



INNOS- Digitalisierungs- tour

Univ.-Prof. Dr.techn. Franz Haas
Dekan und Institutsleiter Fertigungstechnik

> www.tugraz.at



DIGITALE WERKZEUGKISTE FÜR DIE **METALLBRANCHE**

Ist es bereits FÜNF vor ZWÖLF?

Lösungsansätze, damit die Metalltechnik aus der aktuellen Krise gestärkt hervorgeht

2

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Haas

DER DIGITAL INNOVATION HUB SÜD ALS

KOSTENLOSES SERVICE FÜR KMU

18.02.2025



Unsere Standorte



Campus Alte Technik



Campus Neue Technik



Campus Inffeldgasse



Graz/Austria/Europe

Bilder: Lunghammer – TU Graz

Die Geschichte der TU Graz

1811

Gründung des Joanneums
durch Erzherzog Johann

1864

Die Lehranstalt wird
Technische Hochschule

1901

Zuerkennung des
Promotionsrechts

Erste technische Promotion
in Österreich-Ungarn

1917

Einführung der Berufs-
bezeichnung „Ingenieur“,
wird später zum
„Diplom-Ingenieur“

1923

Erste Absolventin

1975

Umbenennung in
Technische Universität Graz,
Gliederung in fünf Fakultäten

2004

Universitätsautonomie,
Gliederung in sieben Fakultäten
und rund 100 Institute

Zahlen und Fakten im Überblick | gerundet



3.900 Bedienstete

davon **1.900** wissenschaftliches Personal
1.200 drittmittelfinanziert

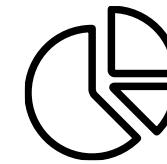


13.700 Studierende

Abschlüsse (Studienjahr 2021/22):

770 Masterstudien

160 Doktoratsstudien



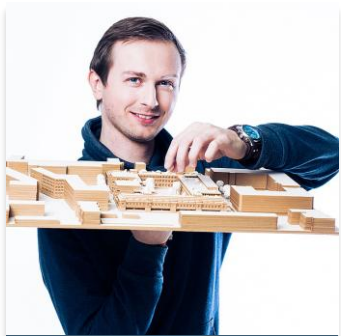
192 Mio. €

Bundesbudget
(2022)

85,5 Mio. €

Drittmittelerlöse
(2022)

Die 7 Fakultäten der TU Graz



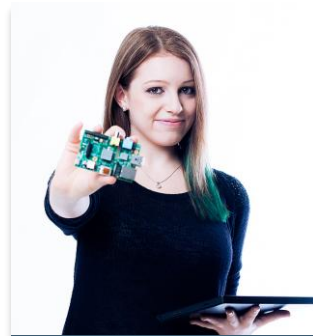
Architektur



Bauingenieur-
wissenschaften



Elektrotechnik
und Informations-
technik



Informatik
und Bio-
medizinische
Technik



Maschinenbau
und Wirtschafts-
wissenschaften



Mathematik,
Physik und
Geodäsie



Technische
Chemie,
Verfahrens-
technik und
Biotechnologie



Institut für
Fertigungstechnik



Institut für Mechanik



Institut für
Innovation und
Industrie
Management



Institut für
Fahrzeugsicherheit



Institut für
Unternehmensführung
und Organisation



Institut für
Maschinenbau- und
Betriebsinformatik



Institut für
Werkstoffkunde,
Fügetechnik und
Umformtechnik



Institut für
Festigkeitslehre



Institut für
Technische Logistik



Institut für
Fahrzeugtechnik



Institut für
Betriebswirtschaftsle
hre und
Betriebssoziologie



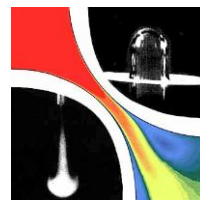
Institut für
Betriebsfestigkeit und
Schienenfahrzeugtechnik



Institut für
Maschinenelemente
und
Entwicklungsmethodik



Institut für
Wärmetechnik



Institut für
Strömungslehre und
Wärmeübertragung



Institut für Thermische
Turbomaschinen und
Maschinendynamik



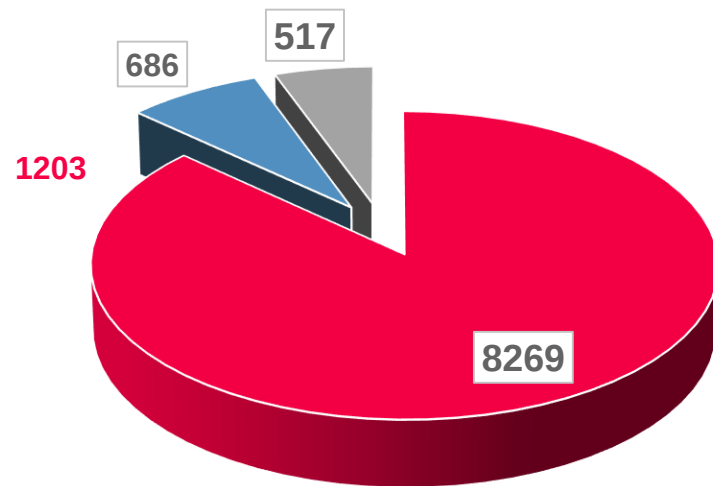
Institut für
Thermodynamik und
Nachhaltige
Antriebssysteme



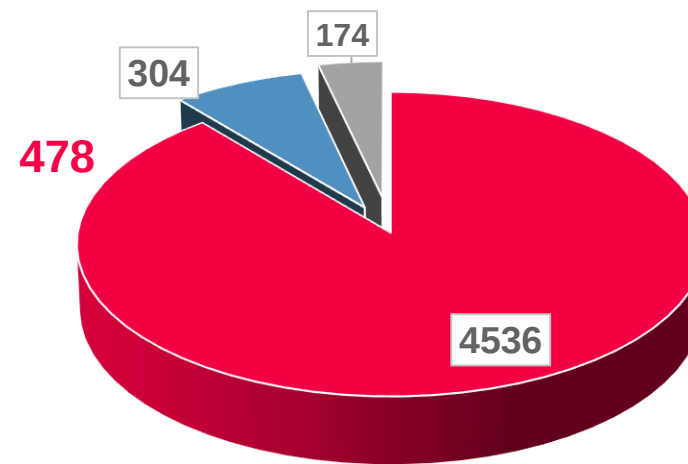
Institut für Hydraulische
Strömungsmaschinen

