

NACHHALTIGE STAHLERZEUGUNG

Franz Androsch, Mai 2023

voestalpine Stahl GmbH
www.voestalpine.com/stahl

voestalpine
ONE STEP AHEAD.

STAHL – EIN NACHHALTIGES MATERIAL



- » Stahl ist einer der weltweit am häufigsten verwendeten Werkstoffe und für eine nachhaltige Gesellschaft unverzichtbar
- » Die Stahlnachfrage hat sich seit 1970 auf 1,87 Mrd. t/Jahr verdreifacht.



- » Gebäude und Infrastruktur, Verkehr, Maschinenbau, Automobilbau, Haushalts- und Elektrogeräte, Energie, ...
- » Stahl ist unendlich oft wiederverwendbar



- » Am Ende seines Produktlebenszyklus wird er in Form von Schrott wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt
- » Die Stahlindustrie in Europa umfasst 500 Produktionsstätten und bietet 2,5 Mio. Menschen einen Arbeitsplatz

voestalpine Stahl GmbH

STAHL IST DER SCHLÜSSELWERKSTOFF FÜR EINE KOHLENSTOFFARME ZUKUNFT



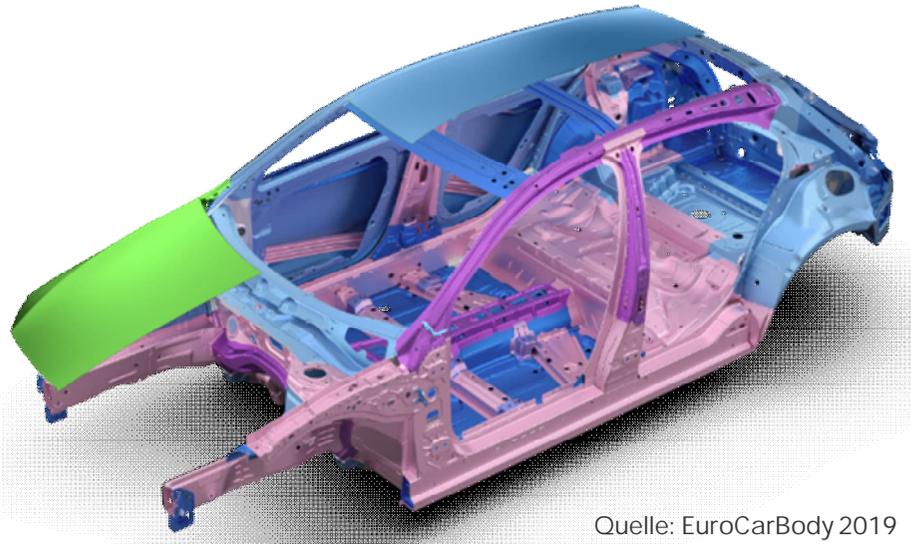
Stahl wird für eine **nachhaltige Mobilität** benötigt

- » **Hochfeste Stähle** für Leichtbaukonstruktionen in der Automobilkarosserie und in Flugzeugen
 - » weniger Kraftstoffverbrauch und weniger Emissionen während der Lebensdauer
 - » größere Reichweite von Batteriefahrzeugen und größere Ladegewichte
 - » hervorragende Crashesicherheit von Autos
 - » optimaler Schutz von Fahrzeugbatterien
- » **Elektroband** für hocheffiziente Motore



STAHL

AUS SICHT DER KUNDEN

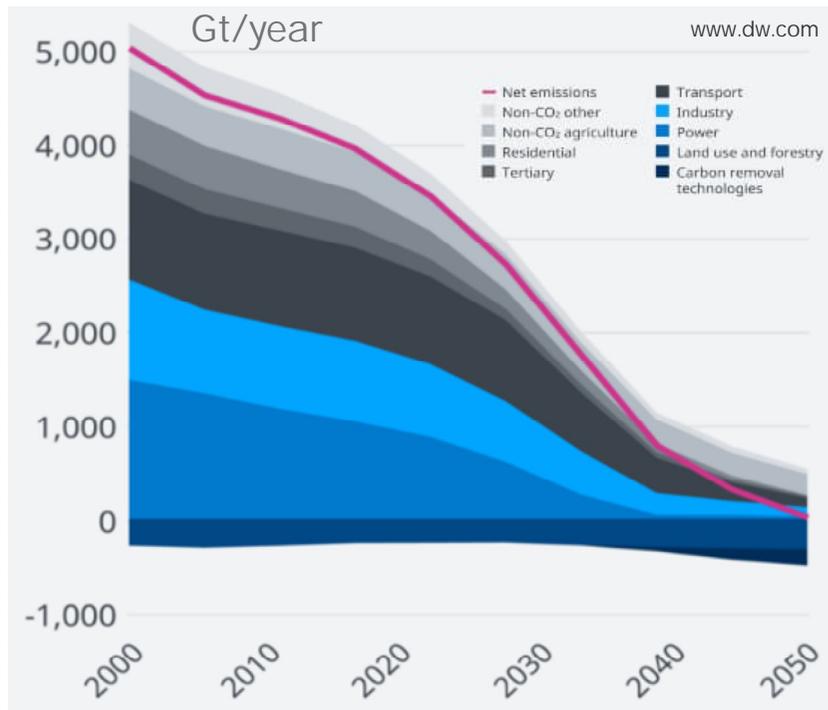


- Low strength steels
- High strength steels
- Advanced high strength steels
- Ultra high strength steels
- Press hardened steels
- Aluminium

- » Stahl ist wieder das Material der Wahl für Karosserien
- » Intelligenter Stahlleichtbau - optimale Balance zwischen Kosten und Gewicht
- » Kunden fragen nach grünem Stahl

| | Stahl | Aluminium | CFRP |
|-----------------------------|------------|-----------|------------|
| Menge (mio t) | 1.691 | 57,6 | 0,07 |
| Festigkeit (MPa) | 270 - 2000 | 250 - 600 | 200 - 2000 |
| Dichte (g/cm ³) | 7,8 | 2,7 | 1,8 |
| Kosten (€/kg) | 1,2 | 3,3 | 20 |
| CO ₂ (kg/kg) | 2,0 - 2,3 | 15 - 18 | 22 |
| Leichtgewicht-potenzial (%) | 75 - 95 | 50 - 60 | 25 - 50 |
| Energieaufwand (MWh/t) | 5.500 | 45.000 | 76.000 |

EU KLIMAZIELE



CO₂ Emissionsverlauf

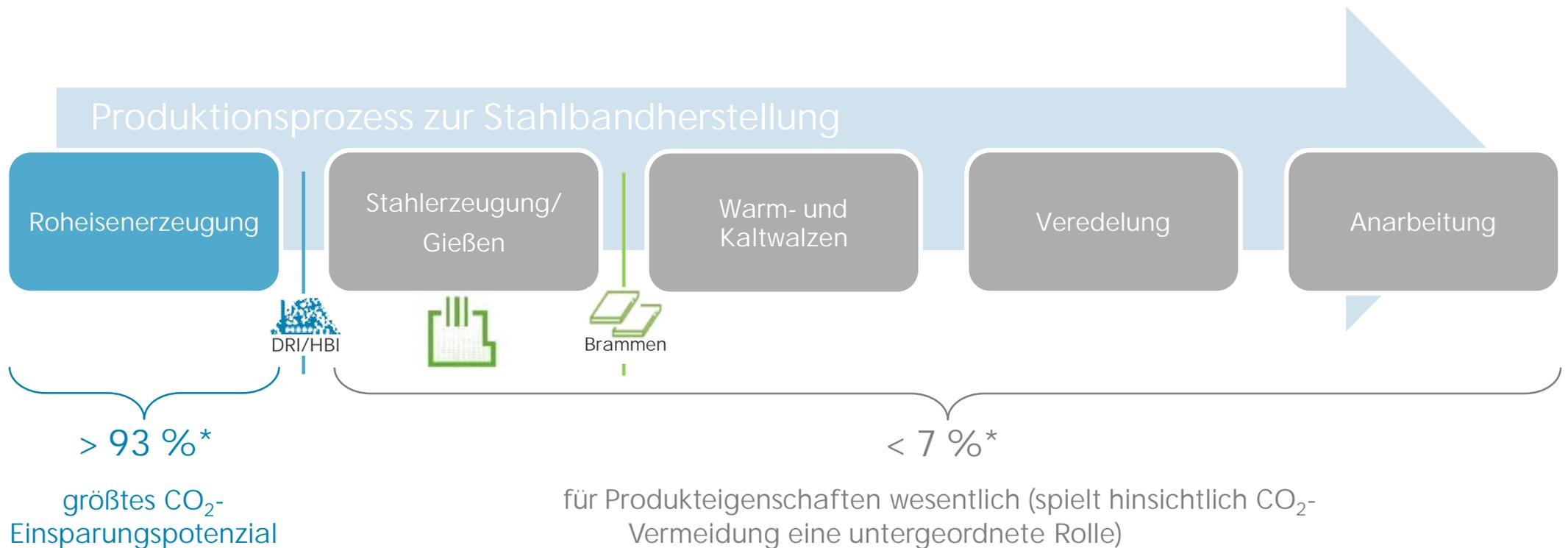
- » Die **Stahlproduktion ist energieintensiv** und für 5,7 % der CO₂-Emissionen in Europa verantwortlich
- » Abkommen von Paris 2015: maximaler globaler Temperaturanstieg von 1,5 °C bis 2100 im Vergleich zu den Werten vor der Industrialisierung
- » **EU Green Deal 2019**: Umwandlung Europas in einen Kontinent ohne Nettoemissionen von Treibhausgasen im Jahr 2050
- » Österreichisches Regierungsprogramm 2020: 100 % erneuerbare elektrische Energie im Jahr 2030, **Klimaneutralität im Jahr 2040**

KLARES BEKENNTNIS ZU GLOBALEN KLIMAZIELEN



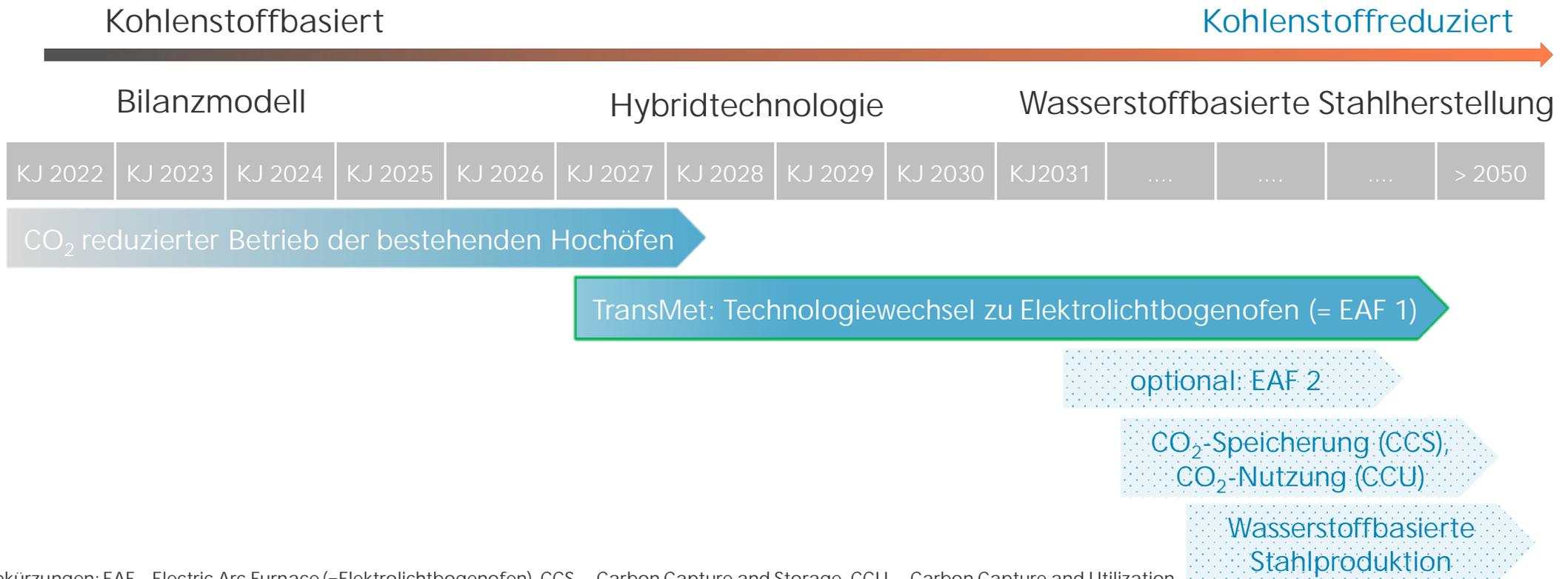
- » Weltweit Benchmark im Klima- und Umweltbereich
 - » 2,4 Mrd. EUR Umweltausgaben in 10 Jahren
 - » Einziges europäisches Stahlunternehmen im Dow Jones Nachhaltigkeitsindex sowie Listing in der FTSE4 Good Indexfamilie
 - » Produktion von erstem CO₂-reduzierten Premium-Stahl
- » Seit 1990: Senkung der CO₂-Emissionen um rund 20 % pro Tonne Stahl
- » Weitere signifikante Reduktion der CO₂-Emissionen nur mit neuen Technologien

MÖGLICHKEITEN ZUR CO₂-EINSPARUNG BEI DER STAHLBANDHERSTELLUNG



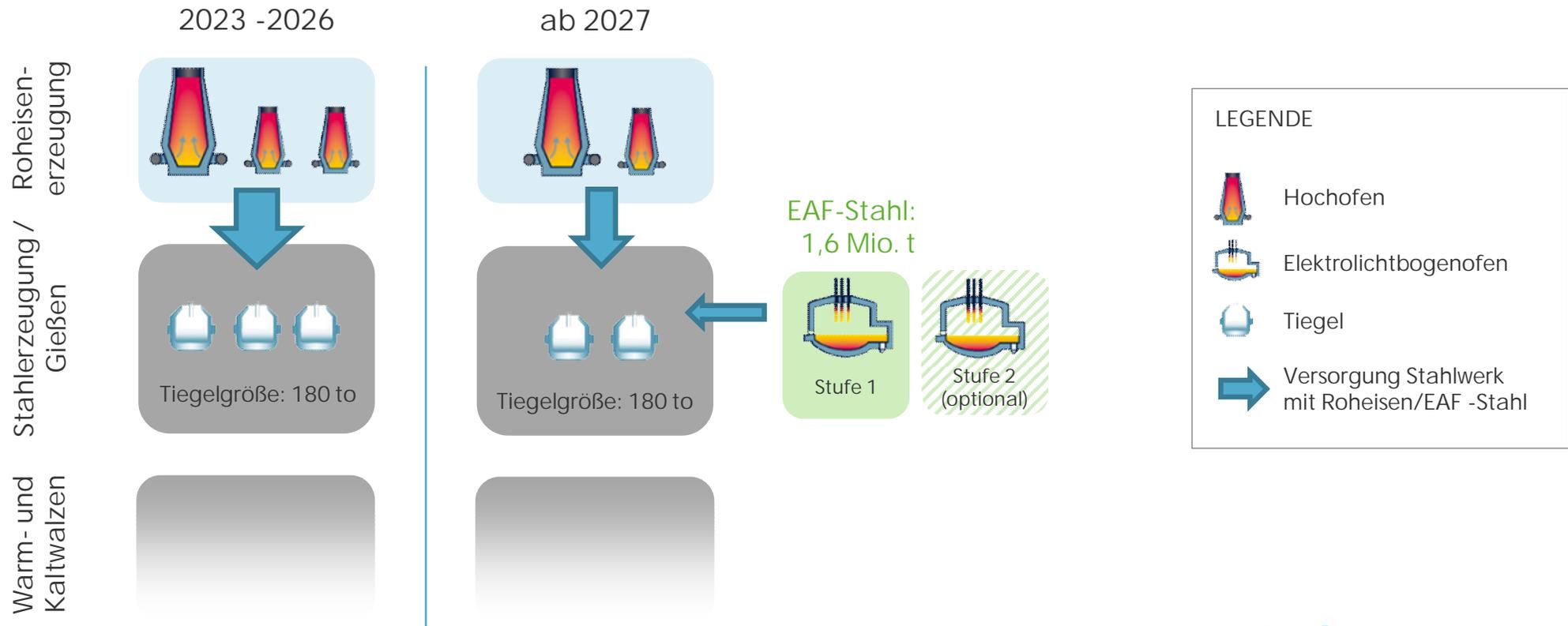
*Anteil CO₂ am Endprodukt bei einer Scope 3-Betrachtung

DIE DEKARBONISIERUNG HAT BEREITS BEGONNEN



Abkürzungen: EAF... Electric Arc Furnace (=Elektrolichtbogenofen), CCS ... Carbon Capture and Storage, CCU ... Carbon Capture and Utilization

