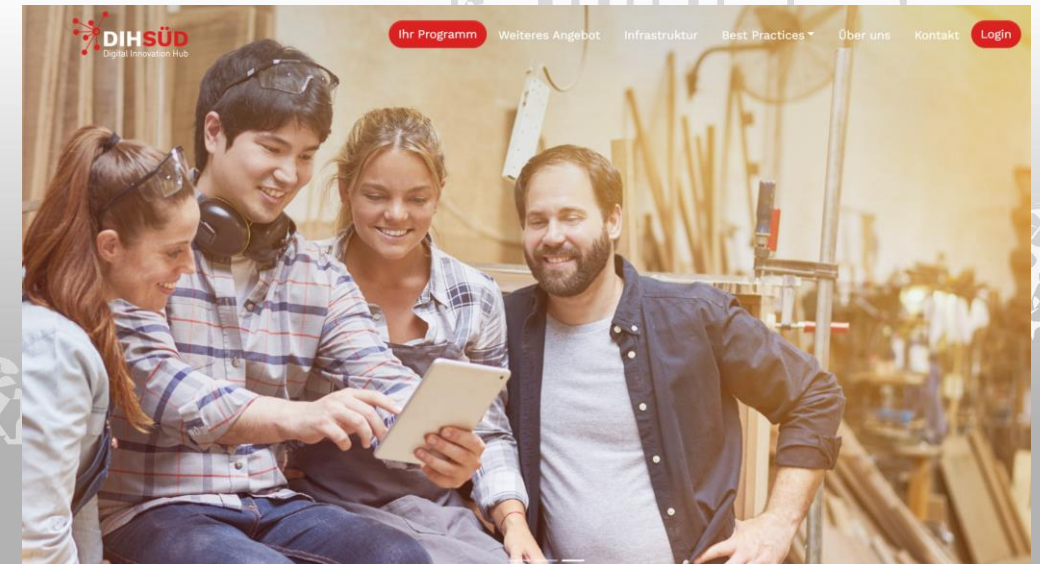


Nachhaltigkeit in der Produktion

Kreislaufwirtschaft: Ja, aber wie?

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

28/05/2024



Agenda

Nachhaltigkeit in der Produktion

Kreislaufwirtschaft: Ja, aber wie?



Produktions- und
Fertigungstechnologien

🕒 **Datum/Uhrzeit:**

28.05.2024 14:00 - 17:00

📍 **Veranstaltungsort:**

Seminarraum UFO (NT02052)

Kopernikusgasse 24/IV

8010 Graz

👤 **Veranstalter:**

TU Graz



Beschreibung der Problemstellung

Ein wichtiges Konzept zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele der Europäischen Union ist die Kreislaufwirtschaft. Dabei sollen **Stoffströme** durch die **Wiederverwendung** und erneute **Aufbereitung von Produkten und Materialien geschlossen** werden, um so den gesamten Ressourcen- und Energieeinsatz zu optimieren. **In der Theorie klingt dieses Konzept einfach und nachvollziehbar.** In der Praxis der Produktion stoßen jedoch vor allem KMUs dabei häufig an ihre Grenzen.



Wie genau kann man Stoffkreisläufe schließen?

Welche Materialien und Fertigungsverfahren erlauben ein optimales Recycling?

Wie trennt (Zerlegen, Zerteilen und Abtragen) man Produkte und Werkstücke im Sinne der Kreislaufwirtschaft richtig?

Wie genau können moderne Technologien wie Künstliche Intelligenz und Roboter dabei helfen?

Ziele

- Tipps zur effizienteren Nutzung von Energie und Ressourcen in der Produktion sowie zur **recyclinggerechten Wahl der Materialien** sowie Urform-, Umform-, Füge- und Beschichtungsverfahren
- **Angewandtes Wissen zur Wahl geeigneter Trennverfahren** in der Kreislaufwirtschaft
- Überblick über die neuesten Möglichkeiten zum **Einsatz von Künstlicher Intelligenz und Robotik in der Kreislaufwirtschaft**

Sustainable Production / What is it?

Sustainable Production is the creation of goods and services using processes and systems that are:

- Non-polluting
- Conserving of energy and natural resources
- Economically viable
- Safe and healthful for workers, communities, and consumers
- Socially and creatively rewarding for all working people

These conditions lead, **always in the long term**, and **often in the short term**, to more economically viable and productive enterprises.

If production is sustainable, then the environment, employees, communities, and organizations - **all benefit**.

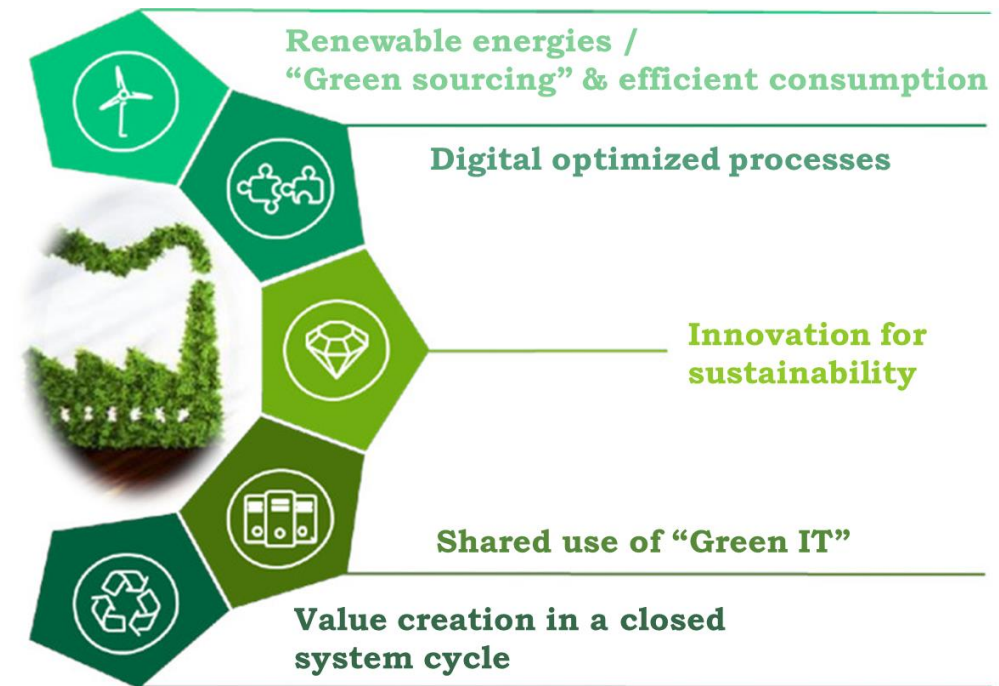
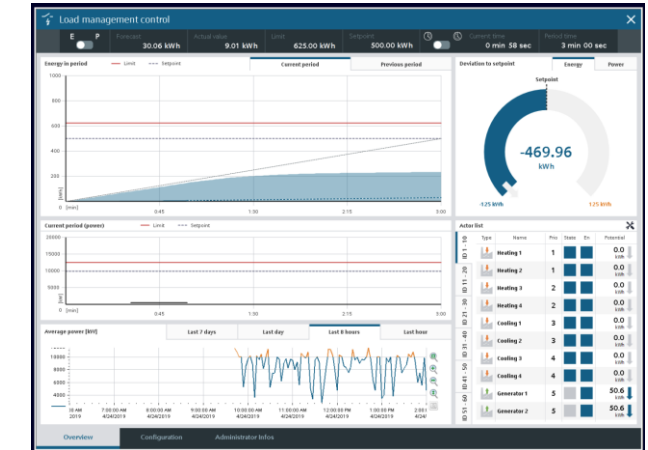
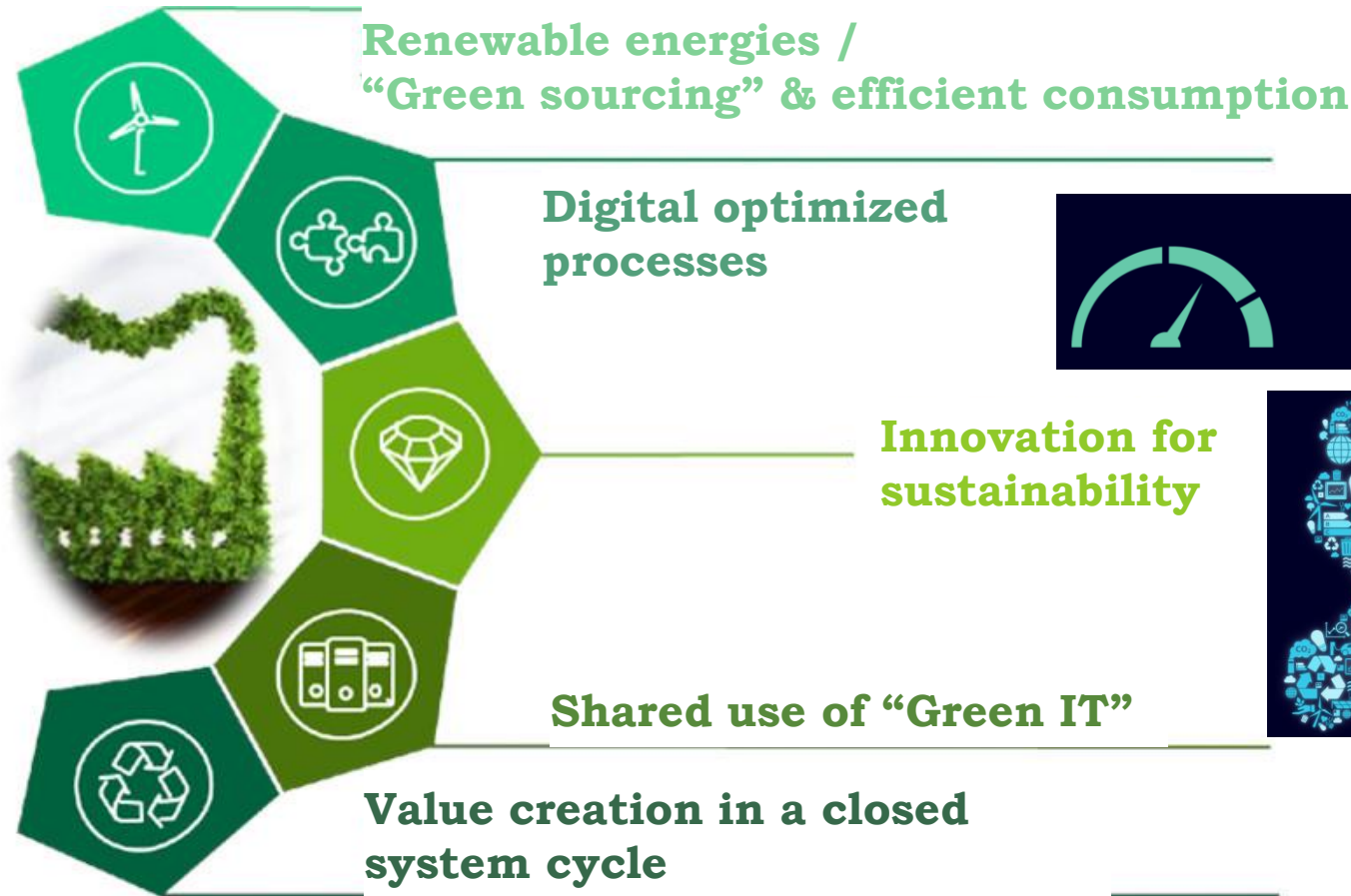


