

**ME  
+IT** | **TRANSFER  
XCHANGE**

**INDUSTRIE UND FORSCHUNG  
IM DIALOG – GEMEINSAM INNOVATIV**



## **Prof. Dr.-Ing. Enno Wagner**

*Leiter Labor Wasserstofftechnik*

## **Prof. Dr. Nils Urbach**

*Leiter Research Lab for Digital Innovation & Transformation (ditlab)*

# Labor für Wasserstofftechnik

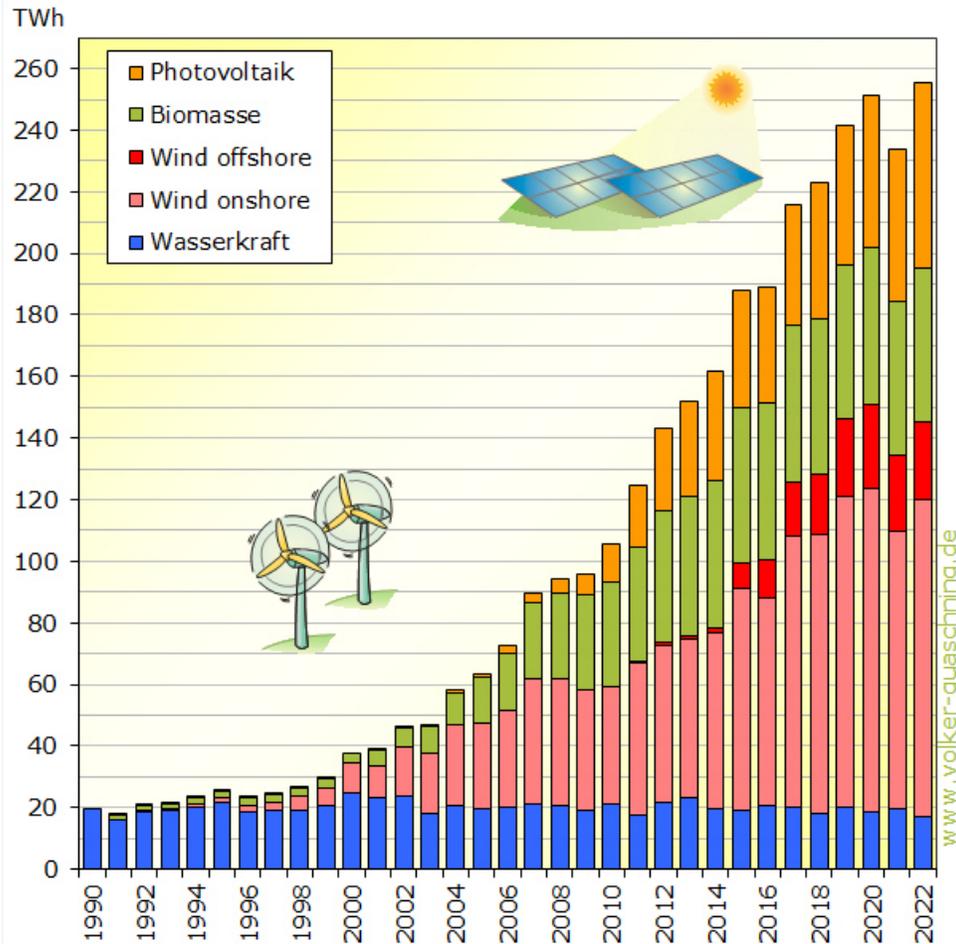
- *von der Forschung in die Anwendung* -

Fachbereich 2: Informatik und Ingenieurwissenschaften

Prof. Dr. Enno Wagner

und wissenschaftliches Team

# Erneuerbare Energien in Deutschland

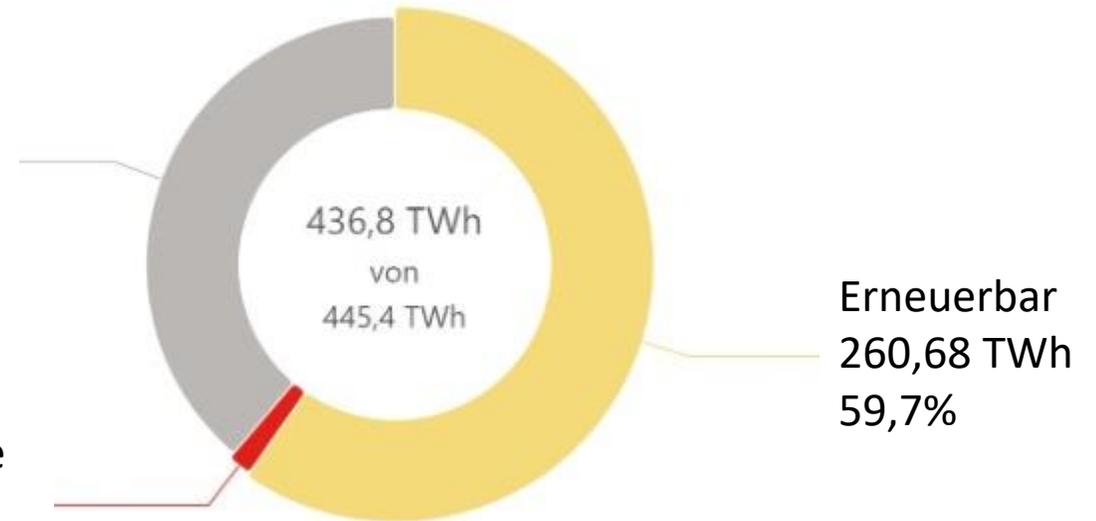


Quelle: Volker Quaschning  
<https://www.volker-quaschning.de/datserv/ren-Strom-D/index.php>

## Öffentliche Netto-Stromerzeugung in 2023 => rund 60%

Fossil  
169,38 TWh  
38,8 %

Kernenergie  
6,72 TWh  
1,5 %

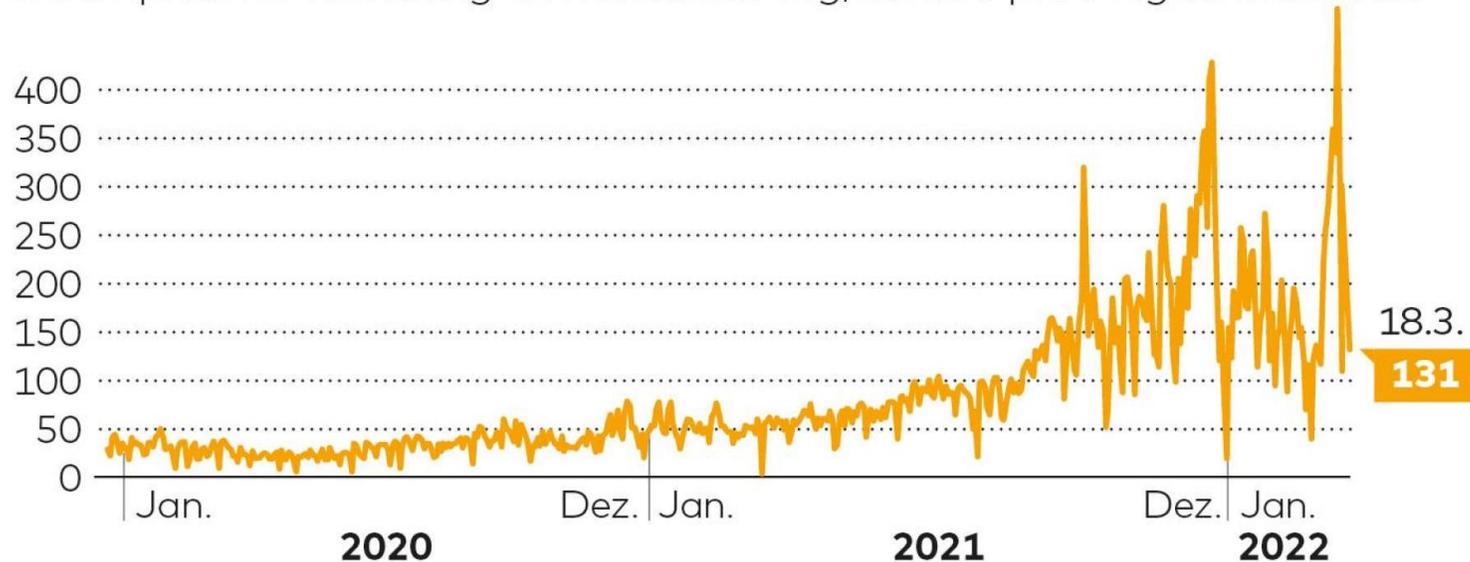


Quelle:  
Energy Charts, Fraunhofer ISE

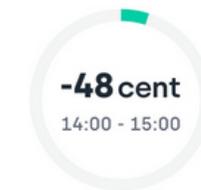
## Fluktuationen der Strompreise nehmen zu: Negative Strompreise im Sommer

### Unruhe am Spotmarkt

Strompreis für Lieferung am nächsten Tag, in Euro pro Megawattstunde



WELT



Durchschnittspreis heute: 5 cent

Preise inkl. Steuern



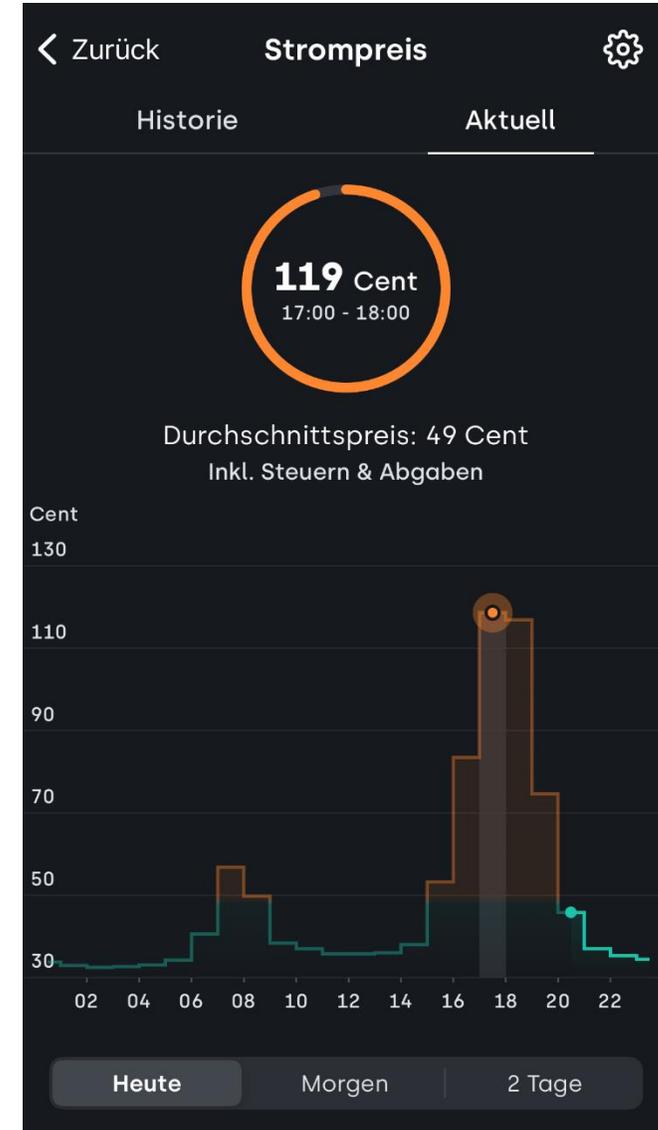
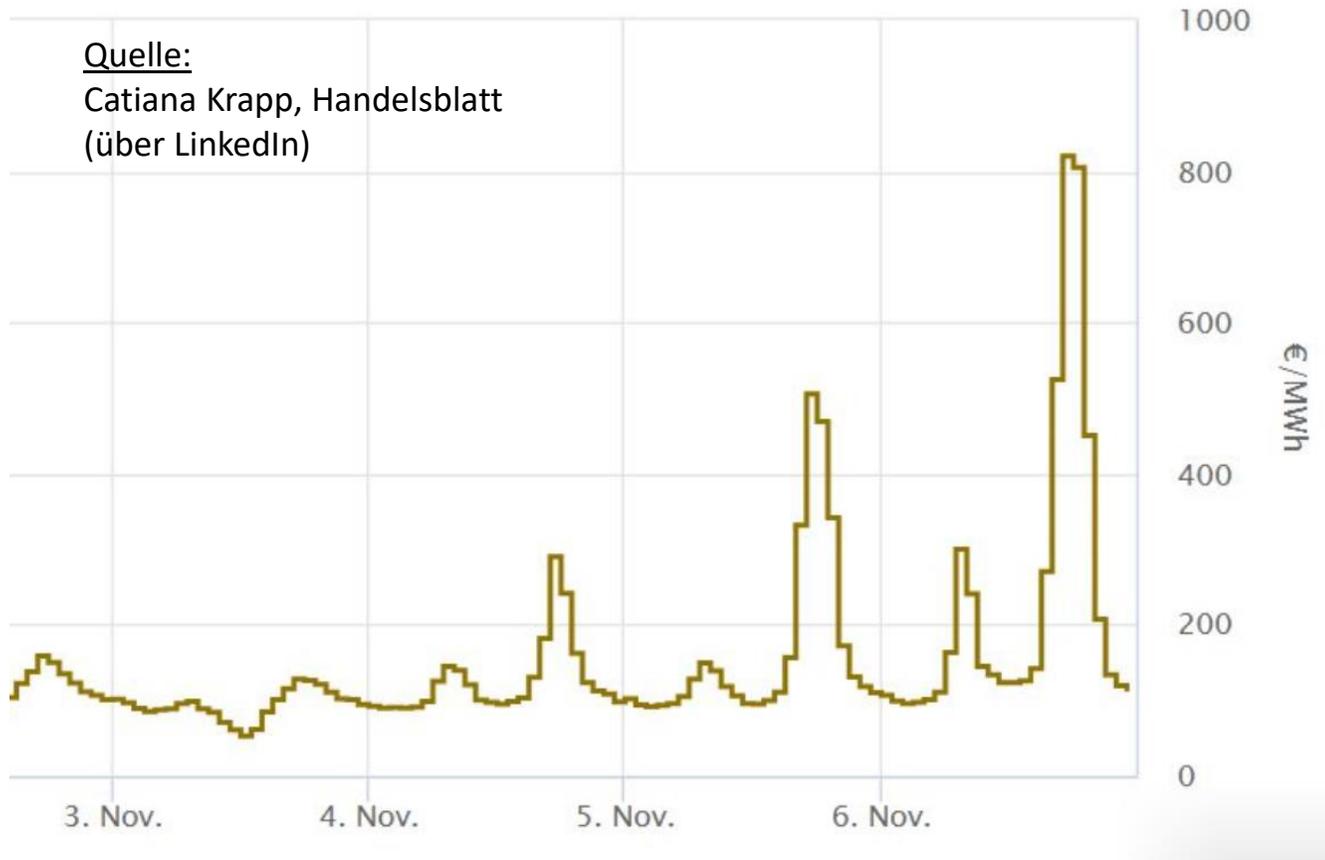
3J 1J 1M 1W 1T +1T

Strompreis Tibber am 1. Juli 2023

Quelle: [www.juergenstechnikwelt.de](http://www.juergenstechnikwelt.de)

Folie 3

## ... und Goldpreise im Winter bei „Dunkelflaute“



Tibber am  
06.11.2024

Die Produktion von elektrischer Energie mittels Windkraft und Fotovoltaik ist verbunden mit starken tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen.

=> Es werden **Speichertechnologien benötigt!**

## Wirkungsgrade verschiedener Energiespeicher

- Schwungradspeicher: 80-95% (1-2 Stunden)
- Lithium-Ionen-Batterien: 90-95% (1-2 Tage)
- **Elektrolyse/Brennstoffzellen: 20-40% (6 Monate und länger!)**

⇒ Das einzige Langzeitspeichersystem hat einen niedrigen Gesamtwirkungsgrad

⇒ Aber: Die angewandte Wasserstoff-Forschung an der Frankfurt UAS leistet einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Effizienz von grünem Wasserstoff!



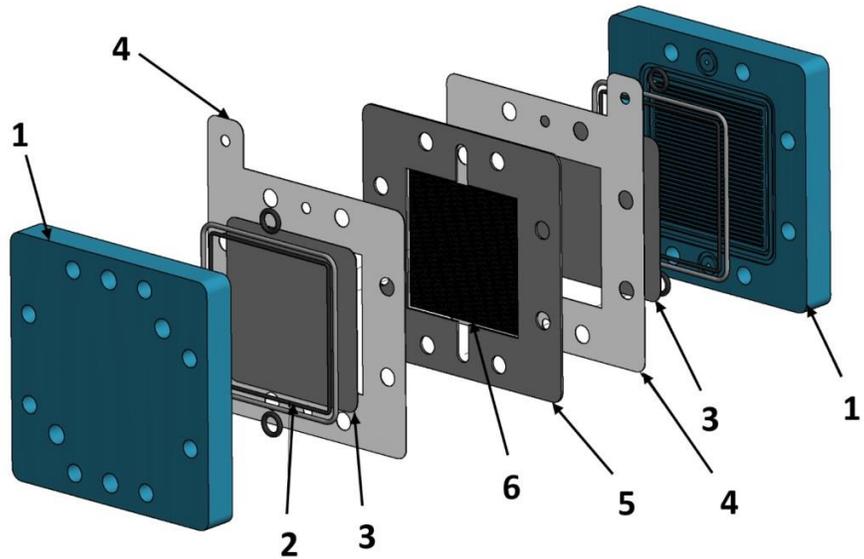
Image source: Wikimedia

# **Angewandte Forschung im Labor für Wasserstofftechnik**

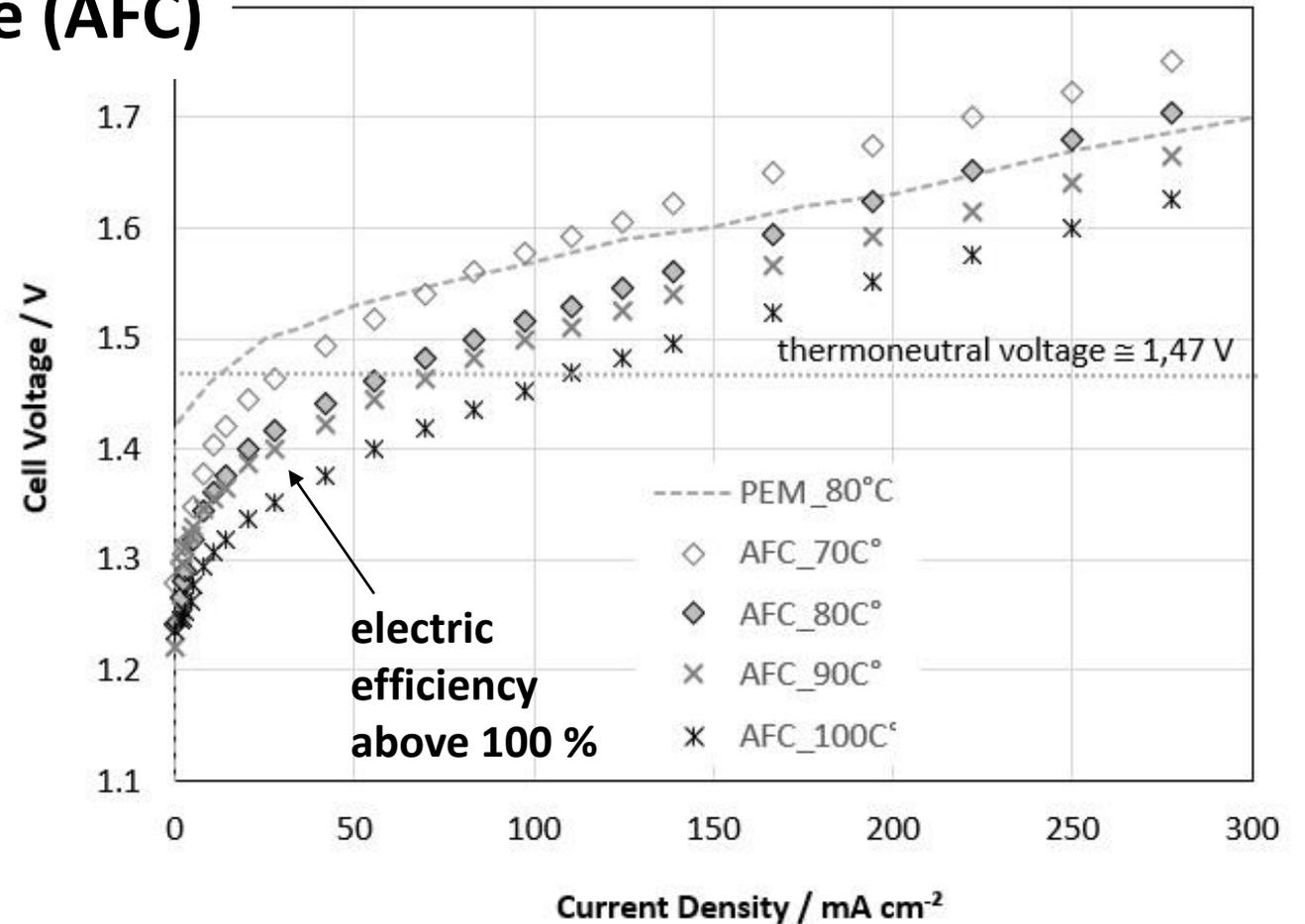
Frankfurt University of Applied Sciences

