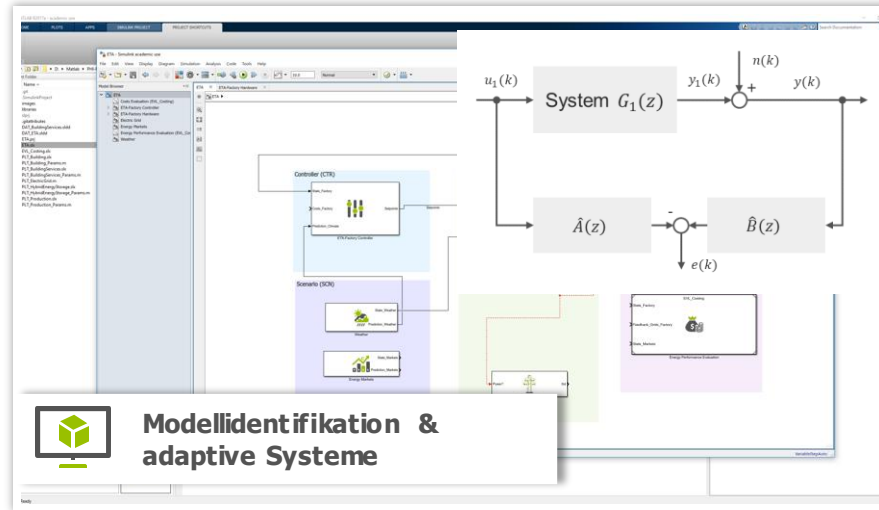
Modellierung

3

Bewertung

4

Optimierung



Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

(3) Bewertung von Energie- und Betriebsdaten