Studierendenstatistik 2024/25

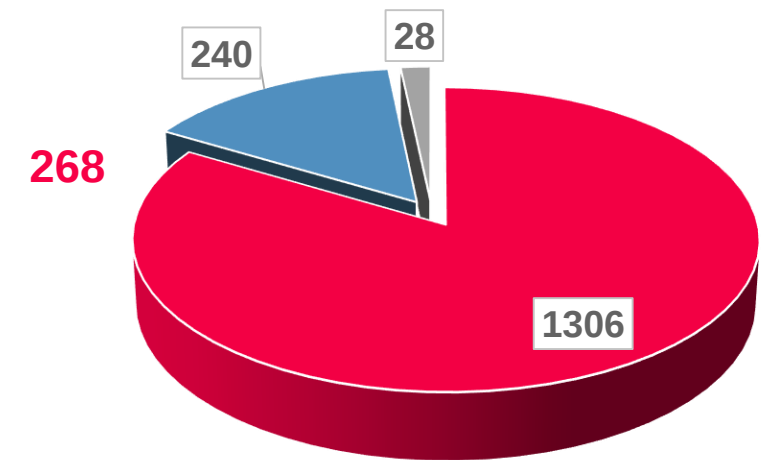
Bachelorstudium



Masterstudium

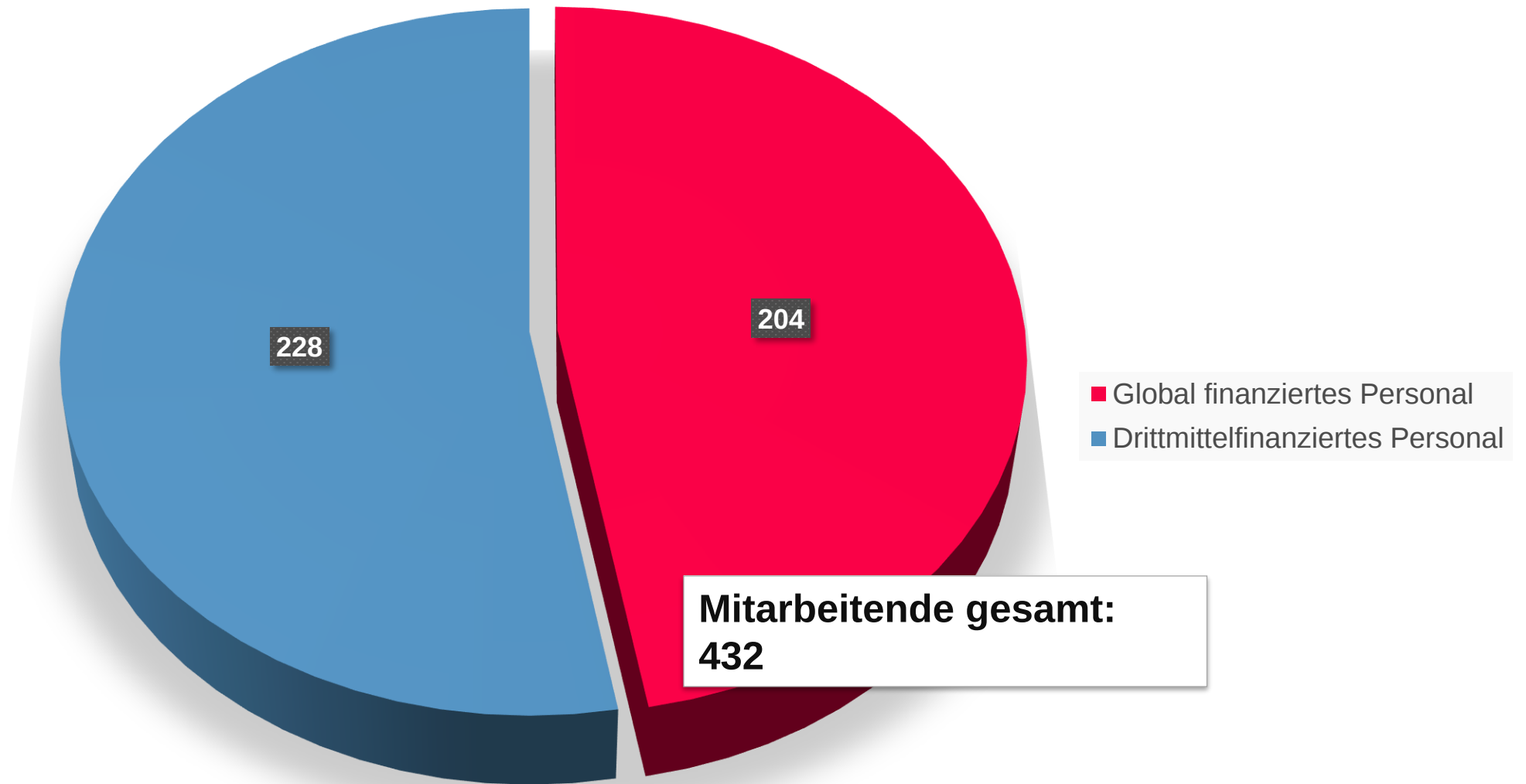


Doktoratsstudium



- TU-Graz gesamt
- Maschinenbau
- Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

Bedienstete an der MBWI Fakultät

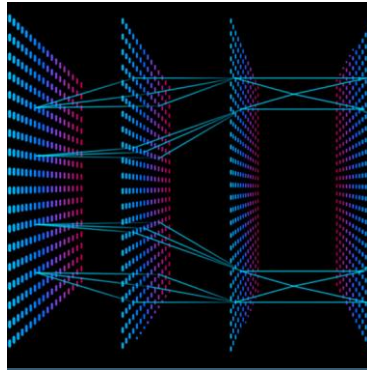


TU Graz Research Centers



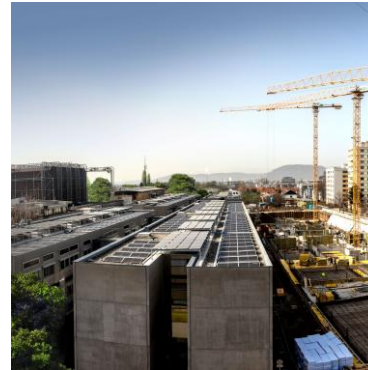
H2rc

Graz Center
of Hydrogen
Research



GraML

Graz Center
for Machine
Learning



GCSC

Graz Center of
Sustainable
Construction



ENERGETIC

Research Center
for Energy
Economics and
Energy Analytics



SPG

Smart
Production
Graz

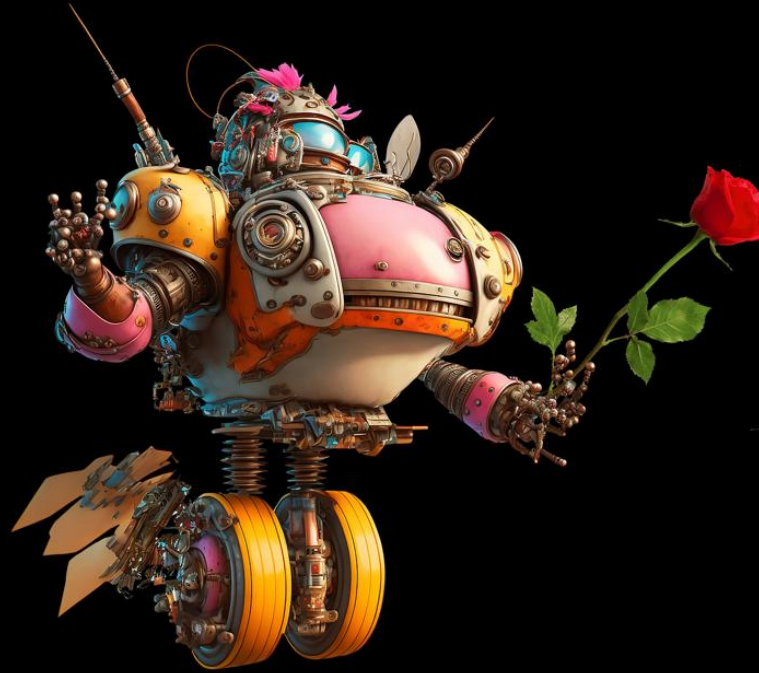


RCRS

Research
Cluster Railway
Systems

1: HyCentA, 2: Andrey Ship – AdobeStock, 3/5: Lunghammer – TU Graz, 4: peterschreiber.media, 6: voestalpine – Railway Systems

Wettbewerb „Wundermaschine“ 2023 und 2024



Maschinenbau ist

... „cool“!

**WUNDER
MASCHINE**

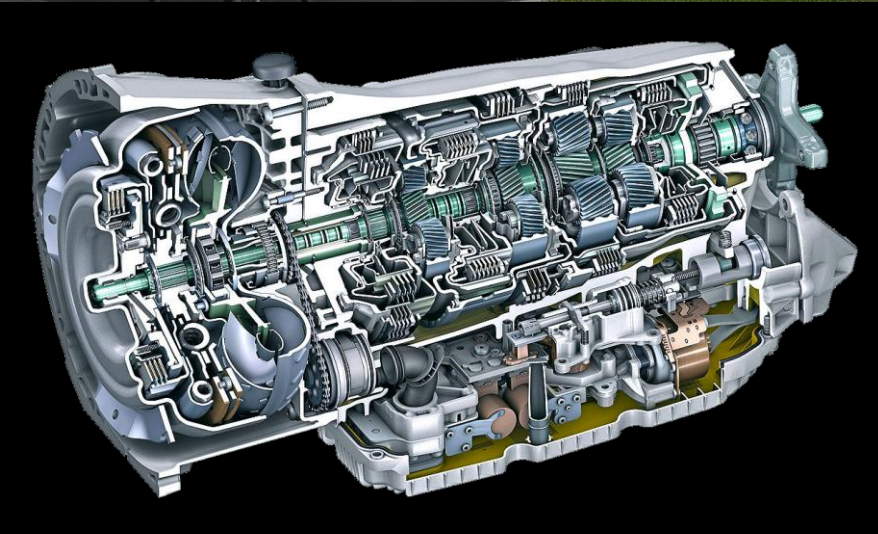


Wettbewerb der Fakultät für
Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