Fachbereich 2

## Reversible alkalische Brennstoffzelle (AFC)



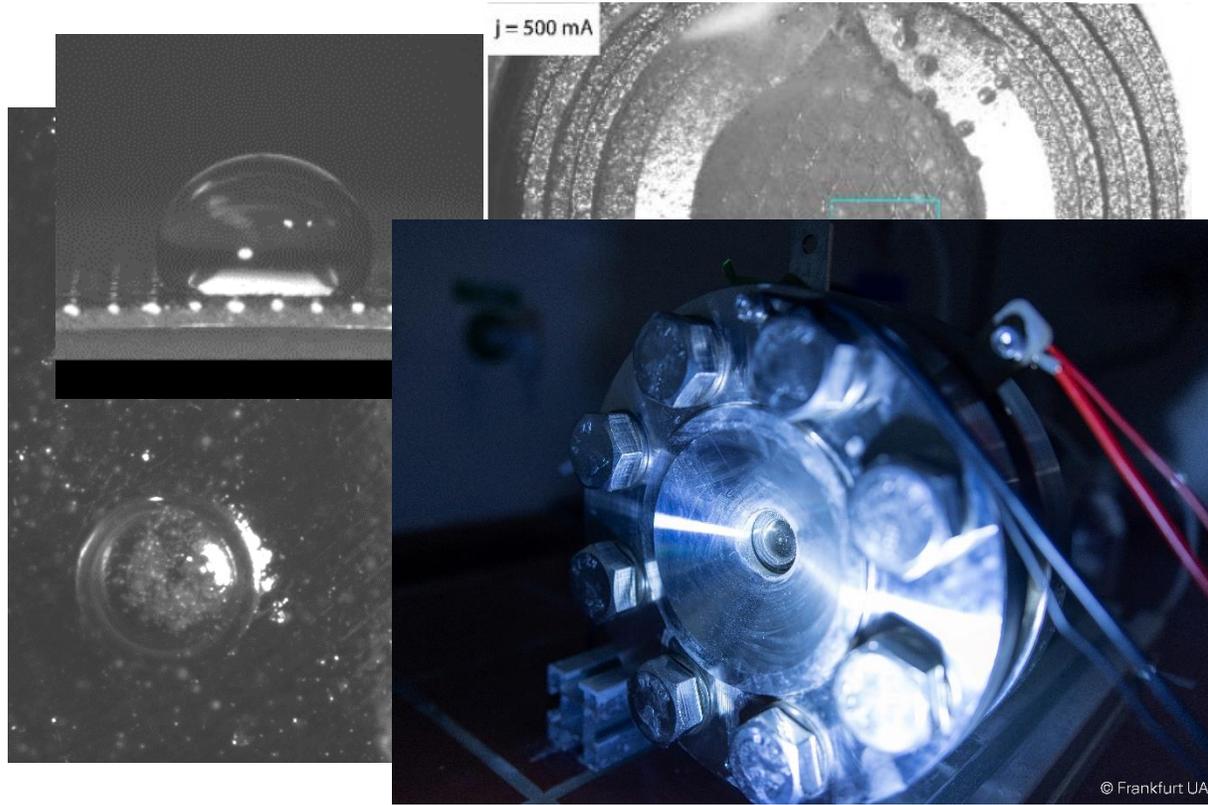
- Kostengünstige Nickel-Elektroden
- Stromspeicherung im Elektrolyse- und Brennstoffzellen-Betrieb
- Höchster Elektrolyse-Wirkungsgrad: >100%



Source:

@ 2022, E. Wagner, E. Delp, R. Mishra,  
Topics in Catalysis, Springer Nature

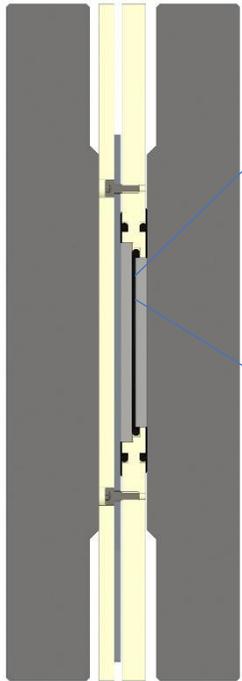
## Lokale Messungen an Wasserstoffgasblasen



- **Elektrolysezelle mit optischem Zugang**
- Messungen mit High-Speed-Kamera
- Effizienzanalyse der Gasblasenbildung
- Bestimmung der Wärmeverluste durch Berechnung der Shannon-Entropie
- Entwicklung eines Mikrozonens-Modells
- Vergleich, Validierung, Interpretation
- **Entwicklung optimierter Strömungsfelder** und hocheffizienter Gasdiffusions-Elektroden für die Elektrolyse

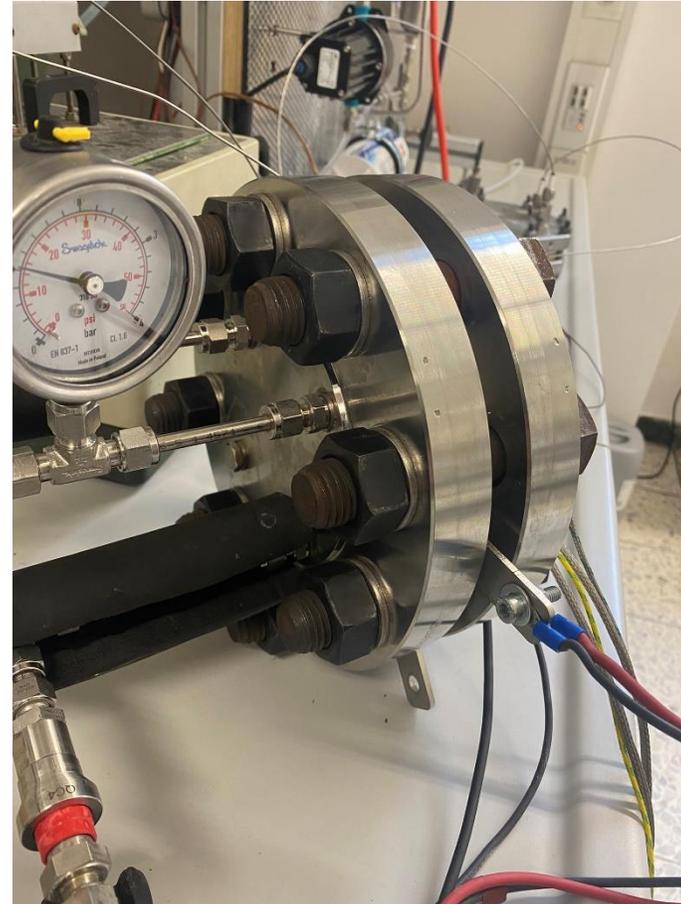
Wissenschaftliches Projekt, Roxana Tennert,  
Masterstudentin Maschinenbau, Frankfurt UAS

## AEM Elektrolyseur für hohe Leistungsdichten zur Herstellung von Druckwasserstoff



Elektroden werden mit starrer metallischer Stützstruktur angepresst

Alkalische Membrane Anion Exchange Membrane (AEM)



Stabile metallische Stützkonstruktion aus Edelstahl für **Drücke bis 100 bar**

Doktorarbeit Erik Delp,  
Labor für Wasserstofftechnik  
Fb2, Frankfurt UAS



## Loewe 3 Forschungsprojekt

Titel: Verdichterstation für grünen Wasserstoff

Kurz: H2compress

Projektpartner

- Frankfurt UAS => Entwicklung Druck-Elektrolyseur
- Sera Hydrogen => Wasserstoffverdichter
- Gaskatel => Elektroden
- Viessmann => Beratung Hausenergie-technik

Zeitraum: Jan 2024 – Dez 2025

Gesamtvolumen: 625.771 €

Fördersumme: 453.606 €



Bild: Opel

## Konstruktion und Verfahrenstechnik



### Doktorarbeiten

Lukas Probsthain und Jens Rau  
Labor für Wasserstofftechnik  
Fb2, Frankfurt UAS

### Wesentliche Funktionen

- Konstruktion AEM Druck-Elektrolyseur (Frankfurt UAS, Gaskatel) zur Wasserstoffproduktion bis 70 bar
- Wasserstoffsystentechnik: Reinigung, Trocknung und Zwischenspeicherung, intelligente Systemregelung
- Weitere Verdichtung in einem Hochdruckverdichter (Sera)
- Abfüllung über einen (genormten) Tankstutzen

## Die Vision

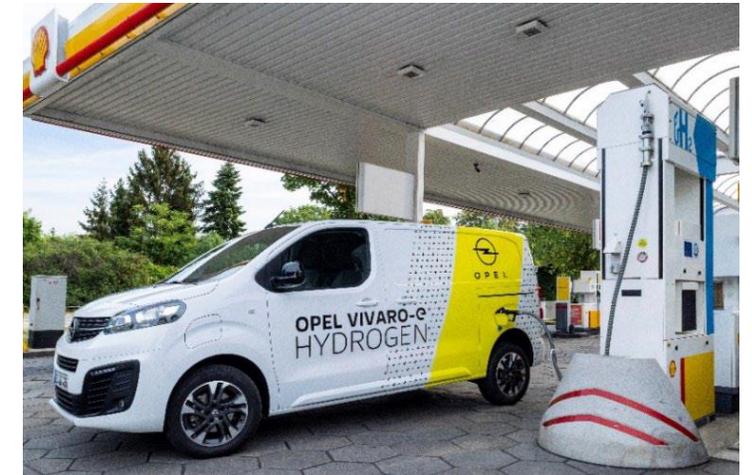
- Eine kompakte Wasserstofftankstelle für die eigene Garage
- Privathaushalte und Gewerbebetriebe mit Wasserstoffbedarf können so mit Solarenergie ihren eigenen Sprit herstellen
- Realisierung eines ganzheitlichen Energiekonzeptes mit einer weitestgehend autarken Energieversorgung gegeben



Bild: <https://www.pv-magazine.de/2024/04/17/gruenen-wasserstoff-in-der-eigenen-garage-herstellen/>

## Was wir suchen

- Unternehmen und Institute für Kooperationen zu Drittmittelanträgen im Bereich Wasserstofftechnologie
- Themenvorschläge:
  - Pilotprojekt zur Installation einer Wasserstofftankstelle
  - Entwicklungsprojekt Hausenergieanlage mit Wasserstoff
  - E-Cargobike mit Brennstoffzellen als Range-Extender zur Belieferung der letzten Meile in Großstädten
- Weiterhin Lieferanten und Projektpartner für
  - Behälter, Ventile, Pumpen, Rohre und Verbinder
  - Sensoren, Aktoren und Steuerungstechnik
  - Fertigungsbetriebe für Edelstahl und Kunststoffe



## Labor für Wasserstofftechnik



Prof. Dr.-Ing.  
**Enno Wagner**

Studiengangsleiter Mechatronik (B.Eng.)  
Fb 2: Informatik & Ingenieurwissenschaften  
Gebäude 21c (Hungener Straße, Raum 9)  
Tel. : +49 69 1533-2737  
✉ [enno.wagner@fb2.fra-uas.de](mailto:enno.wagner@fb2.fra-uas.de)

[www.frankfurt-university.de/brennstoffzellenlabor](http://www.frankfurt-university.de/brennstoffzellenlabor)

## Wissenschaftliches Team

**Erik Delp (Doktorand)**

[erik.delp@fb2.fra-uas.de](mailto:erik.delp@fb2.fra-uas.de)

**Lukas Probsthain (Doktorand)**

[lukas.probsthain@fb2.fra-uas.de](mailto:lukas.probsthain@fb2.fra-uas.de)

**Jens Rau (Doktorand)**

[jens.rau@fb2.fra-uas.de](mailto:jens.rau@fb2.fra-uas.de)

**Roxana Tennert (Masterandin)**

[roxana.tennert@fb2.fra-uas.de](mailto:roxana.tennert@fb2.fra-uas.de)

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**

# Research Lab for Digital Innovation & Transformation

Vorstellung und Leistungsangebot

**Prof. Dr. Nils Urbach**

Research Lab for Digital Innovation & Transformation  
Fachbereich Wirtschaft und Recht  
Frankfurt University of Applied Sciences

[www.ditlab.org](http://www.ditlab.org)

[www.frankfurt-university.de](http://www.frankfurt-university.de)

# Das ditlab im Überblick



Research Lab for Digital  
Innovation & Transformation



**Wir arbeiten und forschen an innovativen Projekten u.a. in den Bereichen:**

- Digitale Transformation
- Künstliche Intelligenz
- Blockchain-Technologie
- Digitales Identitätsmanagement



**Unser Netzwerk:**



**Förderungen und Auftraggeber:**



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



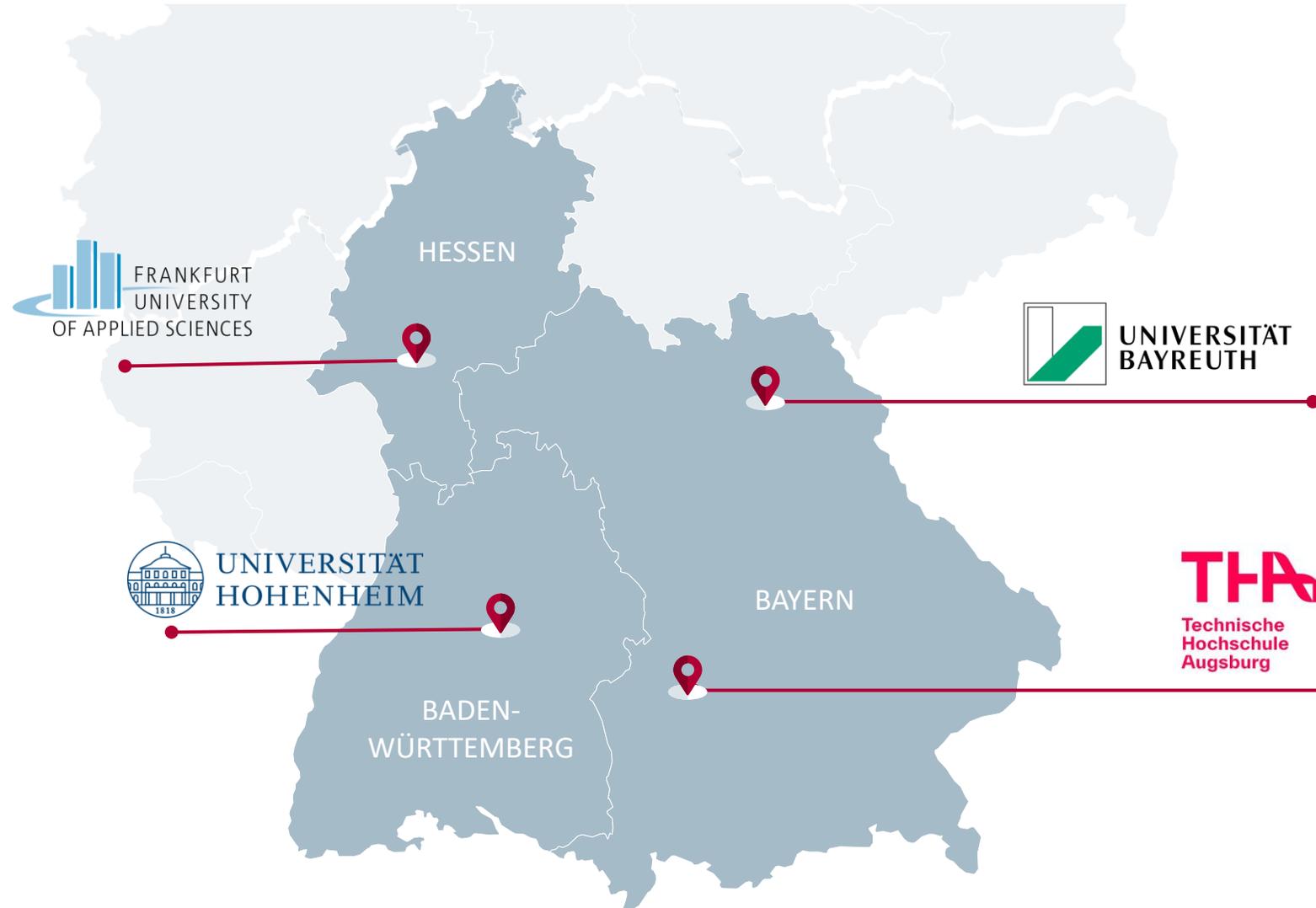
Bundesministerium  
der Finanzen



ZE Zentrum  
VE verantwortungsbewusste  
DI Digitalisierung  
*Centre Responsible Digitality*



# Das ditlab ist über FIM und Fraunhofer in ein überregionales Netzwerk für Forschung, Lehre und Praxis eingebunden



# Über Labs bündeln wir unsere Kompetenzen interdisziplinär in unterschiedlichen Projektformaten



In der **Digitale Innovationswerkstatt** begleiten wir Unternehmen entlang des gesamten Innovationsprozesses und unterstützen sie unter Einsatz marktgängiger sowie selbst entwickelter Innovationsmethoden.



Im **Center for Process Intelligence** unterstützen wir Unternehmen im Bereich Process Mining & Automation ausgehend von organisatorischen Themen bis hin zur technischen Implementierung.



Im **Blockchain-Labor** unterstützen wir Unternehmen in der Konzeption, Entwicklung und Evaluation von Blockchain-basierte Lösungen und dezentralen Systemen.



Unser **GenAI Lab** unterstützt Unternehmen dabei, KI-Lösungen erfolgreich einzusetzen und im Unternehmen zu verankern.