1

Erfassung

2

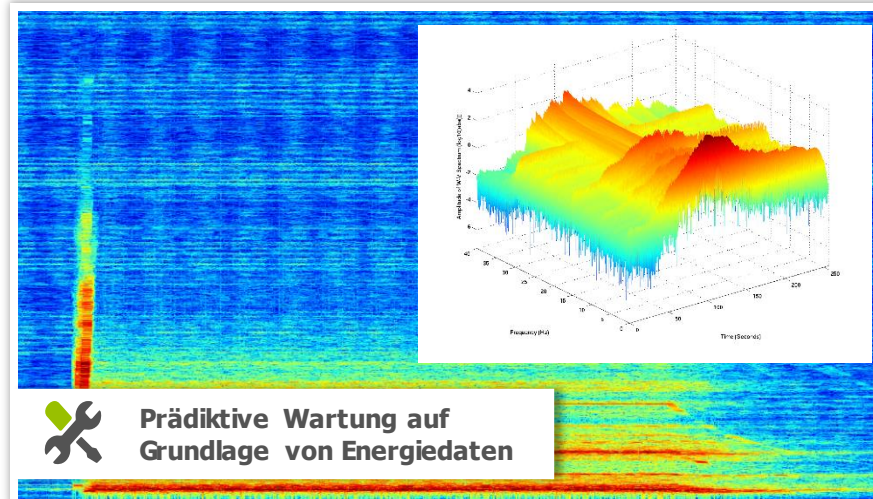
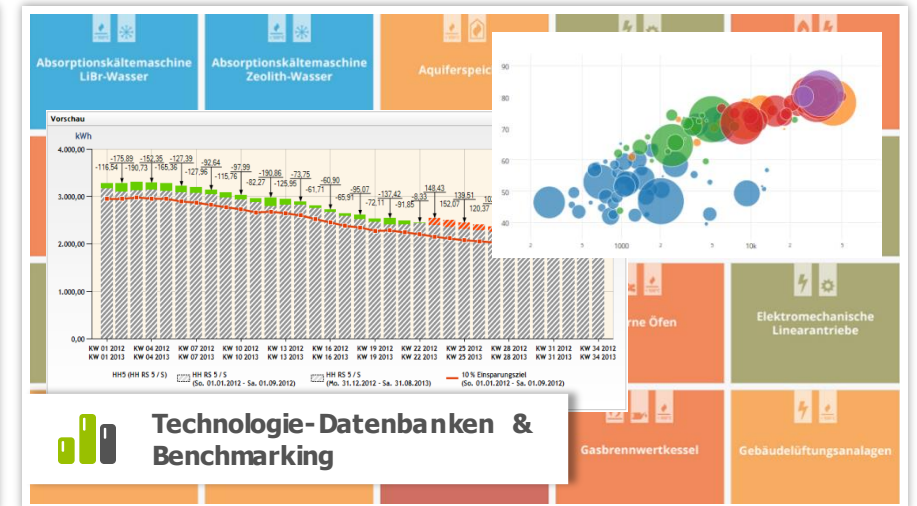
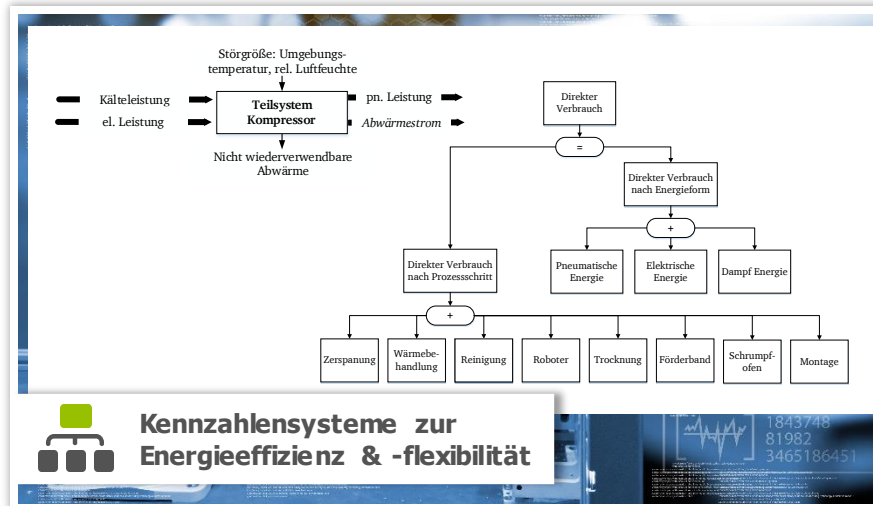
Modellierung