Fig.: Starting points for sustainable manufacturing (adapted), Source: <https://www.produktion.de/wirtschaft/alternativlos-nachhaltigkeit-in-der-produktion-und-logistik-122.html>

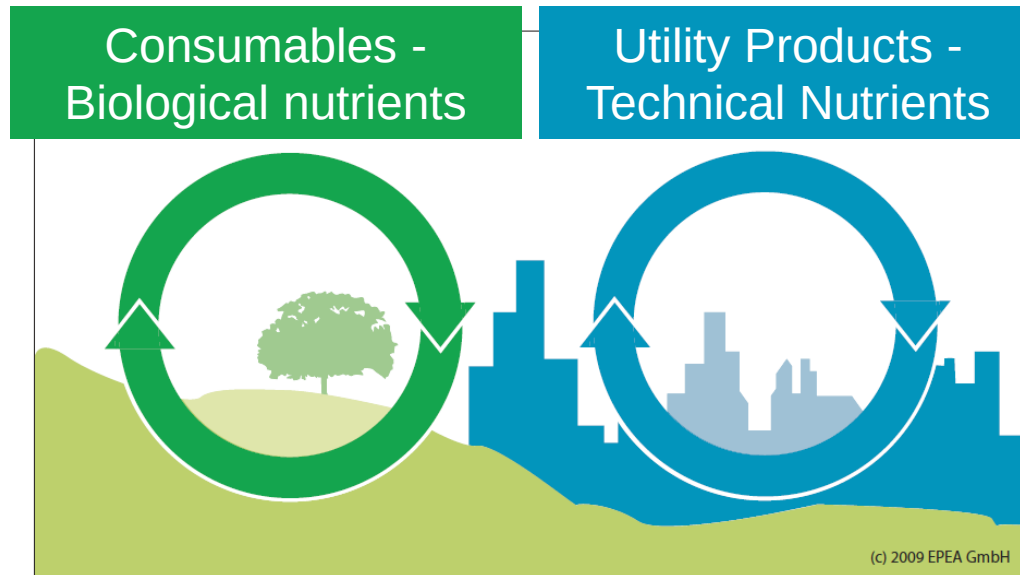
University of Massachusetts Lowell, Source: <https://www.uml.edu/research/lowell-center/about/sustainable-production-defined.aspx>

Sustainable Production

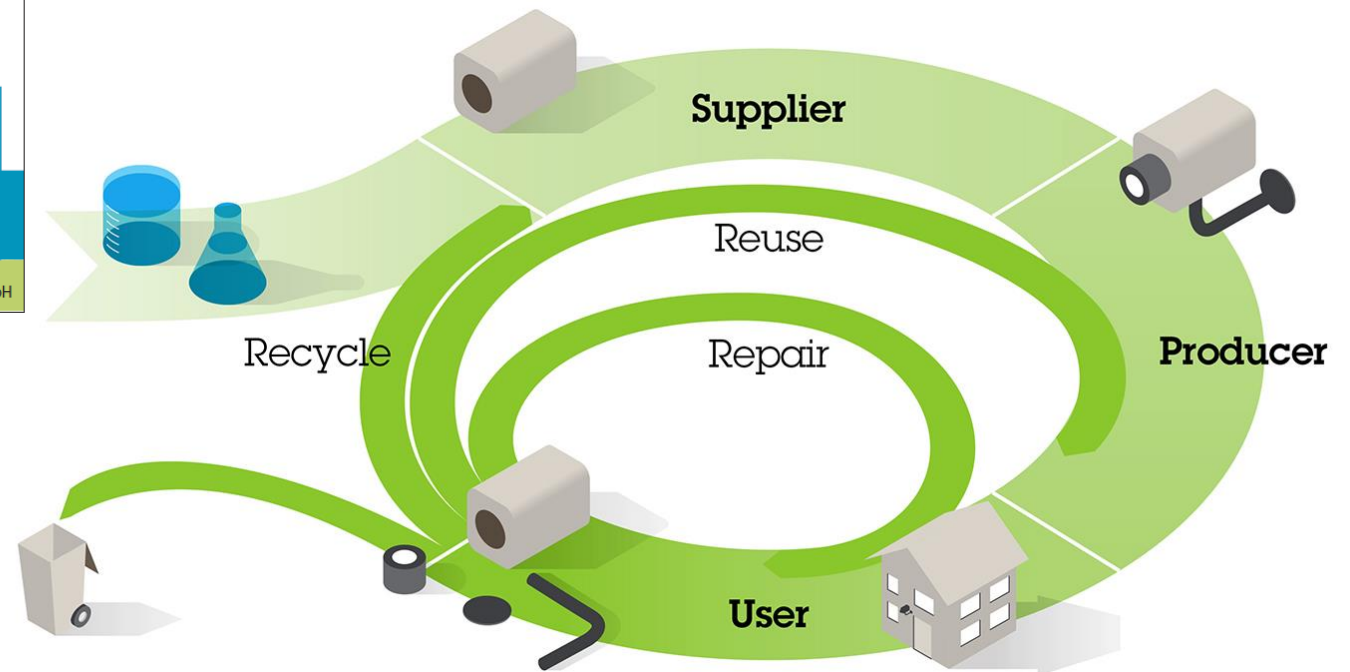


Source: all pictures SIEMENS AG

The technical material cycle - Cradle to Cradle®



Source: Neugebauer (Hrsg.)
Handbuch ressourcenorientierte Produktion, S. 146 modified



Cradle to Cradle® philosophy

Cradle to Cradle®

- brings a **new perspective** on biological and technical cycles.
- makes the current **concept of waste obsolete**.

Cradle to Cradle®- principles

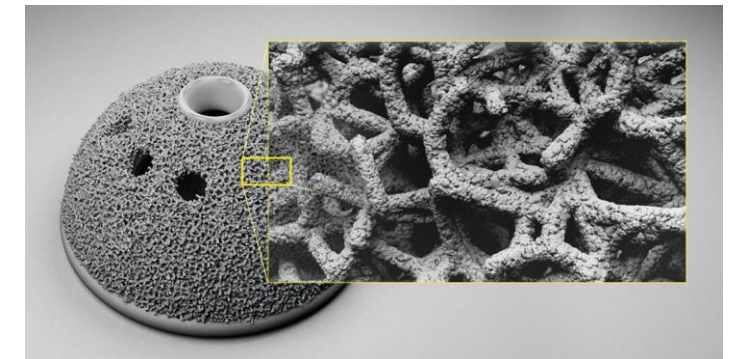
- Everything is nutrition.
- Use of solar energy
- Promoting of variety

The technical metabolism enables **valuable materials to circulate**.

The technical metabolism is **imitated by the biological metabolism**.

Cradle to Cradle® action plan

- **Energy side**
 - Sustainable energy production
 - Energy efficient processes
- **Raw material**
 - Raw material savings via surface treatment
 - Zero defect production (e.g. material quality testing)
 - Lightweight design and topology optimisation
- **Product development**
 - Increase of the product stability (lifetime)
 - New repairing techniques
 - Systematic recycling



Sources: IFT, TU Graz; GE Aviation; JUREC

Bottom-up approach to circular economy



Networks

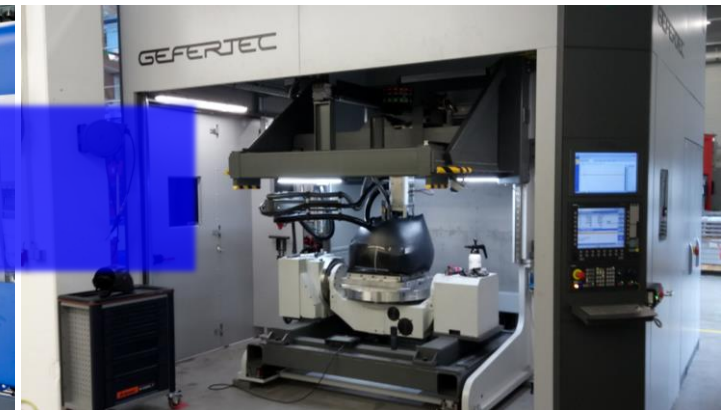


Machines



Processes

Prozesse und Maschinen als Schlüssel für „Green Production“



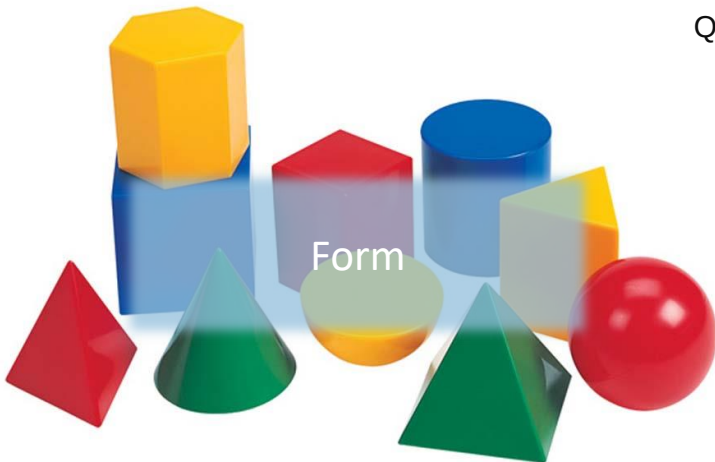
Fertigungsprozesse nach DIN 8580

Schaffen der Form	Ändern der Form				Ändern der Stoffeigenschaften
Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Hauptgruppe 1 Urformen	Hauptgruppe 2 Umformen	Hauptgruppe 3 Trennen	Hauptgruppe 4 Fügen	Hauptgruppe 5 Beschichten	Hauptgruppe 6 Stoffeigenschaft ändern