# Unsere Expertise wächst stetig durch Kooperationen mit namhaften Partnerunternehmen weiter

## Unternehmensindividuelle angewandte Forschungsprojekte



## Technologie-, Strategie- und Innovationsworkshops



## Öffentlich geförderte Konsortialforschung



## HR-Kooperationen



# Ich freue mich auf Ihre Kontaktaufnahme

---

## Kontakt:



**Prof. Dr. Nils Urbach**  
Frankfurt University of Applied Sciences

✉ [nils.urbach@fb3.fra-uas.de](mailto:nils.urbach@fb3.fra-uas.de)

☎ +49 69 1533-3849

in <https://www.linkedin.com/in/nurbach/>





**ME  
+IT** | **TRANSFER  
XCHANGE**

**INDUSTRIE UND FORSCHUNG  
IM DIALOG – GEMEINSAM INNOVATIV**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Dr.-Ing. Omar Ben Dali

*Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik  
Fachgebiet Mess- und Sensortechnik*



## Tobias Peichl

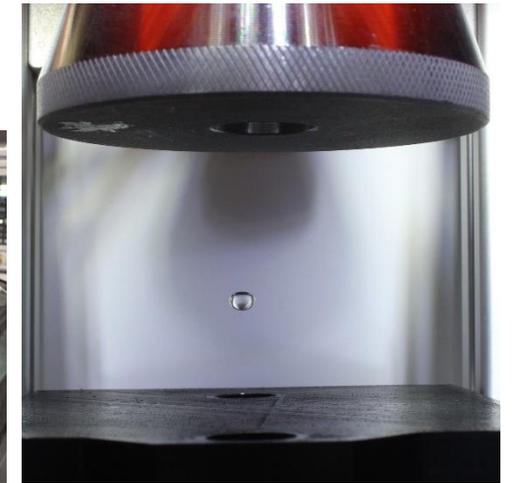
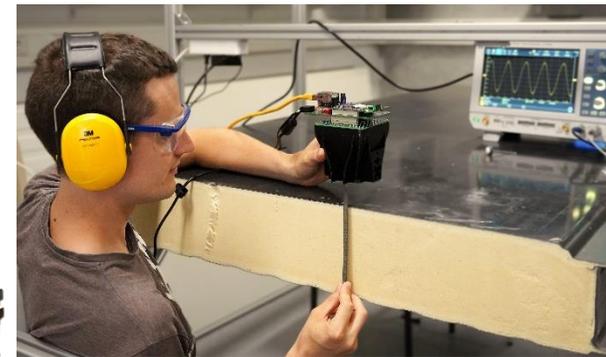
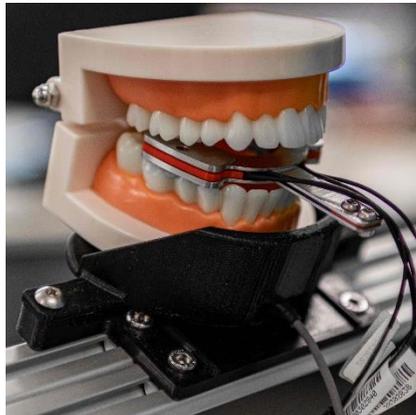
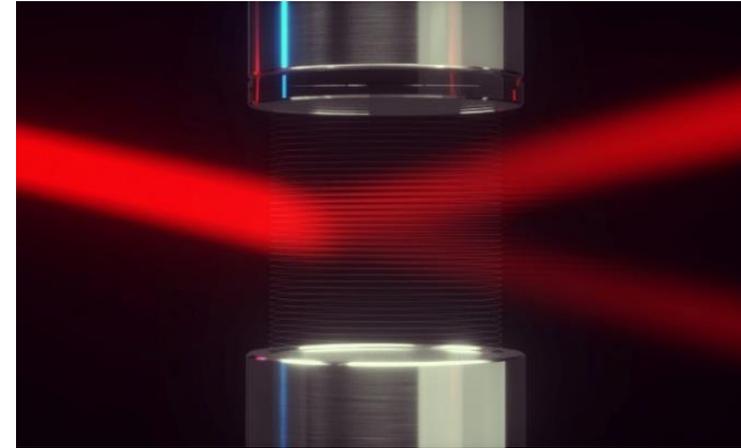
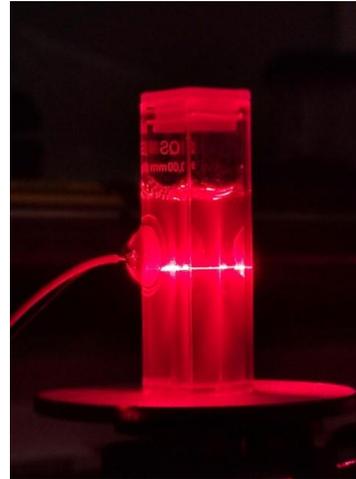
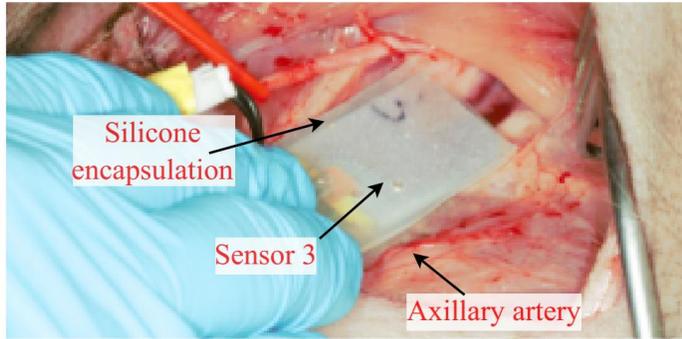
*Gruppenleiter Fahrzeug-Systeme,  
Institut für Mechatronische Systeme*



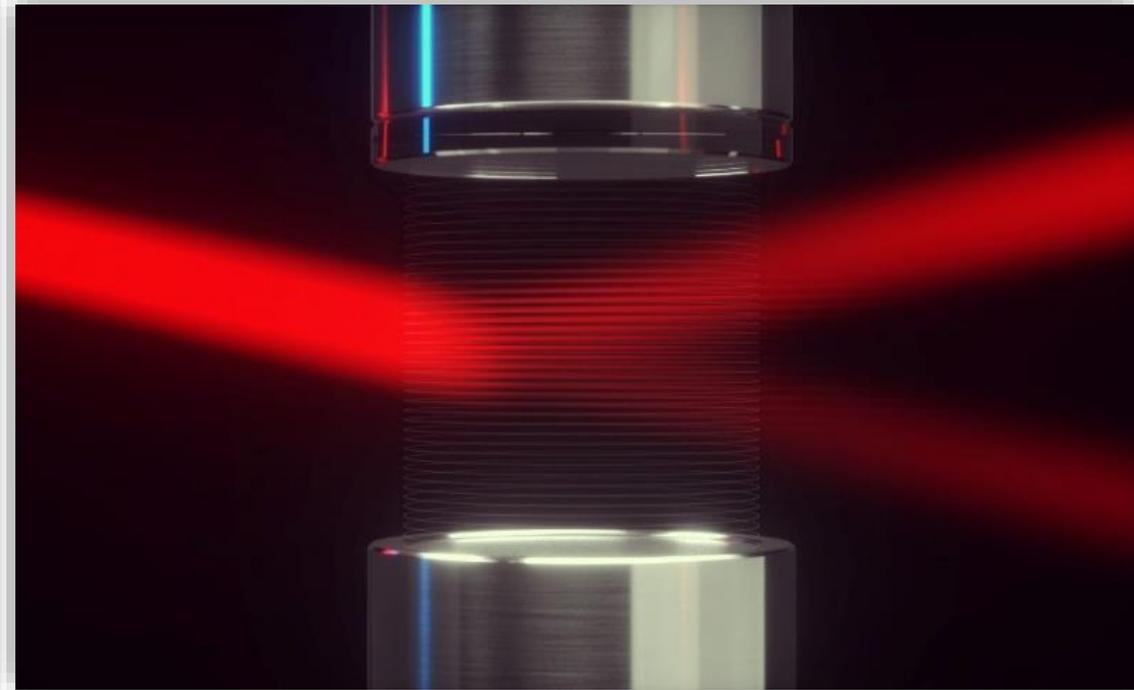
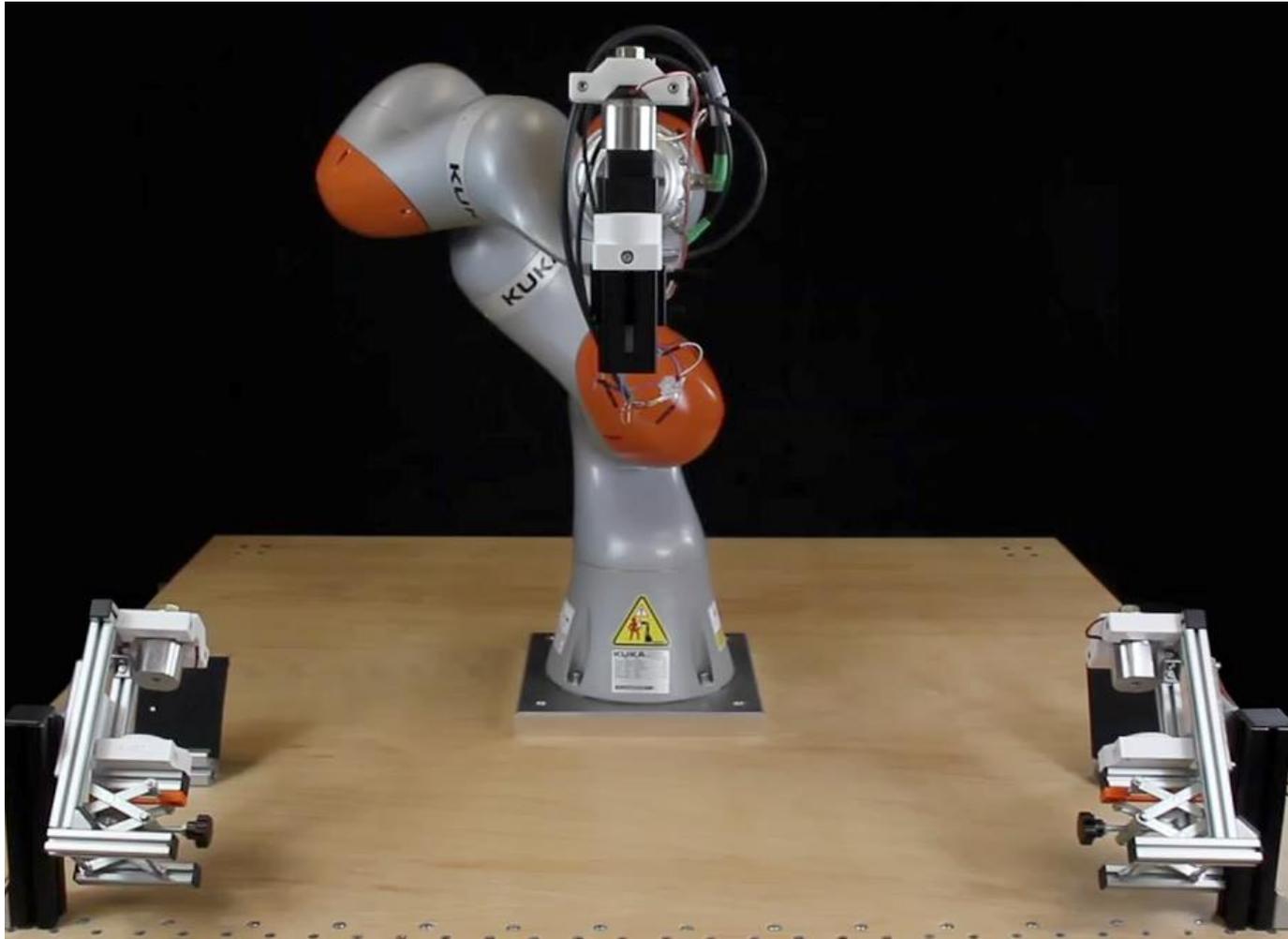
# FACHBEREICH ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

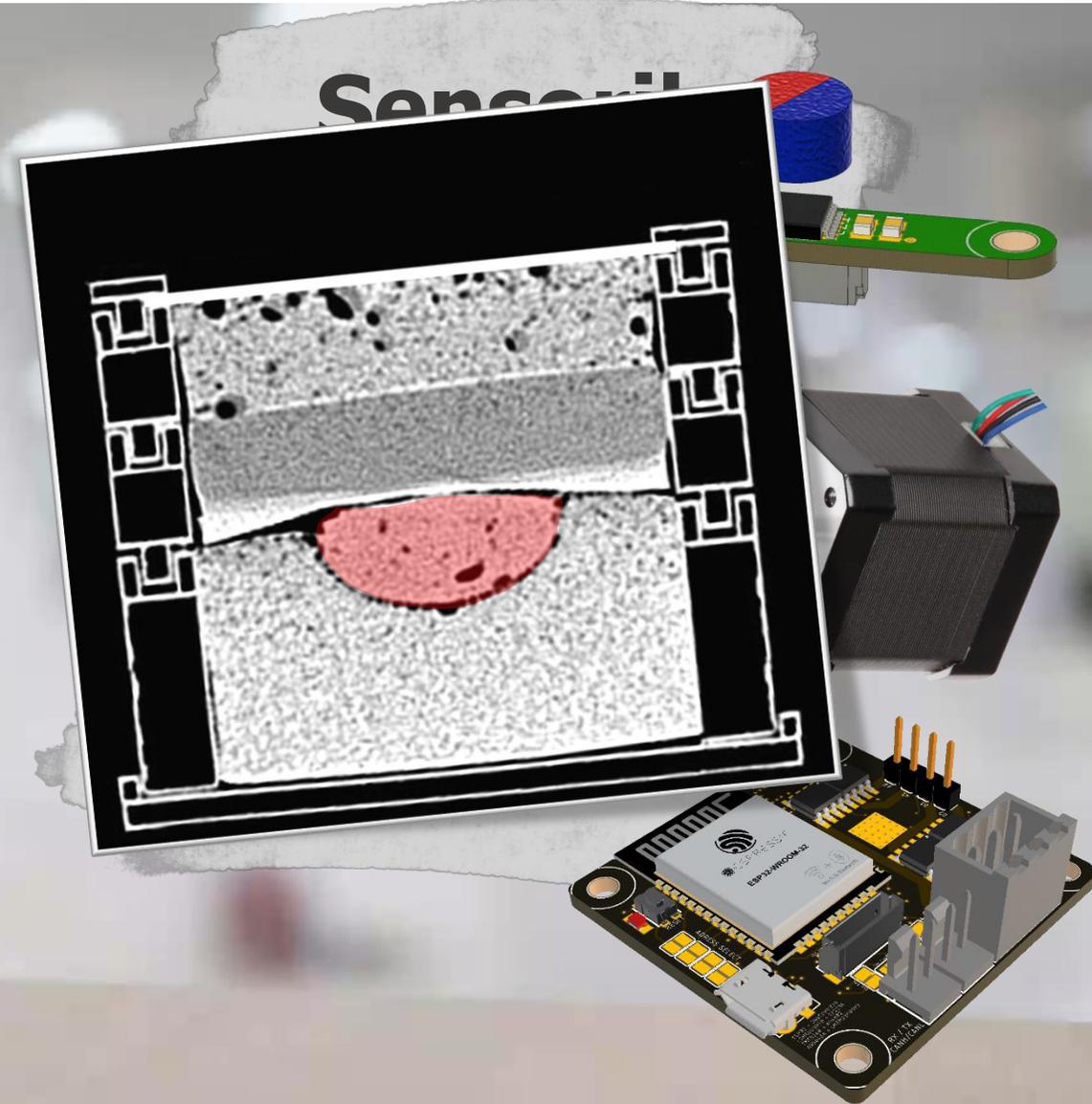
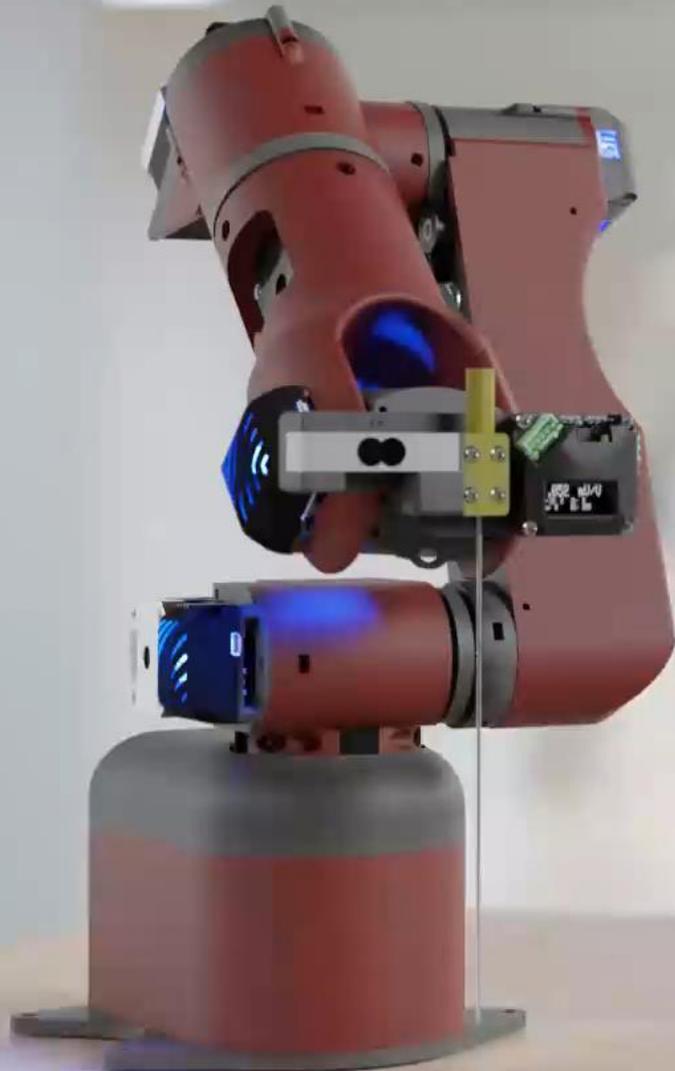
Fachgebiet Mess- und Sensortechnik & Vertiefung SAE