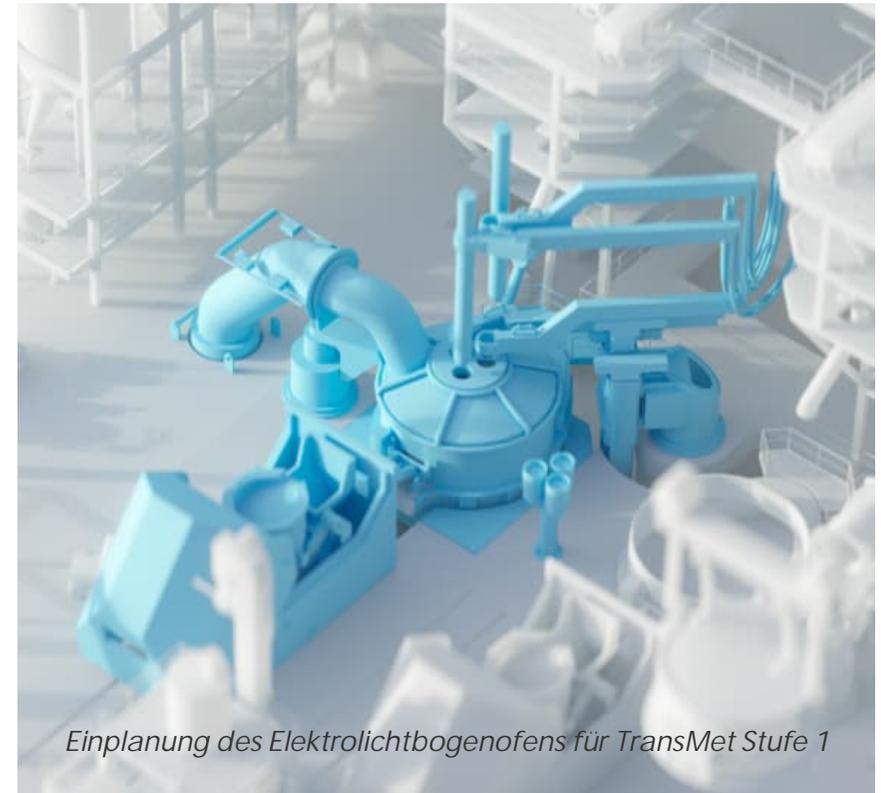
DAS HYBRIDSTAHLWERK VEREINT DIE VORTEILE BEIDER WELTEN



DAS KERNAGGREGAT DER DEKARBONISIERUNG

HAUPTDATEN DES ELEKTROOFENS

- » In der dreijährigen **Projektphase** wurden die **Anforderungen** an den Elektrolichtbogenofen **detailliert analysiert** und **spezifiziert**
- » Der Elektrolichtbogenofen ist damit **optimal** für die **Versorgung der Bestandsanlagen** ausgelegt:
 - » Produktionskapazität: 1,6 Mio. t/a
 - » Abstichgewicht, nominal: 180 t
 - » Transformatorleistung, nominal: 180 MVA
 - » "tap-to-tap"-Zeit: 48 - 50 min



Einplanung des Elektrolichtbogenofens für TransMet Stufe 1

MIT TRANSMET STUFE 1 WIRD DER STANDORT LINZ KONSEQUENT WEITERENTWICKELT

- » Für den Betrieb des Elektrolichtbogenofens wird die **Werksanspeisung von der Austrian Power Grid AG (APG) auf 220kV** erweitert und eine interne 220kV-Leitung errichtet
- » Im Rahmen der **Baufeldfreimachung** werden die **Rohstoffversorgung des bestehenden Stahlwerks** (Kalk- und Legierungsaufgabe, HBI) **sowie notwendige Bestandsanlagen** aus dem Baufeld des zukünftigen Elektrolichtbogenofen-Standorts **verlegt**
- » Östlich vom bestehenden Stahlwerk wird **ein Elektrolichtbogenofen** inklusive der erforderlichen **Nebenaggregate** (Entstaubung, Sekundärmetallurgie, usw.) **gebaut**
- » Zur Versorgung des Elektrolichtbogenofens mit Schrott wird der **Schrottplatz** sowie die **Infrastruktur adaptiert**

HERAUSFORDERUNGEN BEIM EAF

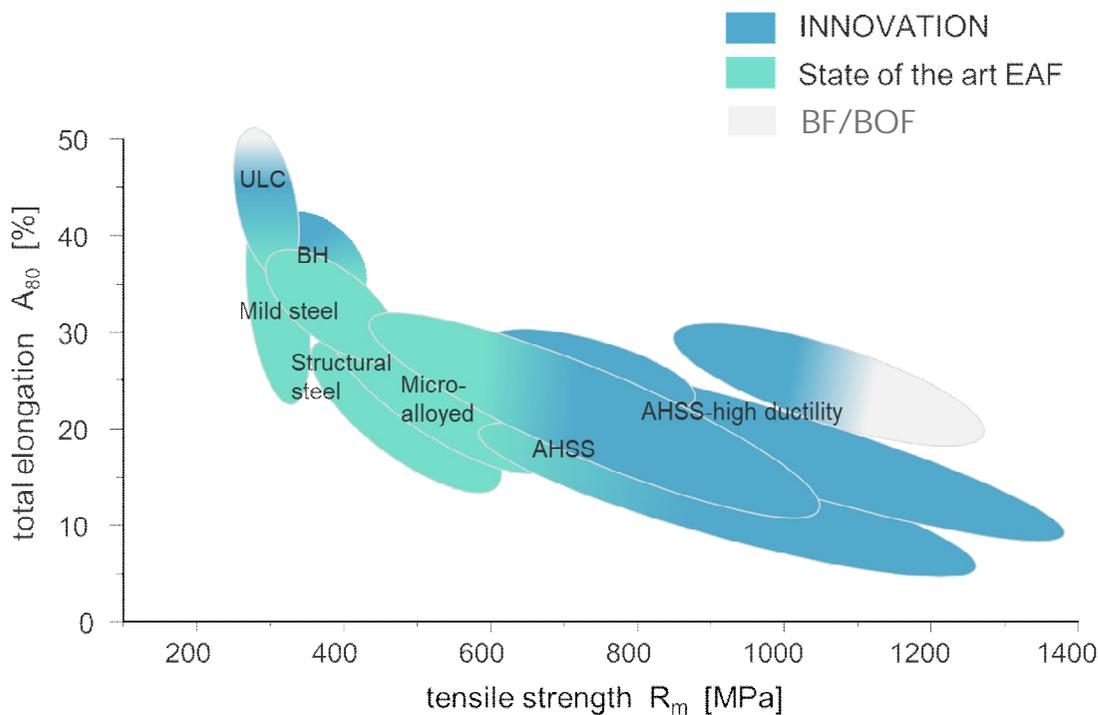
- » Maximale Reduktion des CO₂ Ausstoßes -> möglichst **hoher Schrotteinsatz**
 - » Schrott ist nur begrenzt verfügbar
- » Zusammensetzung des Schrottes erst nach dem Einschmelzen bekannt
- » Im Schrott sind **Begleitelemente** enthalten
 - » Inline Korrekturen und dynamisches Legieren als Ansatz für die Beherrschbarkeit dieser

ZIEL:

- » Die Stähle haben die gleichen Eigenschaften, wie bei der Herstellung über die jetzige Route

HERAUSFORDERUNGEN BEI DER EAF-PROZESSROUTE

STAHLGÜTENSPEKTRUM



BF... Blast Furnace; BOF... Basic Oxygen Furnace

voestalpine Stahl GmbH

13 | Mai 2023 | WiGeP - Nachhaltige Stahlerzeugung / Androsch

- » State-of-the art können mit EAF nicht alle Stahlgüten erzeugt werden
- » Zur Erzeugung des erweiterten Stahlgütenspektrums sind begleitende Innovationen notwendig
- » Ein geringer Teil der Stahlgüten kann nur unter eingeschränkter CO_2 -Einsparung (hoher HBI-Fahrweise) oder über BF/BOF produziert werden

voestalpine

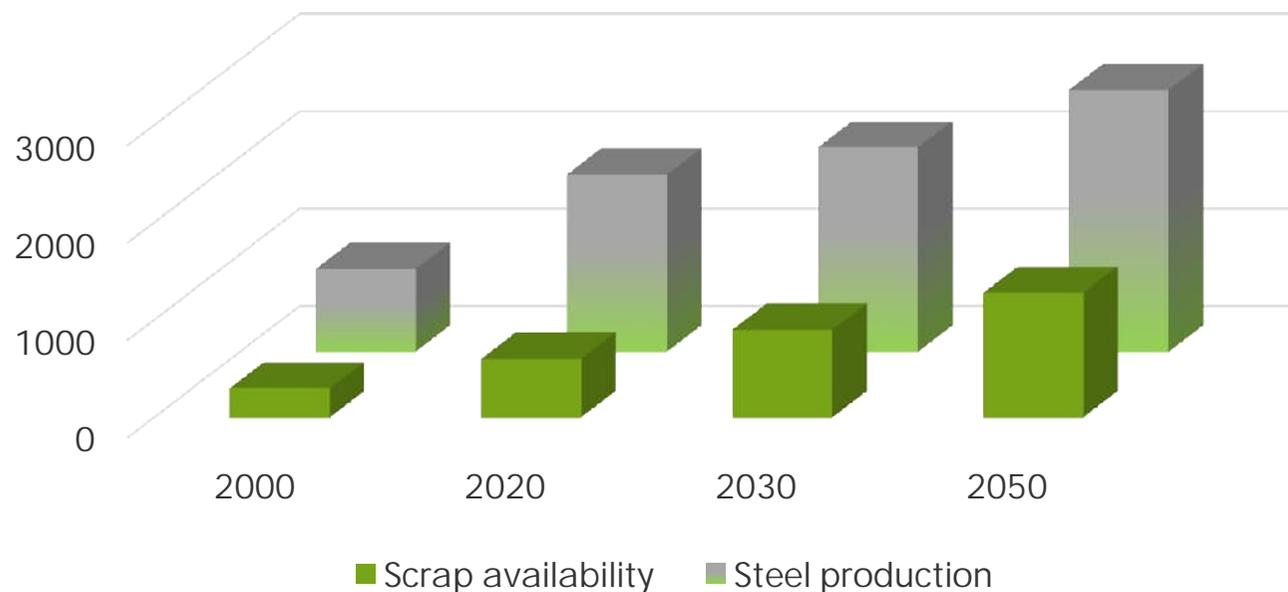
ONE STEP AHEAD.

HERAUSFORDERUNGEN BEI DER EAF-PROZESSROUTE

VERFÜGBARKEIT VON SCHROTT

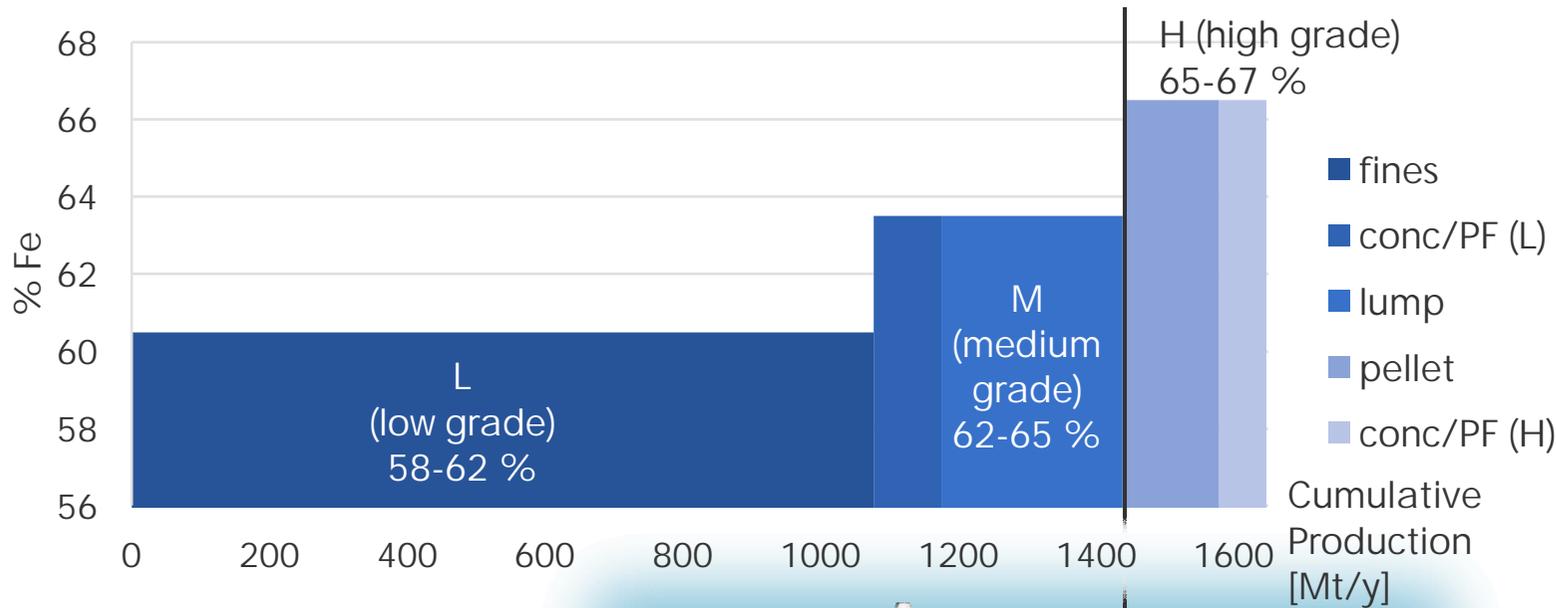
Sources: worldsteel, *Weighing regional scrap availability in global pathways for steel production processes*
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-017-9583-7#Sec2>

Stahl/Schrott [Mt/y]

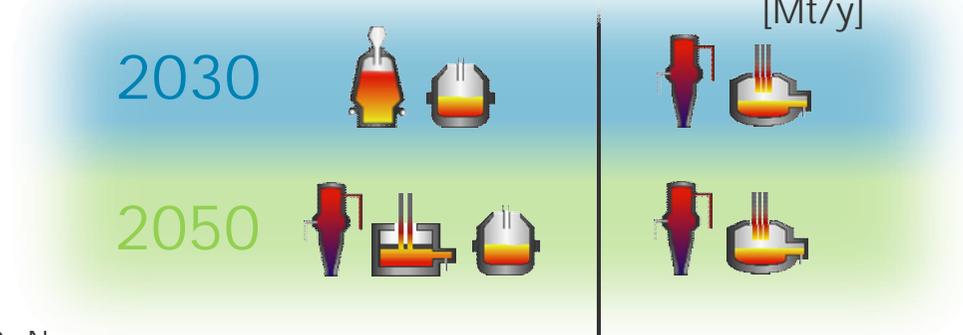


- » Der **wachsende Stahlbedarf** kann nicht allein mit Schrott bedient werden
- » **Prozesstechnologien für Eisenerze**, z. B. die DR/EAF-Route, werden bei der künftigen CO₂-neutralen Stahlerzeugung eine führende Rolle spielen

HERAUSFORDERUNGEN BEI DER EAF-PROZESSROUTE EISENERZPRODUKTE



- » Der Weltmarkt wird von Eisenerzen niedriger und mittlerer Qualität beherrscht
- » Der Ersatz der BF/BOF-Route durch den DR/EAF-Prozess erfordert die Entwicklung eines angepassten Konzepts für die Stahlerzeugung aus low und medium grade Eisenerzprodukten



H2FUTURE PEM DEMONSTRATIONSANLAGE

SIEMENS
ENERGY

Verbund

APG
AUSTRIAN POWER GRID

KIT MET
metallurgical competence center



voestalpine

ONE STEP AHEAD.



- » **Stabiler Betrieb** von 1,5 MW bis 9,0 MW
- » **Dynamisches Antwortverhalten** für alle Netzerfordernisse
- » **Wirkungsgrad** des Systems bis 83 %
- » **H₂ Reinheit ~ 99.9 %**, O₂ Reinheit ~ 99.0 %

voestalpine Stahl GmbH

16 | Mai 2023

WiGeP - Nachhaltige Stahlerzeugung / Androsch



H2FUTURE
green hydrogen



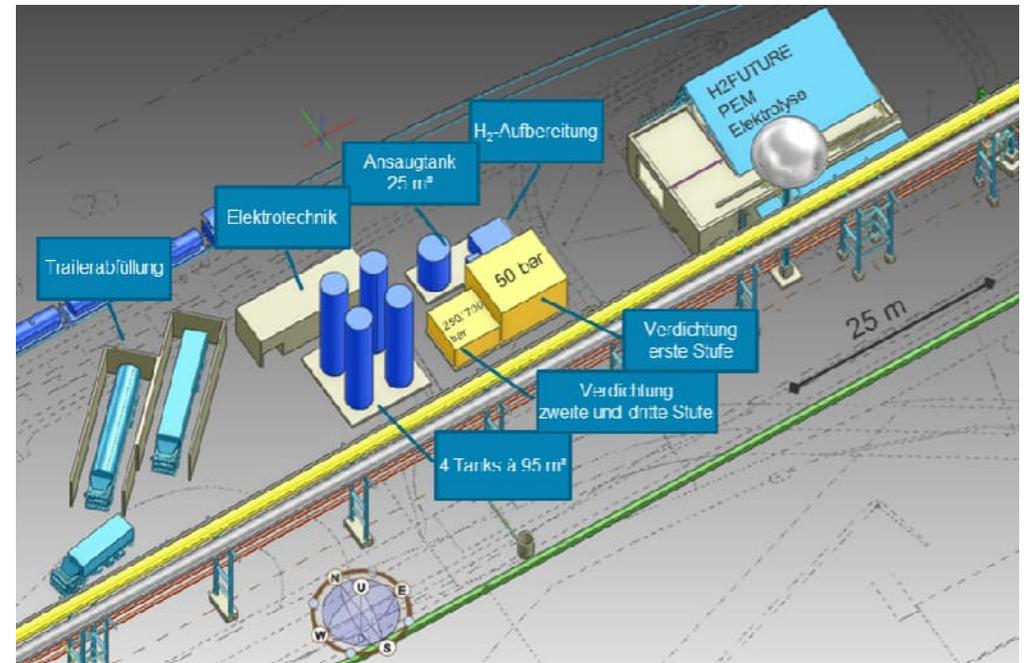
voestalpine

ONE STEP AHEAD.