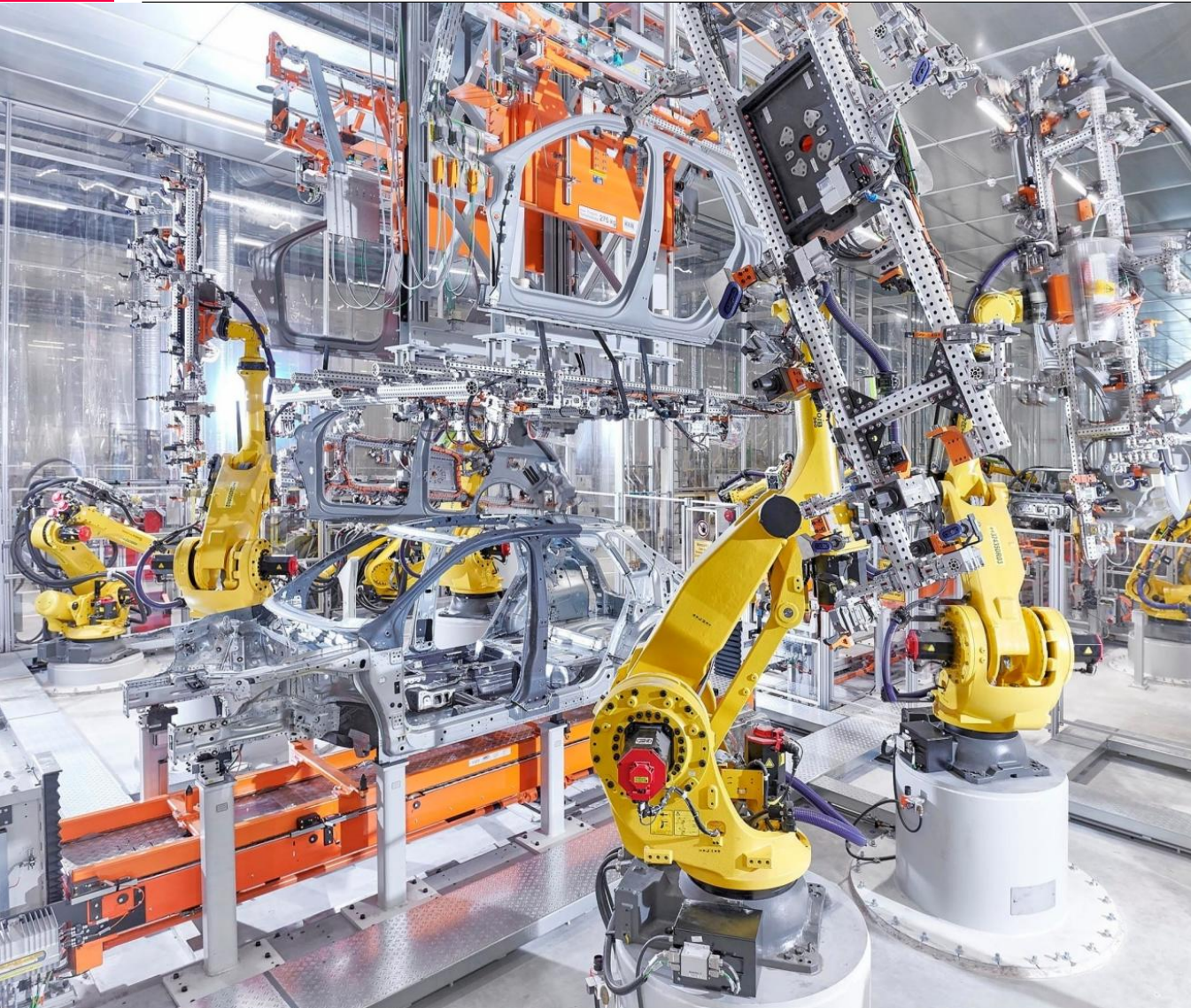
Beispiele gefällig ... z.B. Energietechnik



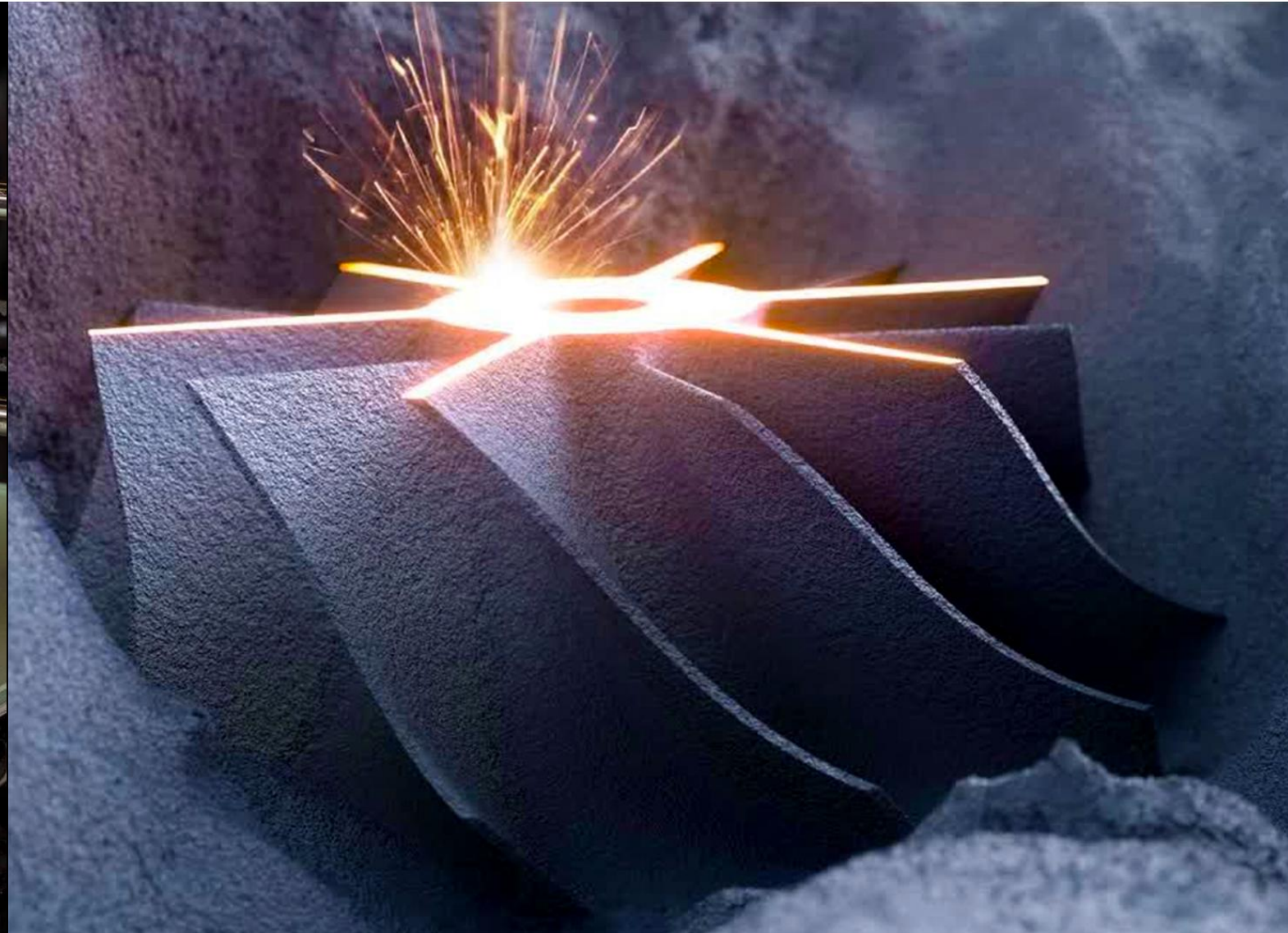
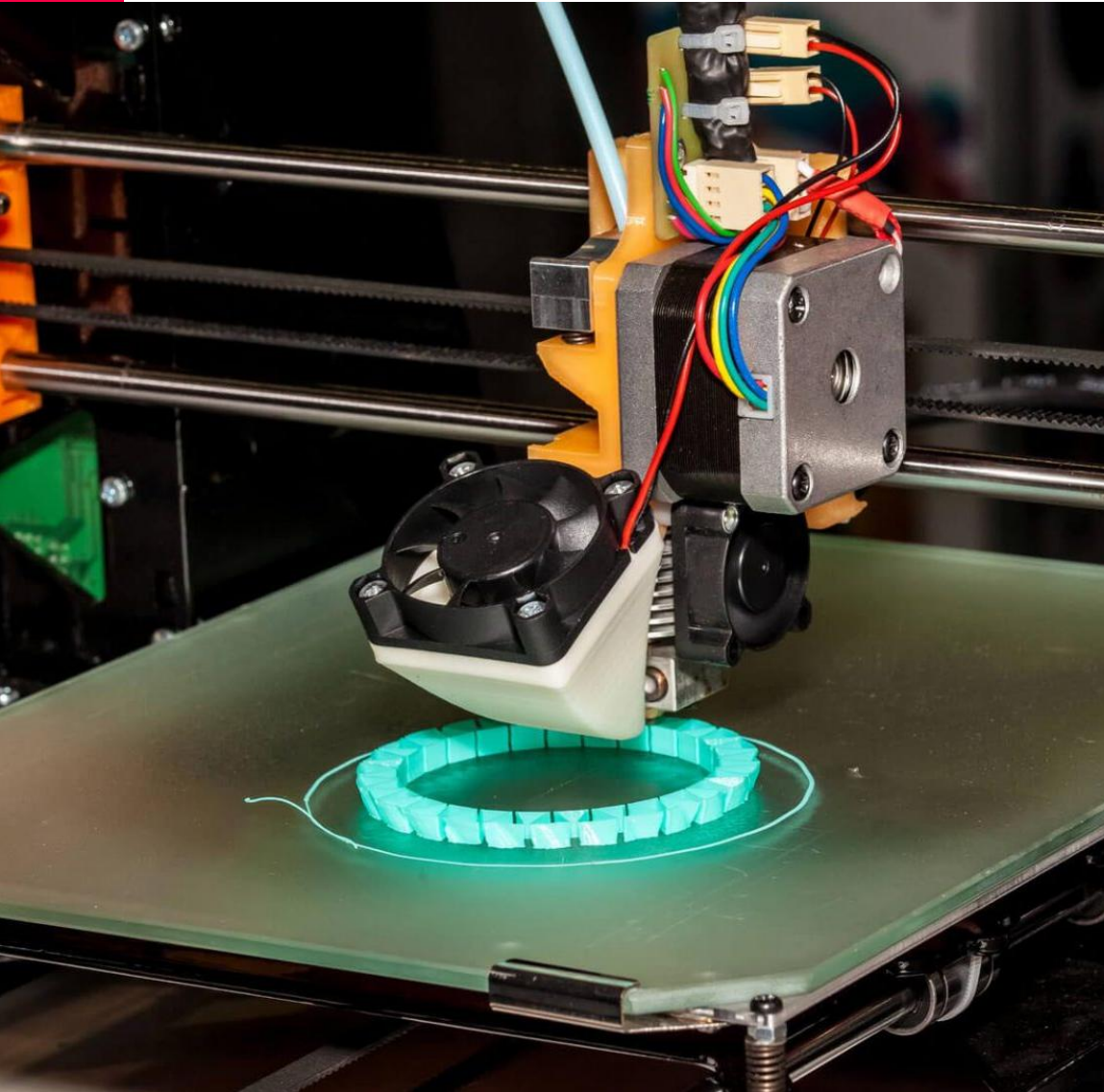
Mobilität der Zukunft