3

Bewertung

4

Optimierung



Forschungsschwerpunkt Energie 4.0

(4) Erfassung von Energie- und Betriebsdaten

1

Erfassung

2

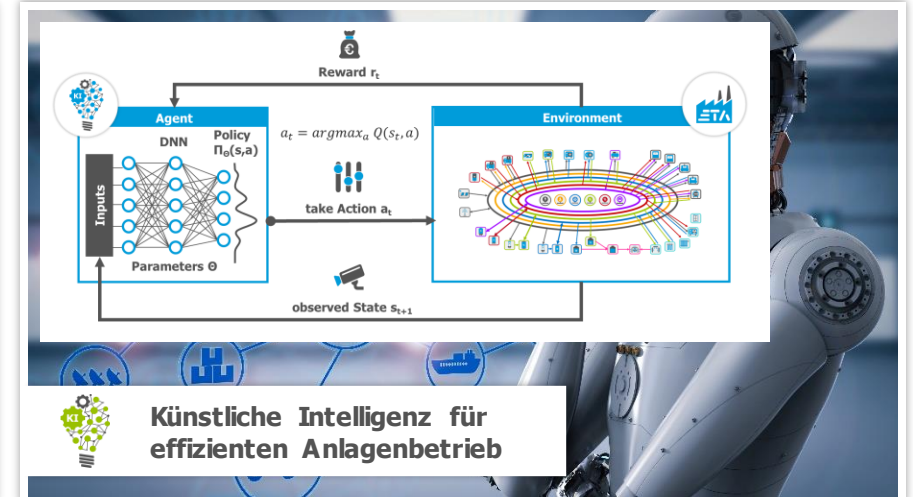
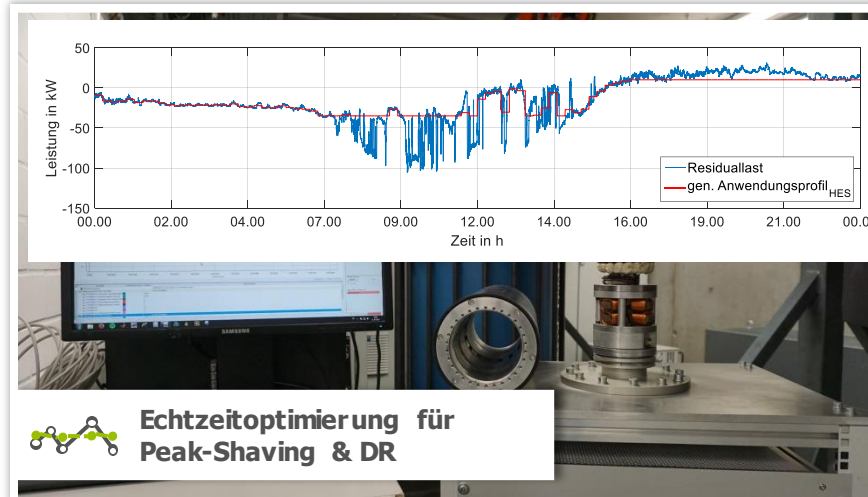
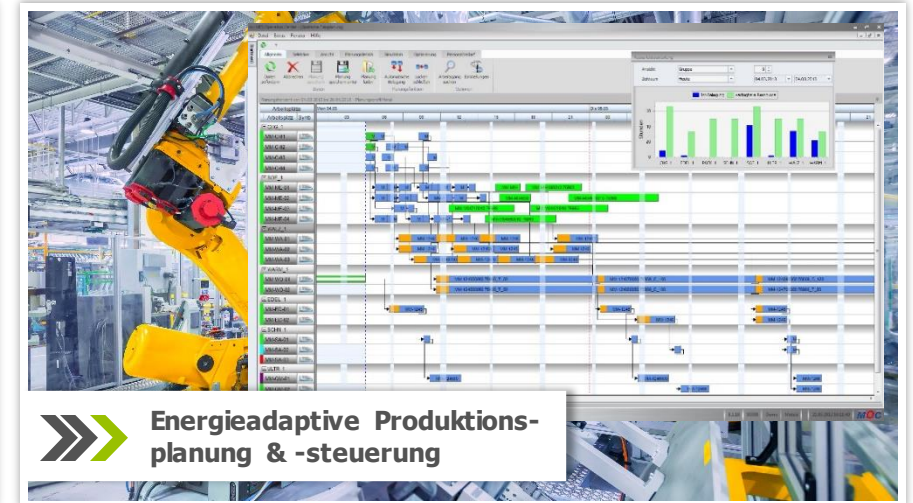
Modellierung

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.



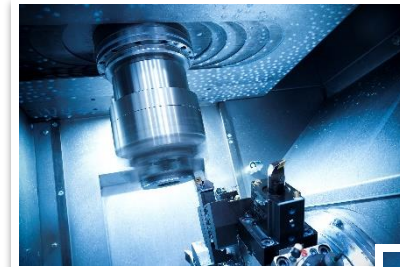
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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
Internet: 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