H2FUTURE FOLLOW UP

- » Umsetzung im Rahmen der **F&E Kooperation** mit **Verbund**
- » **Ziel: Verdichtung und Reinigung** des Wasserstoffs aus der Niederdruckelektrolyse unter **fluktuierenden Bedingungen** und Einbindung des Gesamtsystems in den **Regelenergiemarkt**
- » Erreichen hochwertiger **H₂-Qualitäten** für unterschiedliche F&E Projekte und externe Kunden

Layout Vorprojekt voestalpine: Upgrade Druck und Qualität
Angestrebte Qualität 5.0 (H₂ > 99,999 Vol.-%)



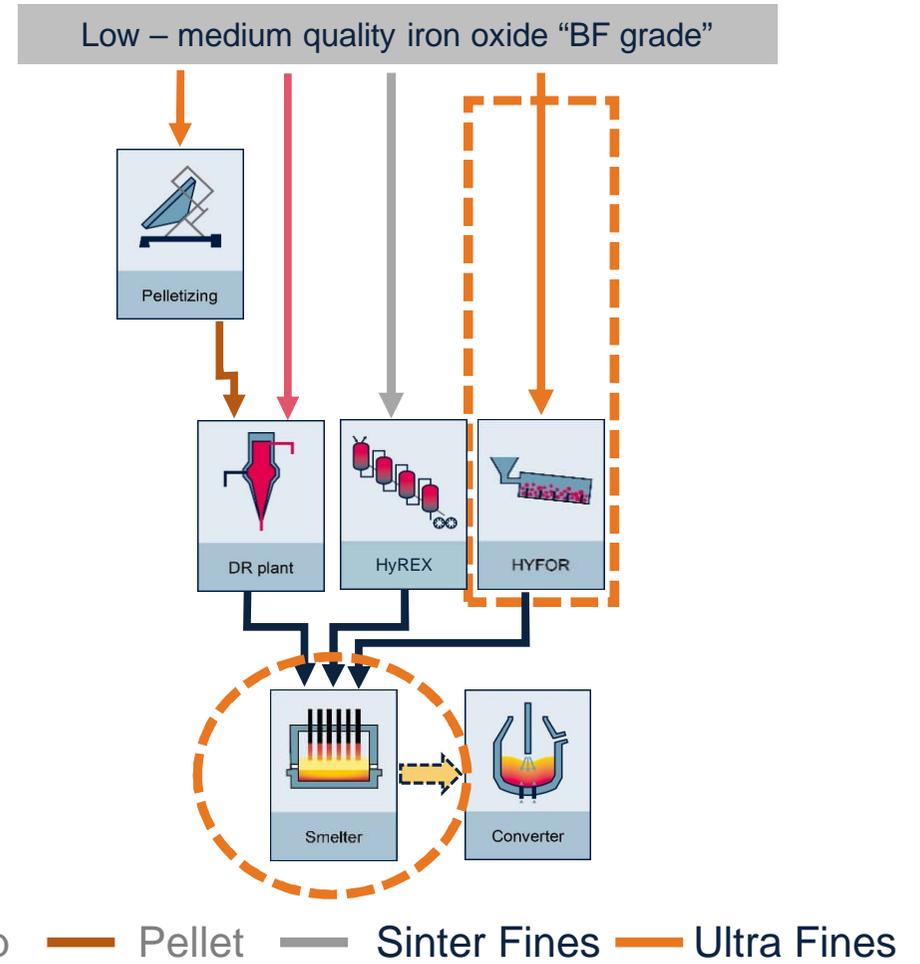
Process Development HYFOR



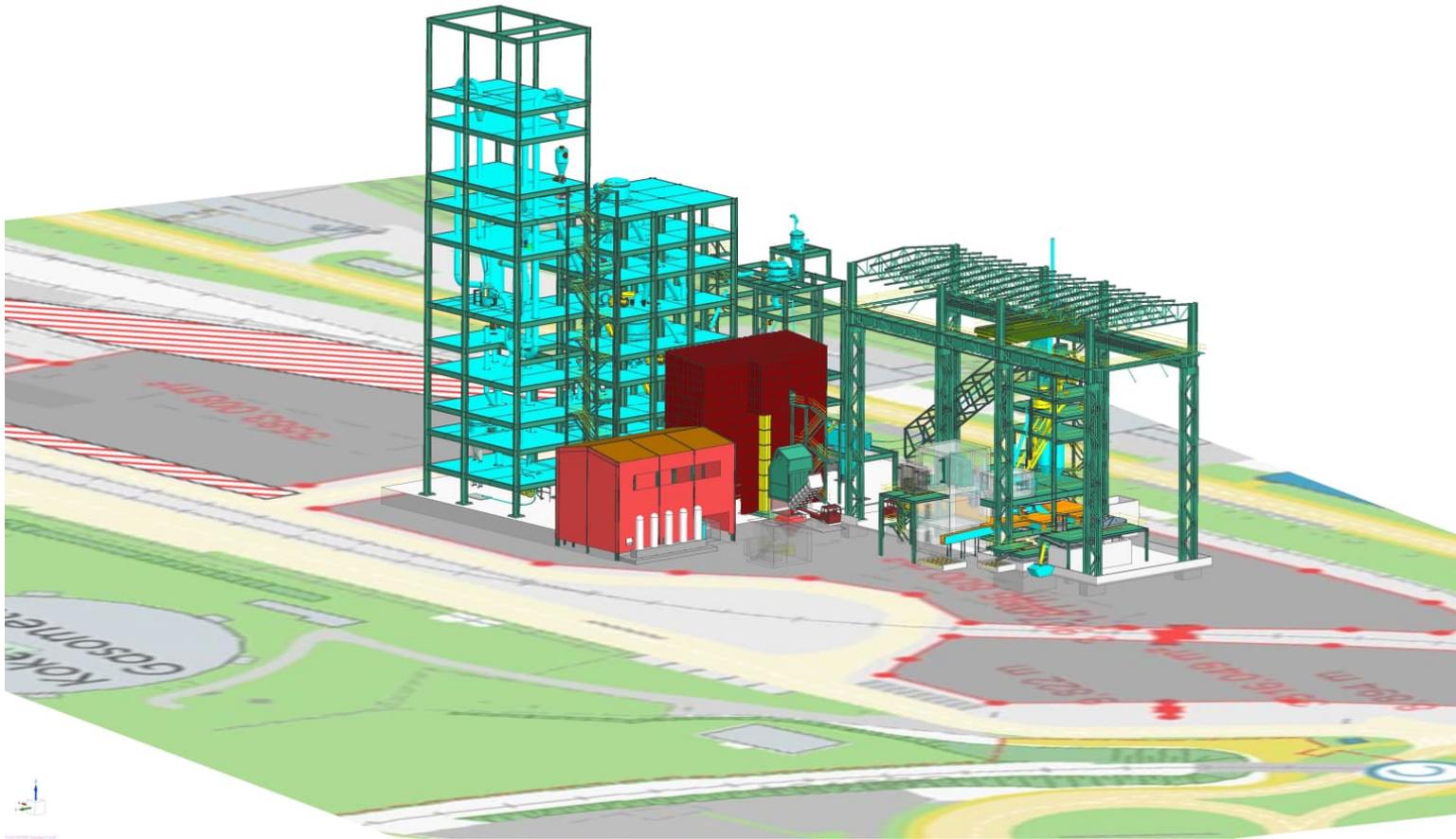
- Test the performance of the **HYFOR reactor** and the **preheating/oxidation cyclone** under real operating conditions
- Direct reduction of **magnetite/hematite iron ore fines with H₂** in fluidized bed reactor up to a **metallization degree of 97 %**
- Typical grain size: **100% < 150 μm**
Max. grain size: **< 500 μm (up to 2 mm possible)**
- **Batch operation** with 800 kg ultrafine iron ore is equal to **200 kg DRI per hour**
- **Pilot plant at voestalpine Donawitz site** as technical basis for next development phase

Green hot metal process route for ultra fines without agglomeration process

- HYFOR is the world's first direct reduction process for ultrafine iron ores that will not require any agglomeration steps like sintering or pelletizing
- A combination with the smelter technology is used for melting and final reduction of direct reduced iron (DRI) based on low and medium grade iron ores
- In that way HY4SMELT produces green hot metal with hydrogen for the BOF steelmaking plant

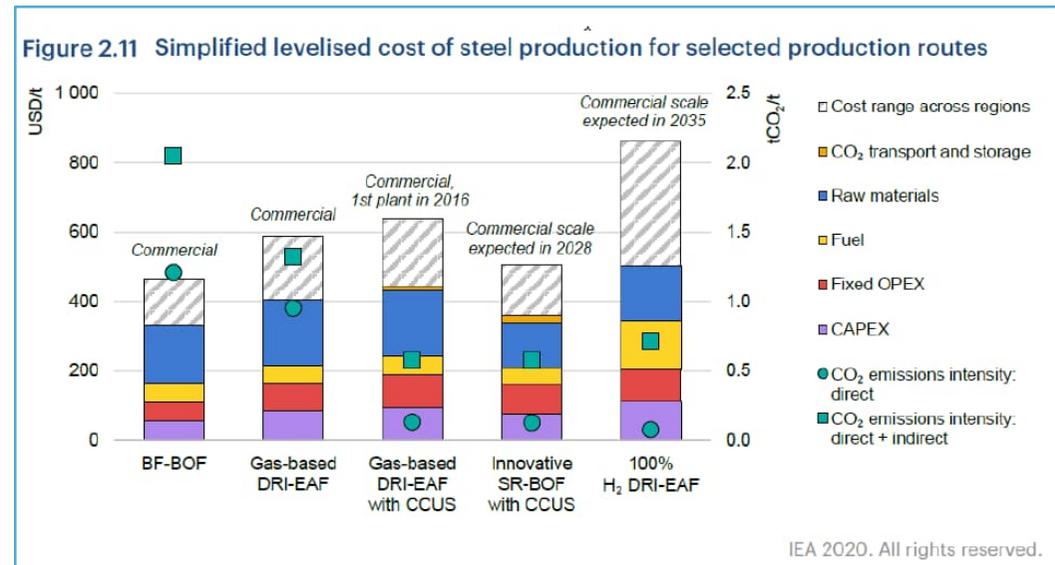


3D Model Screenshots HYFOR & Smelter part



STAHL IST NOTWENDIG FÜR DIE TRANSFORMATION ABER

- » Ca. 2,6 Mrd. t CO₂ / Jahr durch die globale Stahlindustrie
- » Um das Klimaziel zu erreichen: **50% Emissionsreduktion bis 2050** notwendig -> ca. 0,6t CO₂ / t Stahl (Scope 1 Emission)
- » **Neue Technologie notwendig** -> höhere Kosten



VIELEN DANK!

voestalpine Stahl GmbH
www.voestalpine.com/stahl

voestalpine
ONE STEP AHEAD.



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung

Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Keynote der Fachgruppe MES
Linz, FT 2023

Kirchner / Stahl / Poll / Jacobs

Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

A multi-millennium journey through machine element generations



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung

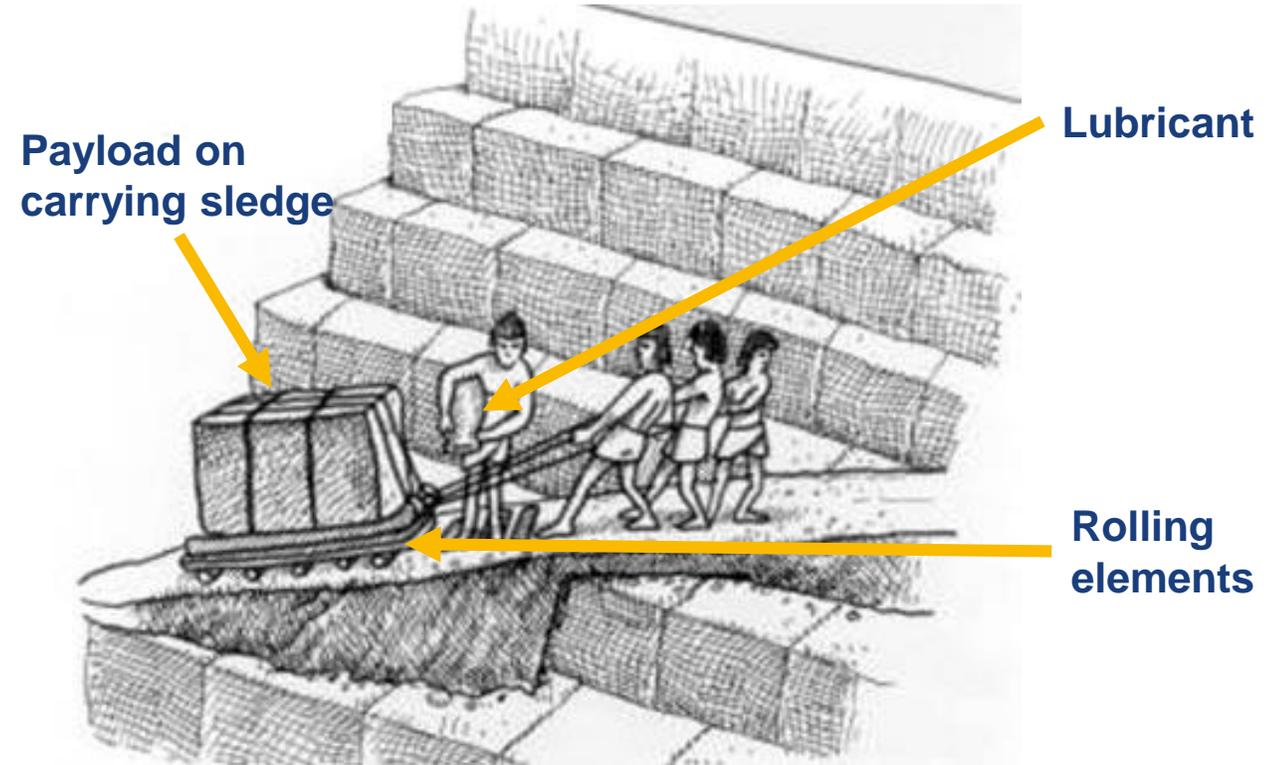
- First generation machine elements – Enabling technologies
- Recent generations – Continuous improvement
- Current generations – Focussing sustainable technology
- Next generations – Paving widespread digitalization

**The bearing turned the invention
of the wheel into an innovation**



Approx. 4000 b.c. in Europe

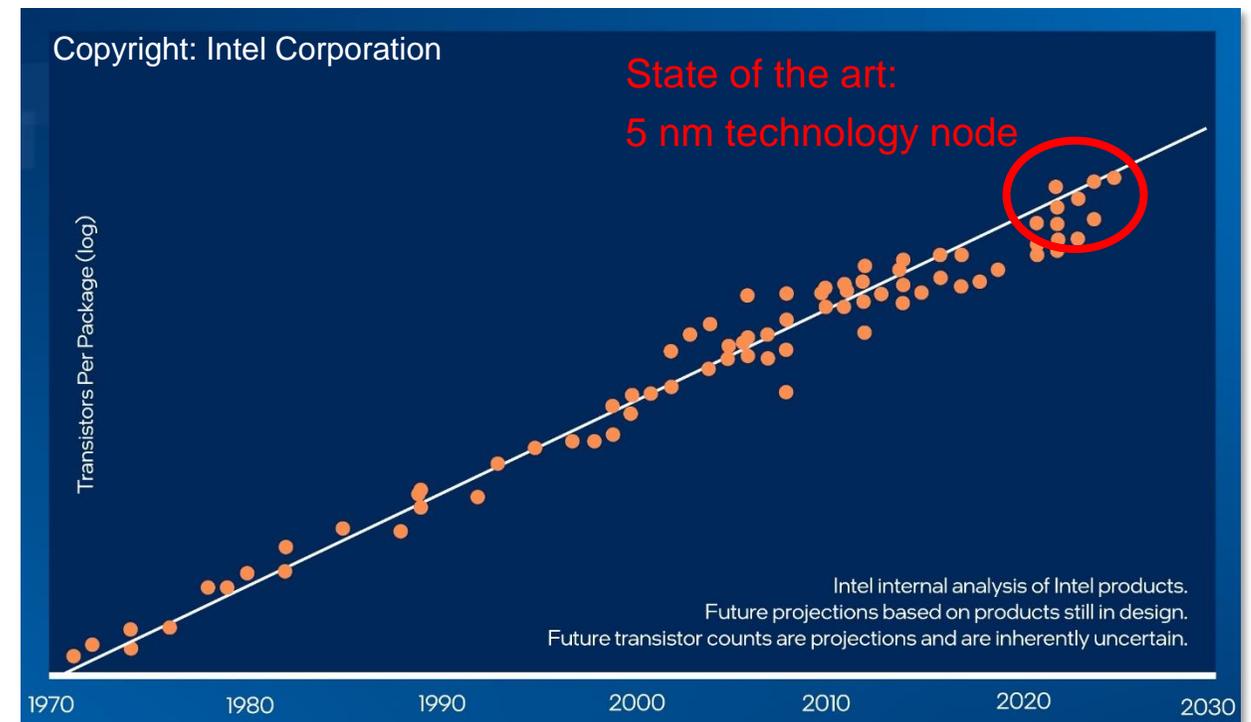
**Building the pyramids was
potentially enabled by rolling bearings**



Approx. 2600 b.c. in Egypt

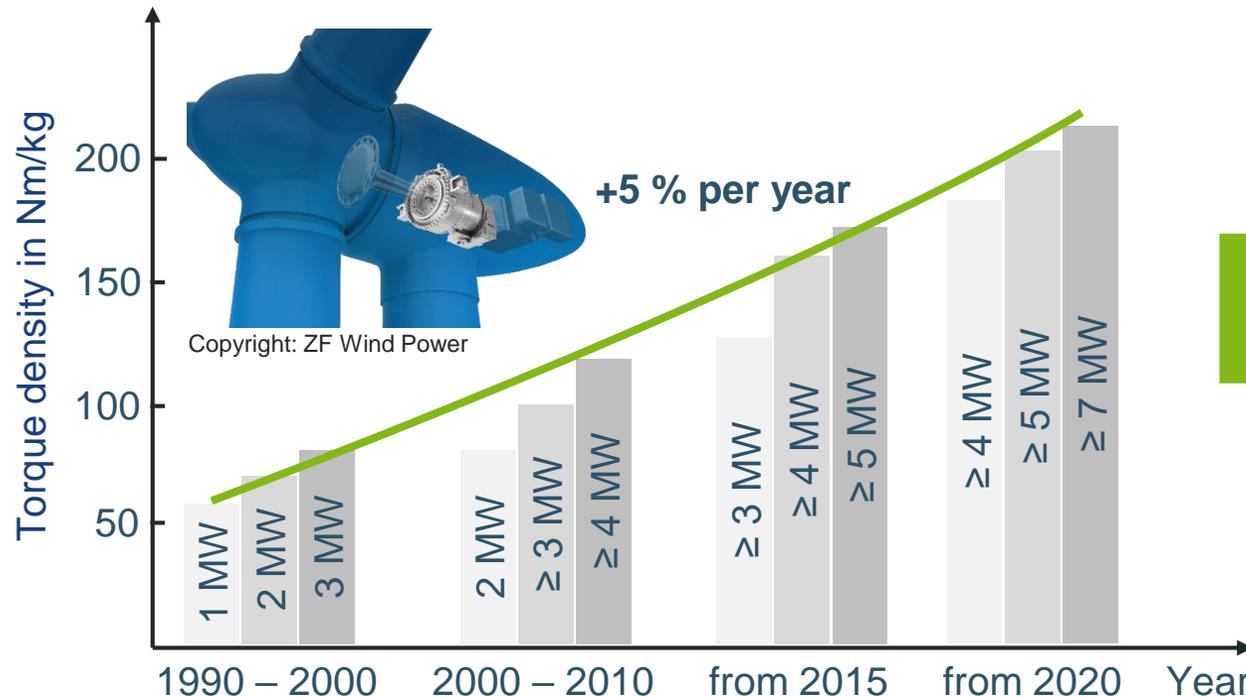
Moore's Law in Semiconductor Industry

- Gordon Moore: Number of transistors per unit area doubles every 1-2 years
 - Exponential increase!
- Continuous development and new technologies enable continuous growth
- However: Further downsizing reaches economical and physical limits
- Can the idea of continuous evolution also be applied to machine elements?
 - ? Evaluation of technological evolution of Power density, Efficiency, Costs, NVH, ... possible on a similar (log) scale?