Quelle: DIN 8580 (2003) S. 7

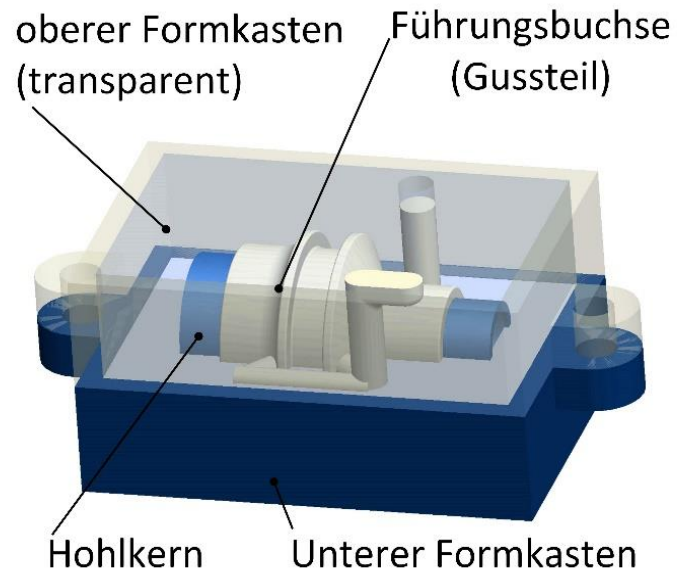


[Bilder Zusammenhalt - Bing images](#)



[Geometric Figures Clip Art - Bing images](#)

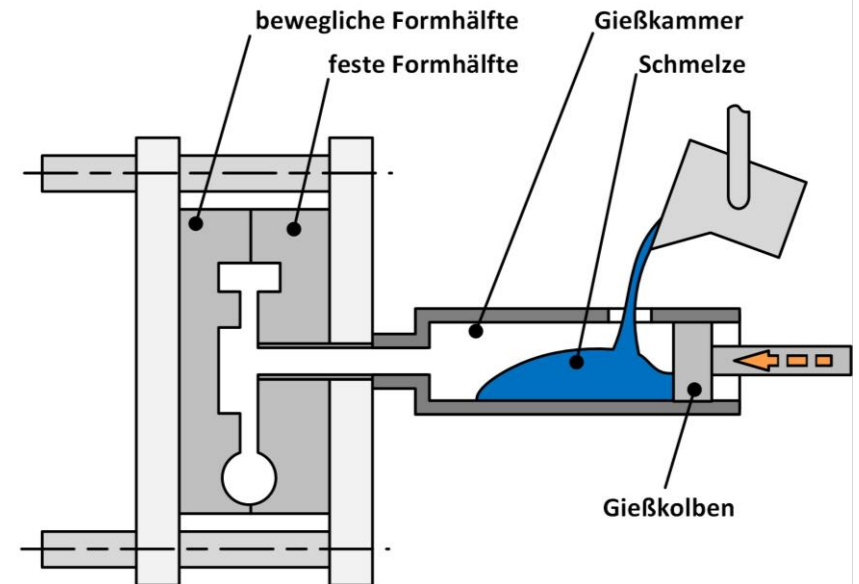
Urformen durch Gießen



Quelle:

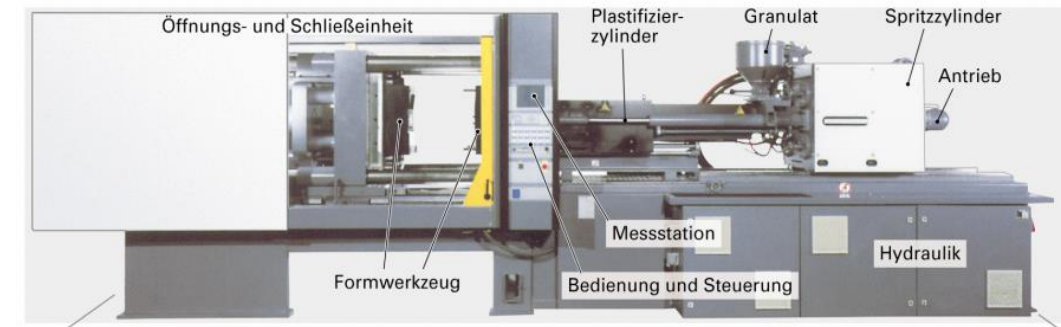
<http://www.ena-guss.de/dynasite.cfm?dsmid=2165> (28.08.2015)

http://www.kspg.com/fileadmin/media/kspg/Broschueren/Produktbroschueren/KS_ATAG/ZKG_Druckguss/at_alusil_durckguss_d.pdf (28.08.2015)

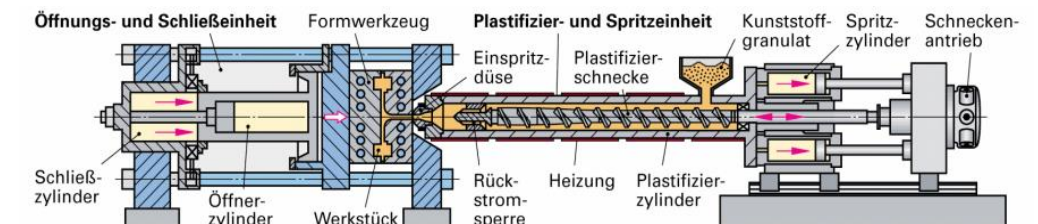


Gießen und Nachhaltigkeit

- Hoher Kreislaufcharakter aller Gießverfahren - Insbesondere Metallschrote werden eingeschmolzen und wieder zu neuen Produkten vergossen.
- Entsorgung von Formsanden stellt ein Problem dar, das durch neue Aufbereitungsmethoden zu lösen ist.
- Kunststoff-Spritzguss für Massenprodukte aus Kunststoffen - Werkzeuge aus dem Metall-3D-Drucker mit konturnaher Werkzeugkühlung reduzieren Taktzeit, Kühlleistung und damit den Energieeinsatz.

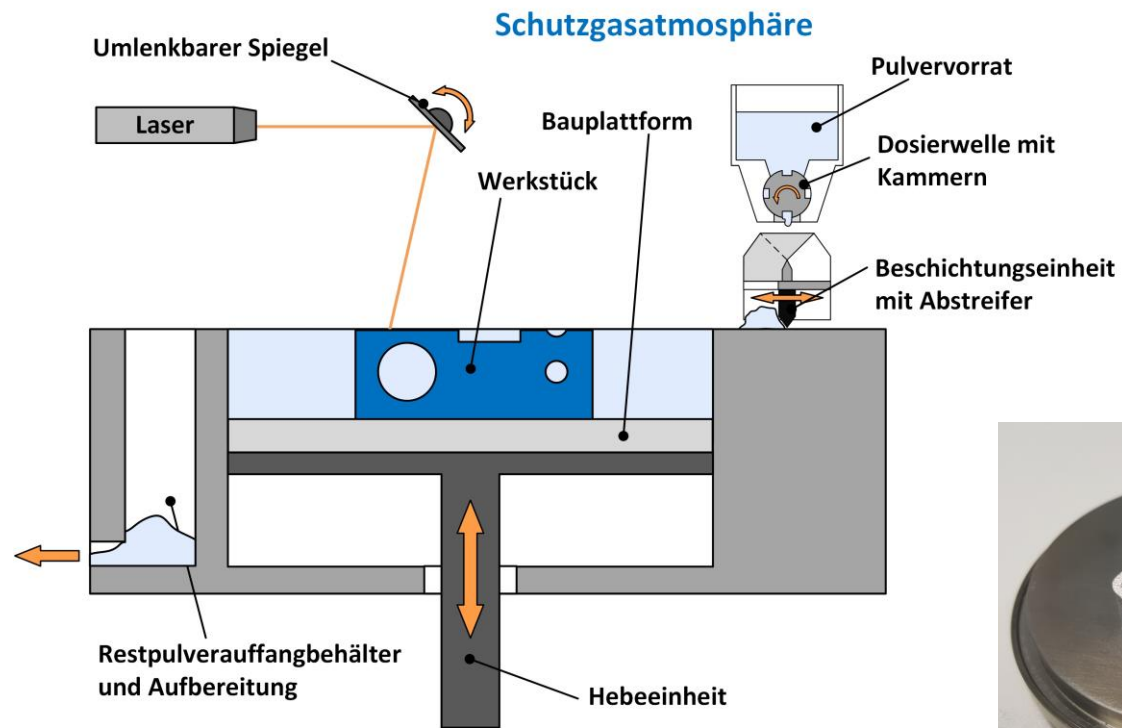


Quelle: Quelle: Dillinger et al. (2010), S 323.