Robotik und Logistik



Additive Fertigung und Design



Konsumgüter, Lifestyle



Zeit zu handeln?



Was kann das Institut für Fertigungstechnik beitragen?

Production Lab / Produktionslabor für Zerspanungsforschung

- Forschungs-Schleifmaschine
- CNC-5-Achs-Fräsen mit Ultraschallunterstützung
- CAM-Systeme
- Koordinatenmessmaschine
- CNC-Drehzentren
- Präzisionsfertigung für Prototypen



Training Workshop / Neue Lehrwerkstätte seit 2020

- Viel Tradition und didaktisches Know-How in der Werkstattfertigung
- Neue Drehmaschinen mit Zyklenautomatik
- 2 CNC-Fräsmaschinen
- CNC-Unrundscheifen für Höchstpräzision
- Zentrierbohrungsschleifen
- Polymer-3D-Druck



Battery Innovation Center / Fertigung für die Mobilität der Zukunft

- Geometrische Vermessung von Batteriezellen
- Modul-Assemblierung
- Kollaborative Robotik
- Fuel-Stack-Stacking
- „Reinraum“ für Stapelprozesse
- Messtechnik
- Life Cycle Analysen



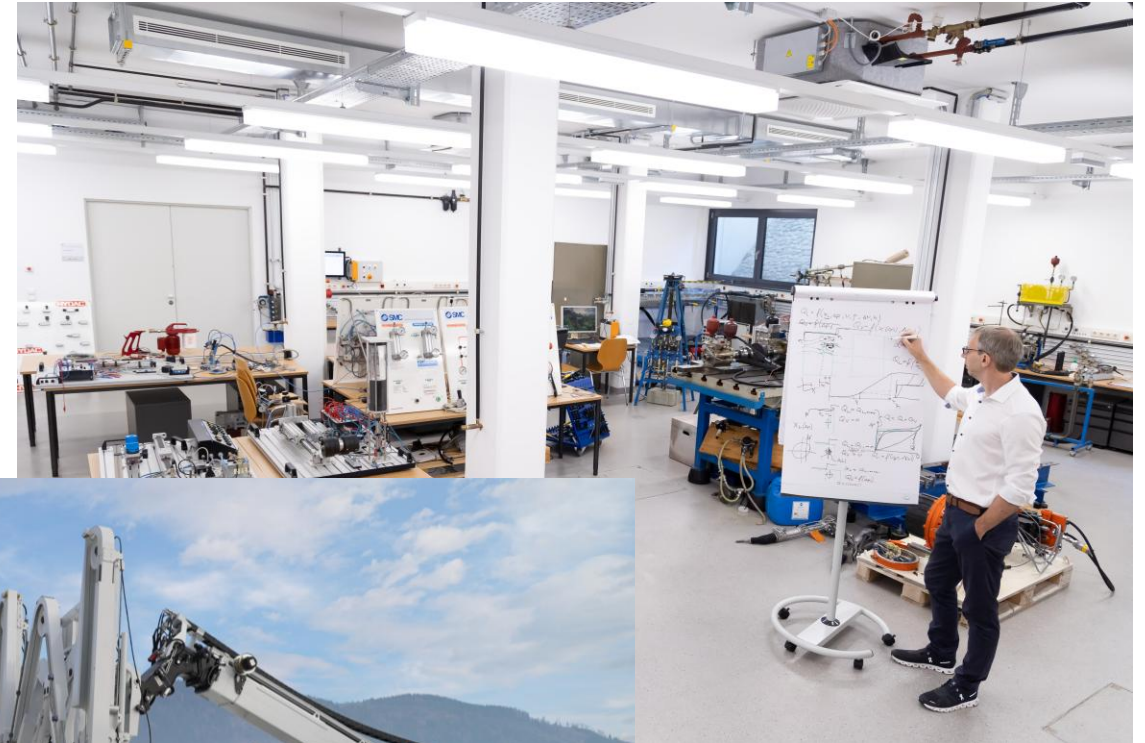
AddLab@tugraz / Metall-Additive Fertigung für Serienprodukte

- Polymerdrucker für Prototypen
- L-PBF (Pulverbettverfahren)
- WAAM (Drahtbasiertes Verfahren – Schenkung der AMAG AG an TUG/AddLab)
- SLED-M-Demonstrator
- Topologieoptimierung
- Mess- und Analysetechnik



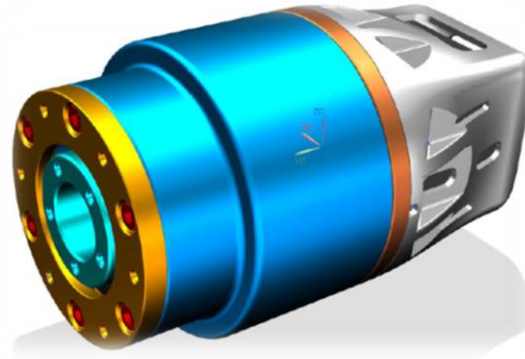
Fluid Lab / Systementwicklung und Testung in der Fluidtechnik

- Charakterisierung von Ventilen und Aktuatoren in der Hydraulik
- Fahrzeughydraulik
- Piezo-Ventiltechnik
- Neue Medien und Nachhaltigkeit
- Schaltungs-Simulation
- CFD-Analysen



smartfactory@tugraz / Pilotfabrik für Digitale Transformation

- Datendurchgängigkeit von der Konstruktion bis zur Fertigung
- Digitalisierung der Prozesse
- Automation und Robotik
- Security and Safety
- Drahtlos-Kommunikation in Echtzeit
- Datenräume
-



Warum besteht Handlungsbedarf?