# FORSCHUNGSRICHTUNGEN AM FG MUST

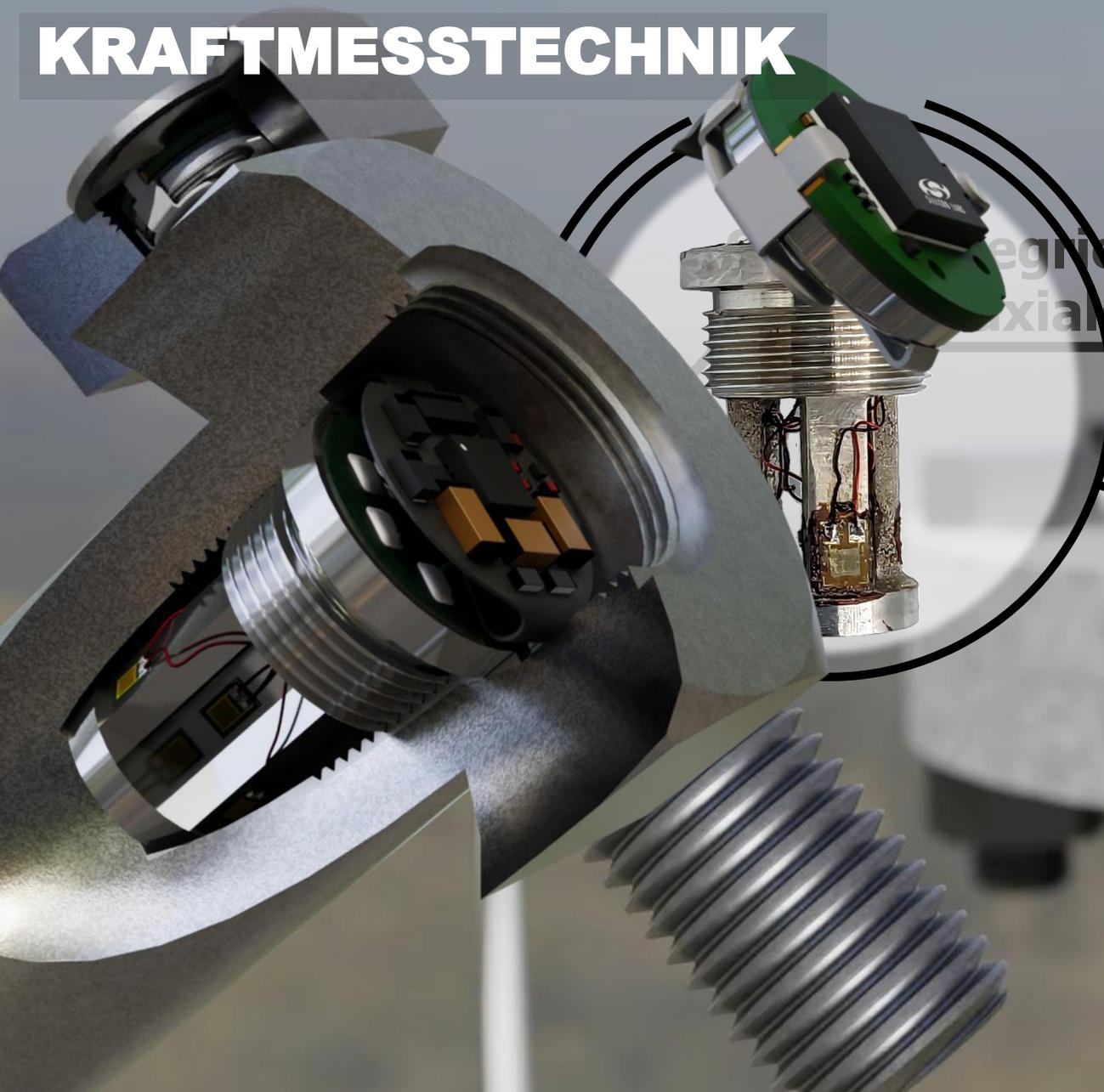


# ULTRASCHALLTECHNIK





## Sensorintegrierende Schraube zur mehraxialen Kraftmessung

The cover of a master thesis document titled "Development of a Sensor-Integrated Screw for Multi-Axial Force Measurement Based on Strain Gauges". The cover features a line graph with three data series: a yellow line for force  $F_z$ , a teal line for moment  $M_x$ , and a red line for moment  $M_y$ . The graph shows fluctuating data points connected by lines. Below the title, the text reads: "Entwicklung einer sensorintegrierenden Schraube zur mehraxialen Kraftmessung basierend auf Dehnungsmessstreifen", "Master thesis by Felix Herbst", and "Date of submission: June 14, 2022". It also lists two reviewers: "1. Review: Prof. Dr. mont. Mario Kupnik" and "2. Review: Romol Chadda, M.Sc., Claas Hartmann, M.Sc. Darmstadt". At the bottom, there is a photograph of the physical screw assembly and the logo of Technische Universität Darmstadt, Electrical Engineering and Information Technology Department, Measurement and Sensor Technology Group.

# xchange-Circle Sustainable Mobility & Transport

## Hessenmetall TRANSFERXCHANGE 2024



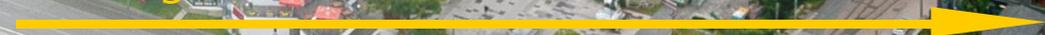
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Tobias Peichl  
Prof. Dr.-Ing. Stephan Rinderknecht



MASCHINENBAU  
We engineer future

IMS

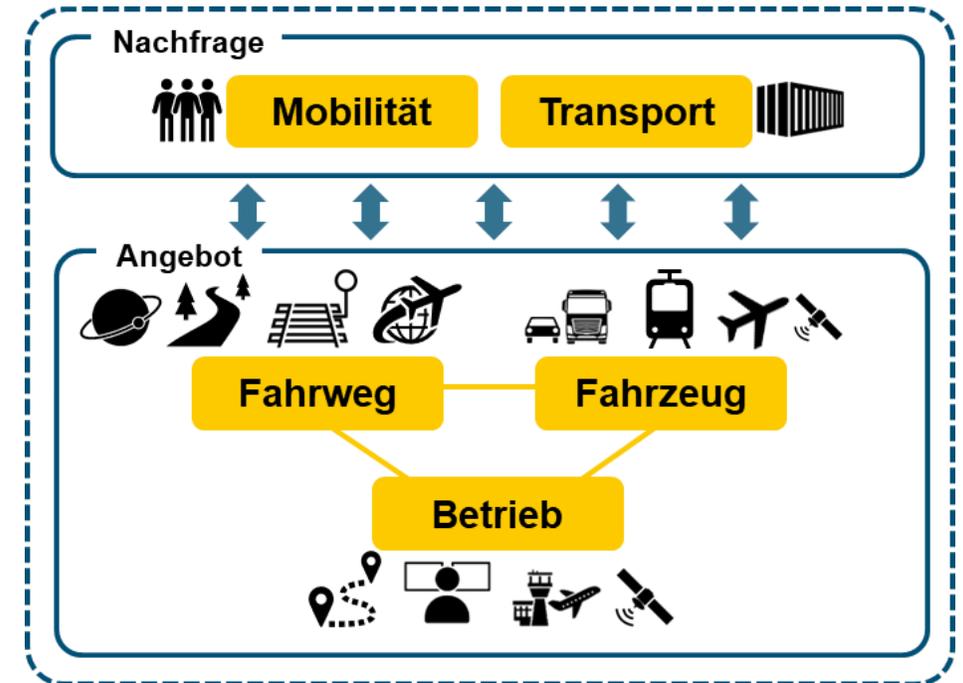
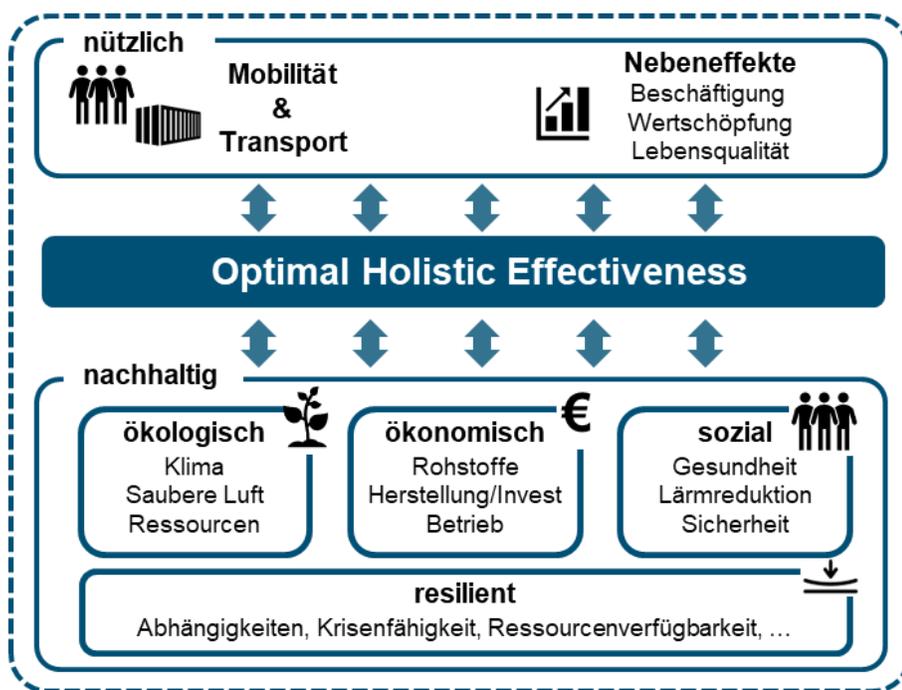


# Agenda

1. xchange-Circle Sustainable Mobility & Transport
2. Beispiel: Campus FreeCity
3. Softwarebasierter Leichtbau
4. Universal Hybrid Electric Vehicle (UHEV)

# xchange-Circle Sustainable Mobility & Transport

xchange4innovation der TU Darmstadt bezeichnet den **wissenschaftsbasierten, verantwortungsvollen** und **partnerzentrierten Austausch von Ideen, Wissen, Erkenntnissen und Technologien**, sowohl intern als auch mit **externen Partnern**



# Campus FreeCity



583 Autos / 1000 Einwohner

Quelle: BMVI



45 Minuten mittlere  
Betriebszeit pro Tag

Quelle: BMVI



78,6 % der Bevölkerung lebt  
2030 in Städten

Quelle: Statista



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

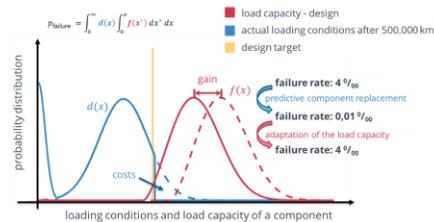
Disruptives Mobilitätskonzept:



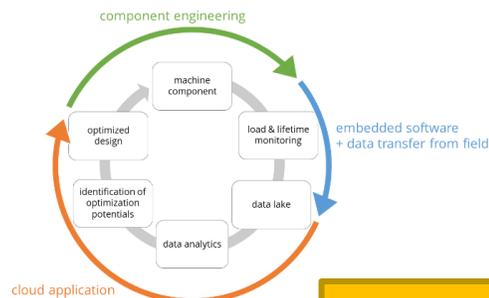
EDAG CityBots

- Modulares Fahrzeugkonzept mit Tractor + Trailer-/Backpack-Einheiten
- Hohe Auslastung der Fahrzeuge durch zusätzlich Aufgaben
- Radnabenantrieb und Cornermodule für höchste Wendigkeit und Effizienz im urbanen Umfeld

## Predictive Maintenance vs. Worst-Case Auslegung



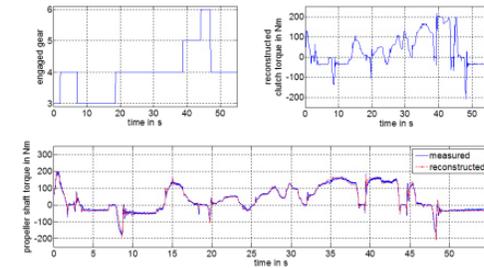
## Engineering mit Feedback der Fahrzeugflotte



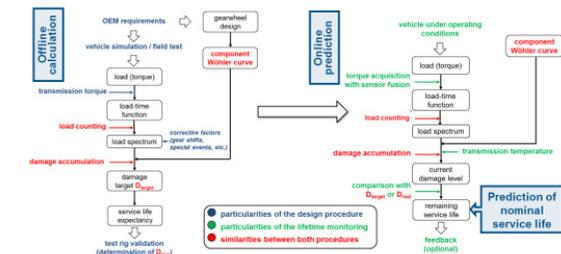
## Datengetriebene Verbesserung der Ermüdungsvorhersage basierend auf Realdaten



## Virtuelle Sensoren für reale Nutzungsprofile



## Lebensdauervorhersage basierend auf Fachwissen



**Paradigmenwechsel: schwächere Auslegung  
ABER: gleiches Risiko durch Überwachung im Betrieb**

# Universal Hybrid Electric Vehicle (UHEV)

## Fahren

1. Lokal emissionsfreies fahren (urban: saubere Luft, reduzierter Lärm)
2. Fähigkeit zu Langstreckenfahrten ( $\geq 350$  km)

## Infrastruktur

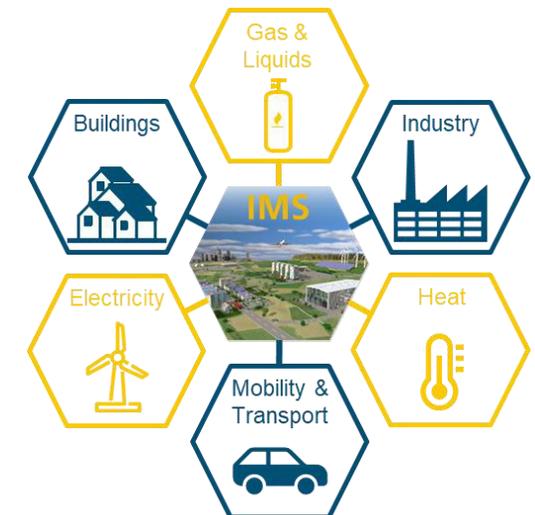
3. Niedrige Anforderungen (Laden  $\leq 11$  kW, vorhandene Tankstellen)  
→ keine Anforderungen an neue Infrastruktur

## Sektorkopplung

4. Dezentrale Energiespeicher & Erzeugung (Smart Grid/Home/Industrie)  
→ Neue Geschäftsmodelle: Einkommen von mehreren hundert € p. a.
  - Multimodale Kopplung (elektrisch/thermisch) des UHEV mit stationärer Infrastruktur bzw. Energiesystemen
  - Vielfältige Potentiale wie z. B. nachhaltige Energieversorgung, Autarkieerhöhung, Netzstabilität, . . .

Aktuelle Forschung:

**DE4LoRa**



**VIELEN DANK!**



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Tobias Peichl  
Prof. Dr.-Ing. Stephan Rinderknecht  
Otto-Berndt-Straße 2  
64287 Darmstadt

 [tobias\\_matthias.peichl@tu-darmstadt.de](mailto:tobias_matthias.peichl@tu-darmstadt.de)

 +49 6151 16-20281

# Anhang

Die Forschung am IMS adressiert die gesellschaftlichen Zukunftsthemen  
Energie- und Verkehrswende, Ressourceneffizienz, Digitalisierung und menschenorientierte Technik.



**Fahrzeug-Systeme**

Getriebetechnik  
Antriebsstrang  
E-Mobilität



**Energie-Systeme**

Kinetische Speicher  
Hybride Speicher  
Smart-Grids



**Robotik-Systeme**

Roboterantriebe  
Motion Control  
Industrie-Robotik



**Aktuierte Systeme**

Aktive Lagerung  
Planetengetriebe  
Aktuierte Rotoren

*Sektorenintegration und interdisziplinäre Systementwicklung*

*Künstliche Intelligenz und datenbasierte Methoden*

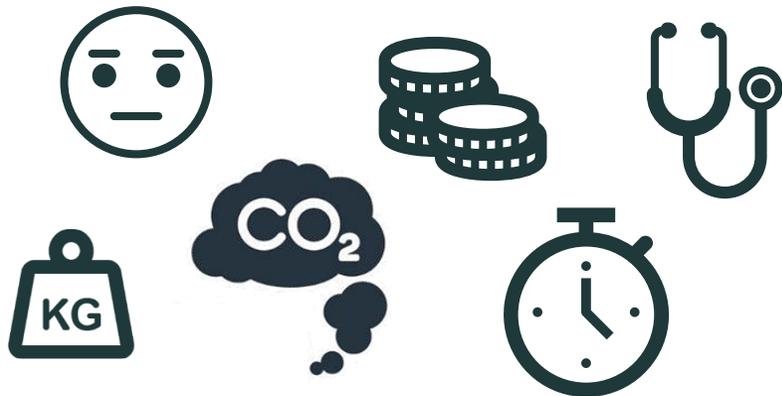
*Virtuelle Simulation und reale Erprobung*

*Mensch-Mechatronik-Interaktion*

# Problemstellung und Ziel

**Reale Nutzungsprofile** sind entscheidend für **Auslegung** und **Instandhaltung** der Komponenten!

**Richtige Auslegung?**  
**Risiko von Verschleiß/Ausfall?**



Optimierung der Auslegung



Nachhaltige ressourceneffiziente Bauteile

# Vorgehensweise 1/2

## Kostengünstiges Last-Monitoring mit **virtuellen Sensoren**

### Antriebsstrang

(Raddrehzahl, Motordrehzahl, Beschleunigungen)

**Drehmomente**

### Chassis

(Fahrhöhe, Beschleunigungen)

**Längs-, Quer- und Vertikalkräfte**

### Lenkung

(Lenkwinkel)

**Kräfte und Momente**



### Bremsen

(Warnung über Kontakt)

**Bremsmoment, Temperatur**

### Reifen

(Reifendrucksensor)

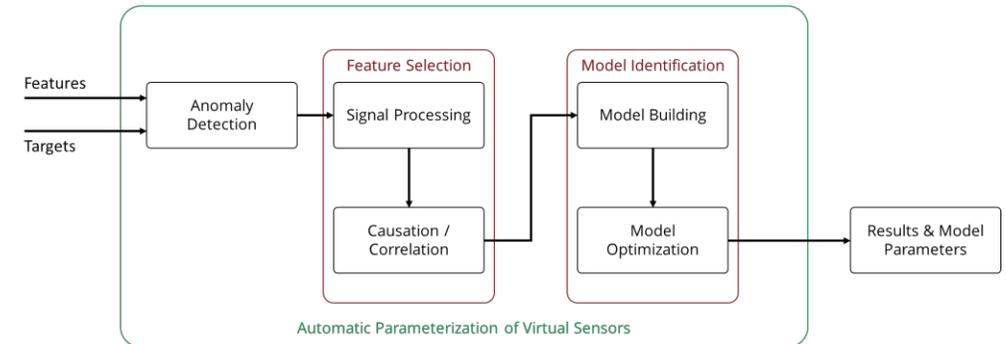
**Kräfte, Drehmomente, Temperaturen**

### Batterie

(Spannungen, Ströme, Temperaturen)