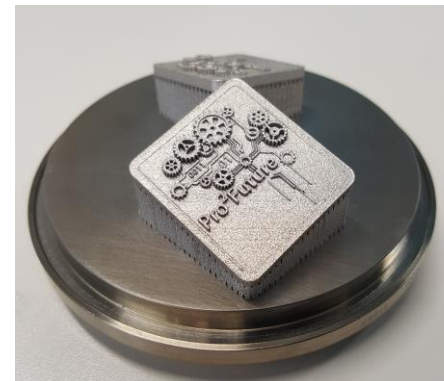


Urformen durch Additive Fertigung

Laser Powder Bed Fusion (L-PBF)

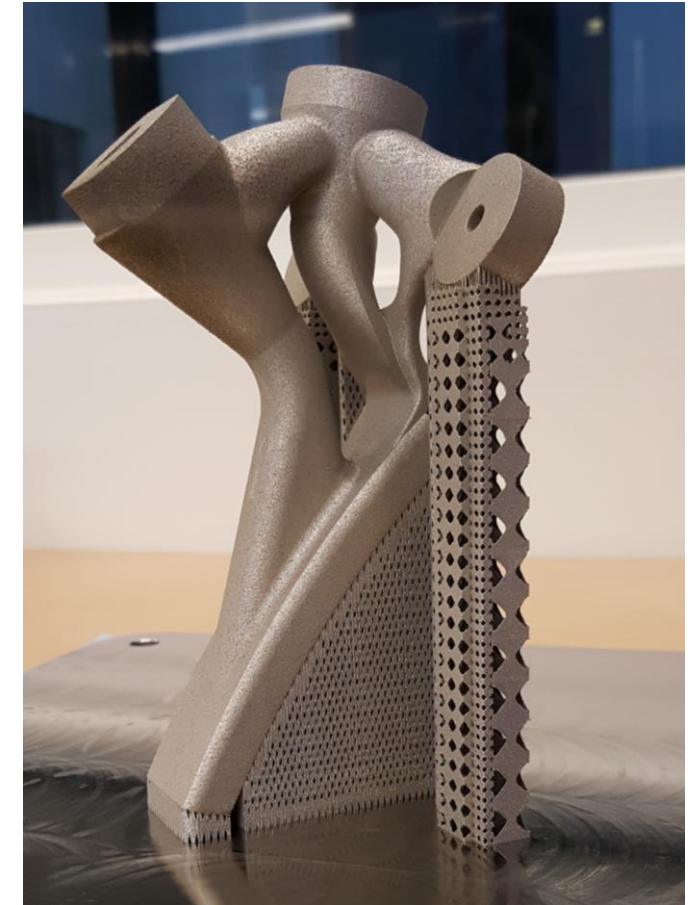
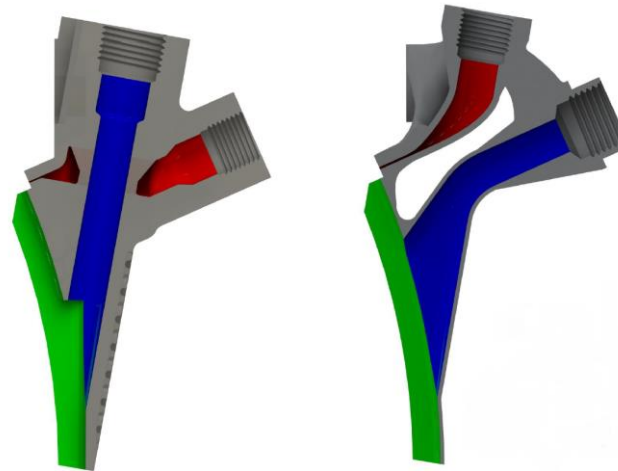


https://www.youtube.com/watch?v=dhgb8paJt1g&list=PLt1wQj2nsDdb5cn4NIpe4_fD-CDNcaOF4

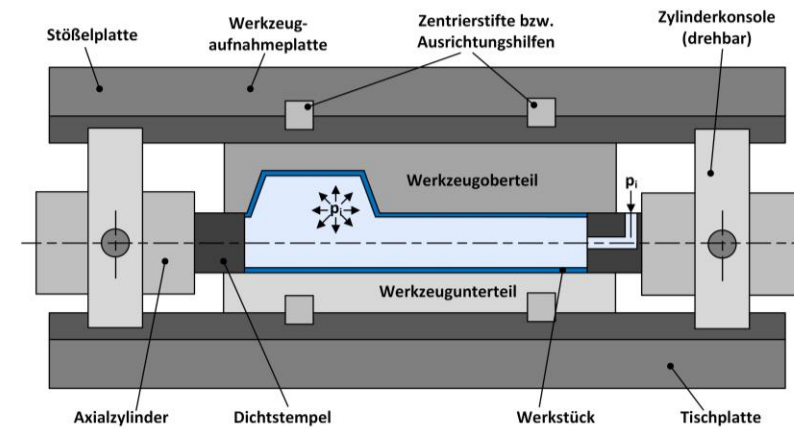
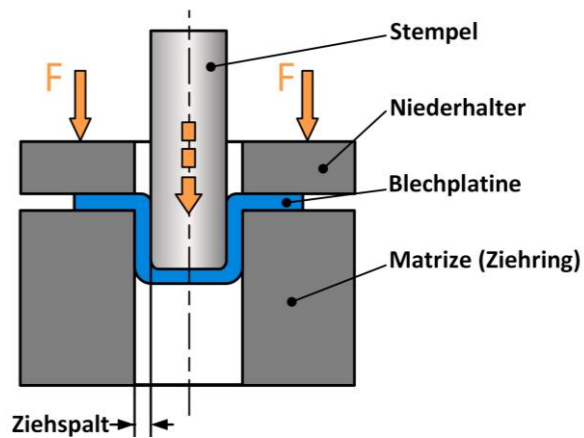
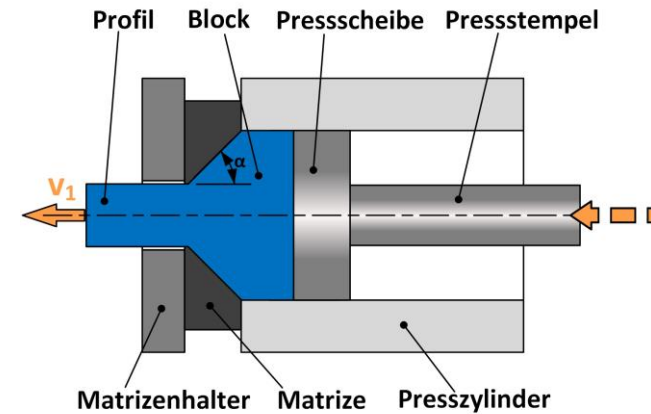
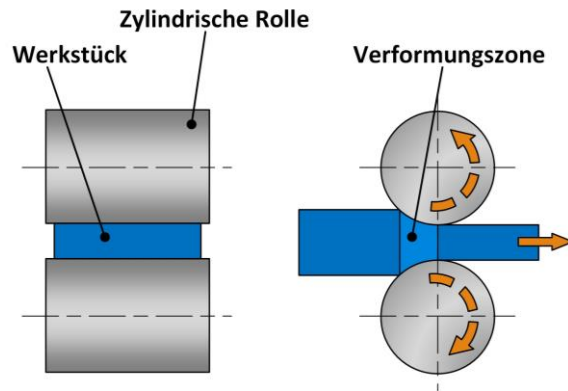


Additive Fertigung und Nachhaltigkeit

- Leichtbau durch Topologieoptimierung ermöglichen.
- Energieverbrauch durch optimierte Strömungskanäle verringern.
- Prozesse durch bessere Kühlung verbessern.
- Transport- und Verpackungskosten durch Leichtbau und Funktionsintegration reduzieren.



Quellen: IFT, TU Graz

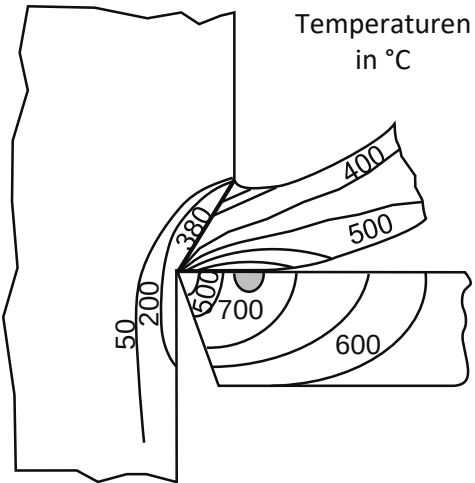
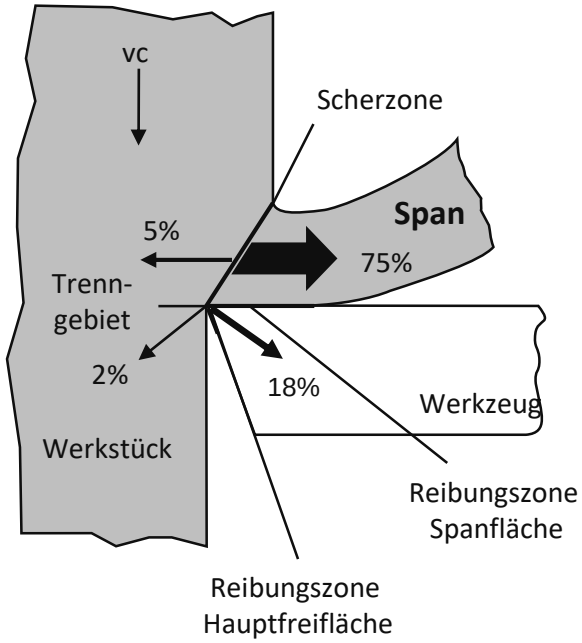
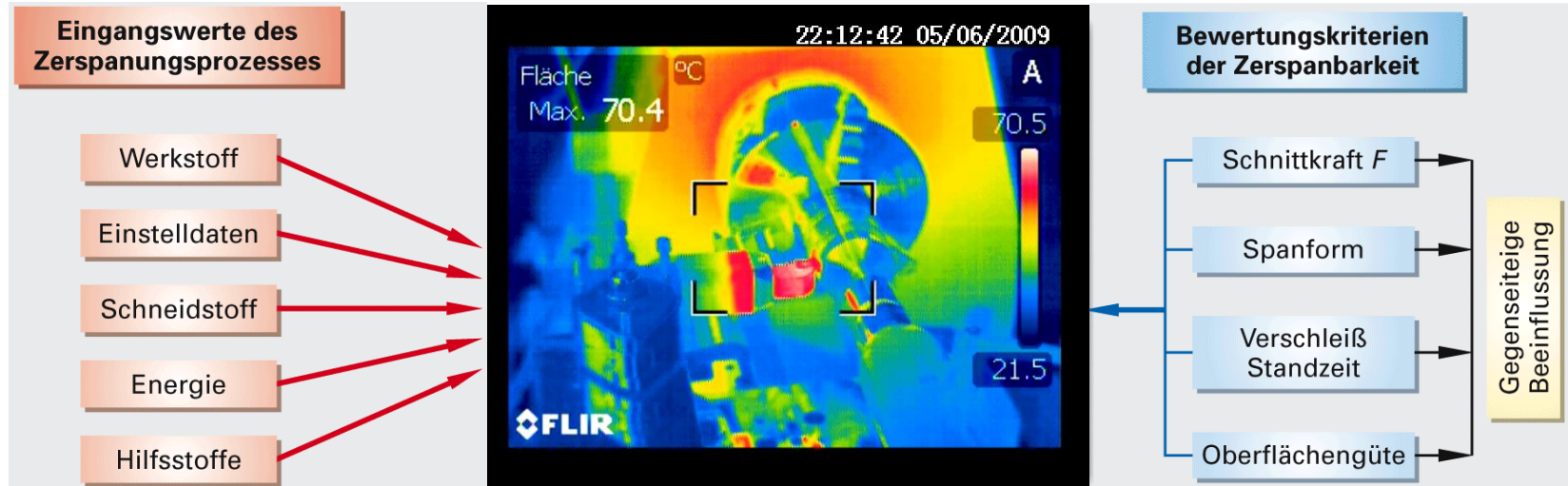


Umformen und Nachhaltigkeit

- Leichte Bauteile mit hoher Festigkeit (Kaltverfestigung durch Umformwerkzeuge)
- Pressblanke Oberflächen mit geringen Reibungswiderständen
- Extrem kurze Taktzeiten und damit geringer Energieeinsatz
- Karosserieteile im Materialmix erzielen Bestwerte hinsichtlich Gewicht und Steifigkeit.