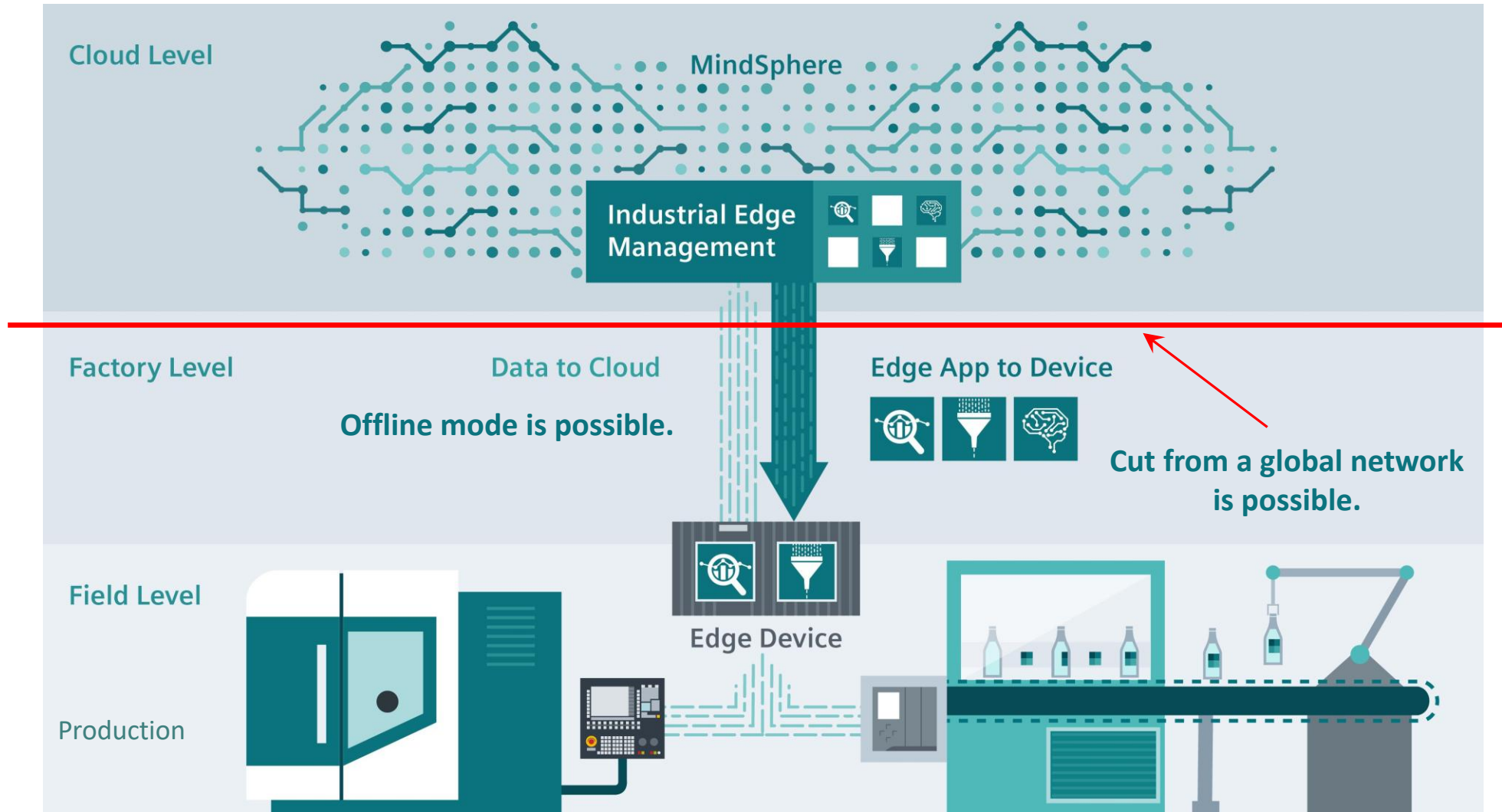
- Wir befinden uns in einer **wirtschaftlichen Rezession**.
- Wir sind **zurückhaltend bei Zukunftsinvestitionen**.
- **Es fehlen Zukunftsperspektiven** für die jungen Menschen.
- Die drängenden **Fragen zur Klimawende und Kreislaufwirtschaft** sind noch **nicht gelöst**.
- Es besteht die Gefahr, dass wertvolles **Know-How abwandert und verloren geht**.
- Die **politische Instabilität in Europa** wirkt sich auf unser Wirtschaften aus.



Lösungsansatz 1

Prozessoptimierung durch „Edge Computing“

Architektur des Edge Computing



Qualität produzieren und gleichzeitig prüfen – “Edge Computing”

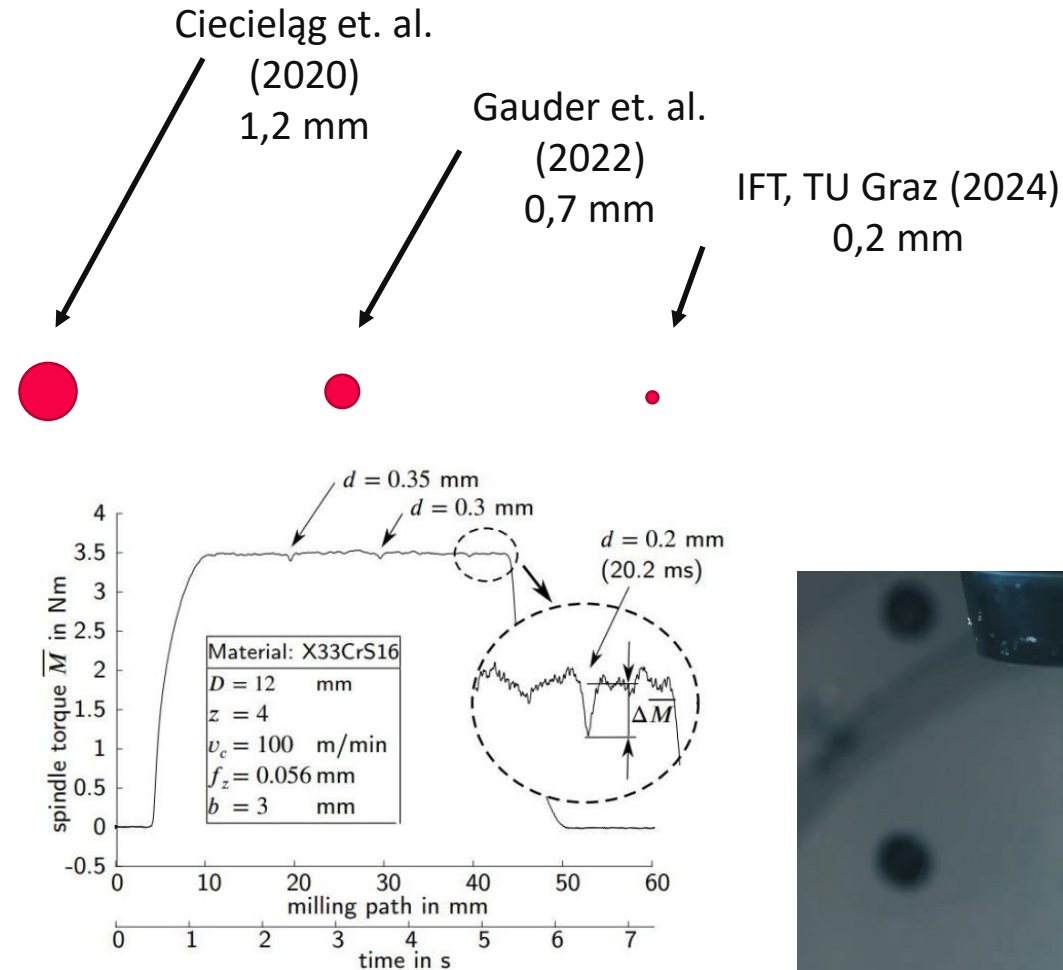
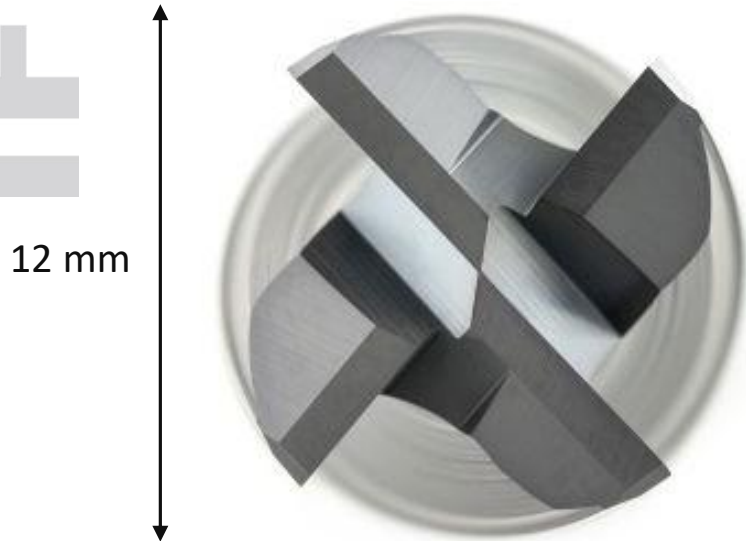


Fig. 4. Spindle torque $\bar{M}$ during groove milling with small material defects (air pores) diameters d at the milling path positions 20 mm, 30 mm, and 40 mm. In this setting, $d_{\min} = 0.2$ mm air pores are the limit for being robustly detected.



Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
Procedia CIRP 00 (2024) 000–000



18th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering
Exploring the edge of the edge: Utilization of available CNC machine data for material defect detection

Markus Brüllinger^{a,*}, Josef Mündler^b, Jörg Edler^b, Michael Heiss^c, Franz Haas^b

^aProFuture GmbH - Area 4.2 Cognitive Production Systems, Inffeldgasse 23F, Graz 8010, Styria, Austria
^bInstitute of Production Engineering, Graz University of Technology, Inffeldgasse 24, Graz 8010, Styria, Austria
^cSiemens AG Österreich, Digital Industries, Digital Enterprise, Siemensstraße 90, Vienna 1210, Vienna, Austria

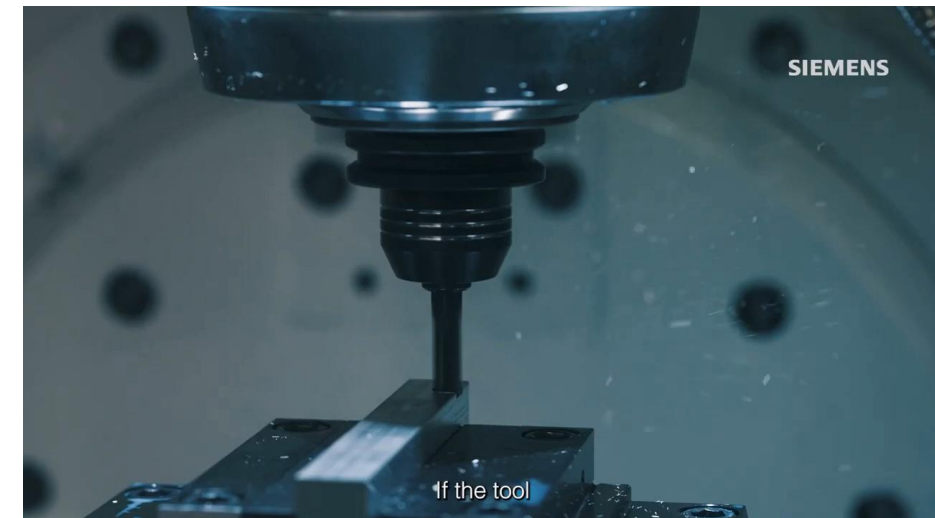
* Corresponding author. Tel.: +43-664-1507593; E-mail address: markus.brüllinger@profuture.at

Abstract

Moving towards sustainable production, zero-defect manufacturing plays an important role. Achieving this, the identification of material defects during machining is a decisive factor. This paper introduces innovation through a theoretical model for the smallest detectable material defect in machining, solely based on machine data from the existing numerical controller, eliminating the need for external sensors. The verified model correlates the material defect size with spindle torque changes (affected by tool-, material-, machine-, and machining parameters) and demonstrates the identification of 0.2mm defects compared to 0.7mm in the literature as a remarkable contribution to zero-defect manufacturing.

© 2024 The Authors. Published by ELSEVIER B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>)
Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 18th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, 10-12 July, Gulf of Naples, Italy

Keywords: Material defect detection; Edge computing; Virtual sensor; Zero-defect manufacturing; CNC machine data



Lösungsansatz 2

Maschinelles Lernen und „KI“

in der Produktion „niederschwellig“ nutzen

Maschinelles Lernen in der Bildverarbeitung

Effizienz und Präzision steigern

Einsatz datengesteuerter Modelle zur Vereinfachung komplexer Problemstellungen und zur Optimierung von Produktionsprozessen.

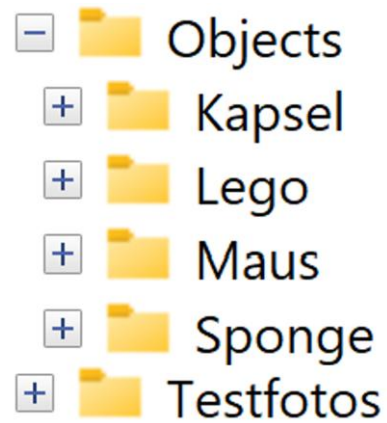
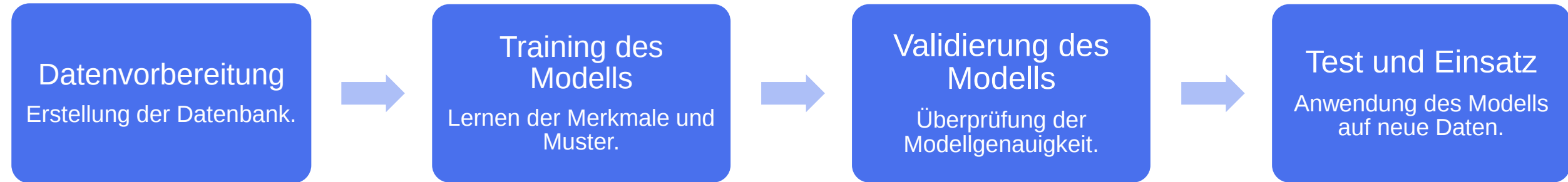
Erweiterte Fähigkeiten

Ermöglichung prädiktiver Wartung und verbesserte Qualitätskontrolle durch Erkennungs- und Klassifizierungssysteme.

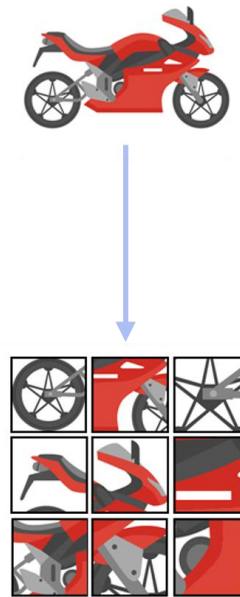
Adaptive Systeme

Lernfähige Algorithmen, die für eine Vielzahl von Anwendungen, von der einfachen Qualitätskontrolle bis zu automatisierten Fertigungsprozessen, adaptiert werden können.

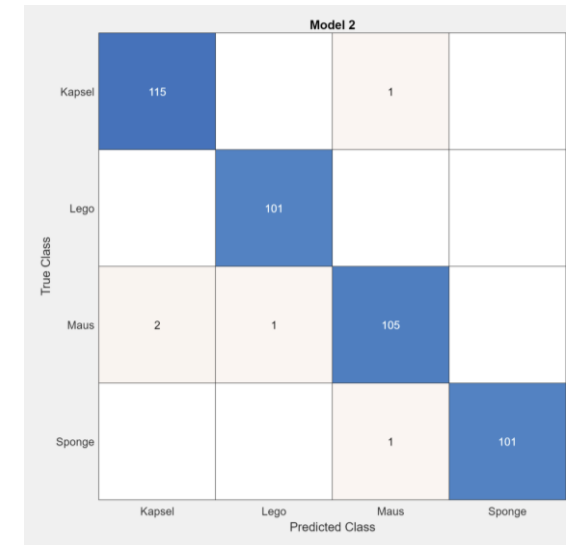
Funktionsweise des Machine Learning Systems



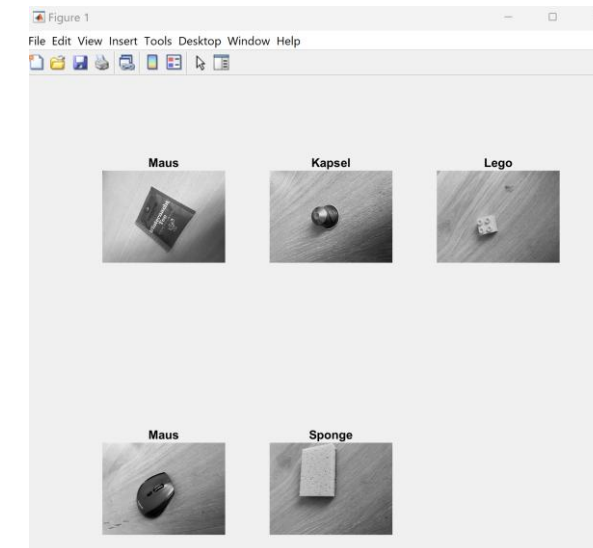
Datenstruktur, Quelle: IFT



Merkmalsextraktion, Quelle: In
Anlehnung an www.educative.io



Konfusionsmatrix, Quelle: IFT



Ergebnisse, Quelle: IFT

Programmstruktur

- **Koordiniertes Zusammenspiel:** Das **Trainingsskript** bereitet die Daten vor, das **Testskript** evaluiert.
- **Zugängliche Technologie für Ingenieur:innen:** Moderne Tools und Plattformen wie MATLAB machen die Modellerstellung und -anwendung für Interessierte ohne tiefergehende Programmierkenntnisse zugänglich.