**Innenwiderstand, Vibration, Temperatur**

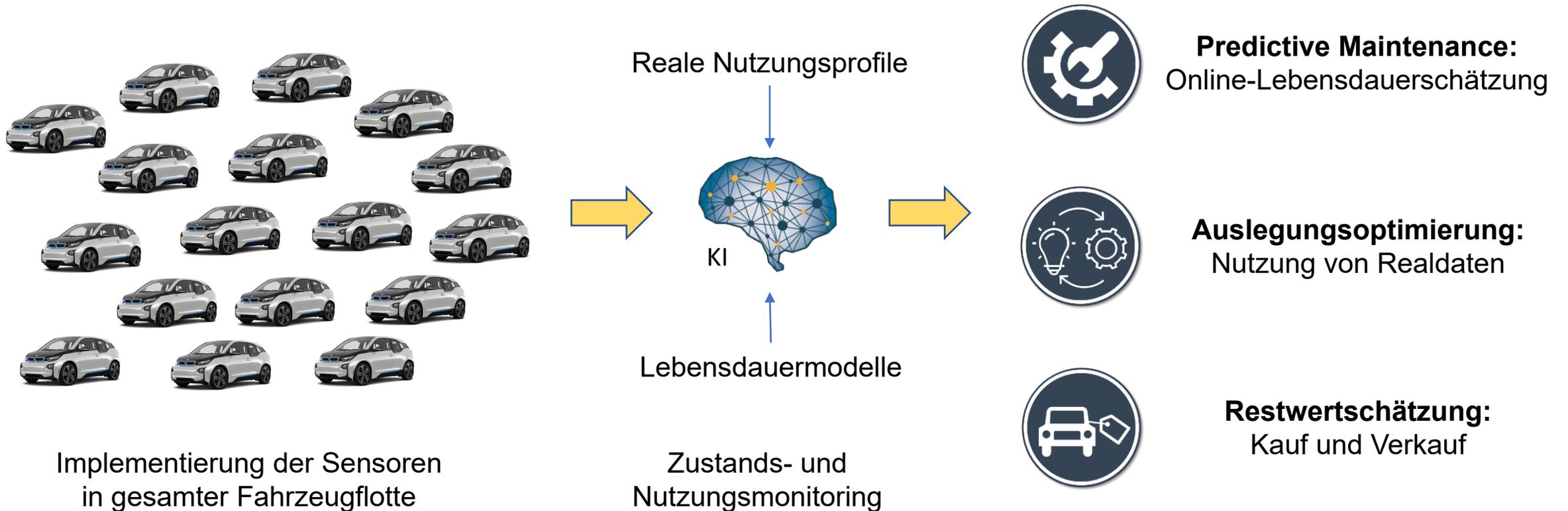
Mögliche Anwendungsfälle im Fahrzeug



Automatische Parametrierung

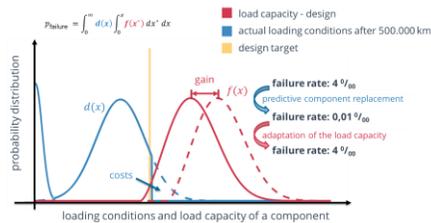
# Vorgehensweise 2/2

## Datenaufzeichnung und Analyse mit **Künstlicher Intelligenz**

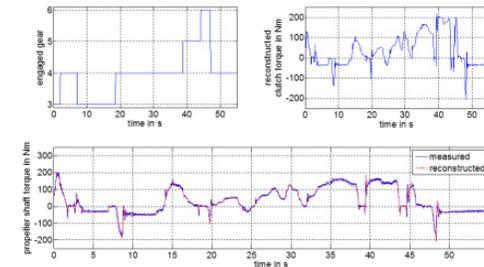




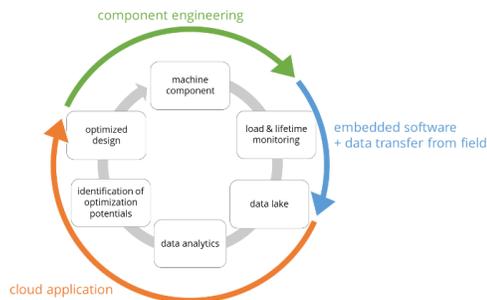
## Predictive Maintenance vs. Worst-Case Auslegung



## Virtuelle Sensoren für reale Nutzungsprofile



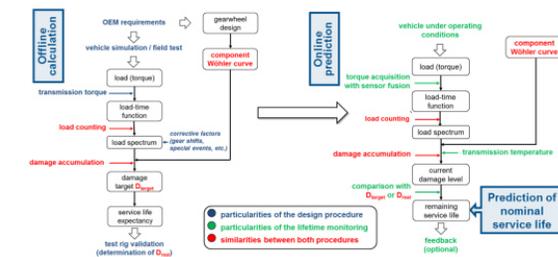
## Engineering mit Feedback der Fahrzeugflotte



## Datengetriebene Verbesserung der Ermüdungsvorhersage basierend auf Realdaten



## Lebensdauervorhersage basierend auf Fachwissen

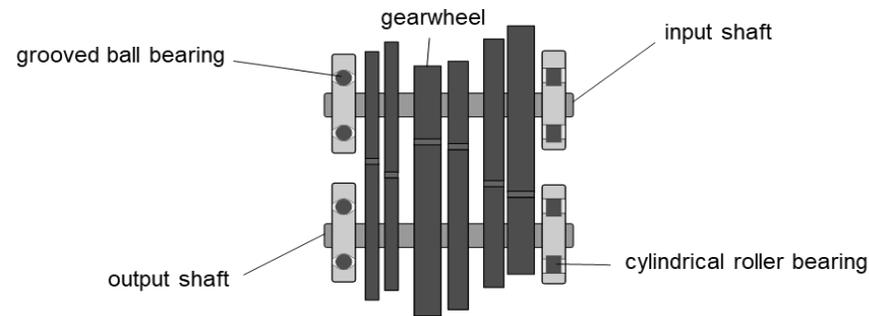


# Beispiel 1/3: manuelles 6-Gang Getriebe

## Aktuelle Auslegung:

(überdimensioniert >100% Fahrer)

- Masse: 41,5 kg
- Gesamtkosten: 450 €
- Variable Kosten: 388 €
- Fixe Kosten: 62 €
- Austauschkosten Werkstatt: 300 €



## Database:

500.000 Fahrzeuge generiert mit  
Realfahrdaten  
zwischen 25.000 und 200.000 km  
zwischen 2 und 10 Jahren

## Ziel der Auslegung:

250.000 km oder 15 Jahre Lebensdauer  
Zahnräder, Wellen, Gehäuse, Lager

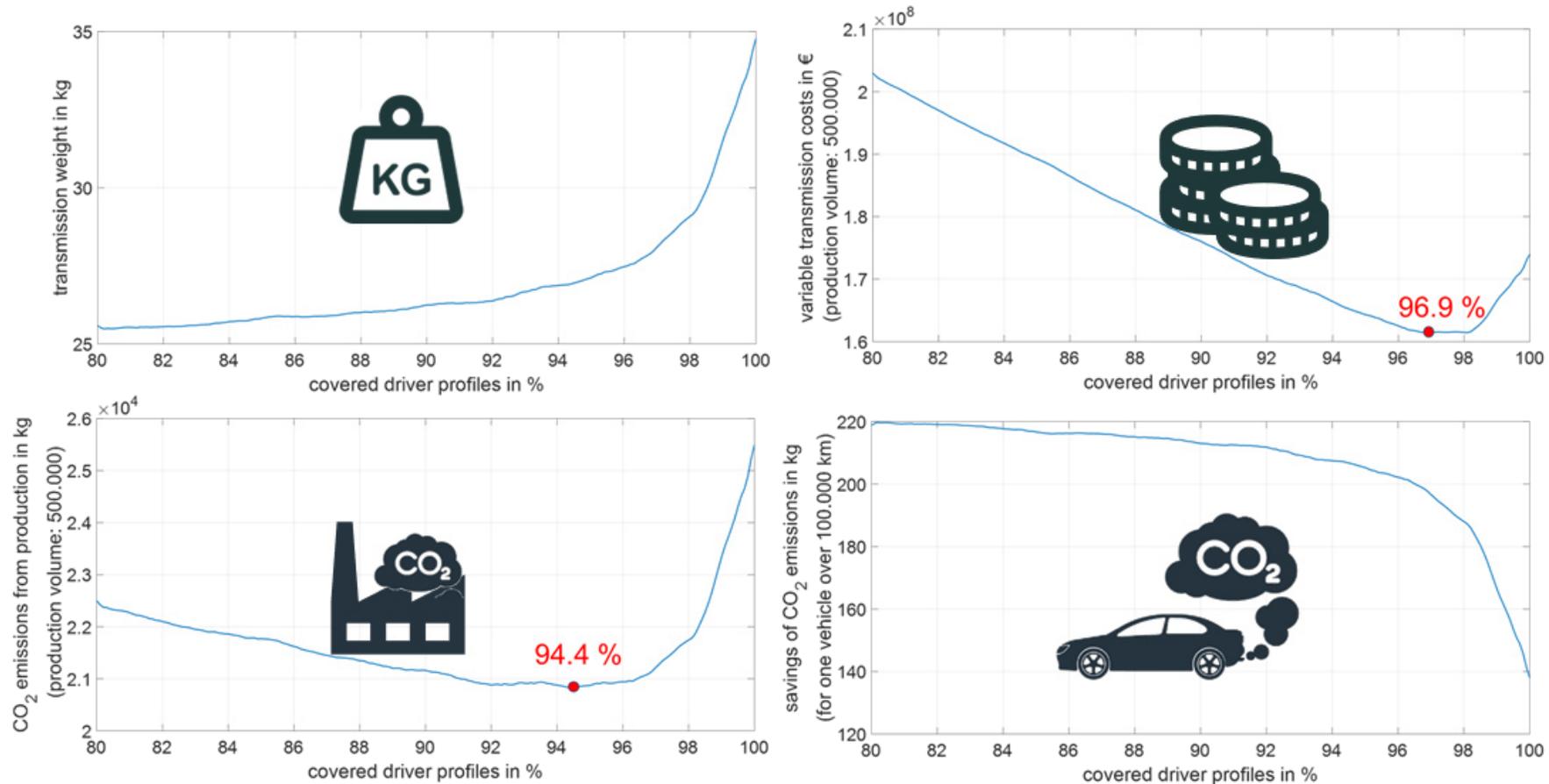


8-dimensionales Optimierungsproblem



Lösung mit Hilfe eines genetischen Algorithmus

# Beispiel 2/3: Ergebnisse der Optimierung



Berücksichtigung des Einbaus von Ersatzteilen für nicht abdeckte Fahrprofile

## Beispiel 3/3: Veränderungen des Getriebes

Für das kostenoptimale Profil (96,9 %) im Vergleich zum realen 99,9 %-Fahrer



28,2 kg → -6,2 kg → -18 %



385 € → -22 € → -5,4 %



-8 g / unit → -16 %

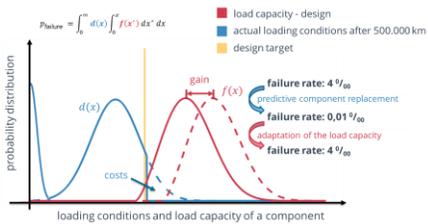


-56 kg / 100.000 km

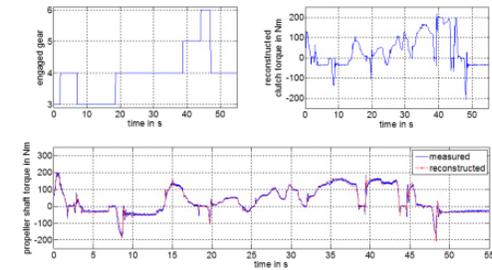
Gleichzeitige Reduktion von Gewicht, Kosten und ökologischem Fußabdruck

# Ganzheitlicher Closed-Loop-Prozess

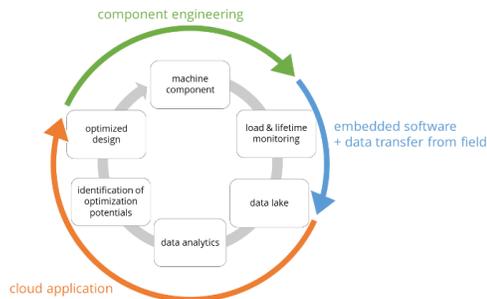
## Predictive Maintenance vs. Worst-Case Auslegung



## Virtuelle Sensoren für reale Nutzungsprofile



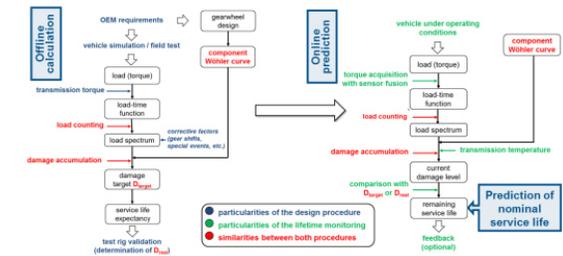
## Engineering mit Feedback der Fahrzeugflotte



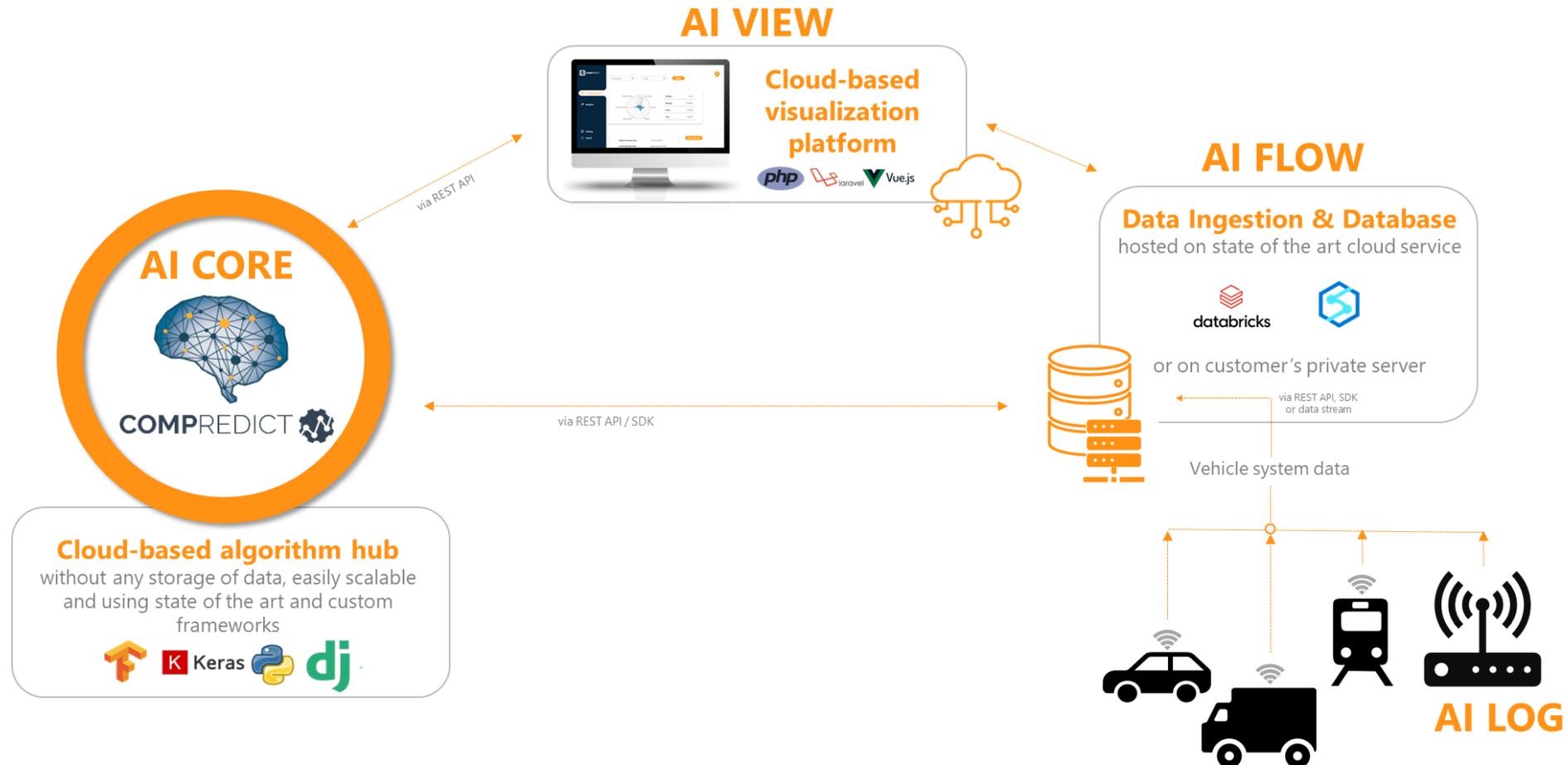
## Datengetriebene Verbesserung der Ermüdungsvorhersage basierend auf Realdaten



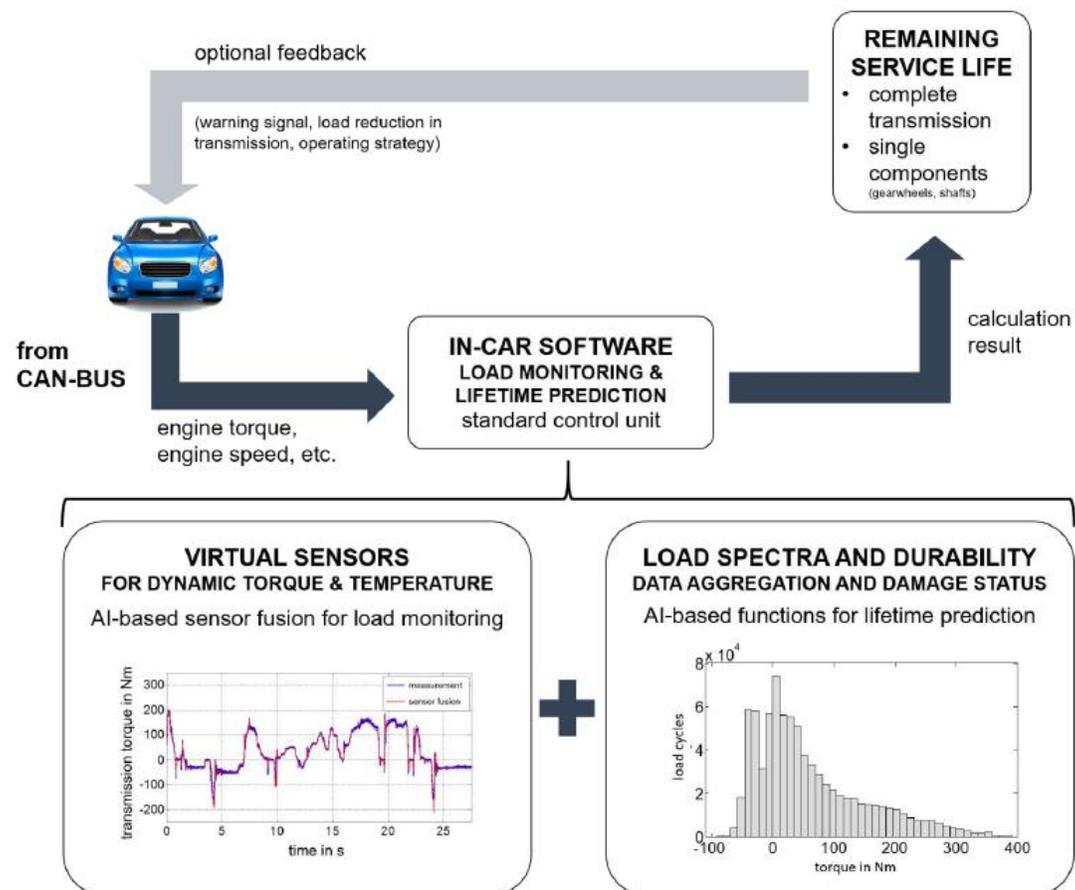
## Lebensdauervorhersage basierend auf Fachwissen