Torque density of gearboxes for wind turbines



Data source: Machine Elements – Shaping the Future through Continuous Evolution, In: Power Transmission Engineering

Growth driver?

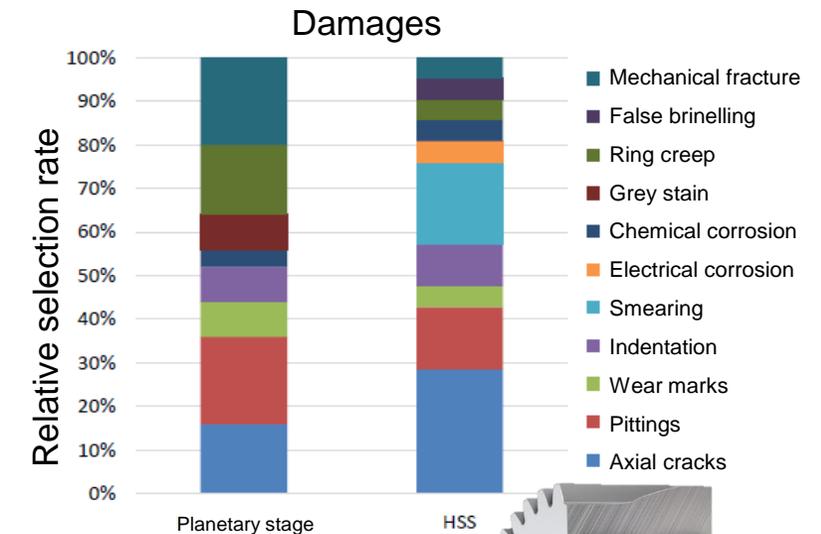
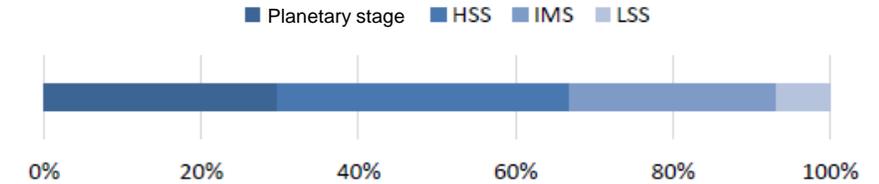
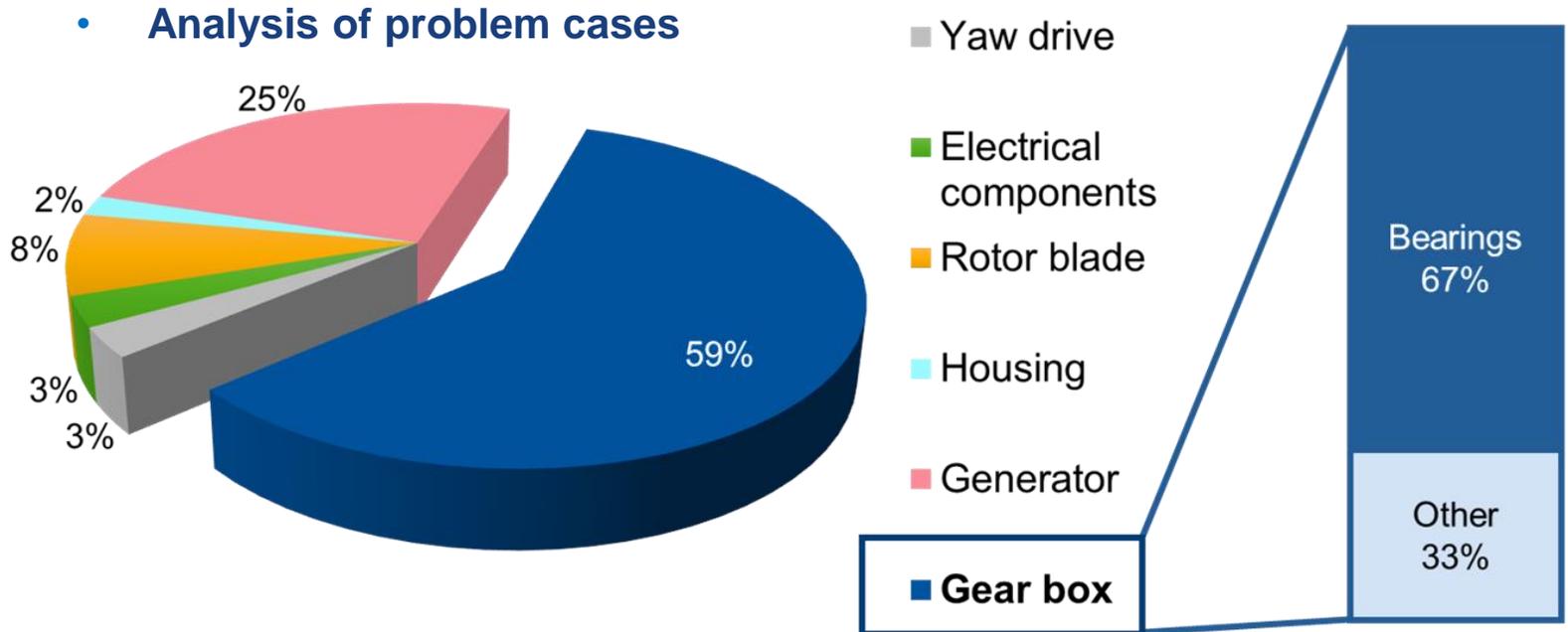
Development is driven by

- Improvement of individual machine elements
- System approach

Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Improving reliability and efficiency of renewable energy sources

- Wind energy was the most important renewable energy source in 2022 in Germany with 21.8 %.
- To keep wind energy attractive it is necessary to decrease maintenance cost and increase efficiency.
- Analysis of problem cases



Research Institute: MSE, RWTH Aachen

Source: Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

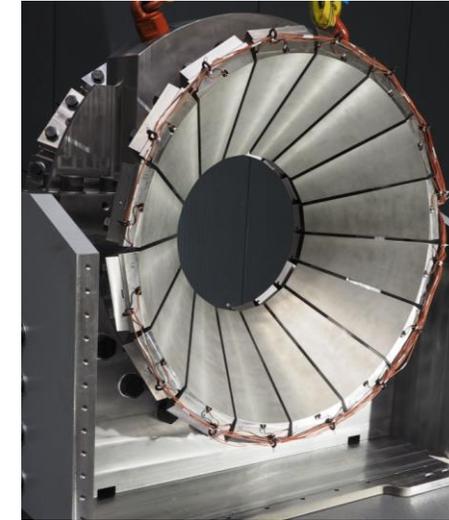
Improving reliability and efficiency of renewable energy sources



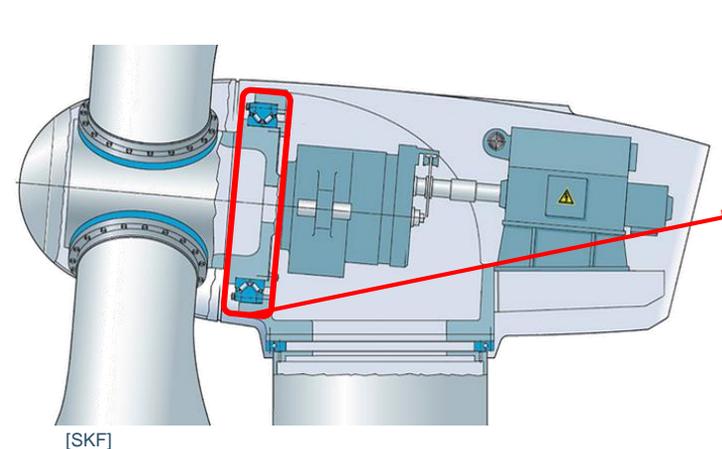
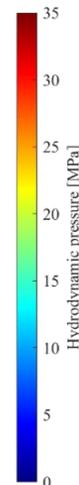
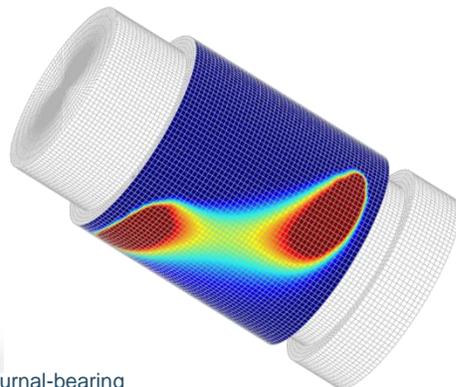
WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung

- Still problems with gearbox bearings and main bearing
- Plain bearings in planetary gears allow yet for higher gear box power density. Challenges to overcome
 - Reliable detection of mixed friction, wear progression and particle contamination
 - Online monitoring of bearing condition
- Feasibility of main plain bearings proven with prototypes on bench and in first field test. Open Challenges:
 - High dynamic loads in 5 degrees of freedom (5 DOF)
 - Low rotational speeds
 - Large diameters
 - ...



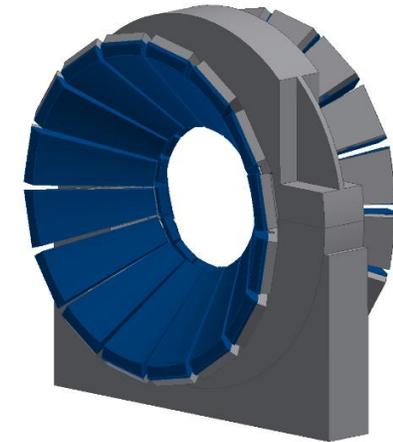
<https://www.winergy-group.com/en/journal-bearing>



[SKF]



[SKF]



Research Institute: MSE, RWTH Aachen

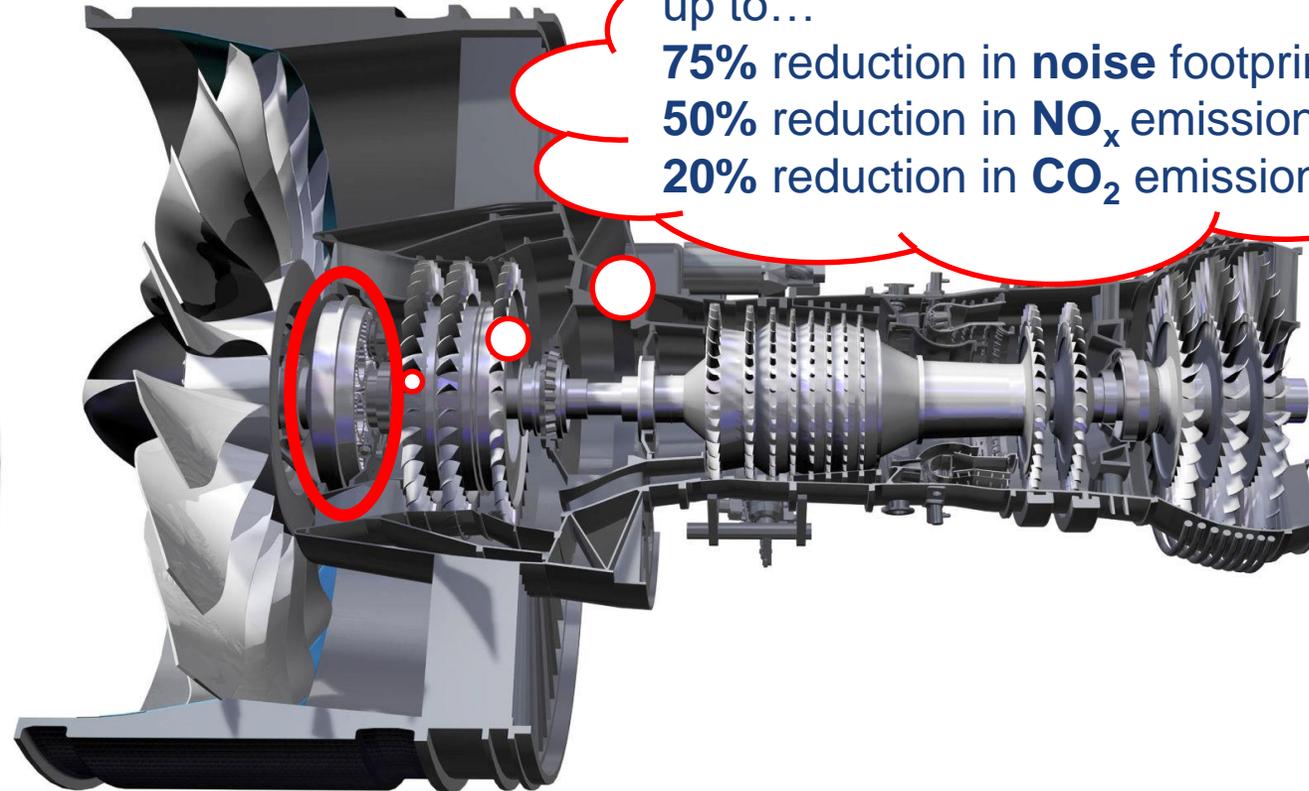
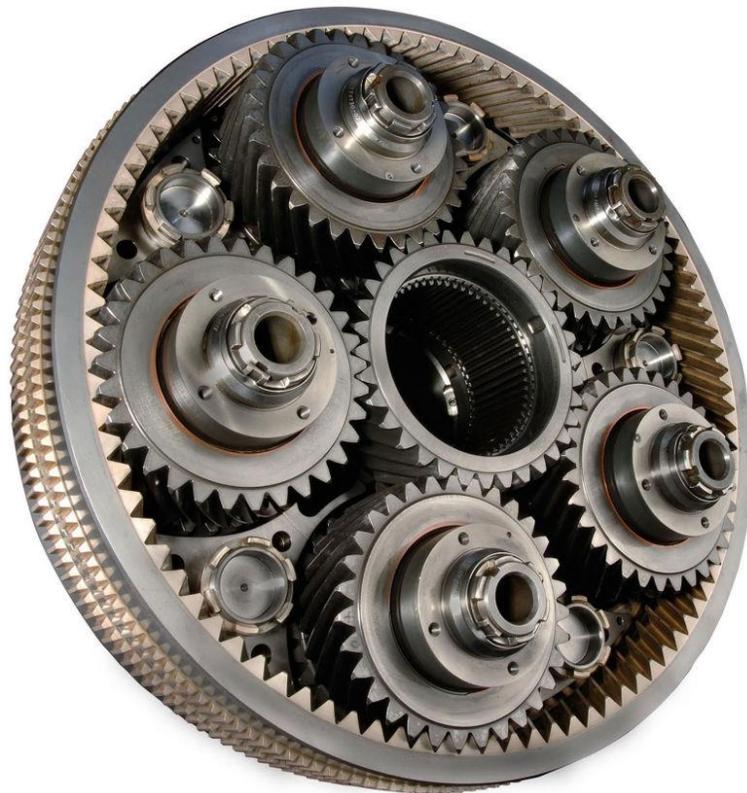
Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Machine elements enabling new characteristics on system level



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung



up to...