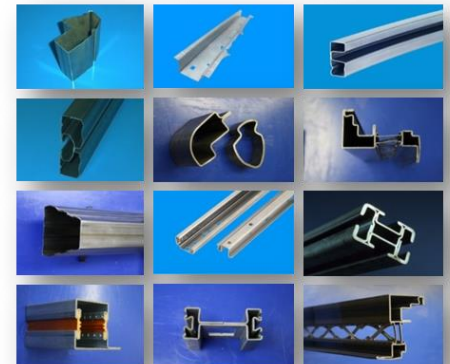


Energieeffizienz im Rollformprozess

Dr. Tilman Traub
Innovation / Business Development

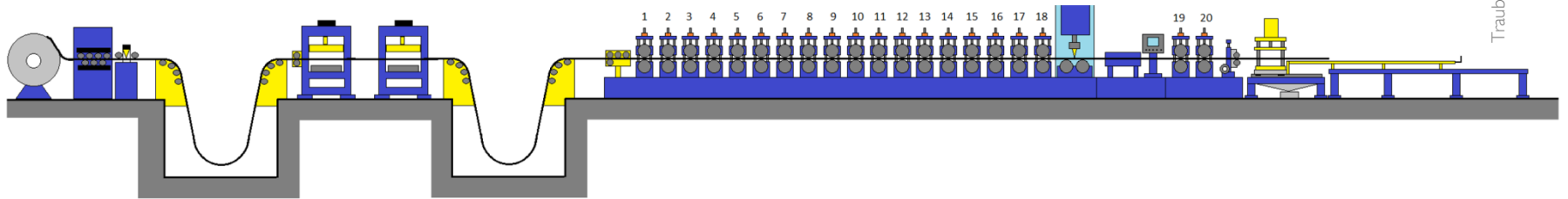
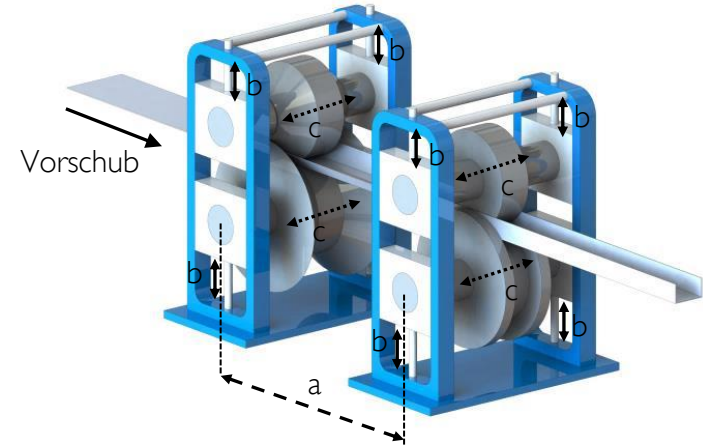
Kurzvorstellung Dreistern

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



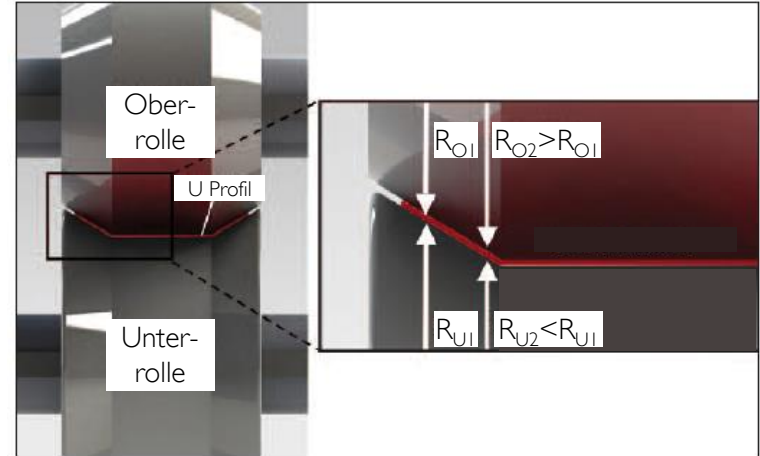
Was ist Rollformen?

- 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



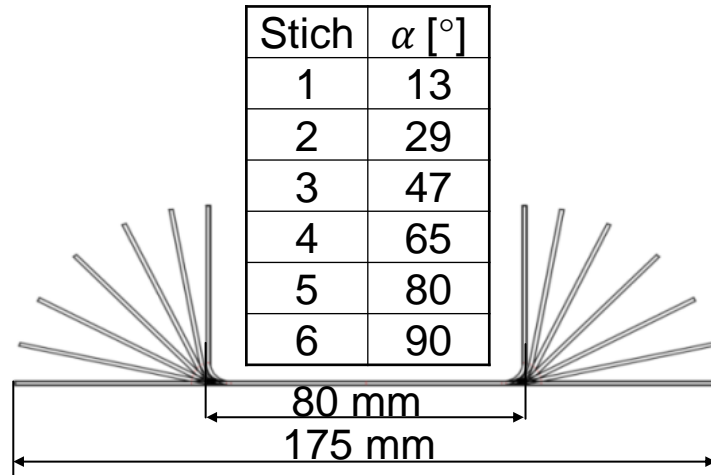
Groche et al.: Walzprofilieren von Flacherzeugnissen aus Stahl, 2013