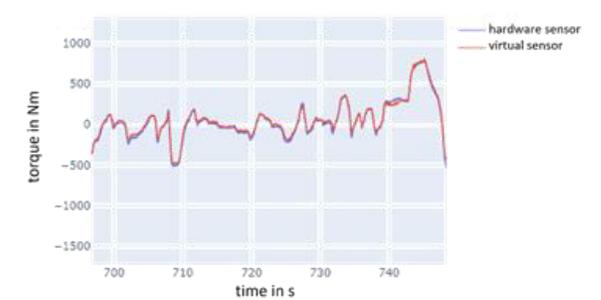
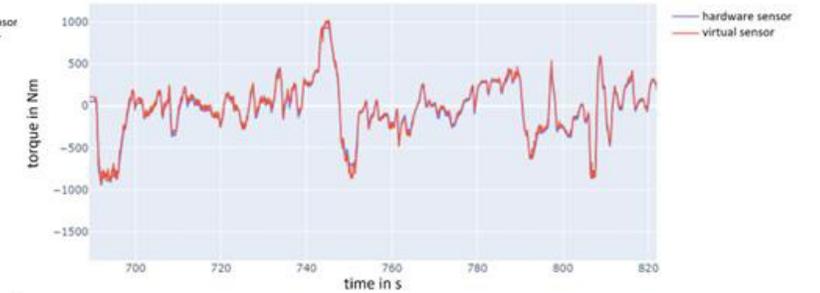
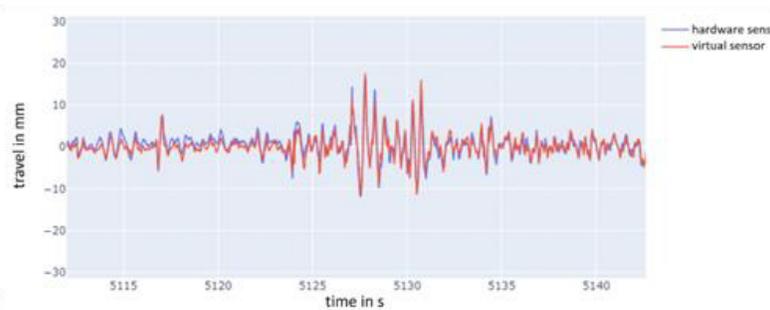
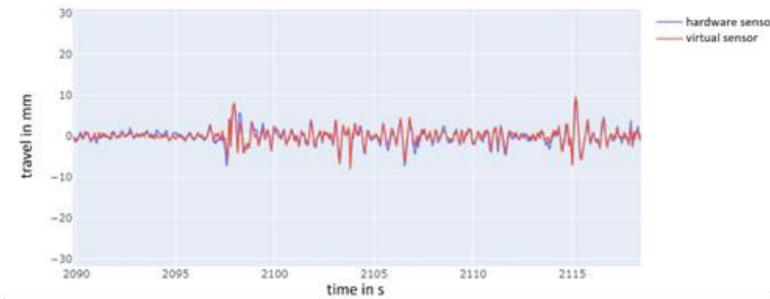
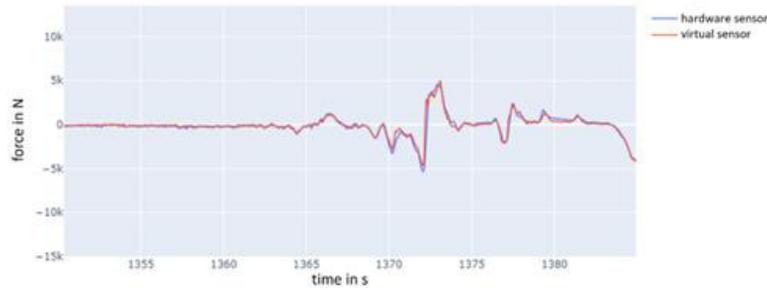
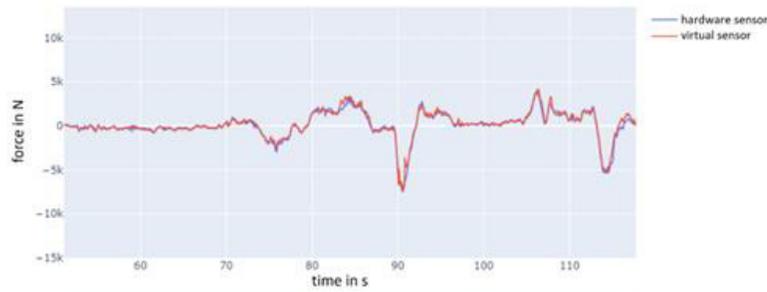
# Virtual Sensors for load acquisition



# Virtual Sensors for load acquisition

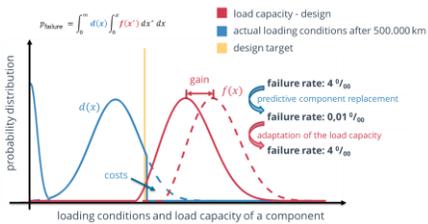


# Virtual Sensors for load acquisition

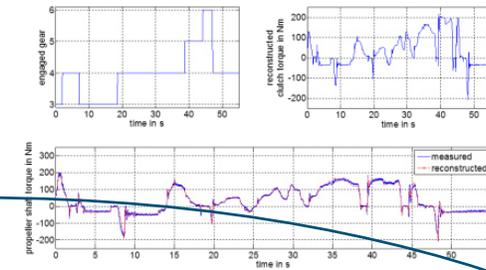


# Ganzheitlicher Closed-Loop-Prozess

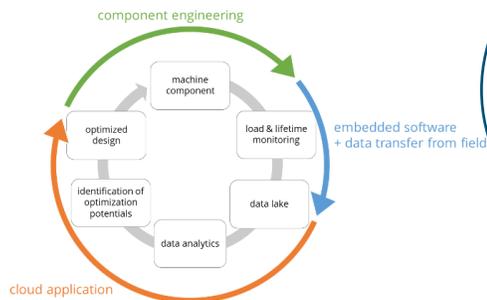
## Predictive Maintenance vs. Worst-Case Auslegung



## Virtuelle Sensoren für reale Nutzungsprofile



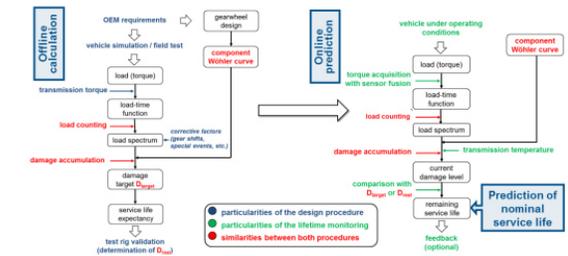
## Engineering mit Feedback der Fahrzeugflotte



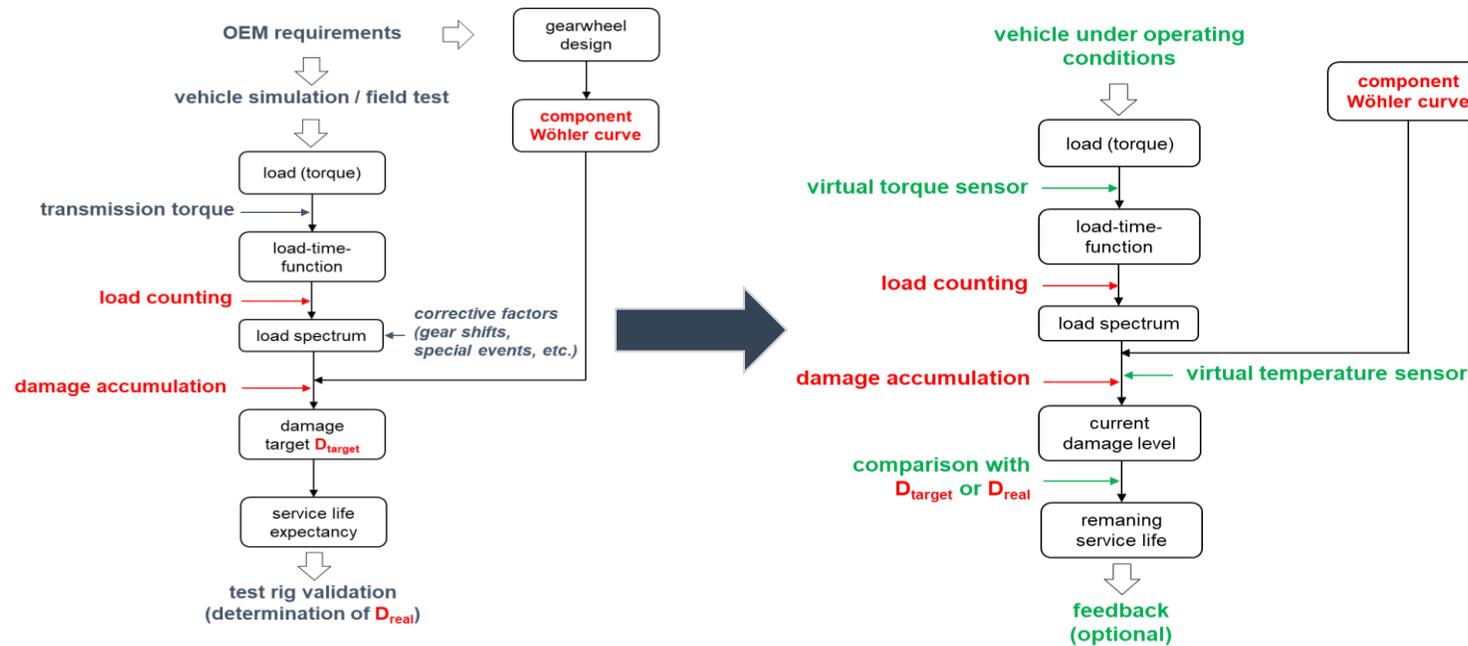
## Datengetriebene Verbesserung der Ermüdungsvorhersage basierend auf Realdaten



## Lebensdauervorhersage basierend auf Fachwissen



# Health & Usage Monitoring



offline calculation

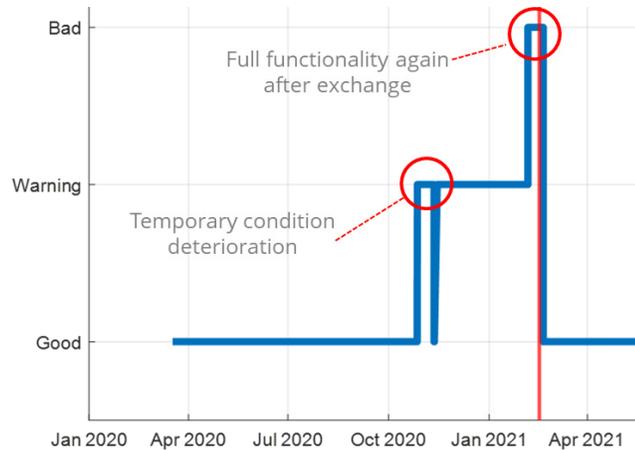
nominal and a priori  
online prediction

real-life online prediction  
after fleet data analysis  
and deep learning



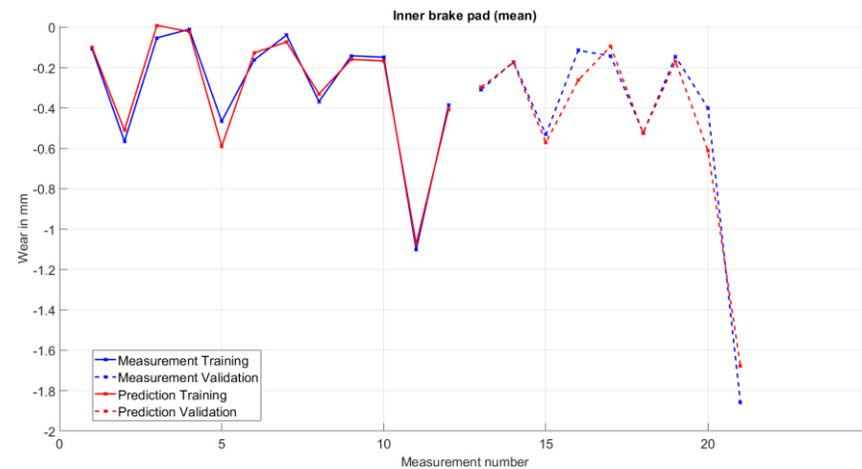
# Health & Usage Monitoring

## Battery state of health



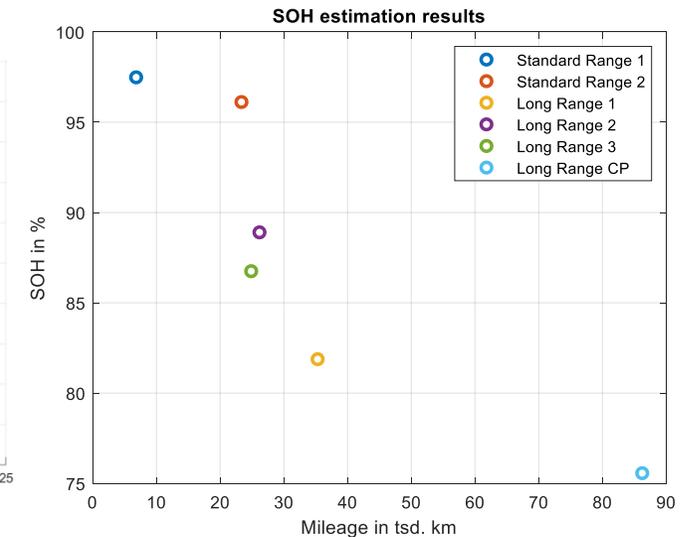
**Application example:**  
Analysis of the condition of the 24V battery pack in a local passenger bus

## Brake pad & disc wear



**Application example:**  
Prediction of wear state of the brake system in a passenger car

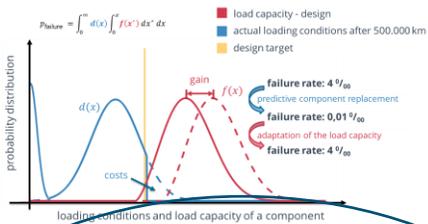
## HV battery state of health



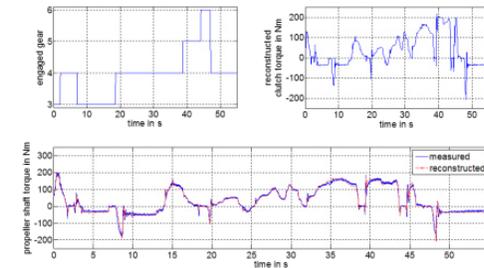
**Application example:**  
Analysis of the high-voltage battery of an electric car

# Ganzheitlicher Closed-Loop-Prozess

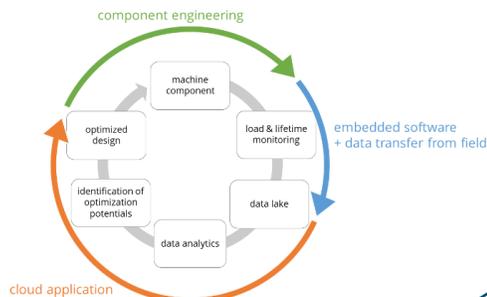
## Predictive Maintenance vs. Worst-Case Auslegung



## Virtuelle Sensoren für reale Nutzungsprofile



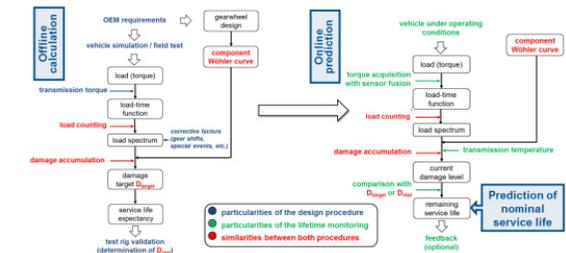
## Engineering mit Feedback der Fahrzeugflotte



## Datengetriebene Verbesserung der Ermüdungsvorhersage basierend auf Realdaten

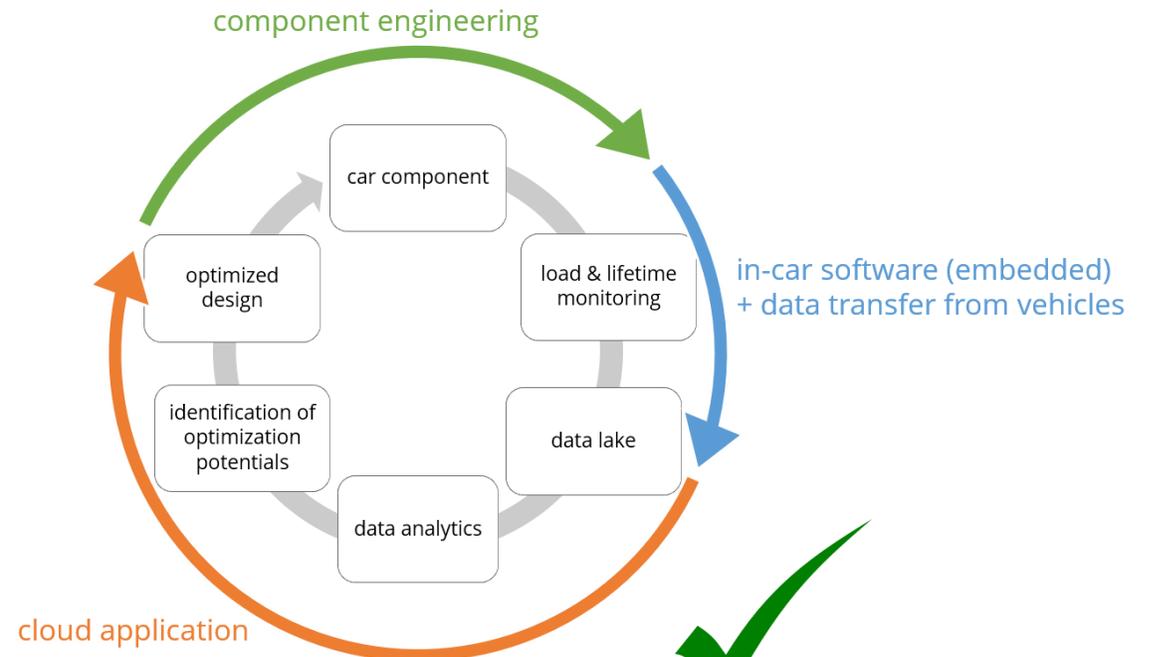


## Lebensdauervorhersage basierend auf Fachwissen



# Data-driven engineering process

- Real-time knowledge about current and actual customer profiles
- No need for assumption for the 99,9% profile or X% profile
- Series-production vehicles as part of a closed-loop development process

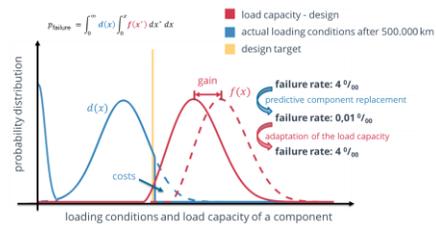


→ Customer-oriented answer to the design targets  
→ Holistic and global approach

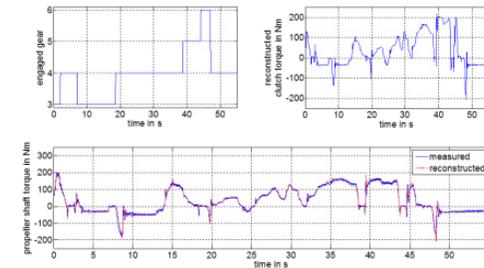


# Ganzheitlicher Closed-Loop-Prozess

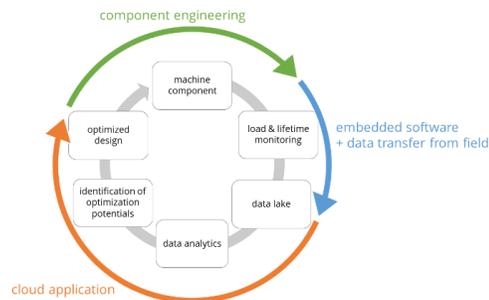
## Predictive Maintenance vs. Worst-Case Auslegung



## Virtuelle Sensoren für reale Nutzungsprofile



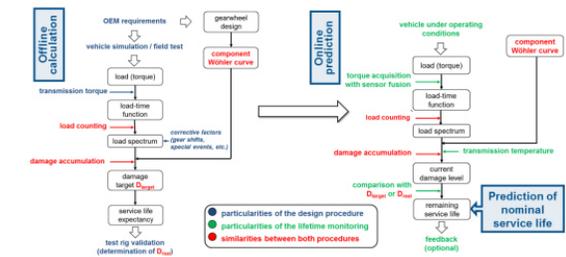
## Engineering mit Feedback der Fahrzeugflotte