Trennen durch Drehen, Fräsen, Schleifen, ...



Zerspanen und Nachhaltigkeit

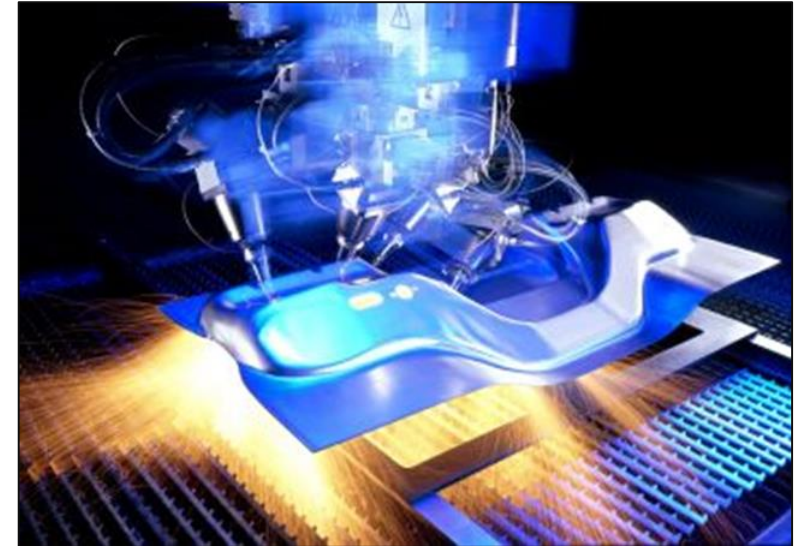
- Schleifen, Honen und Läppen erzielen definierte Oberflächen und dadurch Energieeffizienz und hohe Laufleistungen der Produkte.
- Randschichthärten bringt Vorteile durch nachfolgendes Zerspanen.
- Neue Werkzeugtechnik mit CBN-Schneiden ersetzt das Schleifen durch Hartdrehen und Hartfräsen.
- Sortenreine Trennung der Späne und Rückführung in den Schmelzprozess für hochwertige Halbzeuge.
- Präzision reduziert Ausschuss und Ressourcenverbrauch.



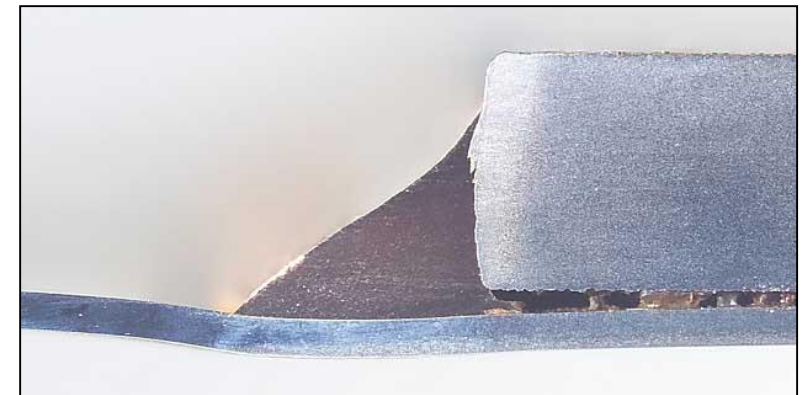
Quelle: TU Graz, Lunghammer

Fügen - Oberflächentechnik – Wärmebehandlung und Nachhaltigkeit

- Wärmequellen, die aus grünem Strom oder aus grünem Wasserstoff ihre Energie beziehen.
- Spezielle Temperaturführung und Isolation führt zur Reduzierung des Energieverbrauchs.
- Fügetechnik mit geringem Energieeintrag für hochfeste Verbindungen mit minimalem Bauteilverzug.
- Oberflächenhärte schafft die Voraussetzung für lange Produktlebensdauer.



Quelle: <http://dvs-aft.de/AfTV/V9/V9.2/Images/V92.jpg>



Quelle: Fronius, Präsentation zum Cold-Metal-Transfer-Verfahren

Nachhaltige Maschinen mit moderner Antriebstechnik

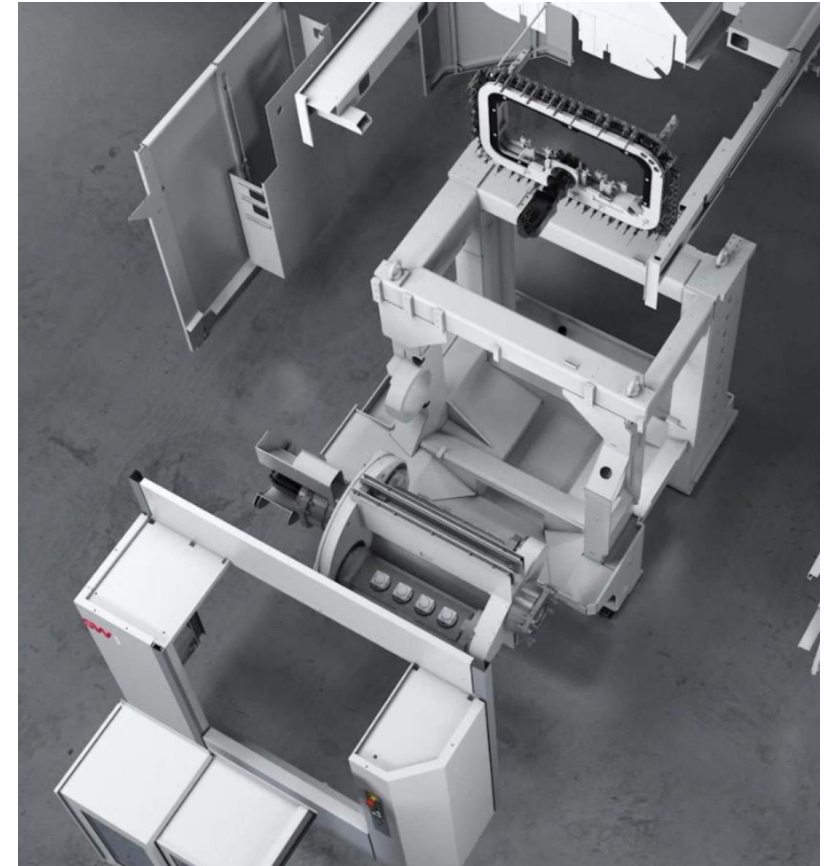
- **Vorschubantriebe** besitzen einen Anteil von etwa 20% am Gesamtenergiebedarf. Es lohnt sich daher, in diese Technik zu investieren.
- Ergebnis sind **hochdynamische Antriebe** mit höchsten Genauigkeiten.
- **Effiziente Pumpen und Kühlaggregate** mit Drehzahlregelung ergänzen die Optimierungsansätze.
- Weitere Ziele sind **Stabilität, Konnektivität** und **Miniaturisierung** der Antriebe.



Quelle: Siemens Antriebstechnik

Nachhaltige Maschinenkonstruktionen

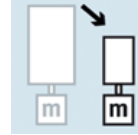
- **Agile Maschinenkonzepte** im Baukasten-Design
- **Neue Materialien** (z.B. Metallschäume, CFK)
- **Bionische Ansätze** und Topologie-Optimierung
- **Kinematik-Design** mit niedriger Bewegungsredundanz (Vorbild ist die **schreibende Hand**.)
- **Null-Fehler-Produktion** durch stabiles Maschinendesign
- Geringe thermische Verformungen durch **Werkstoffe mit niedriger Wärmeausdehnung**
- **Formgedächtnis-Legierungen** mit thermischer Stabilität
- Einsatz von Mechatronik zur **Trennung von Wärmebrücken** zwischen den Bauteilen.