75% reduction in **noise** footprint

50% reduction in **NO_x** emissions

20% reduction in **CO₂** emissions

System approach leading to reduced emissions is enabled by improved machine elements

Source and copyright: PRATT & WHITNEY

Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Tailored Forming for reduced resource consumption and reparability



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung

Raw parts
prior forming



Material combination

Base: C22.8
Intermediate: X2CrNiMo19-12
Surface: X45CrSi9-3

Wear resistance,
material efficiency



Material combination

100Cr6 (outside)
EN AW6082 (inside)

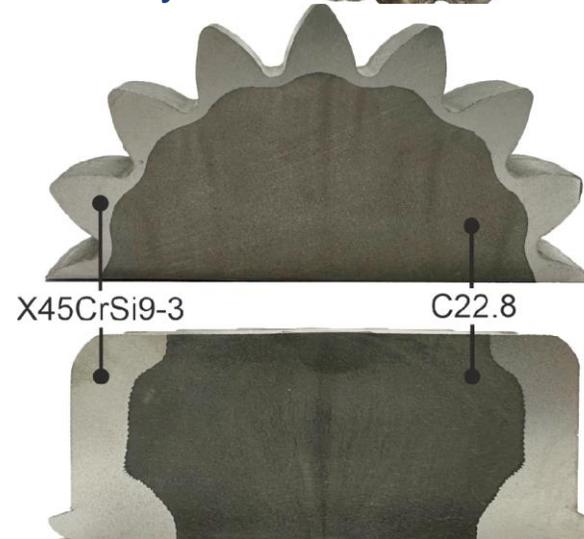
Lightweight design



Formed Spur gear



Micrograph



Machined spur gear



Tailored forming enables the use of high quality material where high wear resistance is required

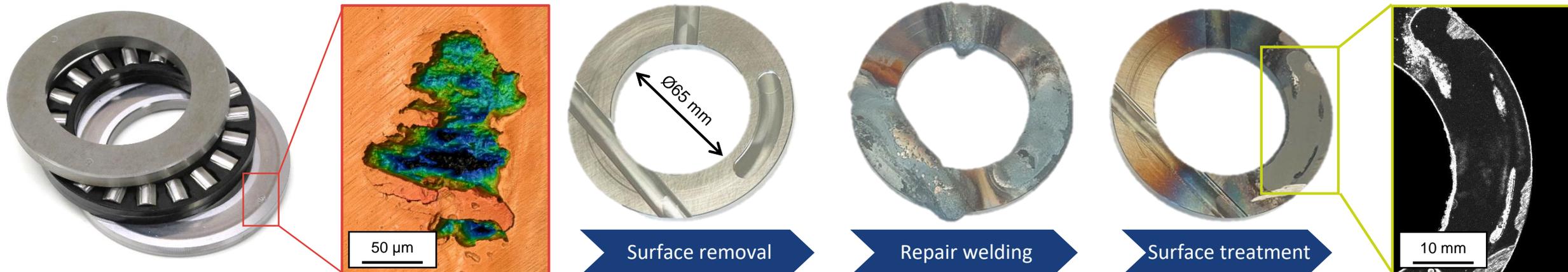
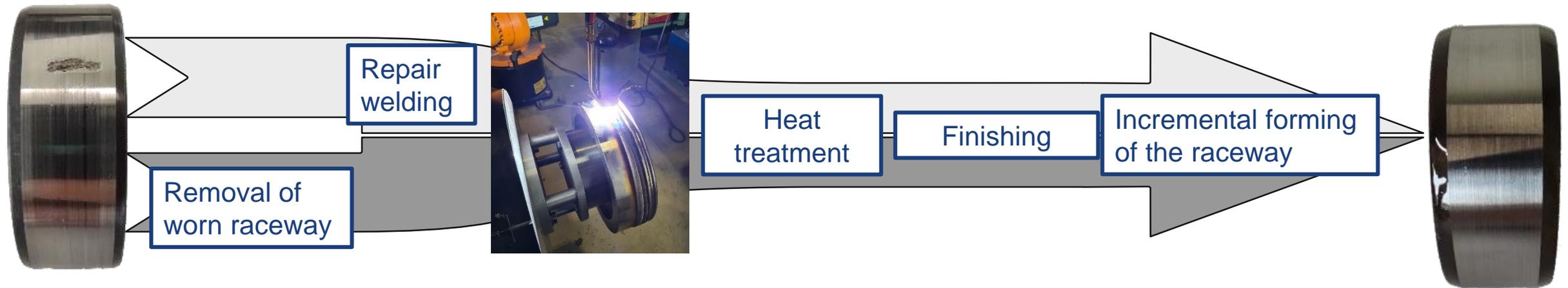
Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Tailored Forming for reduced resource consumption and reparability



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung



Repair technologies for surface damage patterns to avoid waste of the valuable core material

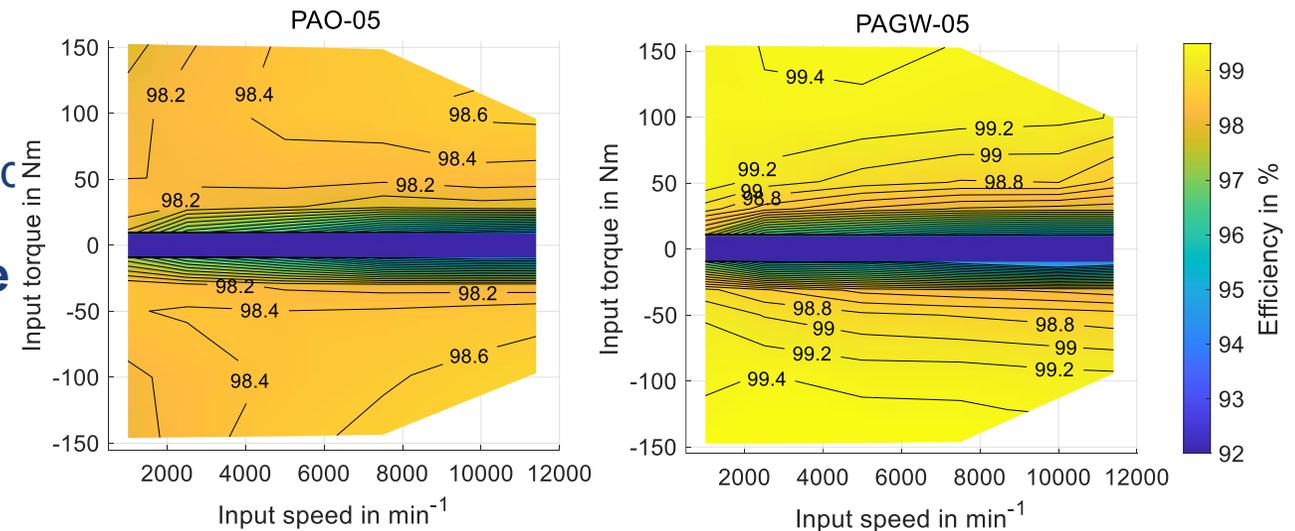
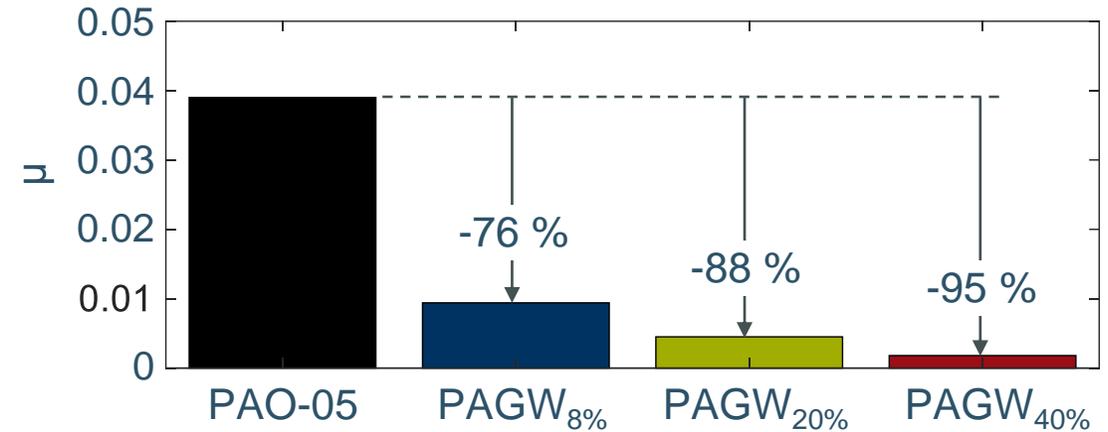
Water based lubricants: Polyalkyleneglycols (PAG) with functional water (W) content compared to Polyalphaolefin PAO

Key findings based on comparison of measured friction properties on bench $\vartheta=40^{\circ}\text{C}$:

- Superlubricity ($\mu < 0,01$) with good film formation for PAGWs possible
- Power loss saving of up to 74% compared to PAO
- Tribosystem-specific wt%-selection encourages

Efficiency screening on bench using a 2-stage Battery Electric Vehicle gearbox

- Efficiency of up to 99.5% with PAGW



Research Institute: FZG TU München

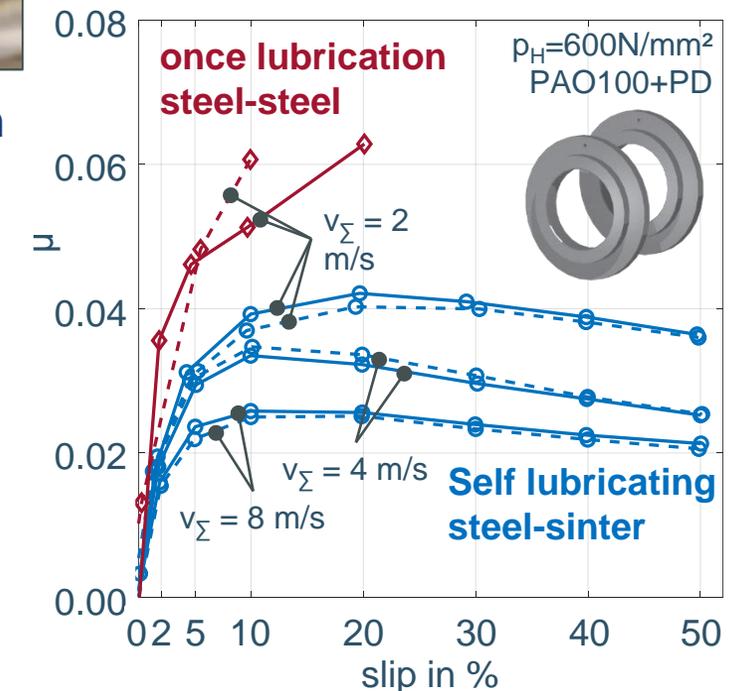
Analysis of minimum quantity lubrication (MQL)

- Volumetric flow of 28 mL/h transported by continuous air stream as transport fluid
- Comparison to dip lubrication (DL) with two immersion depths
- **Learnings (among others):** MQL of gears is possible, reduction of gear power loss enabled and limited heat dissipation



Comparison of dry-sump lubrication concepts:

- Oil-impregnation of sintered steel (Oil bleeding due to tribological load) vs.
- Intrinsic self-lubrication (Small lubricant amount, no transmission oil flow)
- **Learnings (among others):** Friction level comparable to external lubricated contacts, formation of lubrication film works



Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Usage of natural materials – Plastic gears built from biopolymers

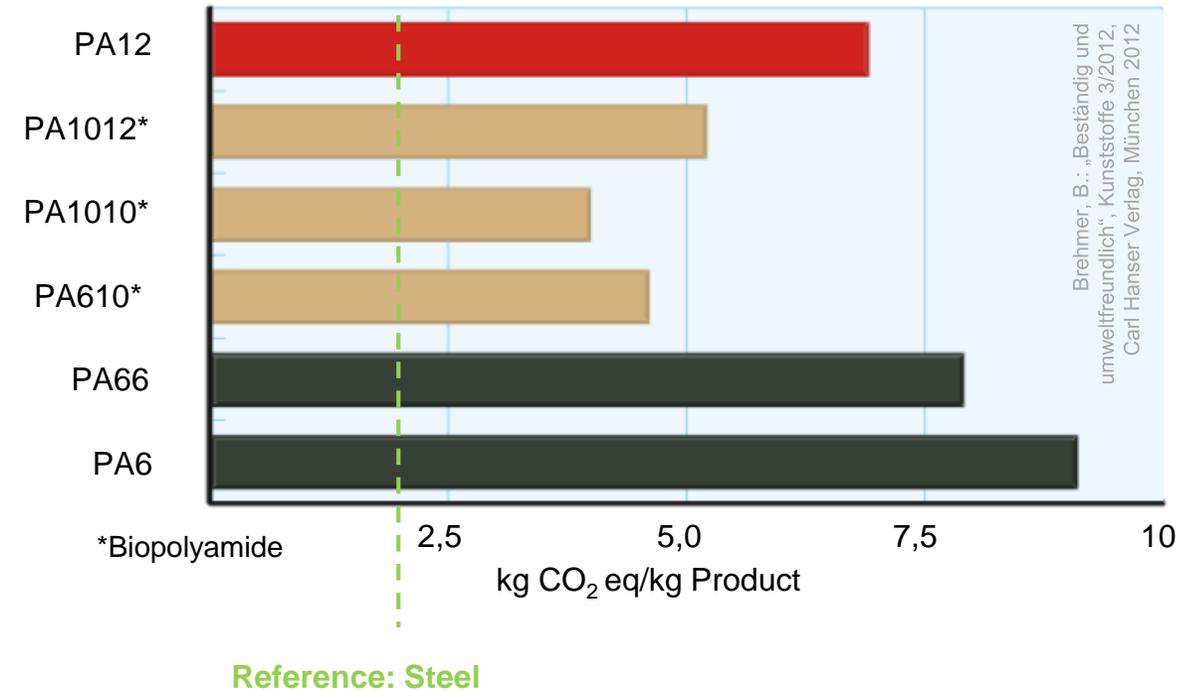


Initial situation

- CO2-footprint of plastics vs. steel-material data
- Performance of plastic gears built from biopolymers or biocomposite plastics are practically unknown
 - Bio-polymers, e.g. PA12, -1010, -1012
 - Biocomposite plastics (CO2 Emission factor < 1)
 - „Densified Wood“
 - Vulcanized fiber
 - Wood-Plastic-Composite (WPC)

Challenges

- Basic characterization required
- Assessment of recycling potential of fiber-reinforced plastics and hybrid materials (metal-plastic)



Jeluplast.com

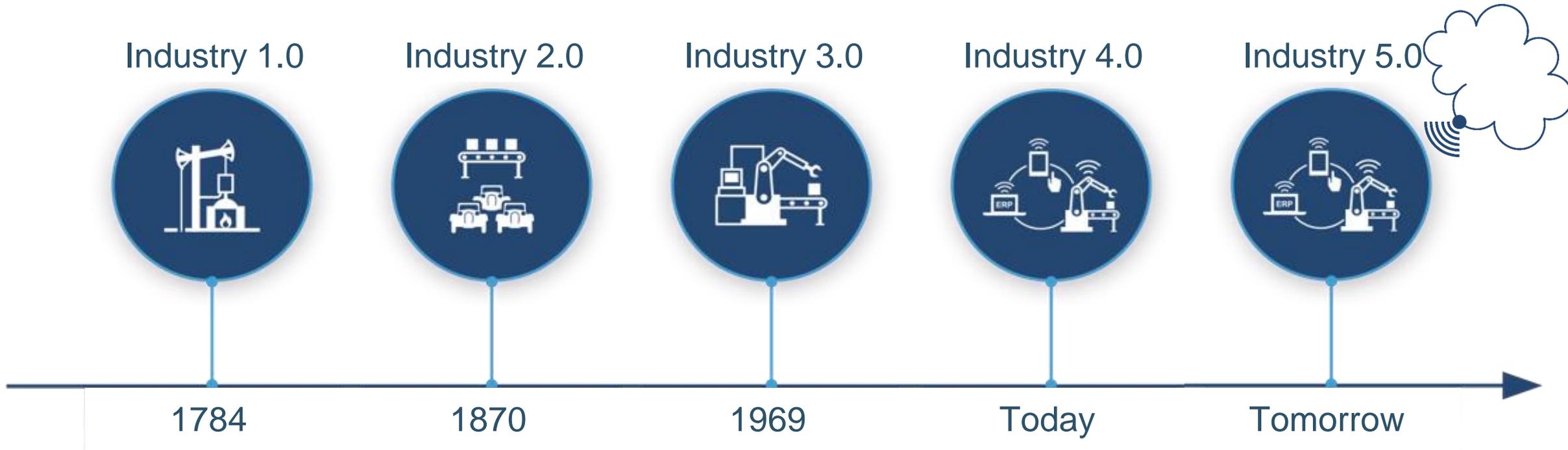


Empa / ETH Zürich

Research Institute: FZG TU München

Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Next generation ME's driven by the next IT generations need for data



Continuous increase of requirements for high quality data out of all technical processes

Picture source: <https://www.btelligent.com/en/portfolio/industry-40/>

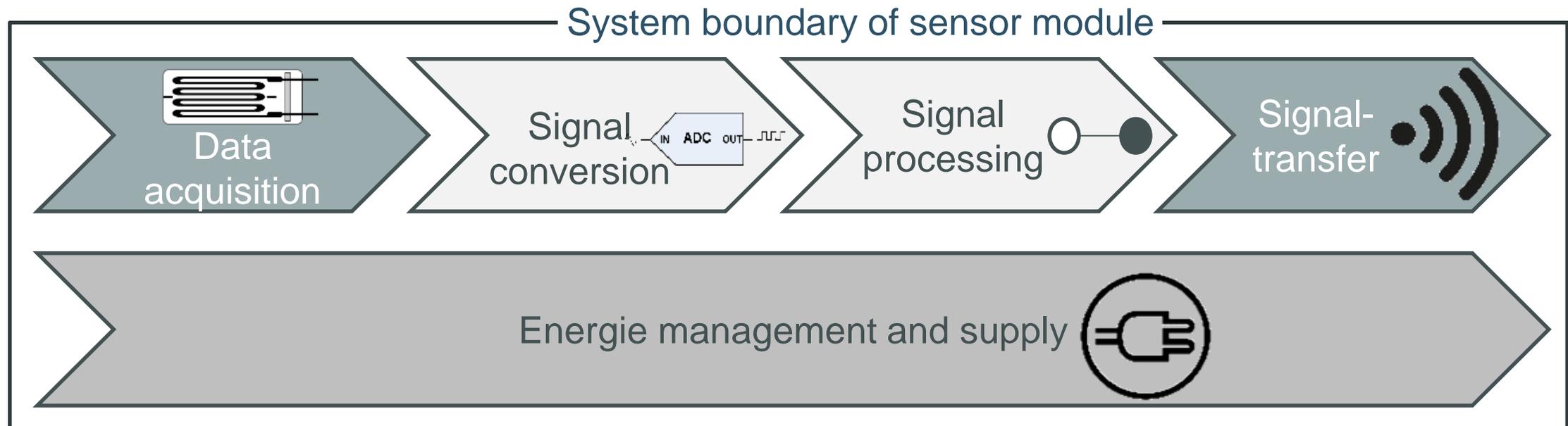
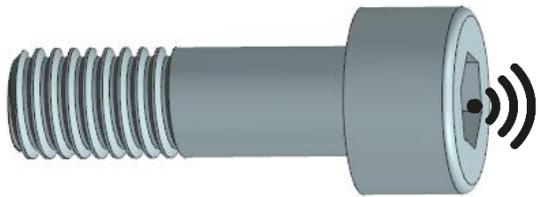
Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Additional functionality on system level of next generation ME's



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung



Selected research goals for the SiME concepts

- Energy autonomy
- Retention of geometric interfaces, ideally package neutrality
- Plug-and-play functionality on system level

Biggest challenges

- Energy autonomy
- Robust wire-less signal transfer

| Project title | Project manager |
|---|---|
| Sensor-integrated gear | TU-M: Stahl, Vogel-Heuser, Brederlow |
| Integrated sensors for intelligent large-size bearings | Uni Hannover: Pape, Poll, Wurz |
| Auto-informative plain bearings | RWTH Aachen: Gemmeke, Jacobs |
| Gas foil bearings for conditional and operation monitoring | TU Berlin: Gühmann, Liebich |
| Sensor integrated feather keys | TU Chemnitz: Drossel, Hasse |
| Load sensitive spline shaft | TU Clausthal: Lohrengel, LUH: Maier |
| Elastic couplings with integrated flexible dielectric elastomes sensors | TU Dresden: Henke, Schlecht, Wallmersperger |
| Sensor-integrated bolts for multiaxial force measurement and derivation of a design methodology | TU Darmstadt: Hofmann, Kupnik KIT: Matthiesen |
| Microelectronic modular system for sensor-integrating machine elements | TU Hamburg: Krause, Trieu TU Darmstadt: Kirchner |
| Radial shaft seal for monitoring of operation conditions and lubricant quality | TU Kaiserslautern: Seewig, Thielen, Wehn |