## Datengetriebene Verbesserung der Ermüdungsvorhersage basierend auf Realdaten



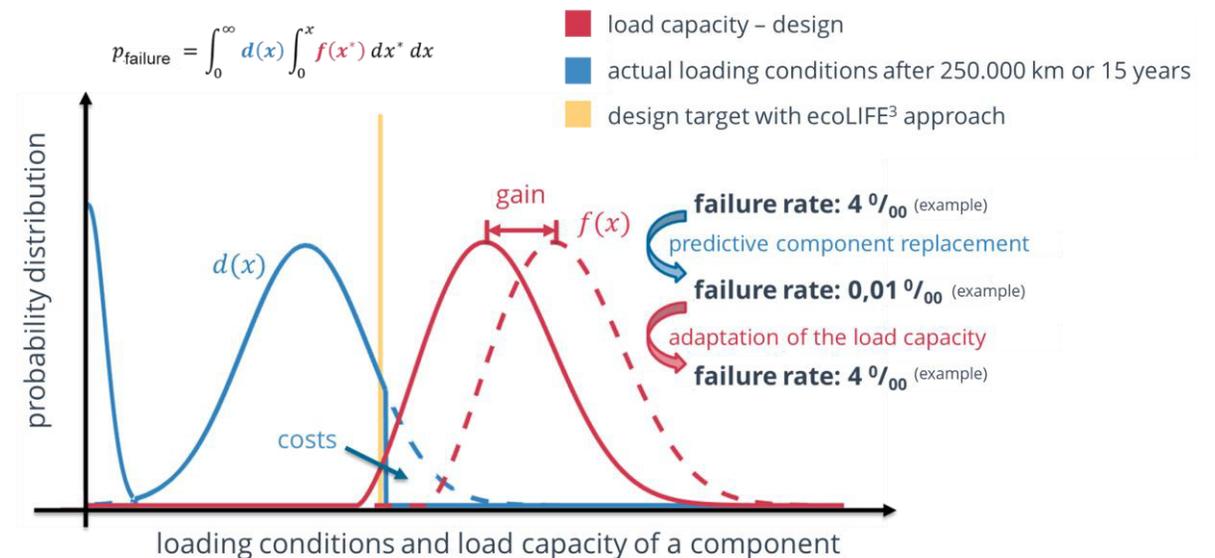
## Lebensdauervorhersage basierend auf Fachwissen

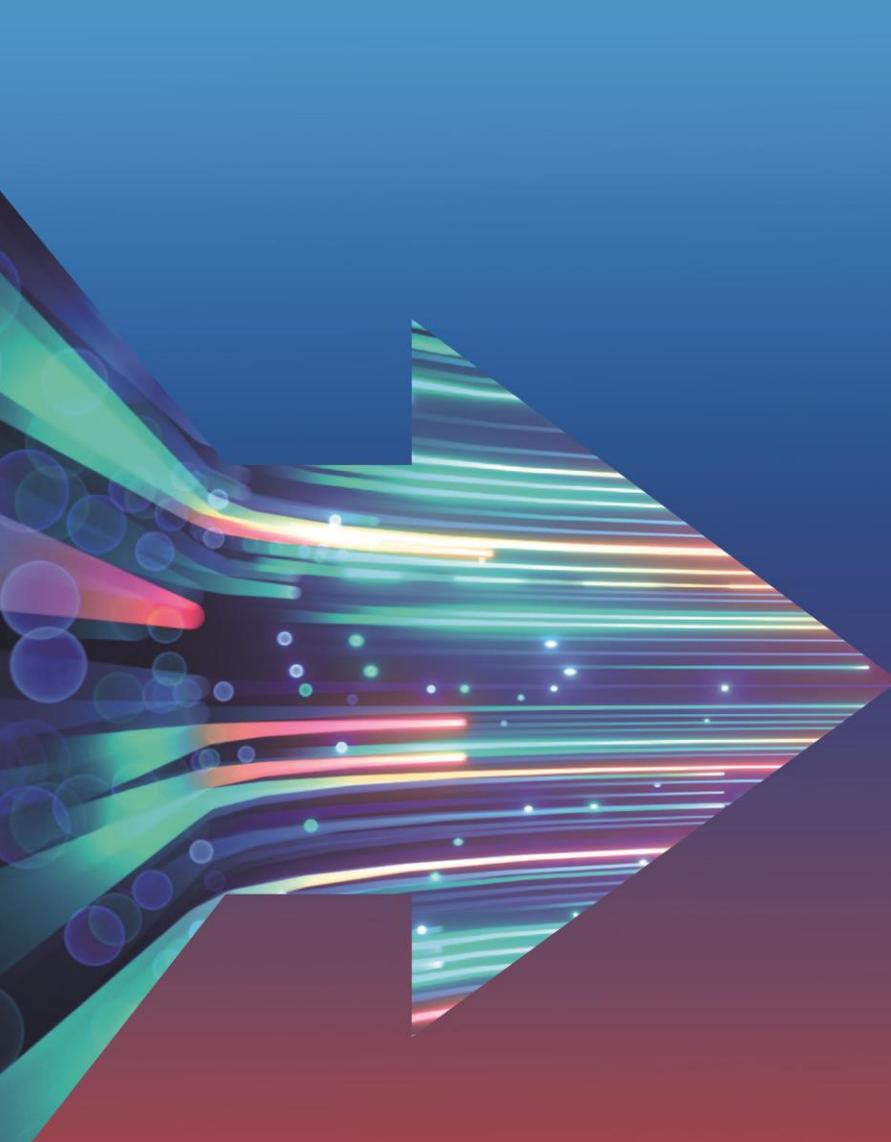


# Predictive maintenance

Going beyond the status quo → paradigm change in design philosophy!

- Monitoring and predictive maintenance for every single vehicle
  - Iso-failure probability
- **Cover less driver profiles by design, but monitor usage!**





**ME  
+IT** | **TRANSFER  
XCHANGE**

**INDUSTRIE UND FORSCHUNG  
IM DIALOG – GEMEINSAM INNOVATIV**



## **Prof. Dr. Markus Degünther**

*Leiter Optikzentrum Wetzlar*



## **Prof. Dr. rer. nat. Chris Volkmar**

*Kompetenzzentrum für Nanotechnik und Photonik (NanoP),  
AG Raumfahrtteletronik*

Kompetenzzentrum

**LASER**

**Optik, optische**

**Technologien**

**Und**

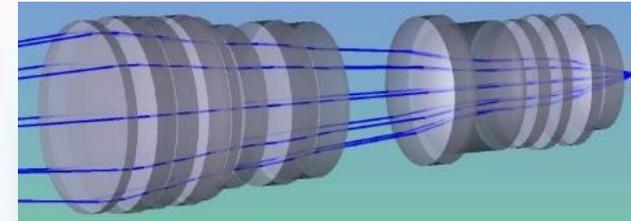
**Systeme**

## Die Kommerzialisierbarkeit der Ergebnisse ist von zentraler Bedeutung.

- **Performance, Kosten, Wettbewerbsfähigkeit des Produkts**  
Produkte können sein: Geräte, Methoden, Prozesse
- **Bearbeitungsweise von Projekten ähnlich der in F&E-Abteilungen**  
mit geringerer Flexibilität einsetzbarer Ressourcen

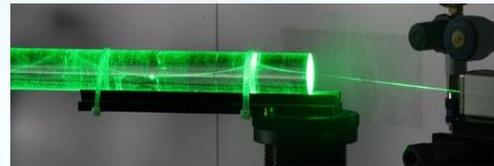
## Vielfalt der LOTuS-Mitglieder → Vielfalt der Themen

optische Systeme und Technologien →  
optische Messtechnik → *Beispiel folgt*



*Layout,  
Design,  
Designmethoden,  
KI-basierte Methoden*

Faseroptik →



*Entwicklung, Produktion,  
Baugruppen, Messsysteme*

Optomechanik → *Beispiel folgt*

THz-Anwendungen → *Hoch- und Höchstfrequenztechnik Know-How und Labor*

Laser → *Know-How und Labor*

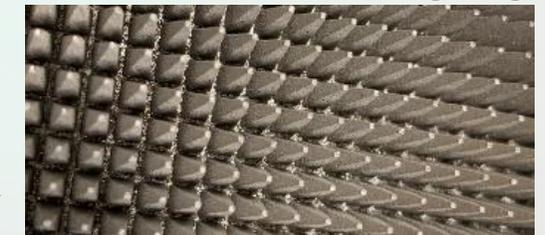
Laser Materialbearbeitung →



*Laserprozessstechnik*

additive Fertigung →

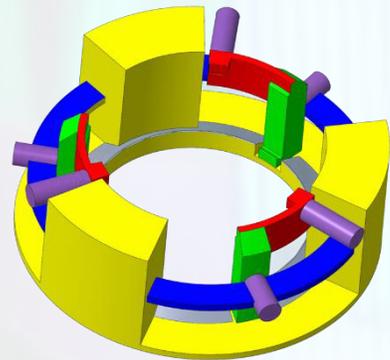
*additive Genaufertigung*



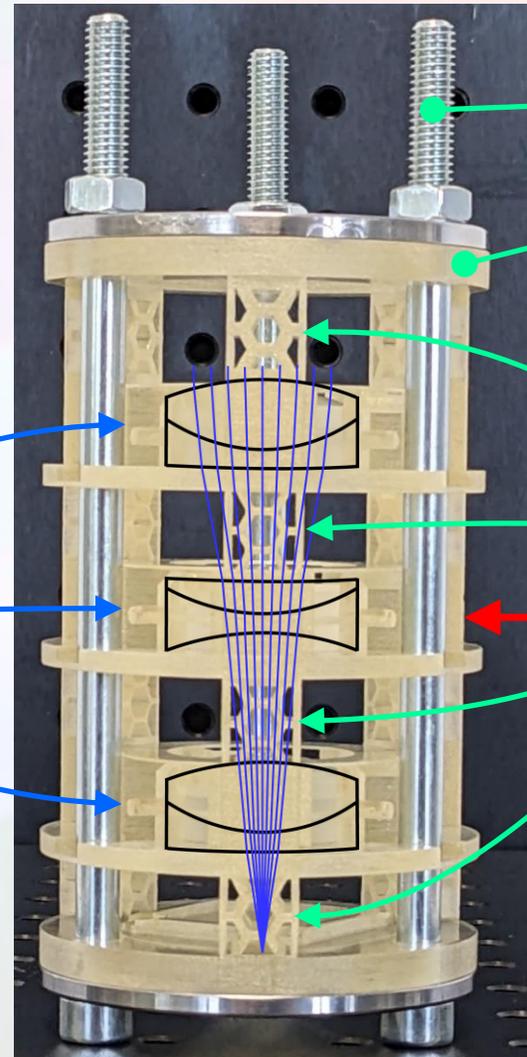


# Beispiel 1

## Proof of Principle: passive Kompensation mechanischer Schocks und thermaler Belastung



*selbst-zentrierende  
Einzelfassung*



$L_{Metall}$

$L_{Struktur}$

Federsteifigkeiten  
angepasst auf  
Ausdehnungs-  
koeffizienten  $L$   
**additiv gefertigte,  
monolithische  
Struktur**



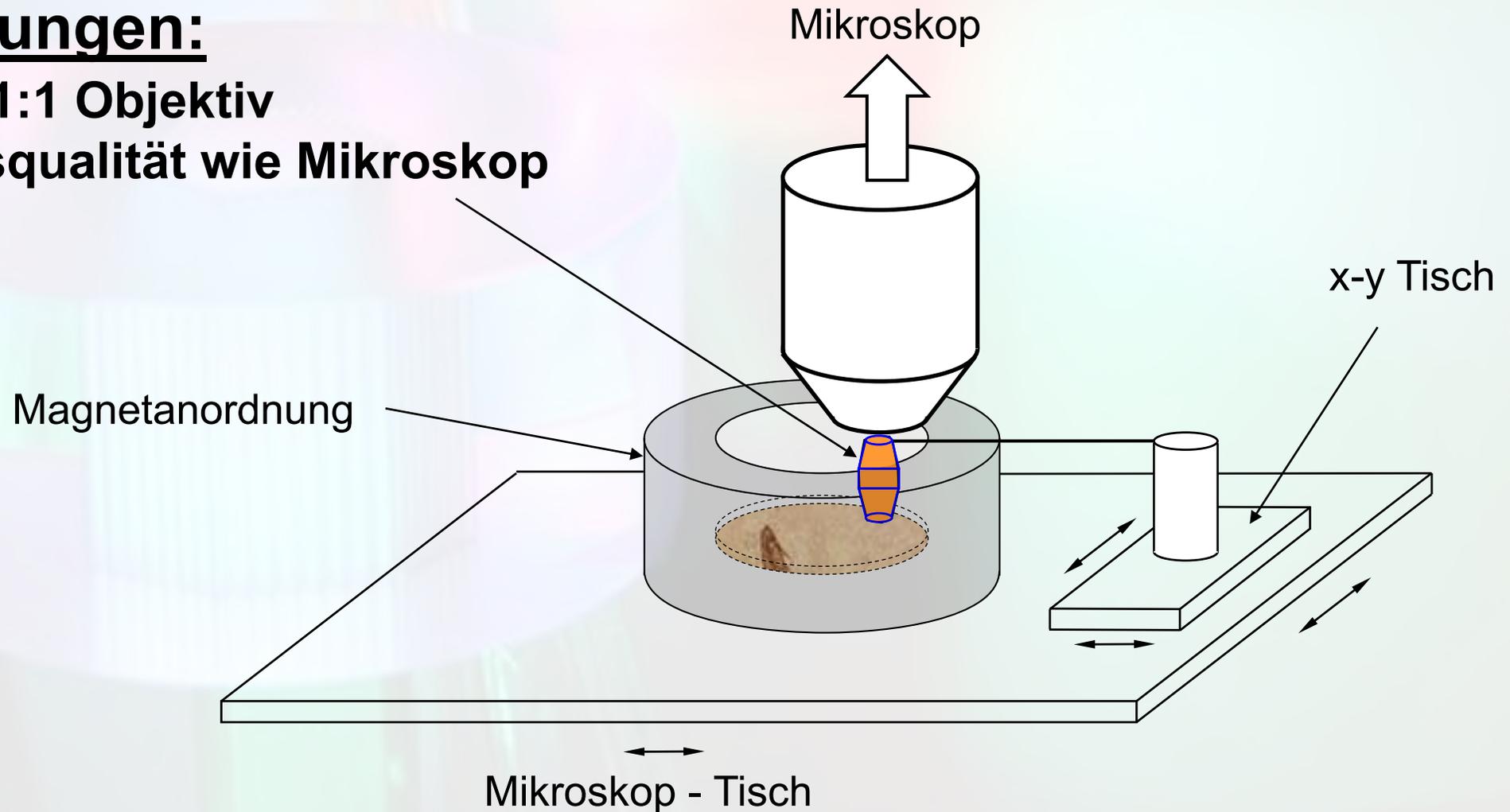
# Beispiel 2

# Customized Optics

## Anforderungen:

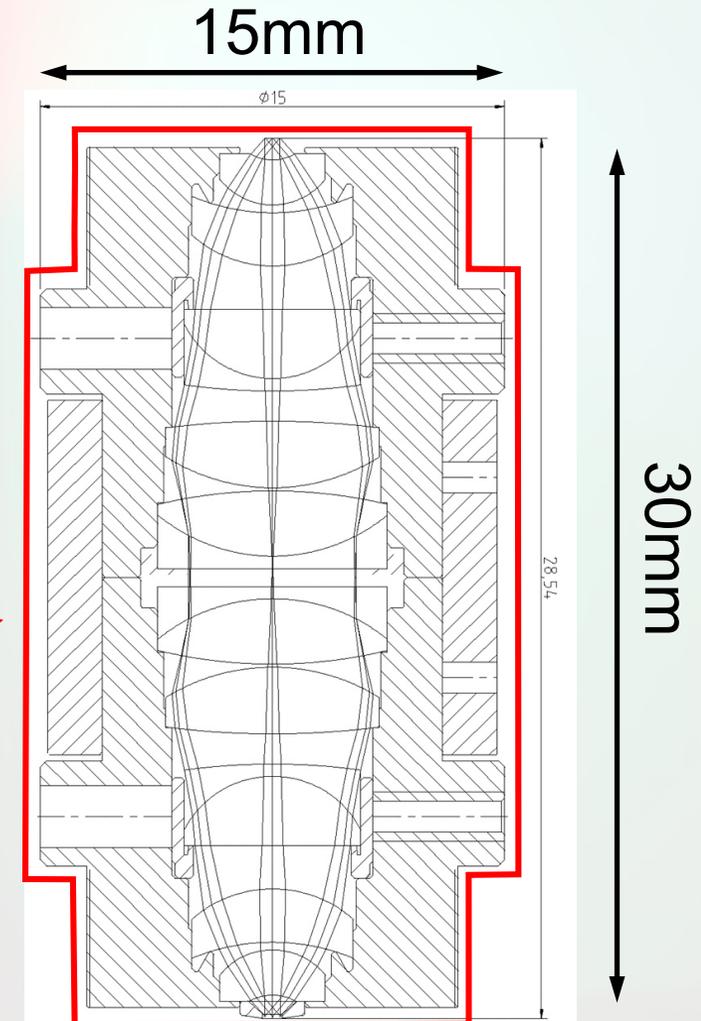
schlankes 1:1 Objektiv

Abbildungsqualität wie Mikroskop



# Customized Optics

## Ergebnis





THM

HESSENMETALL

wir freuen  
uns über  
Kooperationen

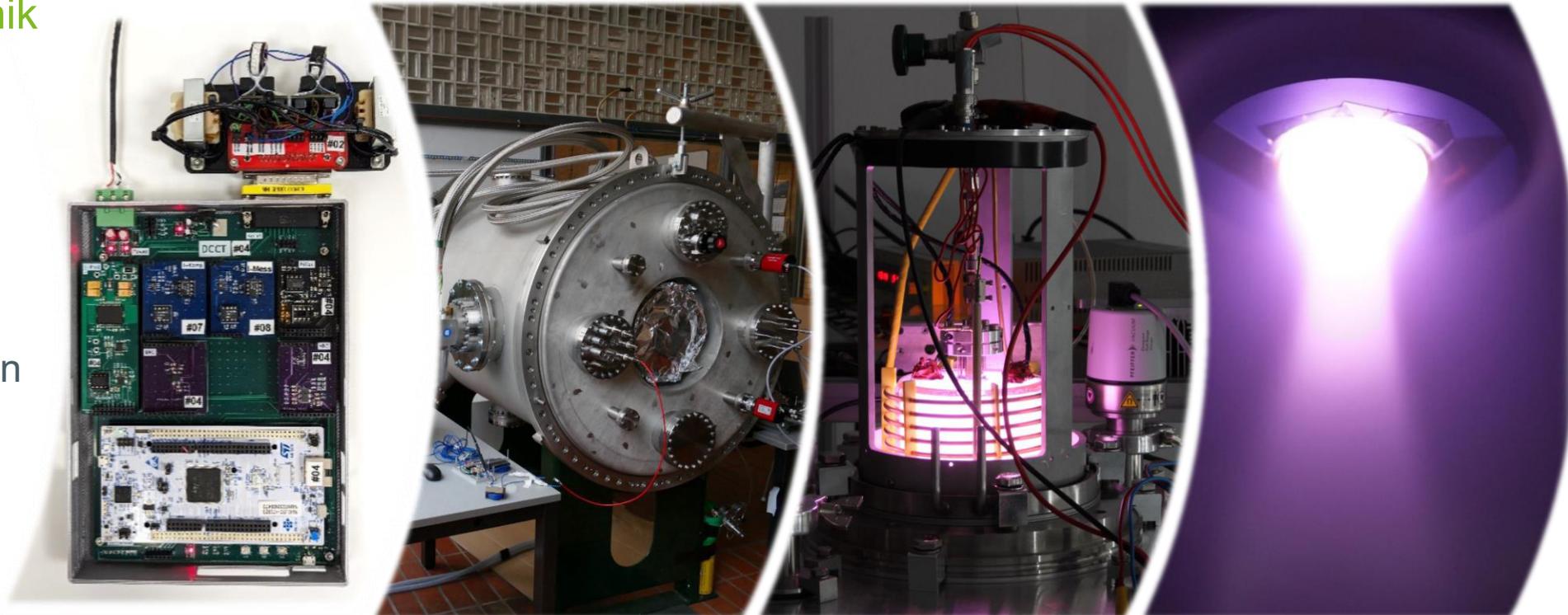
# Technische Hochschule Mittelhessen – University of Applied Sciences