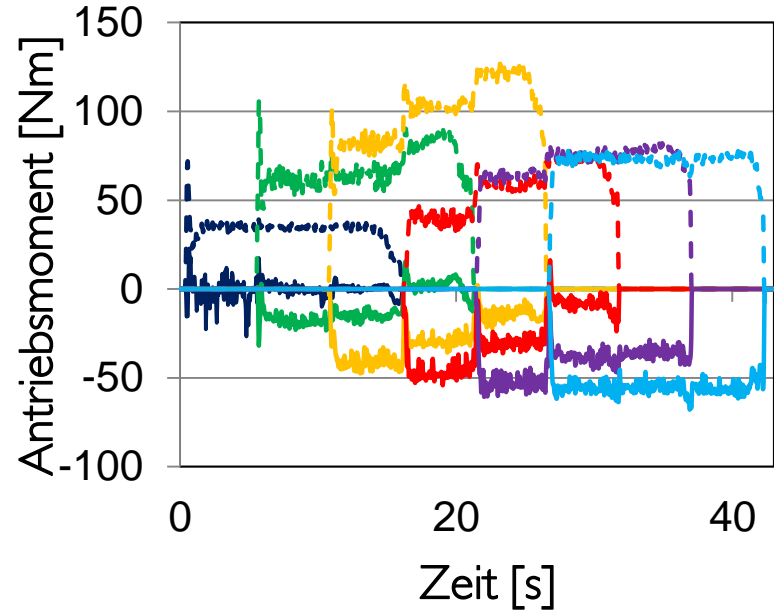
Traub et al.: Energy efficient roll forming processes through numerical simulations, I I. Numisheet, 2018

Auswirkungen, wenn der treibende Durchmesser nicht passt

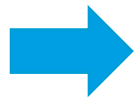
- Beispielprozess: Einformung eines U-Profiles



- Umformarbeit: ~ 1 kJ / m
- Eingebroughte Arbeit: 4,3 kJ / m

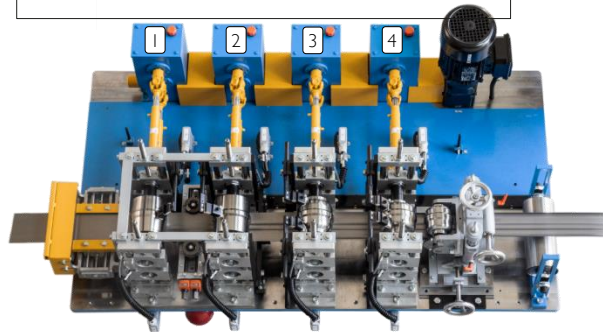
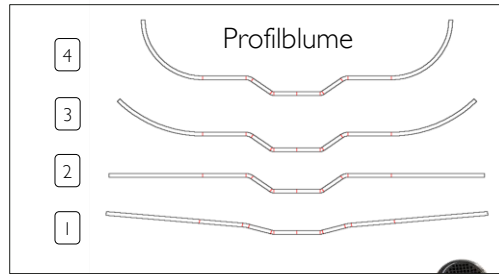


- 1. Werkzeugauslegung:
 - Identifikation der passenden treibenden Durchmesser, sodass sich antreibende und bremsende Bereiche je Welle ausgleichen
- 2. Maschinenbetrieb und -regelung:
 - Identifikation, welche Wellen vom Antriebsstrang entkoppelt werden müssen
 - Regelung der Drehgeschwindigkeit einzelner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