[Home](#) | [SW Schwäbische Werkzeugmaschinen](#)
(sw-machines.com)

Design guidelines of the energy value flow analysis

1) **Decision & Dimensioning**



2) **Efficiency increase**



3) **Switching off**



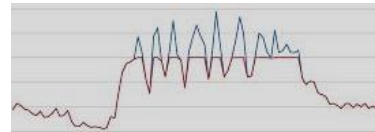
4) **Energy recuperation**



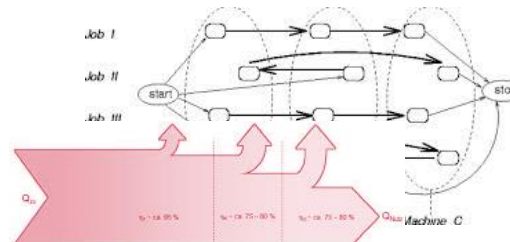
5) **Process-related waiting times**



6) **Peak load balancing**



7) **Production order**

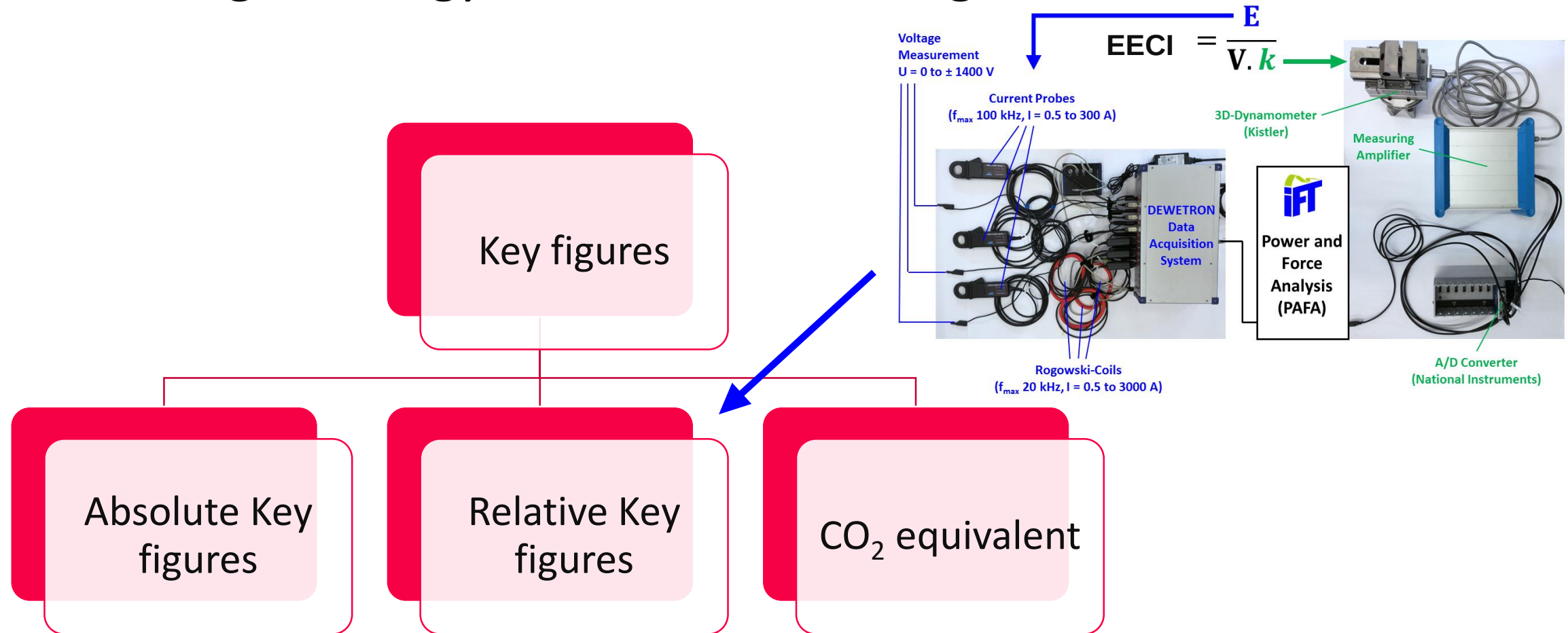


8) **Energy distribution**

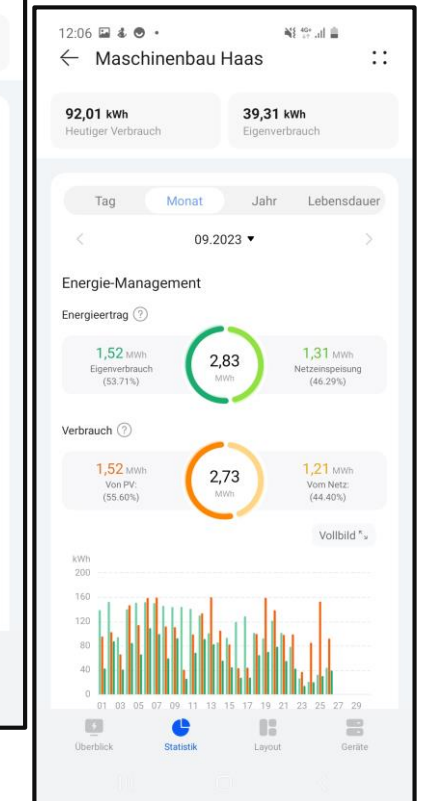
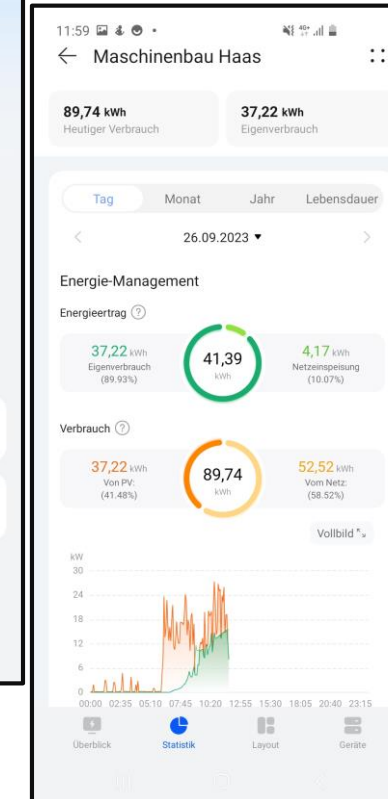
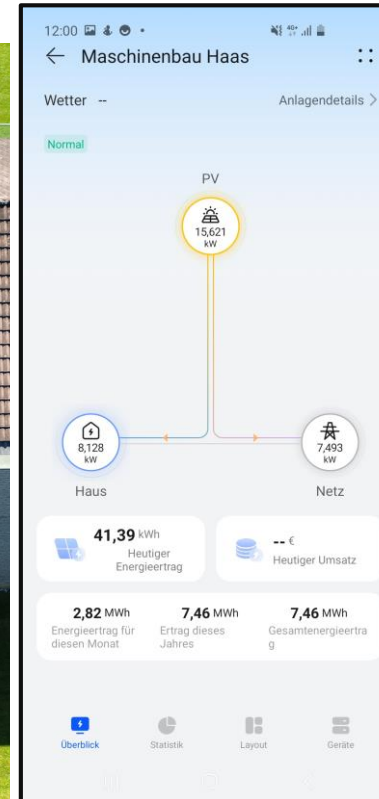


[Richtlinien allgemein - Bing images](#)