Beyond friction reduction – Machine elements for sustainable products

Sustainable technologies enabled by next generation ME's



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung

Digital Twins
Improve efficiency



**Predictive
Maintenance**
Reduce waste



Digitalization
Support demographic
change

Picture sources: <https://www.bertrandt.com/#gref>, <https://www.plastverarbeiter.de/99698/digitaler-zwilling-im-maschinenbau-vision-oder-wirklichkeit/> <https://blog.unbelievable-machine.com/en/what-is-predictive-maintenance-definition>



HYBRENERGY

**Hybride Zwillinge für datengetriebene
Planung, Umsetzung, Nutzung und
Sanierung von Green Buildings**

Prof. Jivka Ovtcharova
Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Entwicklung eines Verfahrens zum Aufbau eines dynamischen hybriden Zwillings von Gebäuden zur Energieeffizienzsteigerung durch datengetriebene Planung, Umsetzung, Nutzung und Sanierung:

- Im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
- Dauer: Juni 2023 – Mai 2026
- Projektpartner:



Energiemanagement und Automatisierung



Cloud-Plattformen, Embedded Software, IoT, xR



LUMOVUE
Building Analytics

3D-Visualisierung und -Modellierung,
ML, Wärmebildanalyse



BIM-Modellierung inkl. Haus-, Mess-, Steuer-
und Regelungstechnik | digitaler Fußabdruck



Informationsmanagement
im Ingenieurwesen



Karlsruher Institut für Technologie



Lehrstuhl
für Energie-
effizientes
Bauen



Hybride Zwillinge, GIS, BIM, MCAD, ECAD, Virtual Engineering,
webbasierte virtuelle Echtzeitmodellierung

Energie in Gebäuden und Quartieren, Raumklima und Klimawirkung, BIM und Bauphysik
und Simulation

KI, Assistenzsysteme, dynamische Demand-
Response-Systeme, Energieeffizienz

IST-AUFNAHME

- **Bestandsunterlagen sichten:**
 - **Sind häufig lückenhaft**, da die Pläne bei Übergabe von der Bauausführung in den Betrieb nicht aktualisiert und spätere Änderungen im Betrieb nicht nachgeführt wurden.
 - **Meist existieren nur Architektur-Pläne**, TGA ist nahezu nicht vorhanden und muss manuell erfasst und eingetragen werden.
 - **Im besten Fall sind 2D-Pläne**, Datenblätter und Funktionsbeschreibungen vorhanden.
- **Abgleich mit den tatsächlichen Vor-Ort-Bedingungen:**
 - Alles noch so wie bei der Planung bzw. Erstellung der Pläne?
- **Lückenhafte Unterlagen** müssen vervollständigt werden:
 - Datenblätter zu den verbauten Assets müssen gesammelt werden
 - Annahmen treffen für nicht vorhandene Themen
- **Manuell erfasste Themen** werden in einer Visualisierungs- Software zusammengetragen
 - Architektur, Struktur-, TGA-Modell
- **Simulationssoftware (funktionell) manuell füllen**

SCHWÄCHEN

- **Keine Schnittstellen zwischen den Tools:**
 - Änderungen müssen überall **manuell** nachgeführt werden.
- **Keine Schnittstellen zur Gebäudeleittechnik**, dem Energie- und dem Facilitymanagement
- **Durch die Dauer** des Erfassungsprozesses kann **der Digitale Zwilling bei Fertigstellung bereits wieder veraltet** oder fehlerhaft sein
- **Keine dynamische Aktualisierung** des Modells
- **Keine Möglichkeit Szenarien zu kalkulieren:**
 - Welche Auswirkungen haben Modernisierungen und Änderungen auf den CO2-Footprint?

FAZIT

- **Enormer zeitliche und finanzieller Aufwand**
- **Enormer Bedarf an nichtvorhandenen Fachkräften**
- Der **zeitliche Aspekt** hat eine große **Wirkung:**
 - Maßnahmen müssen schnell wirksam werden zur Erreichung **der Klima- & CO2-Ziele!** Einhergehend könnte ein optimierter Prozess die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern unterstützen.





Nichtwohngebäude

Bestand: ~21,12 Mio.

Nutzungsdauer: ~50 Jahre

Anteil Neubau: ~70%



Wohngebäude

Bestand: ~19,27 Mio.

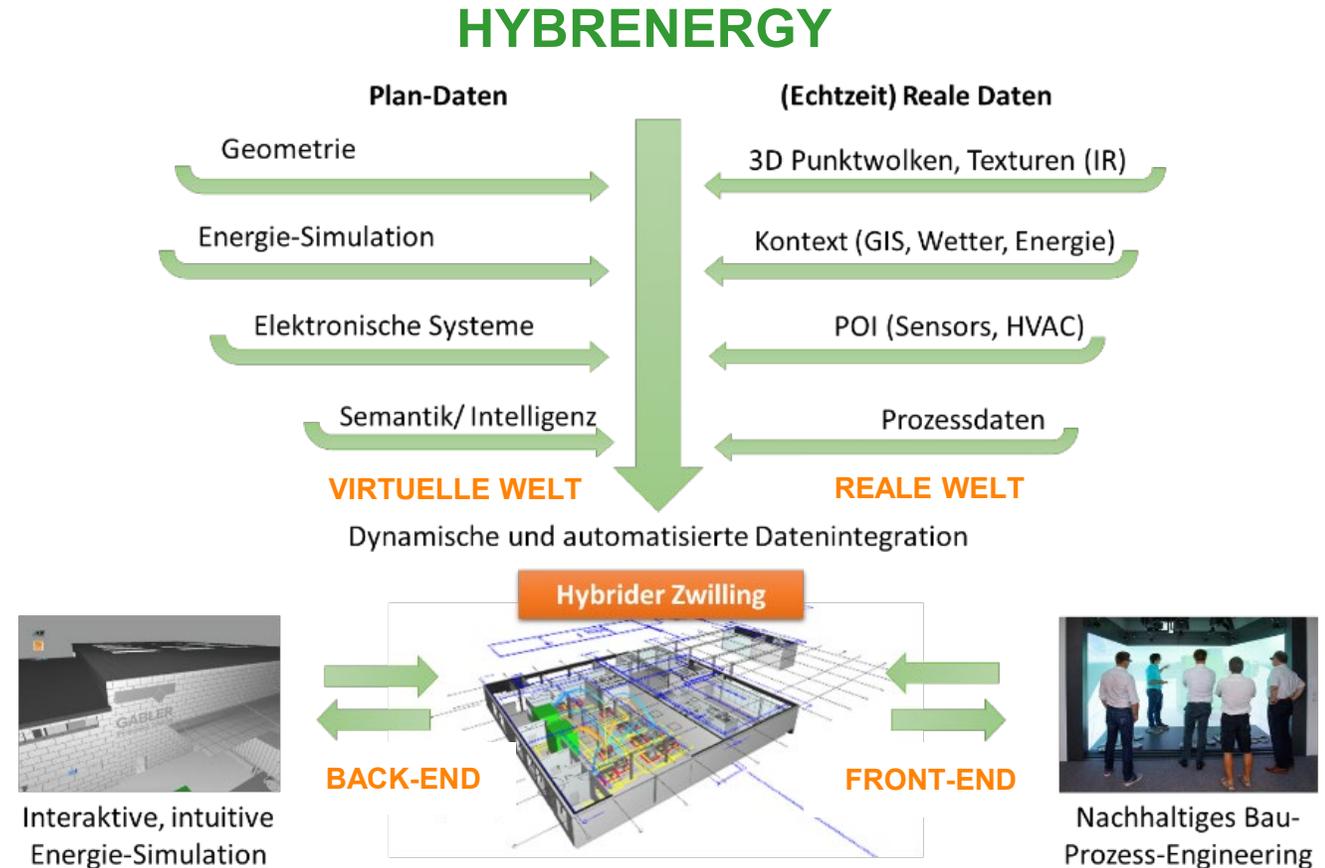
Nutzungsdauer: ~80 Jahre

Anteil Neubau: ~30%



Optimierung der Energieeffizienz & -flexibilität in (Bestands)-Gebäuden anhand eines ganzheitlichen hybriden Zwillings:

- Konzeptionierung eines ganzheitlichen Metamodells für den Bauprozess & die Nutzungsphase.
- Entwicklung einer Methode zur dynamischen Modellierung & Generierung eines hybriden Zwillings.
- Kommunikationskonzepte für die Einbettung des hybriden Zwillings in Betrieb & Hausautomation.
- Nutzung für komplexe Simulationen & strategische Optimierungen.
- Immersive, interaktive & performante Visualisierung zur Kollaboration der verschiedenen Stakeholder.



Virtuelle Darstellung von realen Einheiten und Prozessen, die mit einer bestimmten Genauigkeit und Frequenz interagieren und synchronisiert sind. Der hybride Zwilling:

- ist ein System von Systemen,
- nutzt Echtzeit- und historische Daten,
- stellt die Vergangenheit und die Gegenwart dar,
- simuliert die Zukunft in vorausschauender Weise,
- wird in IT/OT-Systeme implementiert.

Voraussetzung:

- leistungsfähige Infrastruktur auf der Grundlage offener, internationaler Standards,
- Interaktion zwischen Mensch und Maschine,
- Unterstützung nicht-funktionaler Anforderungen wie Datenhoheit, Datenschutz und Kontrolle der Datennutzung,
- Gewährleistung der Interoperabilität und Synchronisation.



Allgemeines

| | |
|--------------------------|---|
| Firma | ABN GmbH (Tochterunternehmen SE) |
| Standort | Neuenstadt am Kocher |
| Mitarbeitende | 180 (90 kaufm., 90 gewerbl.) |
| Produkte | Kleinverteiler, Schaltanlagen & -schränke |
| Produktionsumfang | 28,7 Mio. EUR in 2019 |



Gebäudefront-Ansicht

Gebäude-Eckdaten

| | |
|-----------------------|---|
| Aufbau | 11 Einheiten (Produktions- & Montagehallen, Lager, Bürofläche, Kantine) |
| Grundstück | 22.500 m ² |
| Gebäudezustand | Baujahre zwischen 1965 und 2010 |
| Energiearten | Erdwärme, Windkraft, Erdgas, Heizöl, Strom |
| Systeme | Kein Energie- und Flächenmanagement; alle Subsysteme technisch nicht vernetzt |



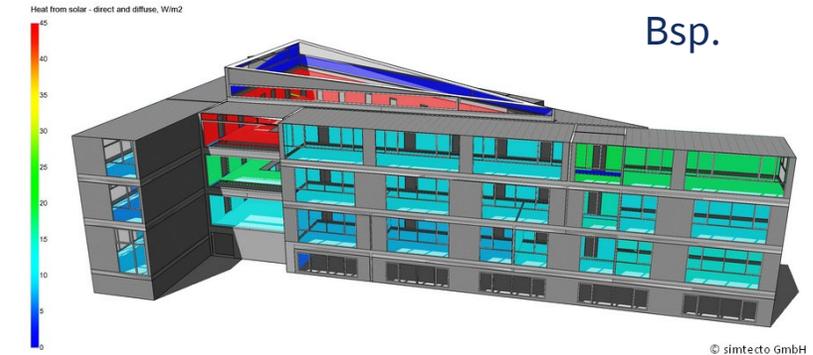
Grundriss mit Aufteilung der Hallen

Heutiger Stand:

- für die Erstellung eines dynamischen Simulationsmodells eines Gebäudes ist bisher ein hoher manueller Modellierungsaufwand erforderlich,
- thermische Simulation wird daher häufig nur für einen bestimmten Zeitpunkt in einer später Planungsphase durchgeführt, wenn nur noch wenige Änderungen an der Kubatur zu erwarten sind.

Hybrenergy:

- Datenaufnahme von Bestandsgebäuden durch die Digitalisierung der Gebäudekubatur durch Lumoview inkl. Parametererfassung,
- schnelle Erstellung eines ausreichend präzisen Gebäudemodells, um die Simulation auch schon frühzeitig durchzuführen und den Sanierungsbedarf festzustellen.



Bsp.

Grundlagenermittlung nach HOAI



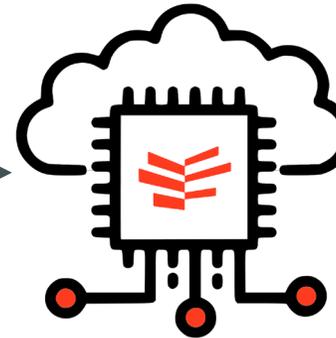
Schnelle Erfassung der Gebäudestruktur

360° sichtbar
360° infrarot
Distanz-
messungen

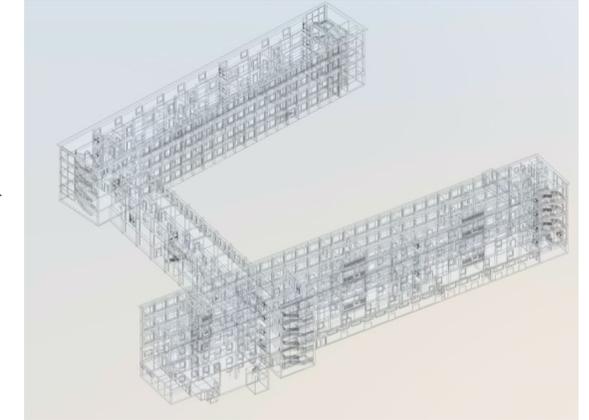
Luftfeuchtigkeit
Lufttemperatur



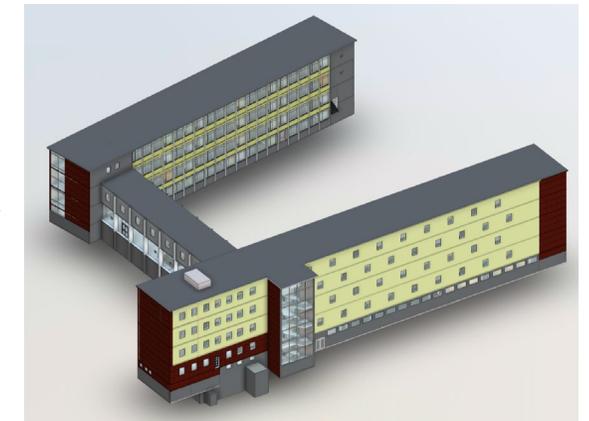
Messung dauert nur 2 Sekunden
pro Raum und ist mit einem
Knopf bedienbar



Hochgradig automatisierte Analyse
in Cloud



Erstellung von 2D-Grundrissen und
3D-Modellen



Erstellung von Grundrissen und 3D-Modellen durch Lumoview

Dynamische Simulation in VR

PolyVR ist eine open-source VR-System des IMI zur Erstellung des interaktiven virtuellen Gebäudemodells und des hybriden Zwillings:

- Physik-Engine mit Schnittstellen und Einsatzmöglichkeiten auf hoch immersiven Hardwaresystemen.
- Integration der Anwendungslogik, je nach Projektanforderungen werden in PolyVR Module ergänzt und neue hinzugefügt.
- Insbesondere Schnittstellen werden angepasst und optimiert, wie die Kommunikation mit der Energiesimulation oder mit der Gebäudeautomatisierung.



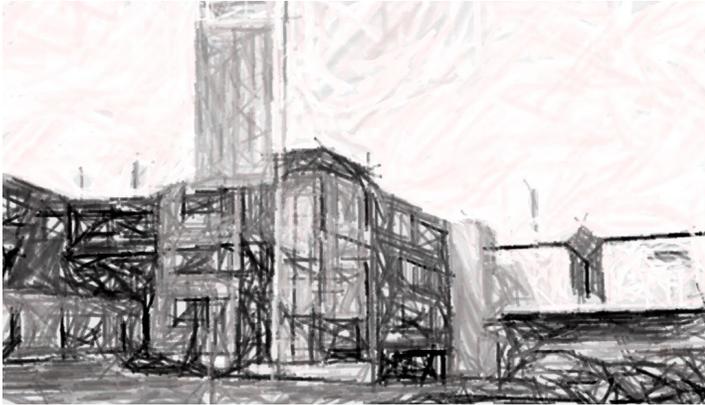
VR-Schnittstellen für Gebäudesimulation



Sensor-, Verbrauchs-, Nutzungsdaten werden aggregiert und bereitgestellt, sowie die aktiven Gebäudeelemente gesteuert:

- PolyVR unterstützt viele Schnittstellen und Protokolle, REST, TCP/UDP, OPC UA, MQTT und mehr. Bei Bedarf können neue Protokolle hinzugefügt werden um Schnittstellen und Datenströme zu entwickeln.
- Im Realdemonstrator, wie in einer Vielzahl von „gewachsenen“ Industriegebäuden in Deutschland, wird eine heterogene, nicht vernetzte Landschaft an Automatisierungen verbaut. Diese sollen über offene Schnittstellen in ein System (EcoStruxure for Buildings von Schneider Electric) überführt werden, welches sowohl Automatisierung als auch Energiemanagement und CAFM zur Verfügung stellt.





Projektbeginn:

TRL 3 - Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie

- Einzelne Technologien und Verfahren, die im Vorhaben eingesetzt werden sollen sind in Isolation bereits erfolgreich im Einsatz.
- Neu wird die Verbindung der Technologien in ein ganzheitliche Modell und die Datenverarbeitung zwischen diesen.