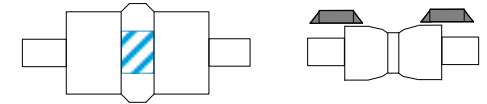
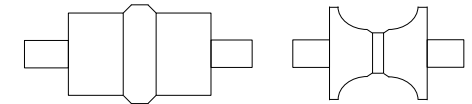
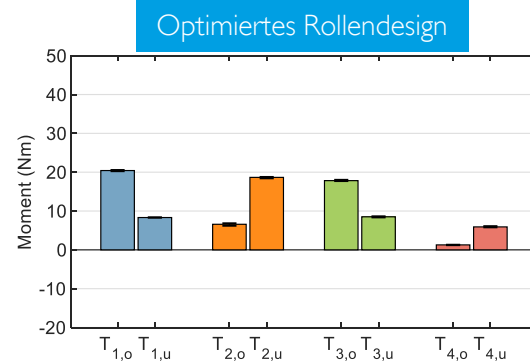
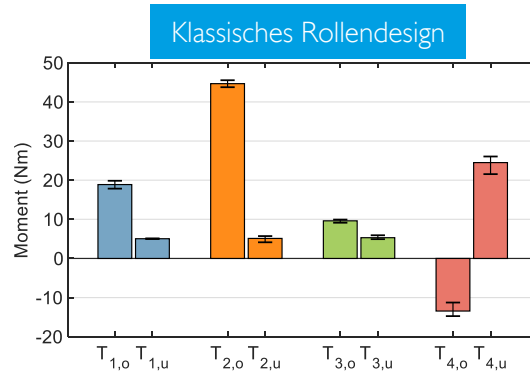


In allen Fällen kann KI bei der Entscheidungsfindung unterstützen!

Energieeffizienz durch Werkzeugauslegung



Proflieranlage P3.070.4 mit integrierter Messtechnik



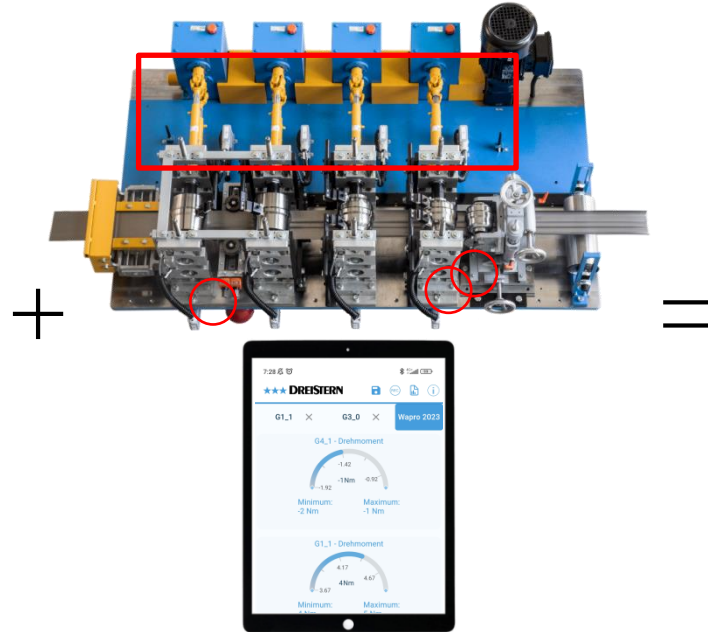
- Gleiche Geometrie
- -16 % Umformarbeit
- -5% Energieaufnahme