ObjectIdentification.m	
1	%% Object Identification - Training Phase
2	% Set base directory
3	baseDir = pwd; % or specify your base directory like 'C:\Users\MM\Desktop\Bildererkennung'
4	
5	%% Load image data
6	imset = imageSet(fullfile(baseDir, 'Objects'), 'recursive');
7	
8	%% Pre-process Training Data: *Feature Extraction*
9	% Requires: Computer Vision System Toolbox
10	
11	% Create a bag-of-features from the Object image database
12	bag = bagOfFeatures(imset, 'VocabularySize', 170, 'PointSelection', 'Detector');
13	
14	%% Encode the images as new features
15	imageFeatures = encode(bag, imset);
16	
17	%% Create a Table using the encoded features
18	Objects = array2table(imageFeatures);
19	Objects.ObjectsType = getImageLabels(imset);
20	
21	%% Train a classifier
22	classificationLearner;
23	
24	% Note: After training the classifier, you should manually save it to a file named 'trainedClassifier.mat'
25	% This process is interactive and requires user input to complete the training and saving.
26	
27	%% Save the Bag-of-Features model
28	save(fullfile(baseDir, 'bag.mat'), 'bag');
29	
30	

Object_Identification

MATLAB Skript für das Training, Quelle: IFT

ObjectTesting.m	
1	%% Object Identification - Testing Phase
2	
3	% Set the base directory
4	baseDir = pwd; % Use the current directory or set it manually if needed
5	
6	%% Load the trained classifier and bag of features
7	load(fullfile(baseDir, 'trainedClassifier.mat'));
8	load(fullfile(baseDir, 'bag.mat'));
9	
10	%% Specify the folder containing test images
11	testImageFolder = fullfile(baseDir, 'Testfotos'); % Relative path to test images
12	
13	%% Read all image files from the folder
14	imageFiles = dir(fullfile(testImageFolder, '*.jpg')); % Assumes JPEG images
15	imageFiles = [imageFiles; dir(fullfile(testImageFolder, '*.png'))]; % Includes PNG images if needed
16	
17	%% Prepare the figure for subplotting
18	figure;
19	numImages = length(imageFiles);
20	numCols = ceil(sqrt(numImages));
21	numRows = ceil(numImages / numCols);
22	
23	%% Perform object detection on each image in the folder
24	for i = 1:numImages
25	testImagePath = fullfile(testImageFolder, imageFiles(i).name);
26	fprintf('Processing image: %s\n', testImagePath);
27	ObjectFinderOnImage(trainedClassifier, bag, testImagePath, i, numRows, numCols);
28	end
29	

Object_Testing

MATLAB Skript für das Testen, Quelle: IFT

Lösungsansatz 3

Sichere Datenräume schaffen und Kooperationen aufbauen

Datenräume nutzen – „Austrian Manufacturing Data Space“

- AMIDS als österreichischer Datenraum
- KI mit Daten versorgen ohne die Datensouveränität zu verlieren.
- Datenmenge eines KMUs im Vergleich sehr klein.
- Beispiele: Co-Design, Co-Production, Energie-Management



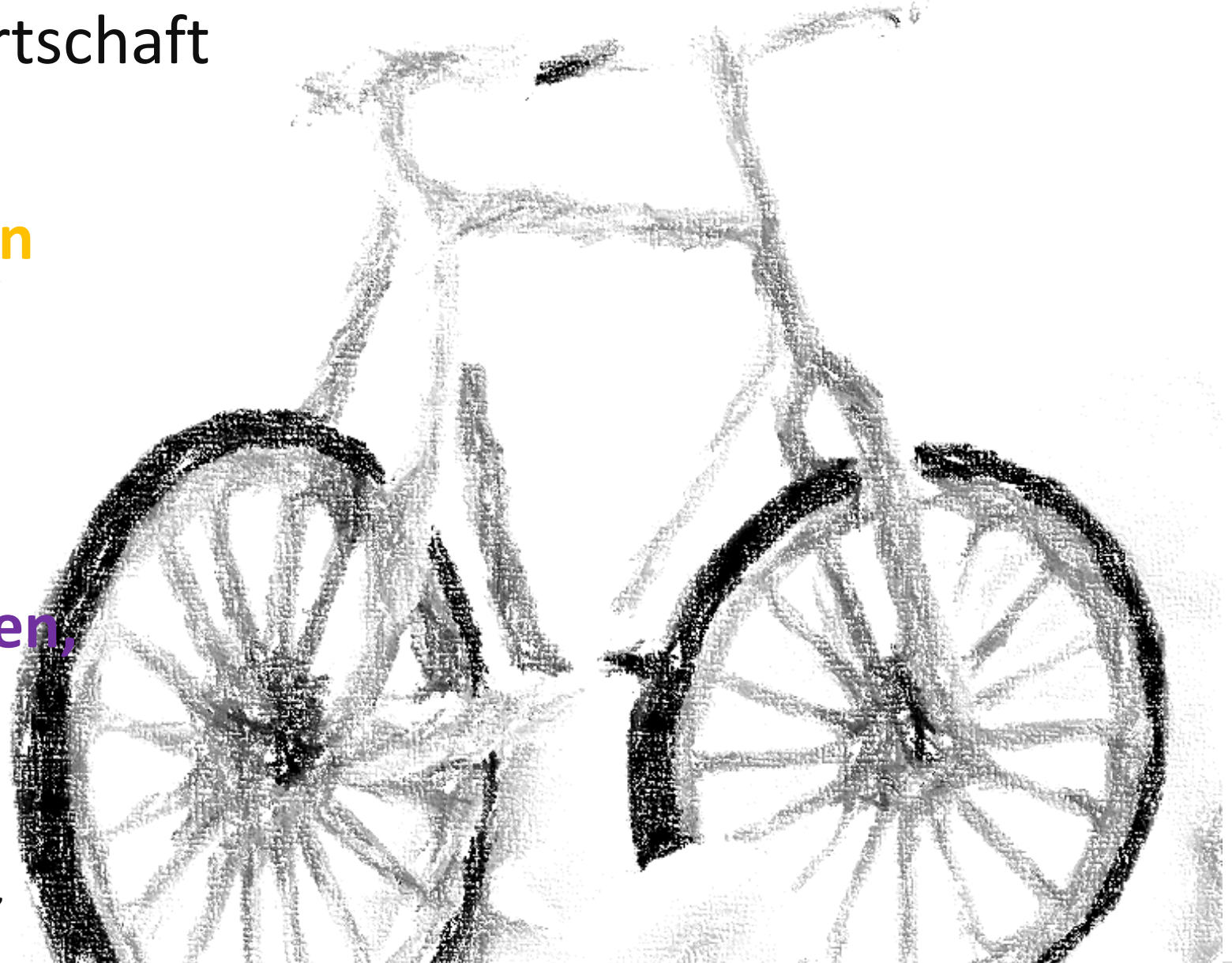
Lösungsansatz 4

Neue Geschäftsmodelle der Kreislaufwirtschaft

Die 7-R's der Kreislaufwirtschaft

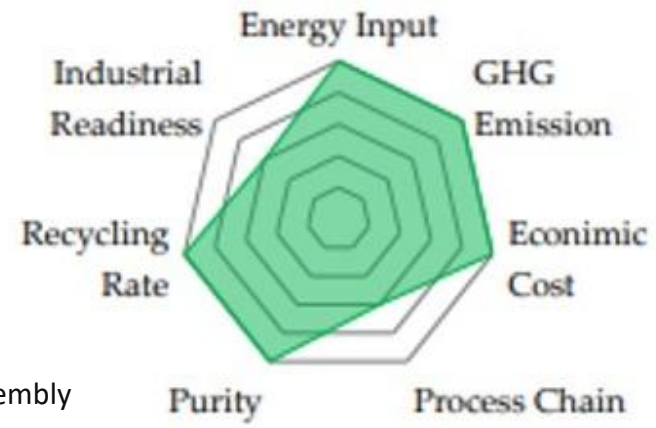
1. **Reduce** = reduzieren
2. **Re-use** = wieder nutzen
3. **Repair** = reparieren
4. **Re-fit** = überholen
5. **Re-build** = erneuern
6. **Re-furbish** = aufbereiten,
Upcycling
7. **Re-cycle** = rezyklieren

Quelle: Kreislaufwirtschaft als Strategie der Zukunft,
Alfred Münger



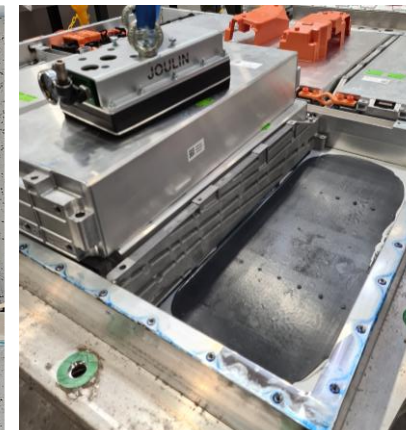
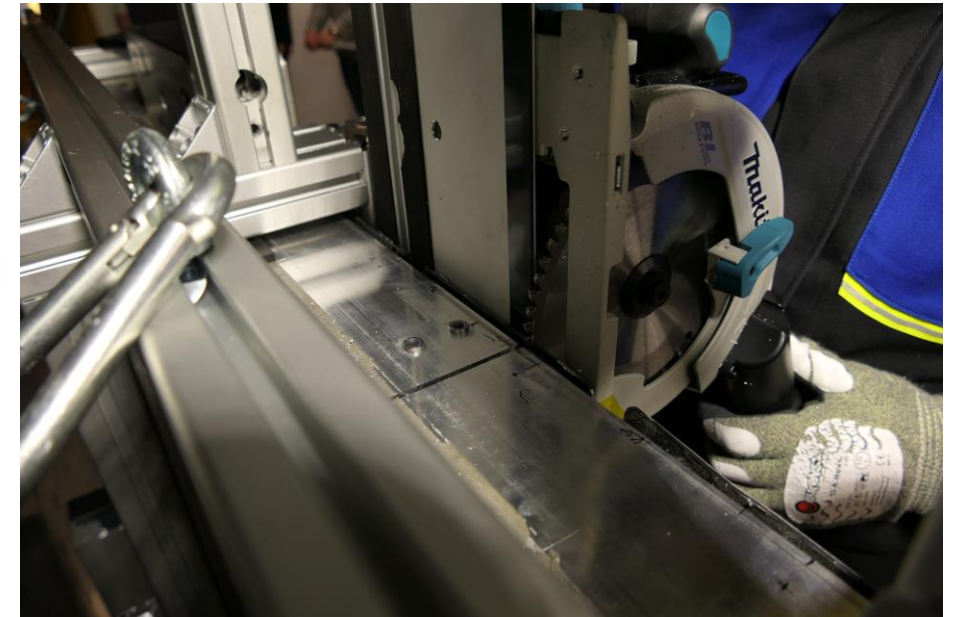
Projekt „Battbox“ – Batterierecycling als Rohstoffquelle