Projektabschluss:

TRL 6 - Prototyp in Einsatzumgebung

- Hybrider Zwilling nach geplantem System für Demonstrationsgelände (Schneider Electric) entwickelt und dort aktiv im Einsatz.
- Validierung der Funktionstüchtigkeit nach Aspekten: Klimaschutz/Energieeffizienz, Ökonomie und technologischen Möglichkeiten.
- Umsetzung der Validierungsszenarien



- Einsatz der entwickelten Lösungen zur Optimierung eigener Produkte und Dienstleistungen.
- Bessere Umweltbilanz in Produkten und Dienstleistungen.
- Sanierung der eigenen Gebäude anhand entwickelter Lösung und Validierung der einsparungs- und nachhaltigkeitsbezogenen Ziele.
- Fehlerfreie, transparente und effiziente Planungsprozesse und verbesserte Planungseffizienz.
- Ausbau und Stärkung der internationalen Markposition.
- Minimierung des Risikos in der Projektentwicklung, durch verlässliche Simulation.
- Nutzergruppen: Endkunden aller Partner.

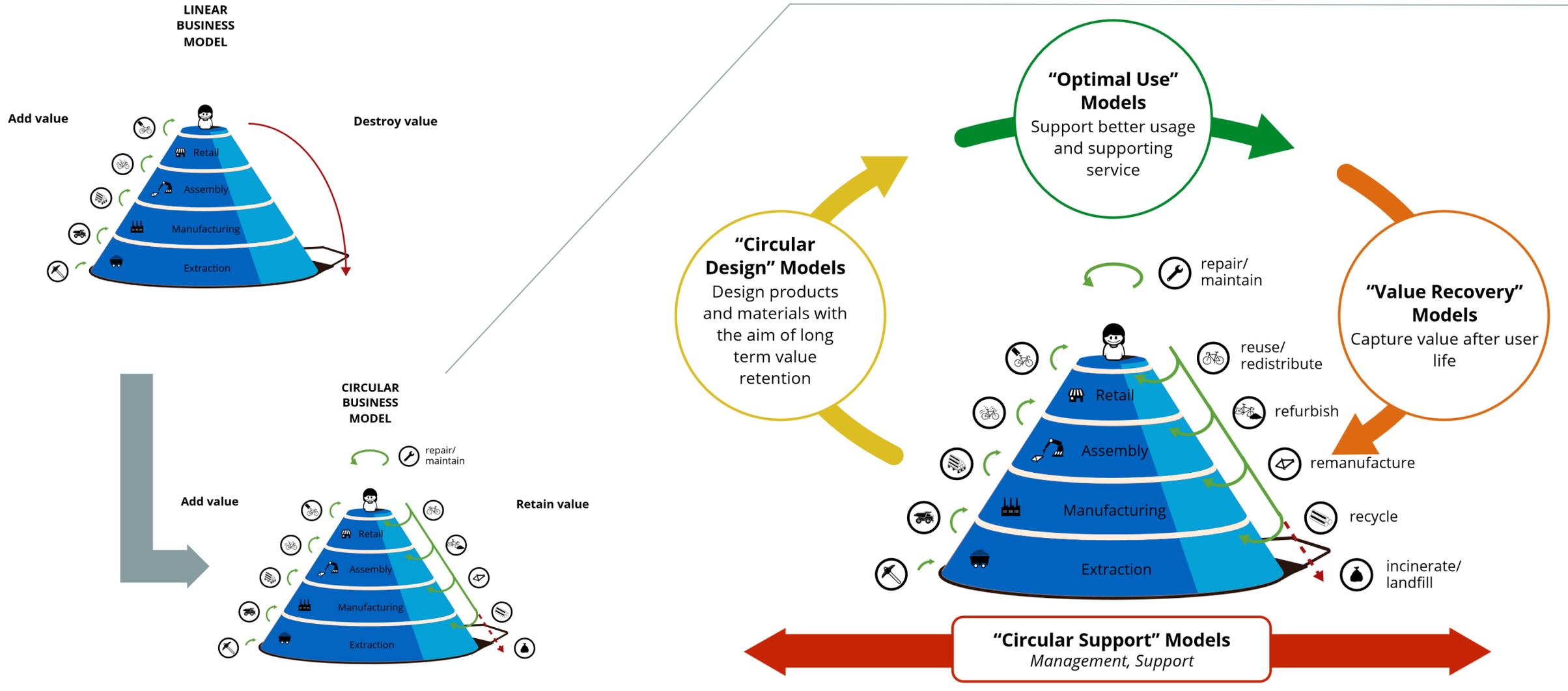


- Publikationen der Ergebnisse, Präsentationen auf nationalen und internationalen Konferenzen/Messen.
- Öffentlicher Zugang zu Forschungsergebnissen: KIT/FZI Labore, Publikationen, Open-Source-Veröffentlichungen.
- Anschlussprojekte auf Basis der Projektergebnisse (wiss. Anschlussfähigkeit)
- Potenzielle Ausgründung mit entwickelten Lösungen und Schnittstellen
- Einbau der Projektergebnisse in Lehre und Weiterbildung am RWTH Aachen und am KIT.
- Gelegenheiten für Qualifikationsarbeiten (BA, MA, PhD).



**Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit!**

Circular Economy Value Hill - Business Modell Sicht



Circular Economy – 10R Strategie



| | | |
|---|----------------------------|---|
| Intelligenterer Produktnutzung und -herstellung | R0 Refuse | Das Produkt überflüssig machen, indem seine Funktion aufgegeben wird oder die gleiche Funktion mit einem völlig anderen Produkt angeboten wird |
| | R1 Rethink | Intensivere Nutzung des Produkts (z. B. durch gemeinsame Nutzung des Produkts) |
| | R2 Reduce | Steigerung der Effizienz bei der Herstellung oder Nutzung des Produkts durch geringeren Verbrauch von natürlichen Ressourcen und Materialien |
| Verlängerung der Lebensdauer des Produkts und seiner Teile | R3 Reuse (Redistribute) | Wiederverwendung eines ausrangierten Produkts, das noch in gutem Zustand ist und seine ursprüngliche Funktion erfüllt, durch einen anderen Nutzer |
| | R4 Repair | Reparatur und Wartung eines defekten Produkts, damit es mit seiner ursprünglichen Funktion verwendet werden kann |
| | R5 Refurbish | Ein altes Produkt instand setzen und auf den neuesten Stand bringen |
| | R6 Remanufacture | Teile eines ausrangierten Produkts in einem neuen Produkt mit der gleichen Funktion verwenden |
| | R7 Repurpose | Ausrangiertes Produkt oder Teile davon in einem neuen Produkt mit einer anderen Funktion verwenden |
| Sinnvolle Verwendung von Materialien | R8 Recycle | Wiederverwertung von Materialien zur Herstellung von Produkten der gleichen (hochwertigen) oder auch einer niedrigeren (minderwertigen) Qualität |
| | R9 Recover | Verbrennung von Material mit Energierückgewinnung |

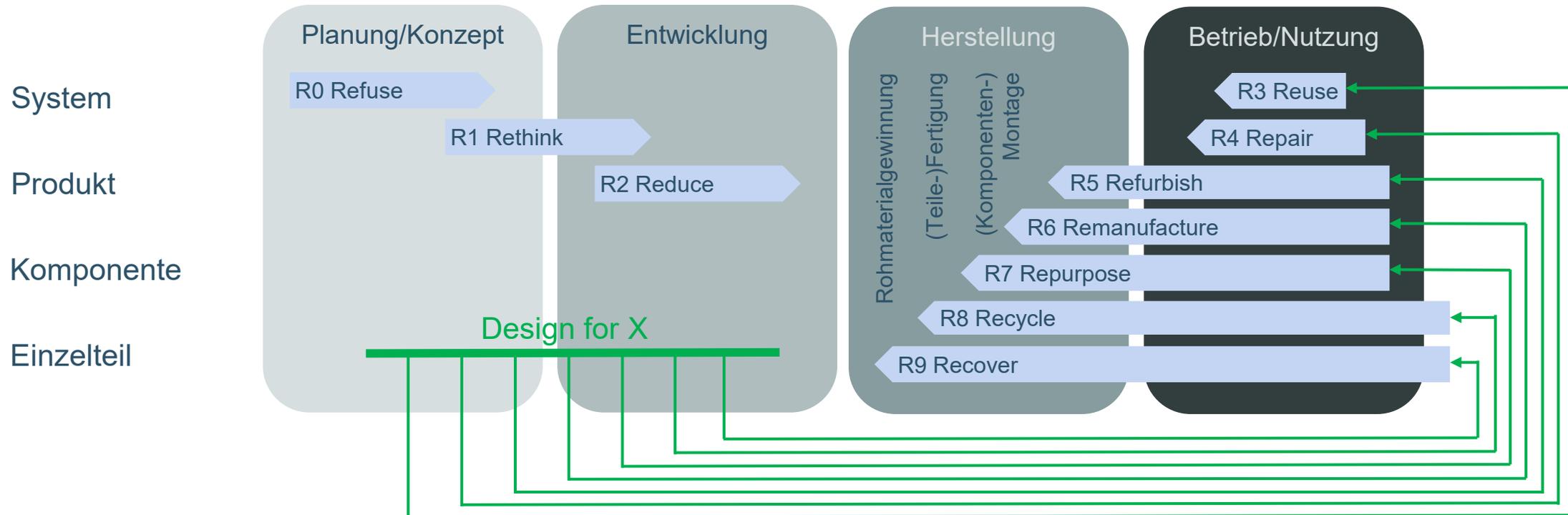
*Circular
Economy*



Ansteigende Zirkularität

*Linear
Economy*

Einordnung der 10R Strategien im Produktlebenszyklus

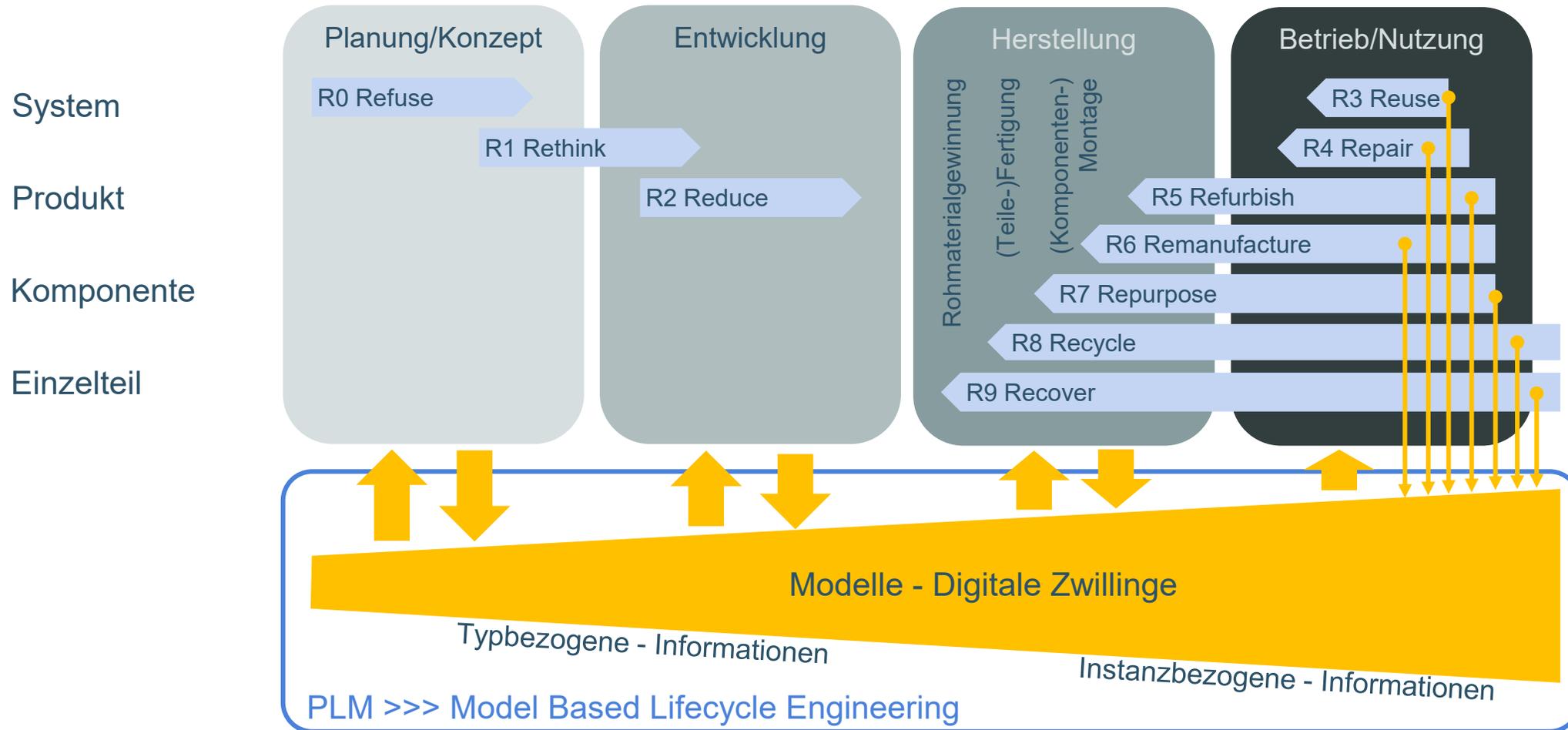


Die Produktentwicklung bestimmt die Handlungsoptionen für die Umsetzung der 10R Strategien

Circular Economy



Informationsflüsse mit Bezug zu den 10R Strategien im Produktlebenszyklus





Ziele

- Sammeln und Erarbeiten von Smart Engineering Themen für die nachhaltige Produktentwicklung und Kreislaufwirtschaft
 - Potenziale und Lösungsansätze
 - Hindernisse und Barrierenaus dem Blickwinkel Modellierung, Informationsmanagement, Virtualisierung Datenwissenschaften, Maschinelles Lernen etc.)
- Diskussion und Priorisierung als Grundlage für die Ableitung von Perspektiven und Handlungsoptionen
- Erarbeitung von Eckpfeilern von Smart Engineering-Ansätzen für eine nachhaltige Produktentwicklung und Kreislaufwirtschaft

3 Aspekte:

- Konkrete Nachhaltigkeitsaktivitäten
- Daten und Modelle
- Enabling Technologies (IT)



1. Status Quo

Erfassung/
Abstimmung
via **Particify**



2. Potentiale & Hemmnisse

Sammlung
(Kärtchen &
Pinnwand)



Diskussion &
Priorisierung



<https://partici.fi/49513085>



WiGeP

Wissenschaftliche Gesellschaft
für Produktentwicklung

Methoden zur Entwicklung nachhaltiger Produkte

Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer
Prof. Dr.-Ing. Dieter Krause

- Vielschichtige, nicht nur neue ökonomische, ökologische und soziale Aspekte
- Leitbild der Agenda 2030 sind:
 - Menschenwürdiges Leben
 - Erhalt natürlichen Lebensgrundlagen
- Nur schwaches globales Commitment, z. B. Klimaabkommen ...
- Vielzahl von Regelungen, Incentives und Abgaben mit dynamischer politischer Entwicklung in Europa
- Chancen und Risiken für Geschäftsmodelle

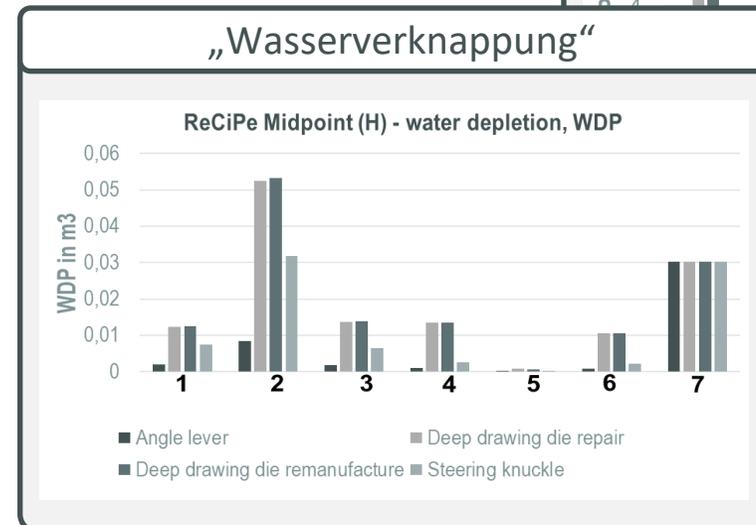
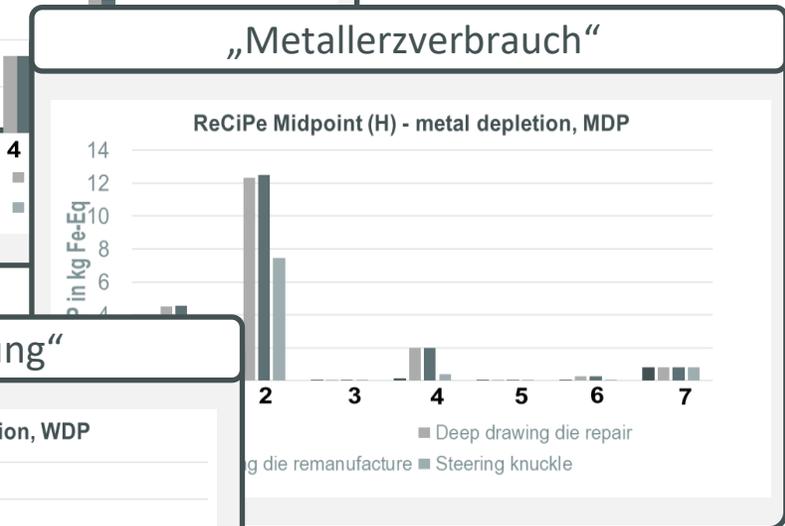
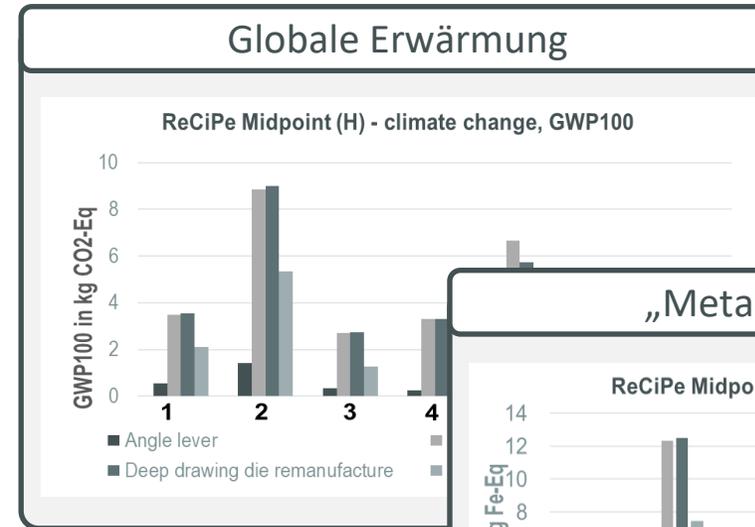
ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG



Developed in collaboration with TROLLBÄCK+COMPANY | TheGlobalGoals@trollback.com | +1 212 529 1010
For queries on usage, contact: cpicampaign@un.org | Non official translation made by UNFIC Brussels (September 2015)



- Technisch Wirtschaftliche Bewertung wird ergänzt um ökologische Aspekte
- Life Cycle Assessment (LCA)
- Multikriterielle Bewertung
- Von Freiwilligkeit zu Verbindlichkeit
- Von Bestandsaufnahme zur Zielableitung
- Wir entwickeln Datenbanken und Prozessarchetypen die unternehmens-
typologisch zu adaptieren sind



Was ist ein nachhaltiges Produkt?