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

Energieeffizienz durch gezielten Anlagenbetrieb



Herkömmliche Anlage



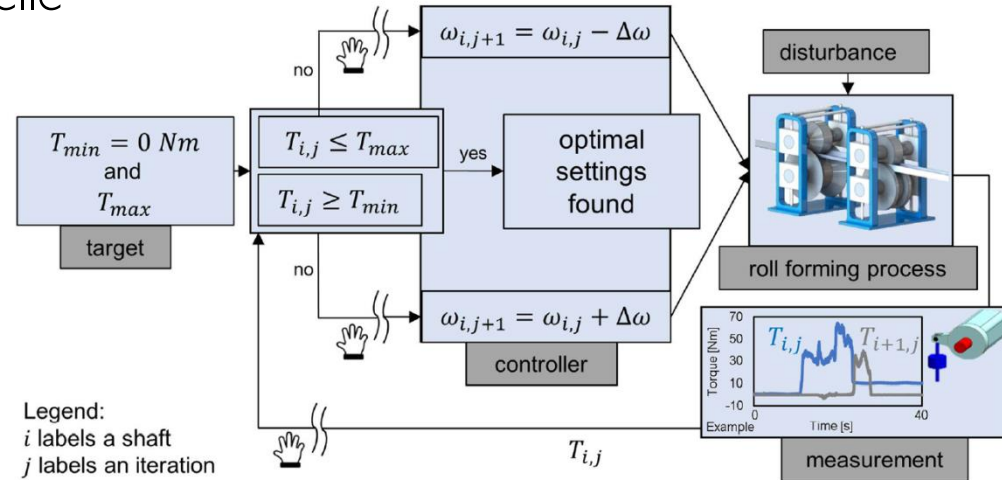
Sensorische Gelenkwellen + Applikation



Digital augmented Rollformprozess

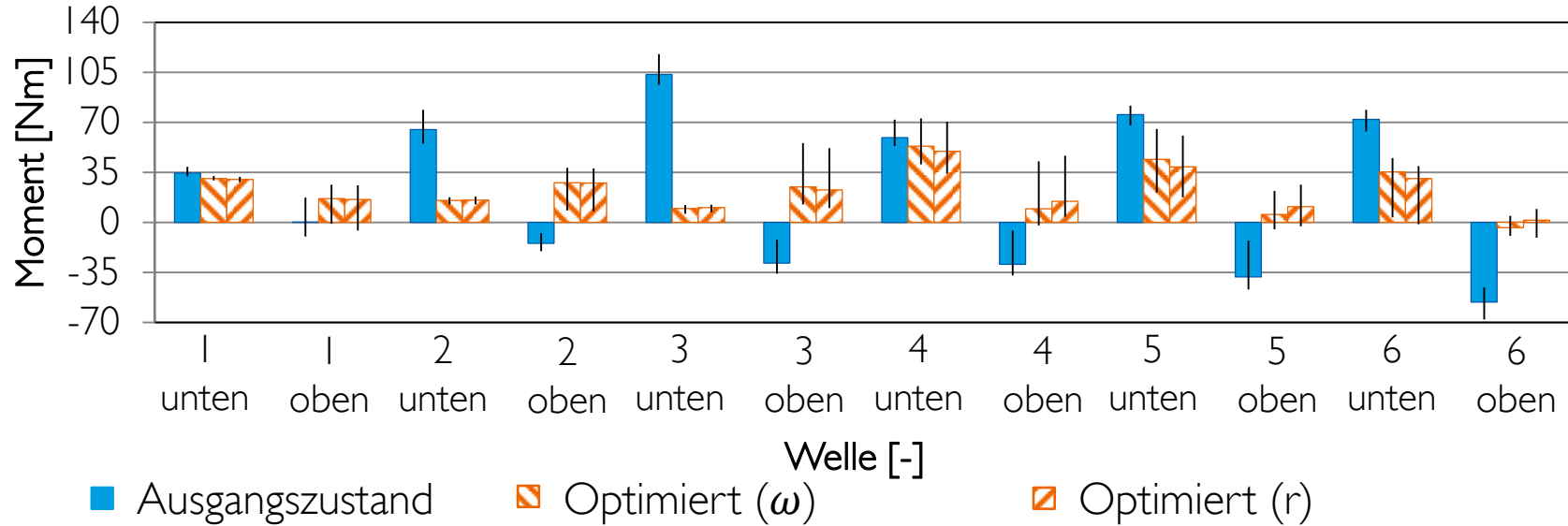
Energieeffizienz durch gezielte Regelung der Umfangsgeschwindigkeit

- Voraussetzung: Einzelantrieb je Welle
- Vorgehen:
 - Zielbereich definieren
 - Messen Istzustand
 - Wenn Momente außerhalb Zielbereich: Optimierung der Drehgeschwindigkeiten
 - Solange, bis alle Momente im Zielbereich



Traub et al.: Measures towards roll forming at the physical limit of energy consumption. IJAMT 104. 2019

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

- 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 und benutzen Sie den Code 59 82 56 5

Diskussion und Feedback

ProKI-InfoPoint

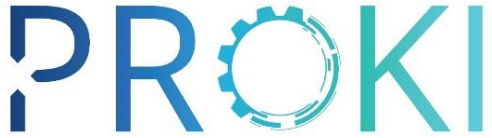
Energieeffizienz in produzierenden
Unternehmen
13.04.2023

Achtung
1 = strongly disagree
5 = strongly agree



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Nächster ProKI-InfoPoint:



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/>

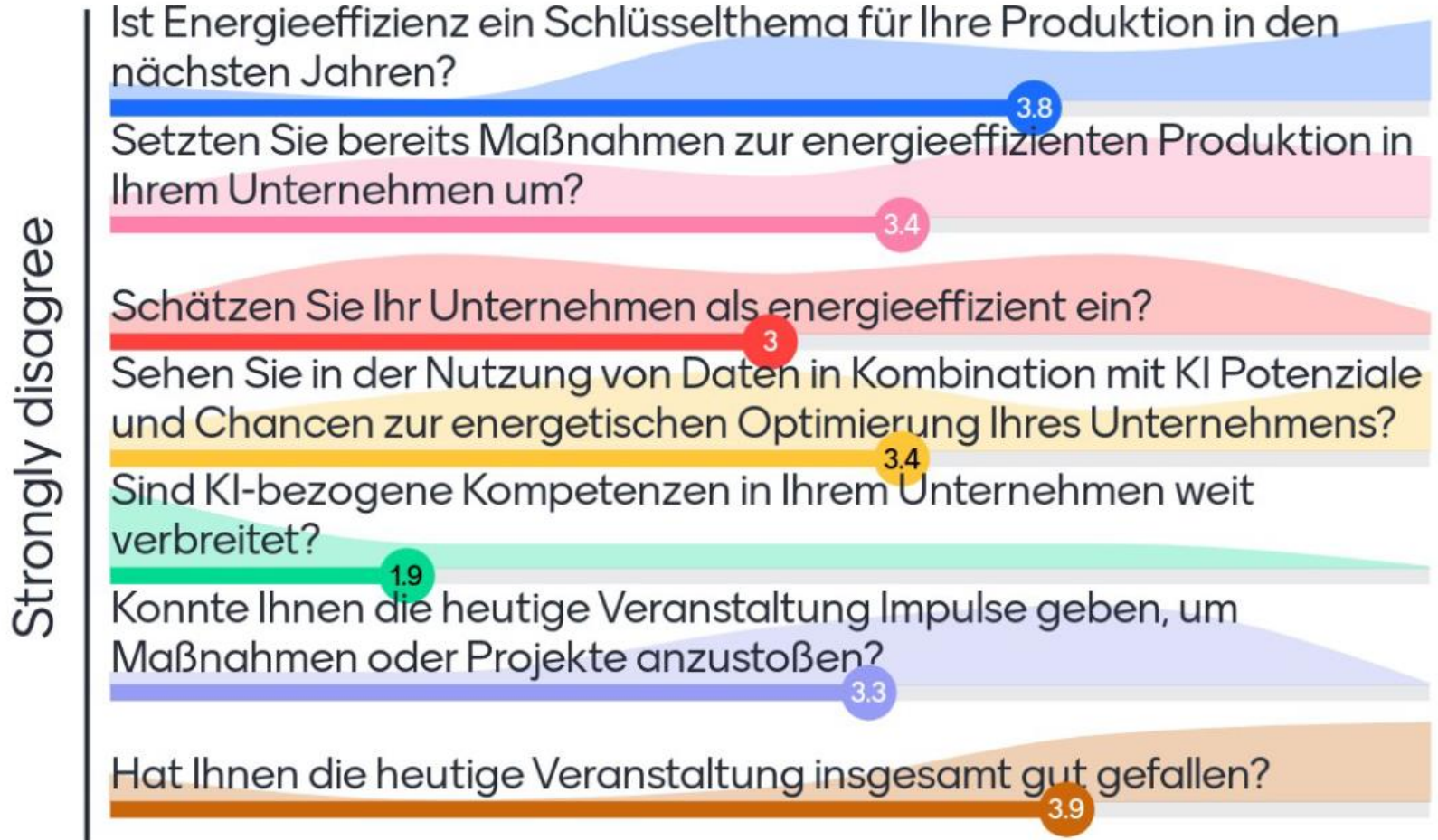


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

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



Umfrage Mentimeter – Energieoptimierung in der Produktion



Strongly agree



Umfrage Mentimeter – Energieoptimierung in der Produktion



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