BA+TBOX

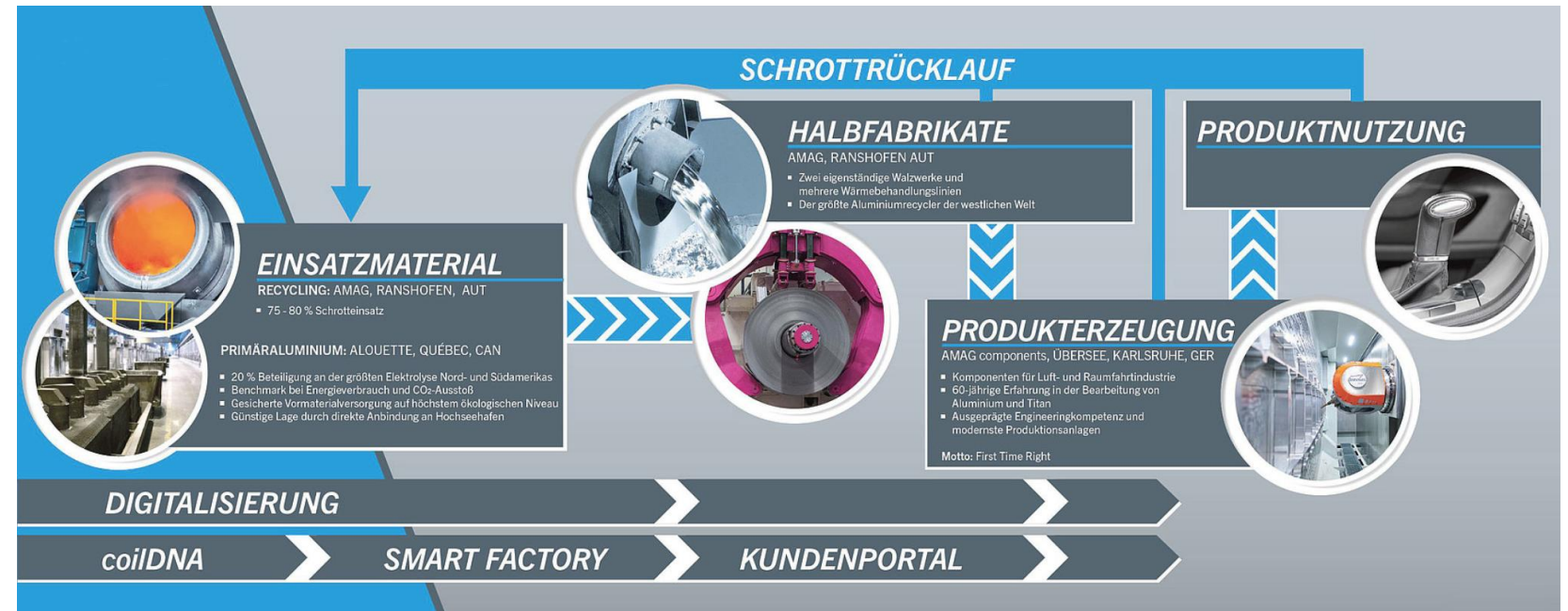
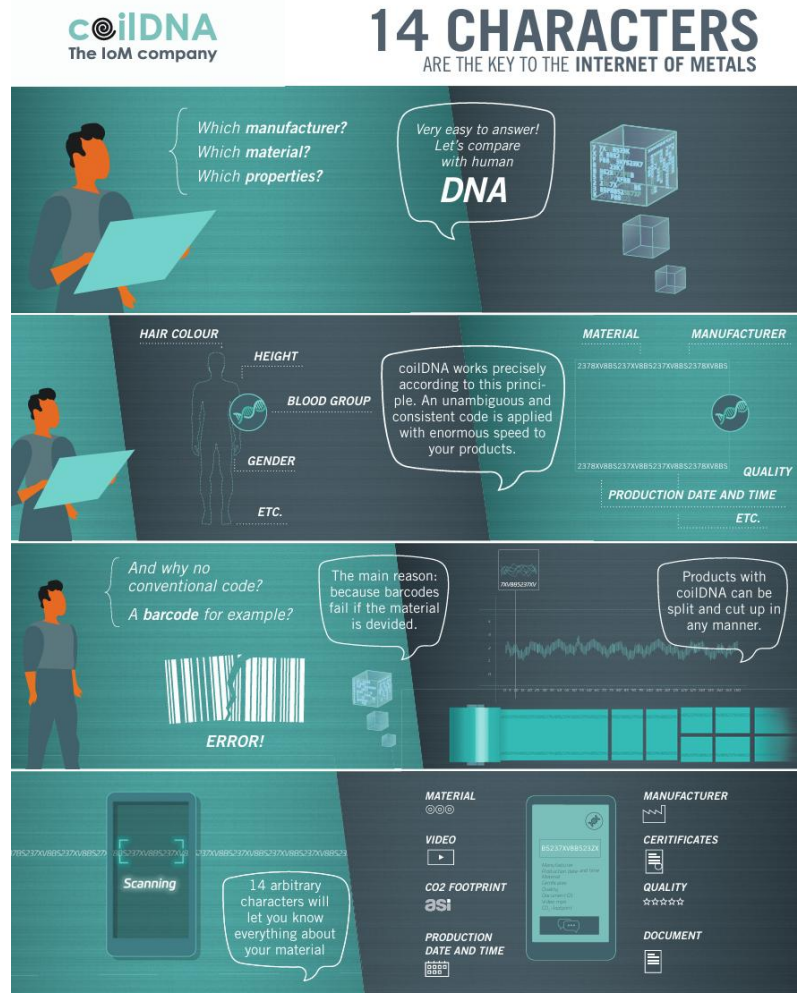


Quelle: A Systematic Review on Lithium-Ion Battery Disassembly Processes for Efficient Recycling, S.6, Wu u.a., 2023

Direktes Recycling auf Zellebene



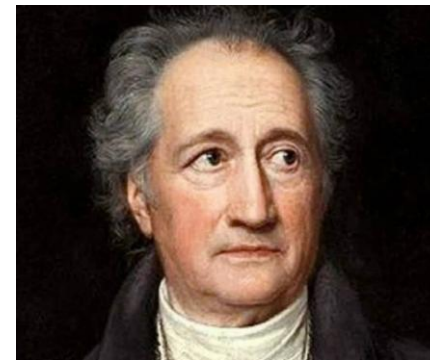
Fertigung von Luftfahrtkomponenten (Quelle: AMAG AG)



Lösungsansatz 5

Wirtschaften neu denken – Warum immer in die Ferne schweifen oder „Made in Europe“

*Zitat Johann Wolfgang v. Goethe:
„Willst du immer weiter schweifen?
Sieh, das Gute liegt so nah.
Lerne nur das Glück ergreifen,
Denn das Glück ist immer da.“*



„Made in Europe“

„Fangen wir doch neu zu wirtschaften an und entdecken die Fähigkeiten, Fertigkeiten und den Willen zur kostengünstigen Produktion in der unmittelbaren Nachbarschaft.“

Dann wird das Geld wieder im Kreis zirkulieren und nicht in der weiten Welt versickern.“ (F. Haas, 18.09.2024)

Made in Europe – State of Play



5 Lösungsansätze

1. **Prozessoptimierung** durch „Edge Computing“
2. **Maschinelles Lernen** und „KI“ in der Produktion „**niederschwellig**“ nutzen
3. **Sichere Datenräume** schaffen und Kooperationen aufbauen
4. **Neue Geschäftsmodelle** der Kreislaufwirtschaft
5. **Wirtschaften neu denken**