Produktzweck
nachhaltiger umgesetzt

Elektrifizierung des
Energiesektors



Nutzung ökologischer
Materialien



Langlebige Produkte

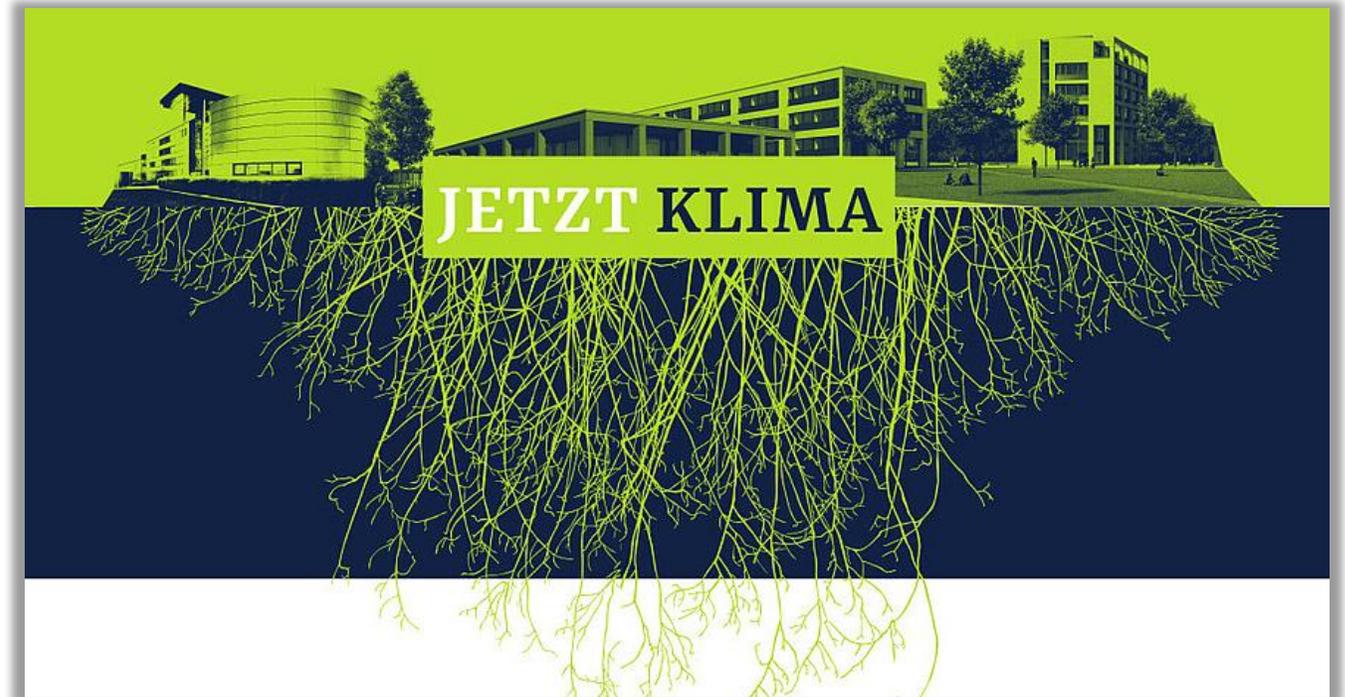


Nachhaltiger Produktnutzen



Zirkulare
Kreislaufwirtschaft

- **Nachhaltiges Produktdesign – Entwicklung nachhaltiger Produkte**
 - Geschäftsmodelle
 - Stoff, Energie, Information
 - System Engineering
 - Product-Lifecycle-Management
 - Technologische Innovationen
- Wissenschaftsphilosophie und Ethik
- Kreislauftechnik
- Erneuerbare Energie
- Einführung in das Umweltrecht
- Zustandsdiagnose und Asset Management



- Additiv gefertigte Hochdruckwärmeübertrager für Wasserstofftankstellen
- Lokal gekühlte Zündkerzen und Einspritzdüsen verbessern Stabilität der Verbrennung
- Funktionsintegrierte Wasserstoffreformer zur nachhaltigen Energiegewinnung
- Innere Strukturen in Laufbuchsen optimieren Thermomanagement und reduzieren Verschleiß



Wasserstoffreformer, <https://www.iwr.de/>

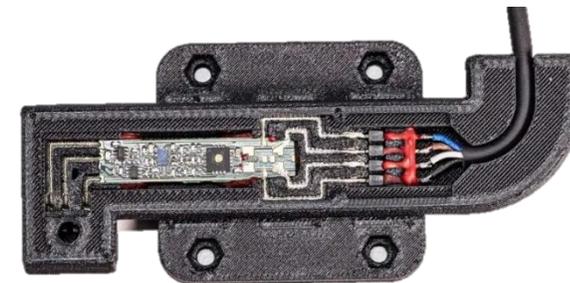
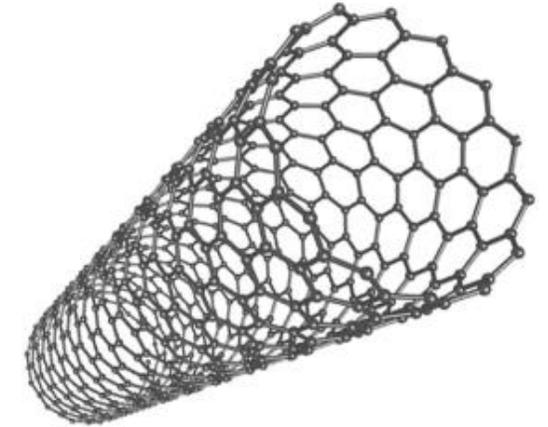


Wasserstofftankstelle, <https://bmdv.bund.de/>

Gemeinsame Herausforderungen:

- Wasserstoffversprödung
- Drücke bis 1050 bar
- Temperaturen von -60 bis $+800^{\circ}\text{C}$
- Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit
- Fehlende Zulassungsmechanismen

- Gesteigerte Ökoeffizienz
- Topologie optimierte Hochleistungsstrukturen
- Einsatz von Multi- und Hochleistungsmaterialien, Stählen
- Funktionsintegration von Sensoren, Aktuatoren, Leitungen, Schalter, etc.
- „Grüner Strom“ führt zu Verschiebungen des Footprints aus der Nutzung in die Erstellung





Ziele:

- Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten und Komponenten sowie der Gesamtlebensdauer
- Unterstützung des Kreislaufgedankens
- (wiederholte) Aufwertung oder Veränderung von Produkten, indem neue Bestandteile sowie Produkterweiterungen die technologische Wertigkeit der Produktes verbessern

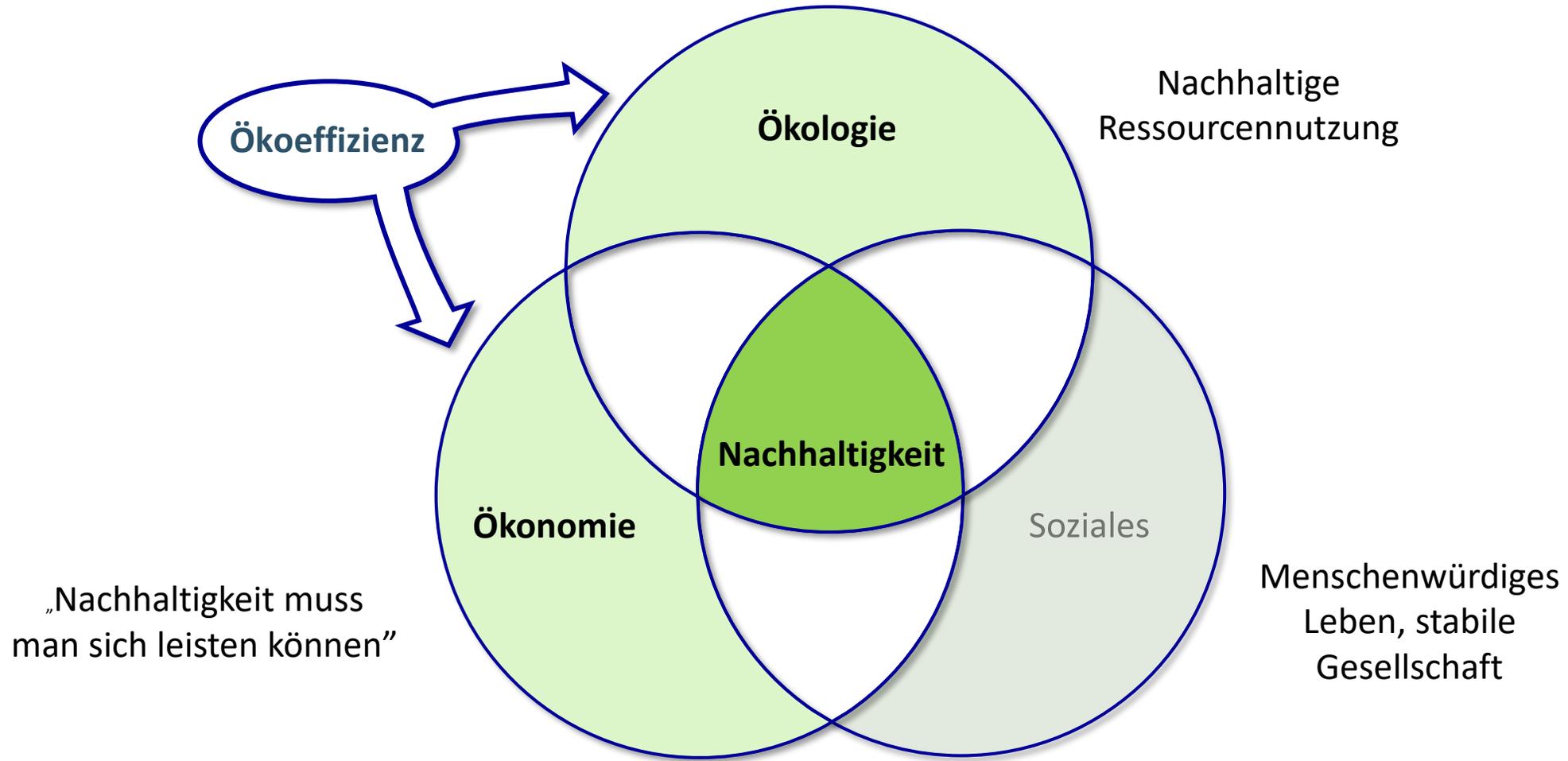


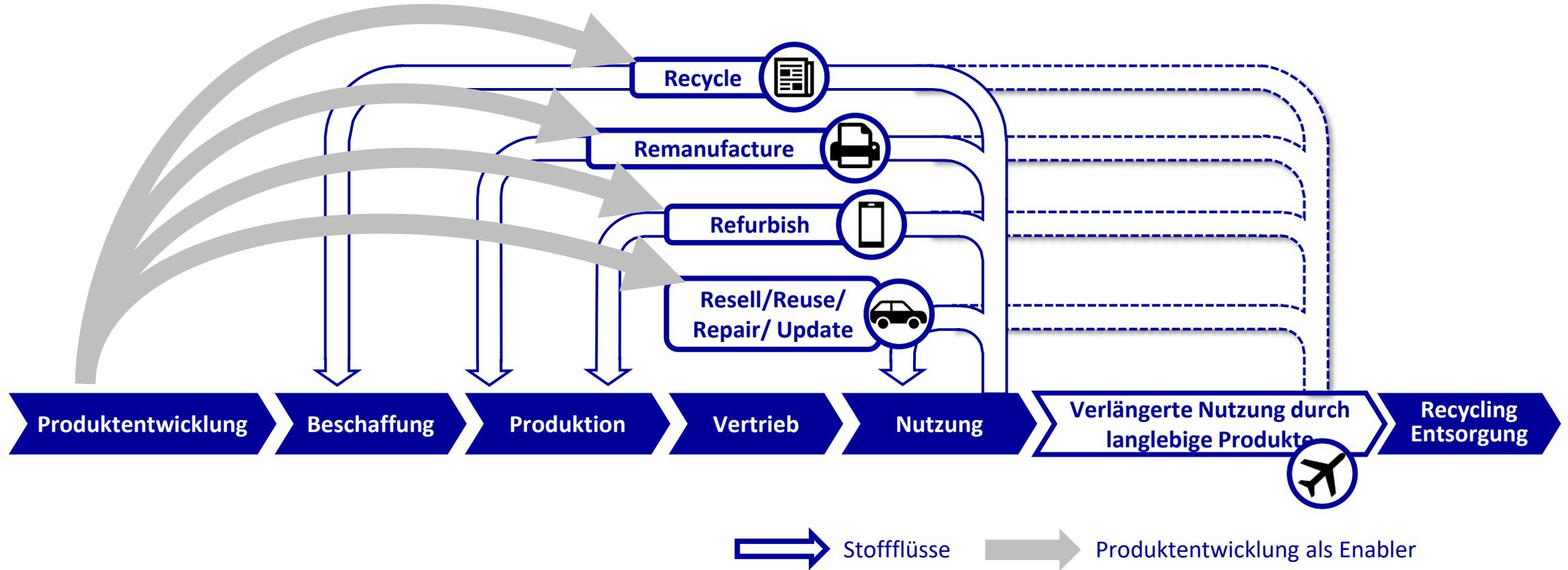
Voraussetzungen:

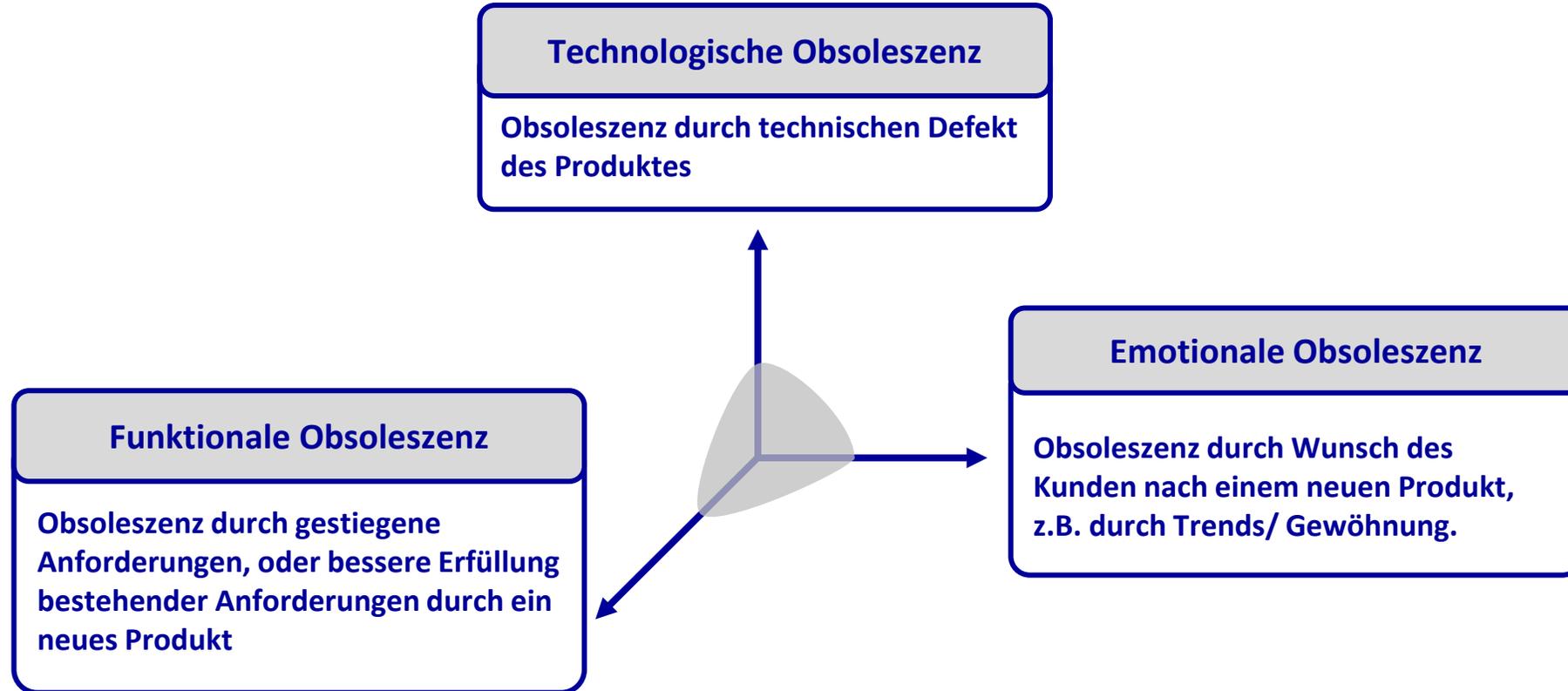
- Anpassung der Systemarchitektur bei der Produktentwicklung, um die Update-Fähigkeit der Produkte zu gewährleisten.



Positionspapier WGP/ WiGeP (2022)







Unterschiedliche Gründe für die Obsoleszenz eines Produktes können mit unterschiedlichen Strategien adressiert werden.



- **Wie müssen Produktentwicklungsmethoden für nachhaltige Produkte aussehen?**
 - Welche Kriterien zur Bewertung sind hierzu geeignet?
 - Wie wird der Handlungsbedarf in der Industrie gesehen?
 - Gibt es bereits Lösungsansätze?