Controlling in energy and resource management

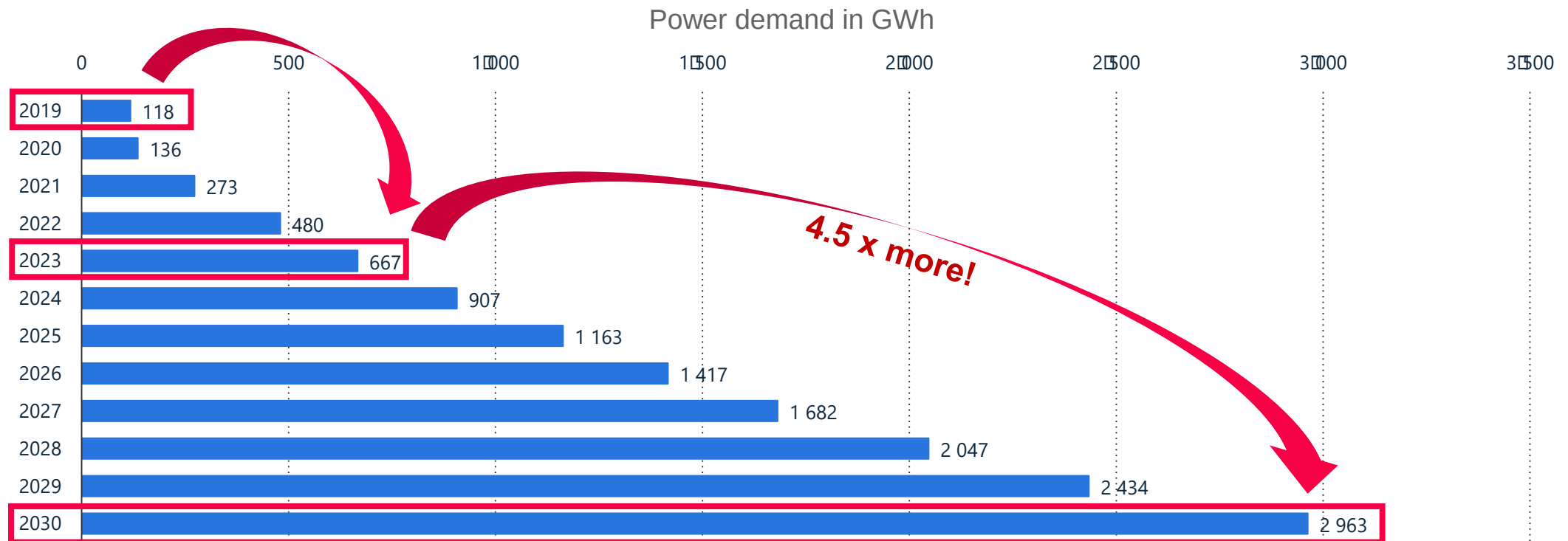


Networks – Energy Grids for SMEs



Battery Production and Recycling

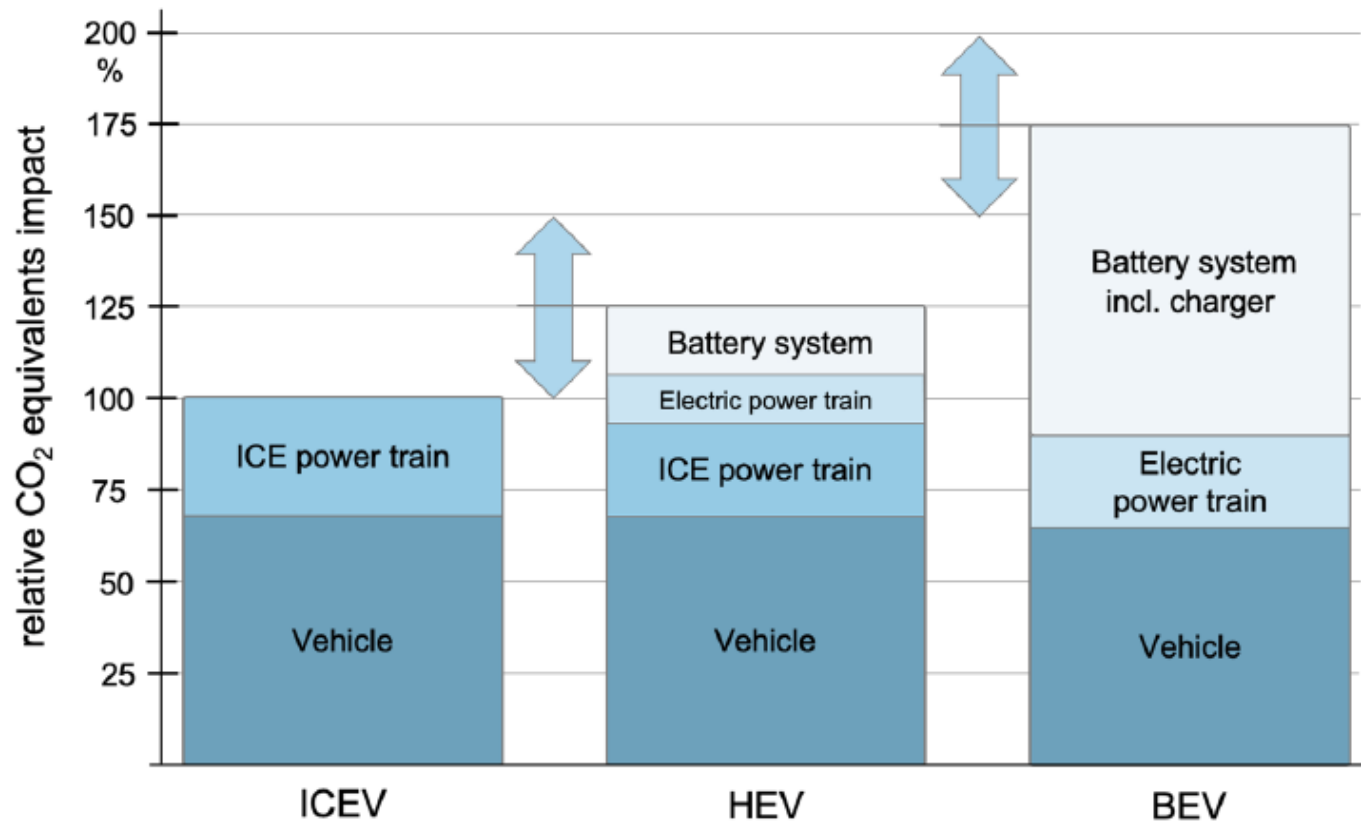
Forecast of the worldwide annual power demand of batteries for electric cars until 2030



Electromobility is becoming increasingly important in automotive engineering, with energy storage in particular being a key issue.

Source: Statista (2023)

Battery Production and Recycling



CO₂-equivalent-emission impacts of vehicle production in comparison, Source: World Electric Vehicle Journal, Hirz, Nguyen (2022)

Production of battery-electric vehicles has about a **50–100% higher carbon footprint** than those of cars driven by conventional powertrains.

Mainly based on the battery system!

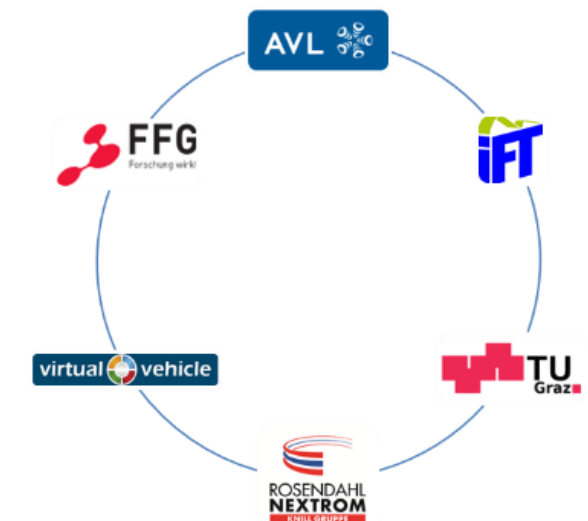
Actual focus in automotive industry on **battery production** and its **optimized integration** in the vehicle.

Battery Innovation Center (BIC)

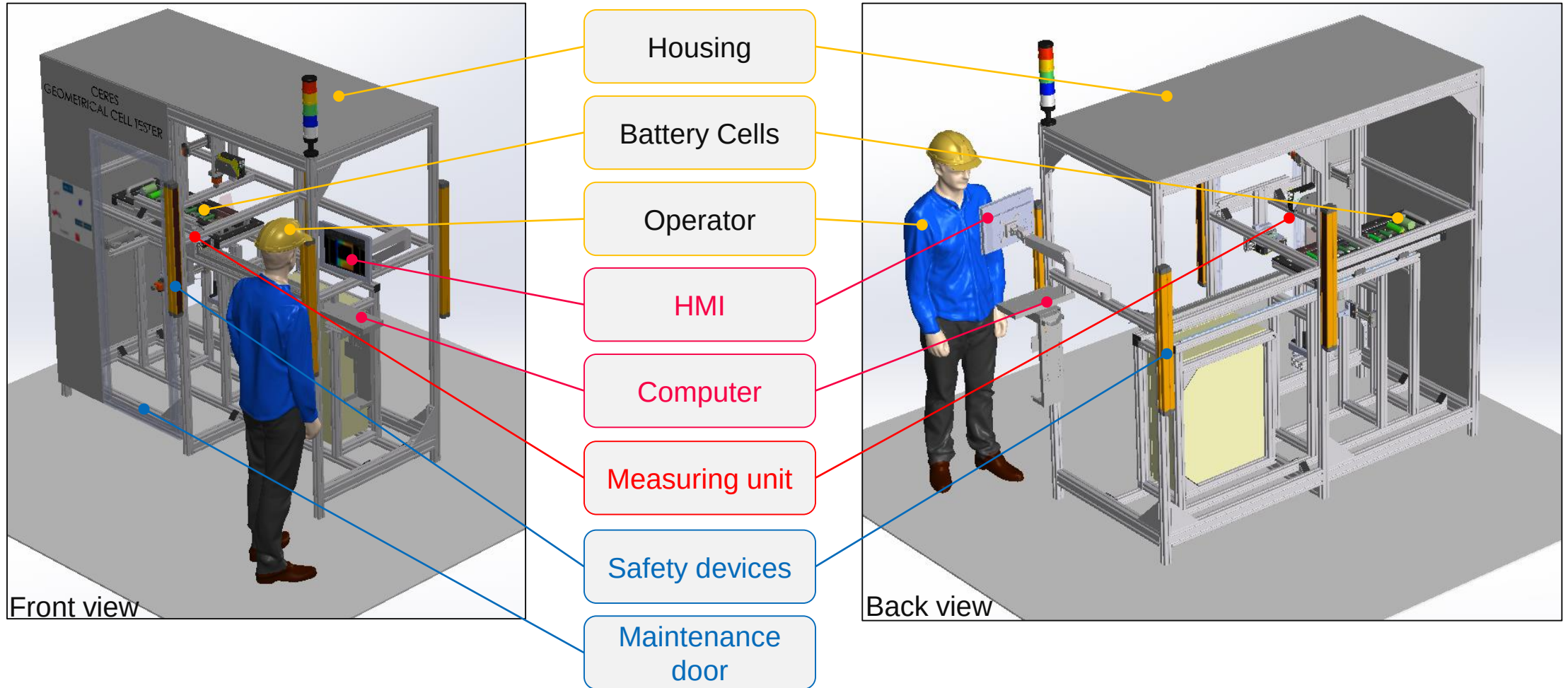
- **AVL List GmbH** has established the Battery Innovation Center (BIC) at its Graz site in order to offer appropriate solutions for the automotive market in the future.
- At the BIC, **various battery cell types** are assembled into battery modules and packs in the area of prototype and small series production.
- **Wide range of vehicles**, from electric scooters to passenger cars and heavy vehicles.
- Goal of the BIC project is a **flexible production facility** that enables the assembly of battery modules for all customer specific requirements.

 Federal Ministry
Republic of Austria
Climate Action, Environment,
Energy, Mobility,
Innovation and Technology

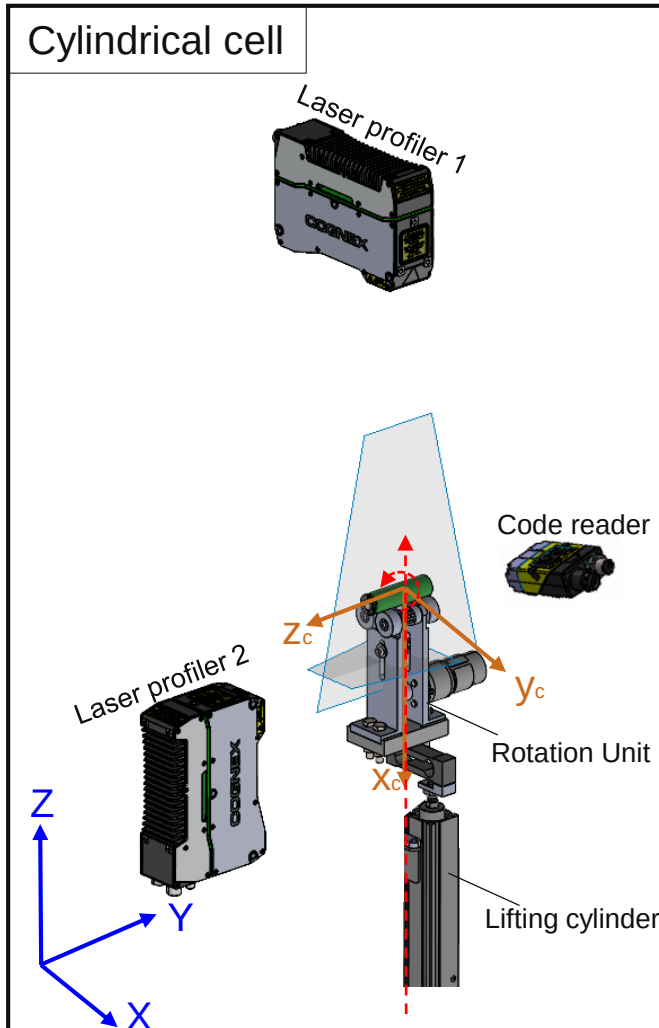
Programme:	BMK: FTI - Mobility of the Future
Project start:	01.10.2019
Project end:	30.09.2021



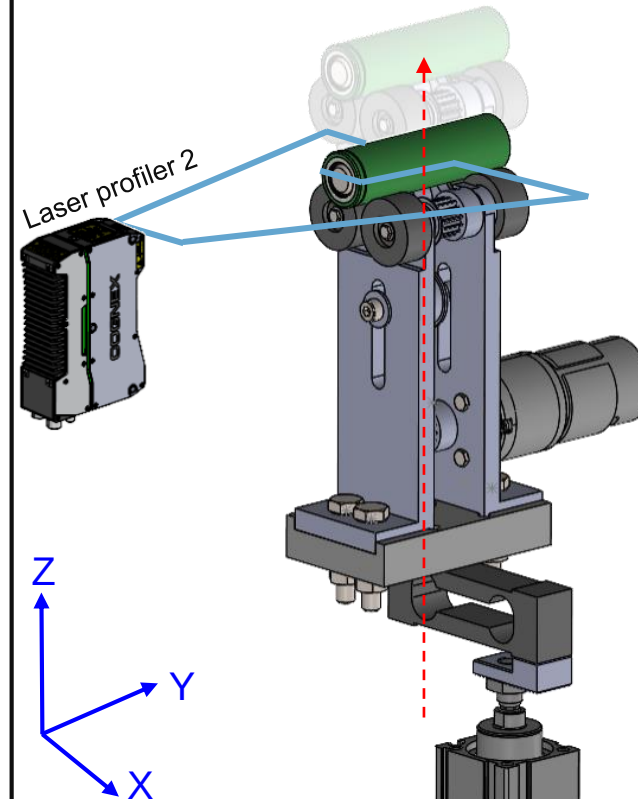
Geometric Cell Tester (CERES)



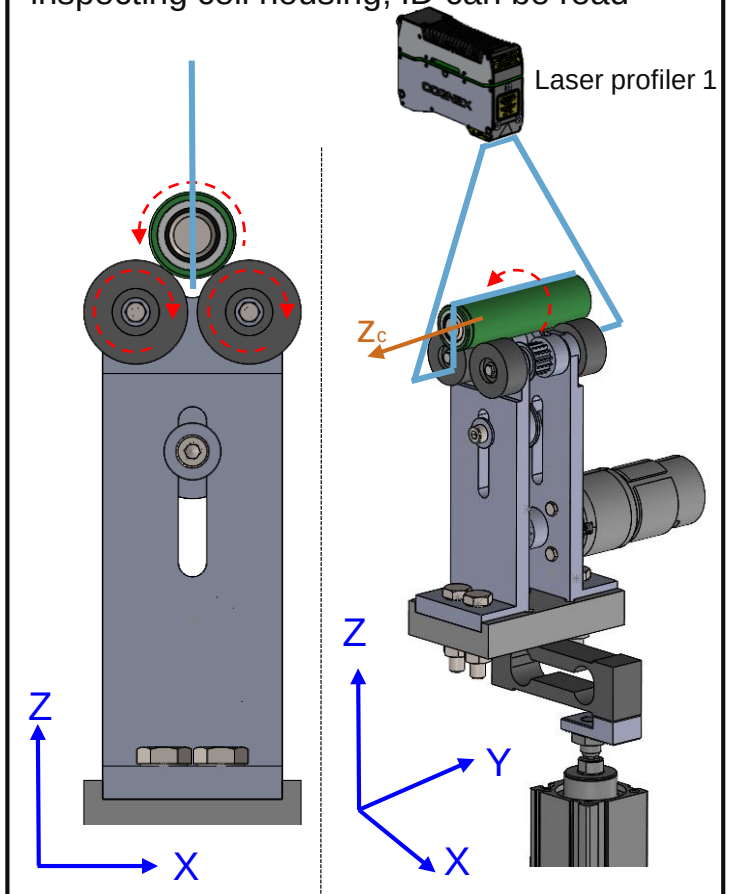
Measuring of cylindric cells (CERES)



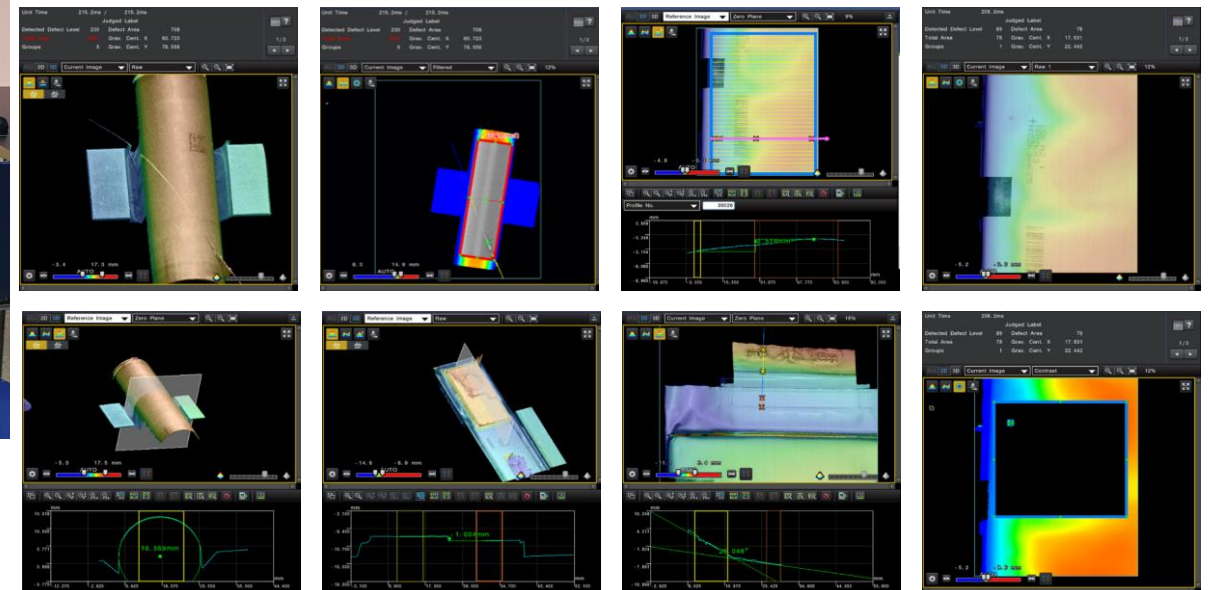
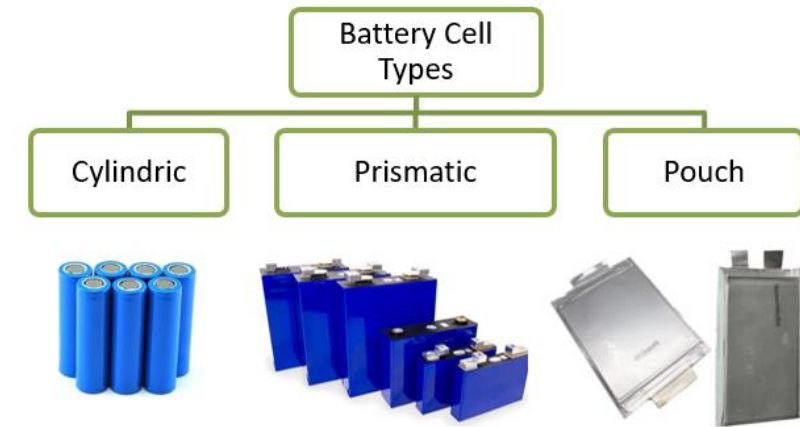
1st step: Cylindrical battery cell is lifted along **Z-axis** through measuring range of *laser profiler 2* to measure diameter and terminal parameters and properties



2nd step: cylindrical cell is rotating around its own **zc-axis** while *laser profiler 1* is inspecting cell housing; ID can be read



Experimental Tests (CERES)



BattBox

BA+T-BOX

 Federal Ministry
Republic of Austria
Climate Action, Environment,
Energy, Mobility,
Innovation and Technology

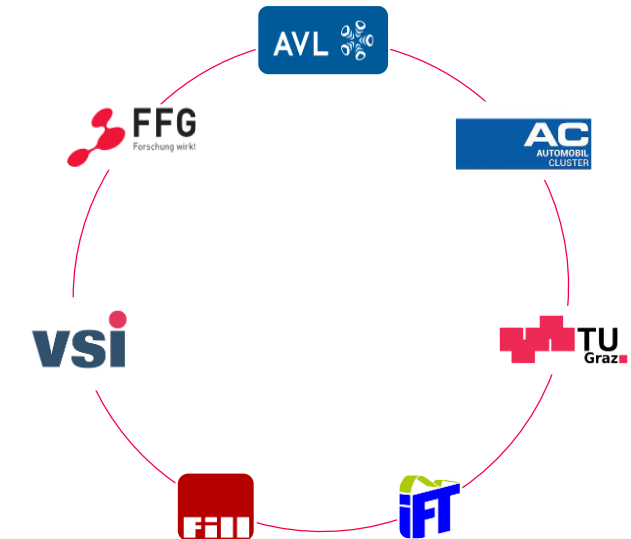
Main goals of the national funding R&D project (BATTBOX):

- **Optimizing recycling technologies** of traction batteries
- Focus on **circular economy**
- **Minimization of material flows** across the system boundaries
- **Reduction of use of primary raw material** and generation of residual materials
- Maximizing product value and use over the battery life cycle by analyzing alternative value chains → **2nd Life applications**

Program:	BMK: FTI – Circular Economy
Project start:	01.01.2023
Project end:	31.12.2025



https://www.austriatech.at/assets/Uploads/Publikationen/PDF-Dateien/OLE_ZDF_2023_April_DE.pdf



Hypothesis and Summery

- **European Initiative** for Smart and Sustainable Production should start to strengthen and bundle competences und bring new success stories into the public.
- **Connection of Sustainable and Digital Production** is essential for the future.
- **Quality Inspection** supplies **Data** for 2nd and 3rd life of products.
- **Battery and Fuel Cell Research** have to address both performance and ability of recycling.
- **Design for disassembly and refurbishment** is the key for circular economy.