Kompetenzzentrum für  
Nanotechnik und Photonik

*Arbeitsgruppe  
RaumfahrtElektronik*

J. Frey, U. Probst, J. Simon  
und C. Volkmar

14. November 2024



# Übersicht und Publikationen

C. Volkmar et al., *Rev. Sci. Instrum.* **90**(3), 2019

L. Henrich et al., *Proceedings of the 38<sup>th</sup> International Electric Propulsion Conference, IEPC-2024-211*, 2024

E. Beller et al., *J. Electr. Propuls.* **1**(8), 2022

J. E. Junker et al., *Proceedings of the 36<sup>th</sup> International Electric Propulsion Conference, IEPC-2019-474*, 2019

C. Roessler et al., *Proceedings of the 36<sup>th</sup> International Electric Propulsion Conference, IEPC-2019-409*, 2019

P. Dietz et al., *EPJ Tech. Instrum.* **8**(10), 2021

A. Reeh et al., *Eur. Phys. J. D* **73**(11), 2019

C. Volkmar and U. Ricklefs, *Eur. Phys. J. D* **69**(10), 2015

P. Peters et al., *Proceedings of the 38<sup>th</sup> International Electric Propulsion Conference, IEPC-2024-276*, 2024

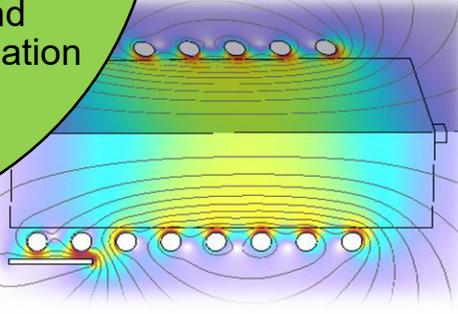
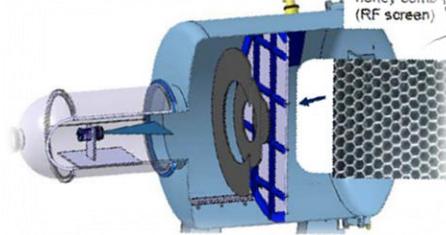
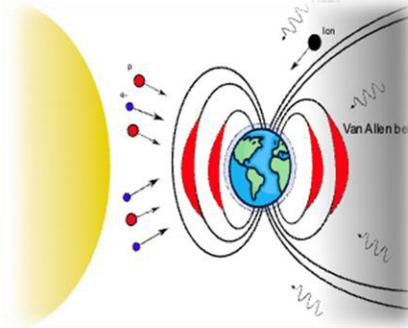
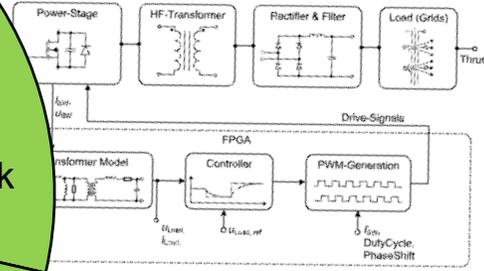
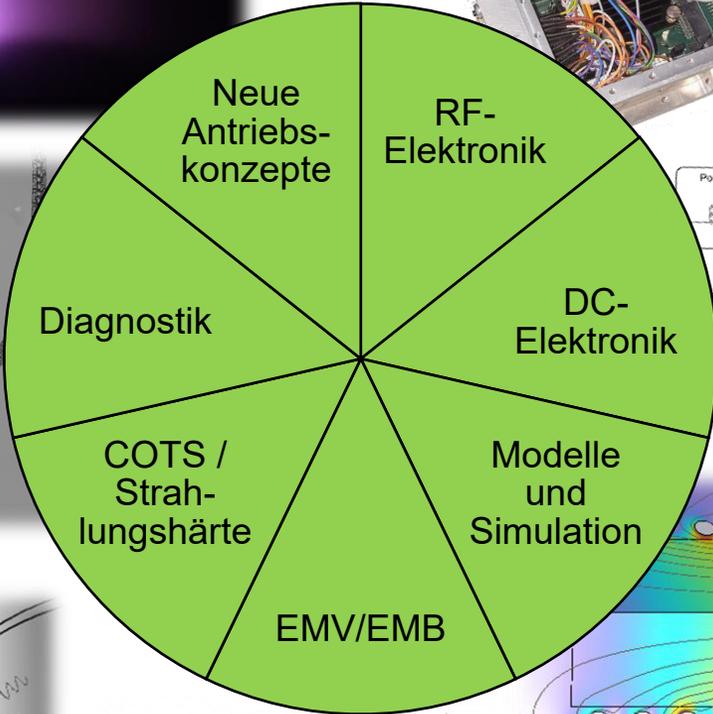
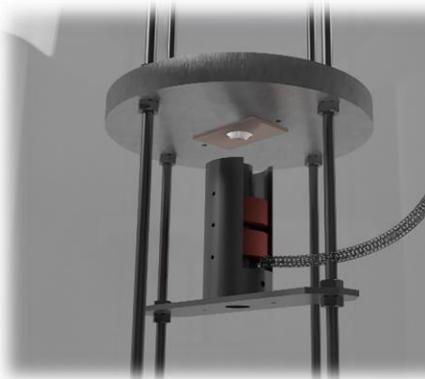
P. Peters et al., *Proceedings of the 9<sup>th</sup> Space Propulsion Conference, SP2024\_265*, 2024

Y. Rover et al., *Front. Space Technol.* **4**, 2023

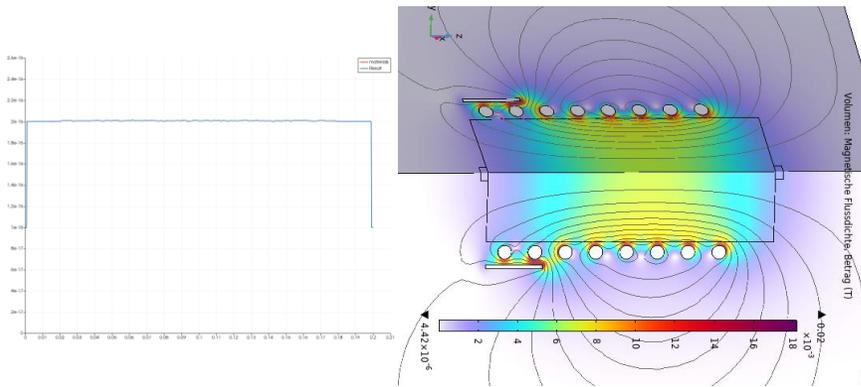
F. Kiefer et al., *J. Electr. Propuls.* **3**(8), 2024

Y. Rover et al., *J. Electr. Propuls.* **2**(3), 2023

F. Kiefer et al., *J. Electr. Propuls.* **2**(9), 2023



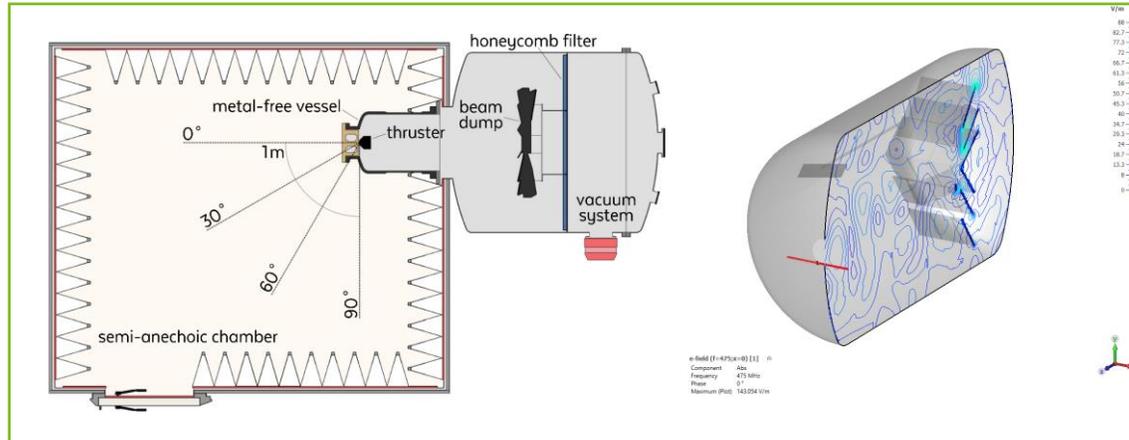
## Abgeschlossene Projekte



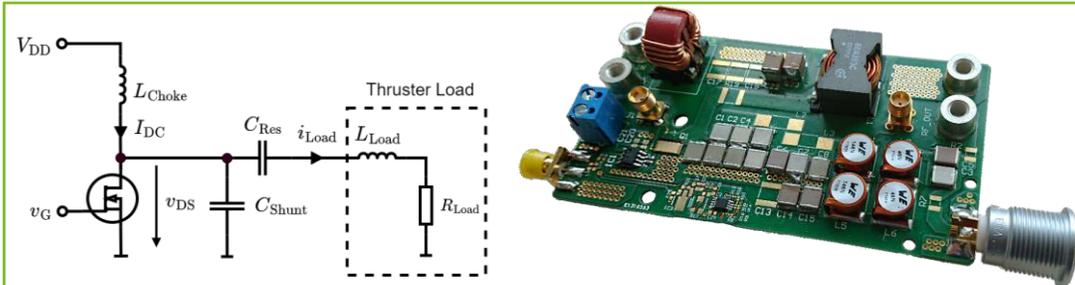
**SIMKORF:** Simulationswerkzeug zur konstruktiven Optimierung von RF-Iontriebwerken, BMWi, 12/2020–11/2023



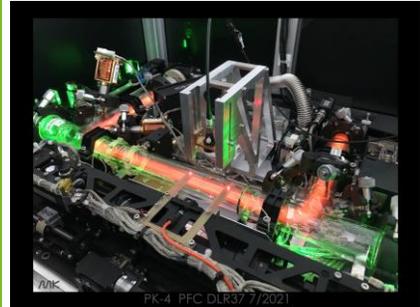
**ENGINEER:** Entwicklung und Integration einer RF-Ionenquelle für Beschichtungsprozesse, HMWK-LOEWE3, 4/2022–12/2023



**EMOSAT:** EMV-Untersuchungen für die Qualifizierung von elektrischen Orbitalantrieben für Satelliten, BMBF, 8/2020–7/2023

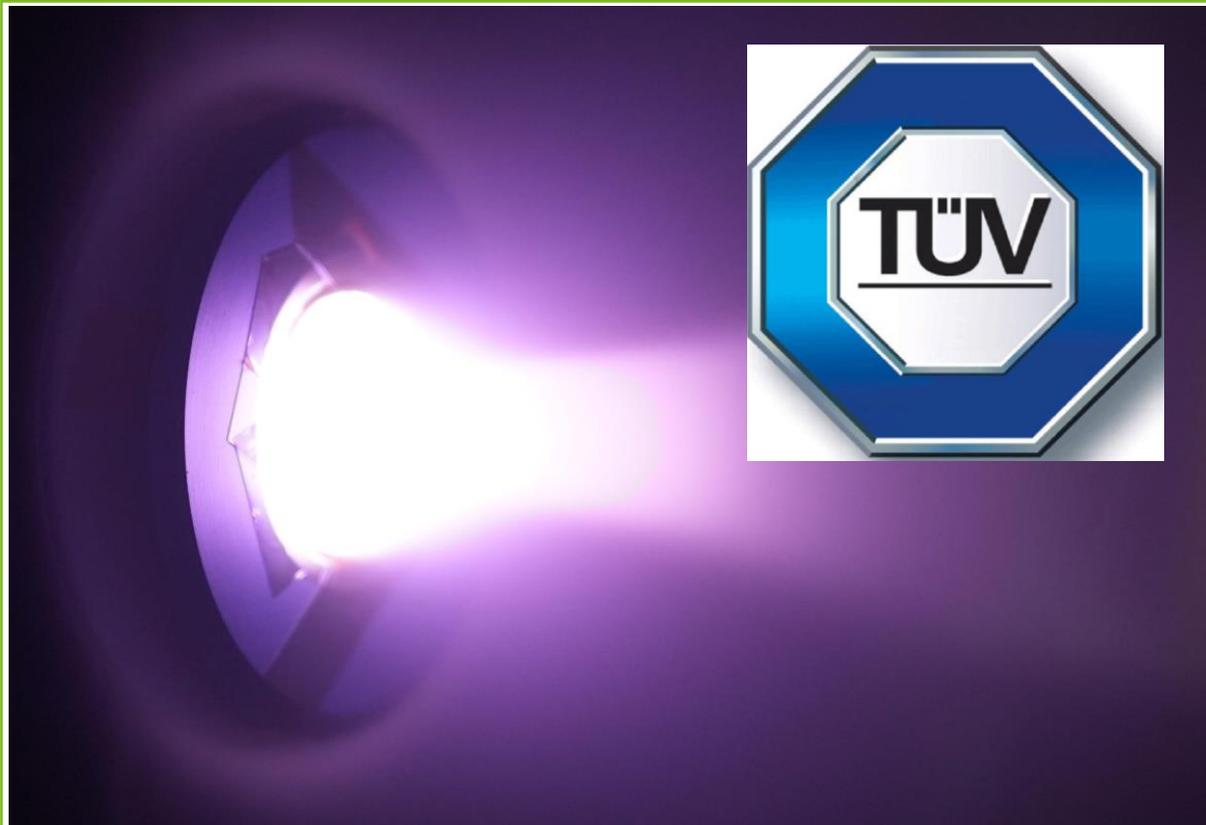


**CAMERADO:** Class-E Amplifier for Radio-Frequency Ion Thrusters, HMWK, 4/2021–3/2022



**COPLAMA:** Unterstützung von Experimenten mit PK-4 auf der ISS und Einsatz von Künstlicher Intelligenz für Mikrogravitationsexperimente, BMWi, 9/2021–8/2024

## Aktuelle Projekte



**REF4EP:** Referenziontriebwerk und diagnostische Standards für elektrische Raumfahrtantriebe für Kleinsatelliten, BMWK, 11/2023–4/2025



**IOD-PPU:** Technologiekomponenten zur In-Orbit-Demonstration einer Power Processing Unit eines elektrischen Antriebssystems mit Iodtreibstoff, BMWK, 9/2024–8/2027



**COMPACT:** Complex Plasma Facility, BMWK, 9/2024–8/2027

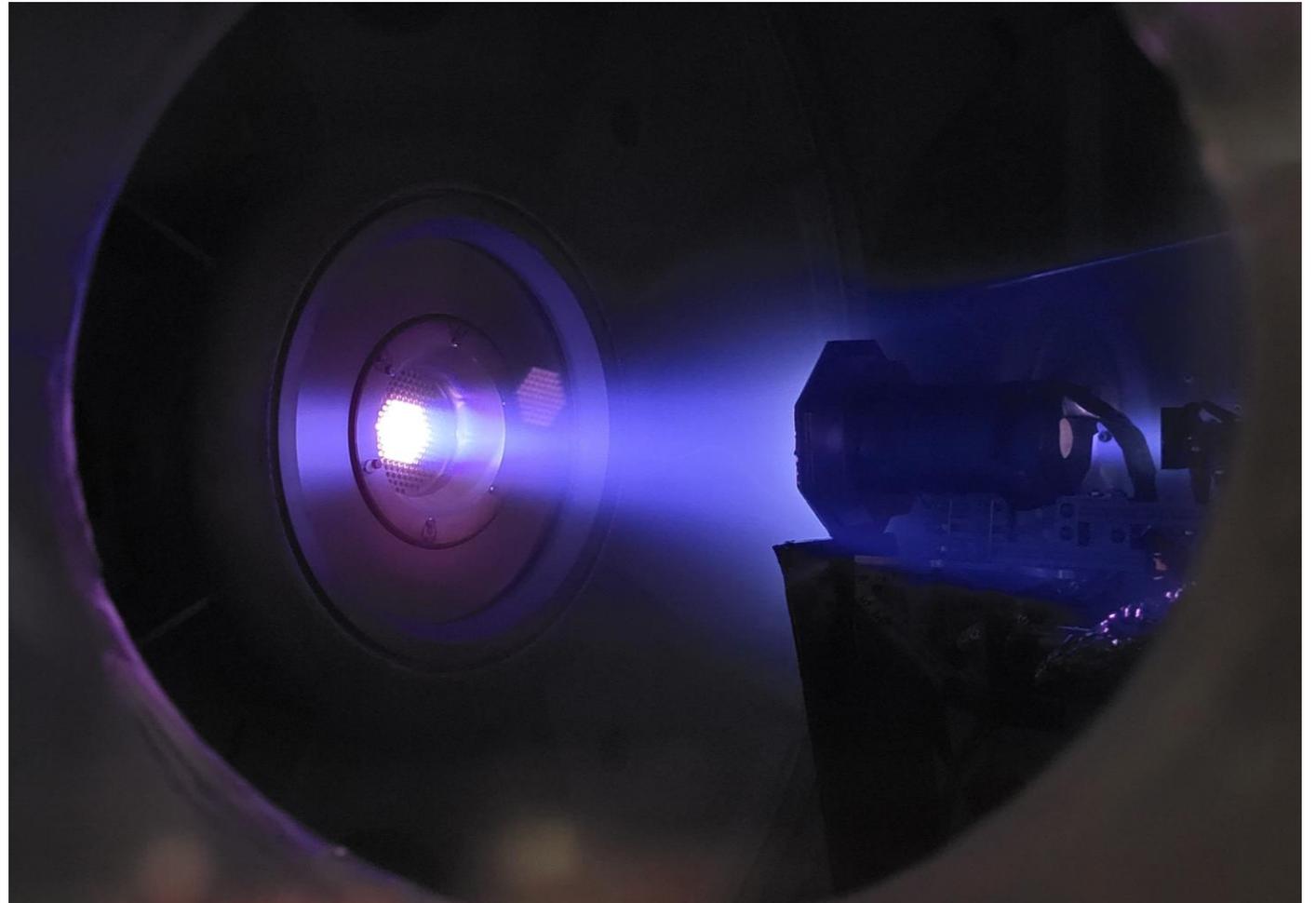
**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

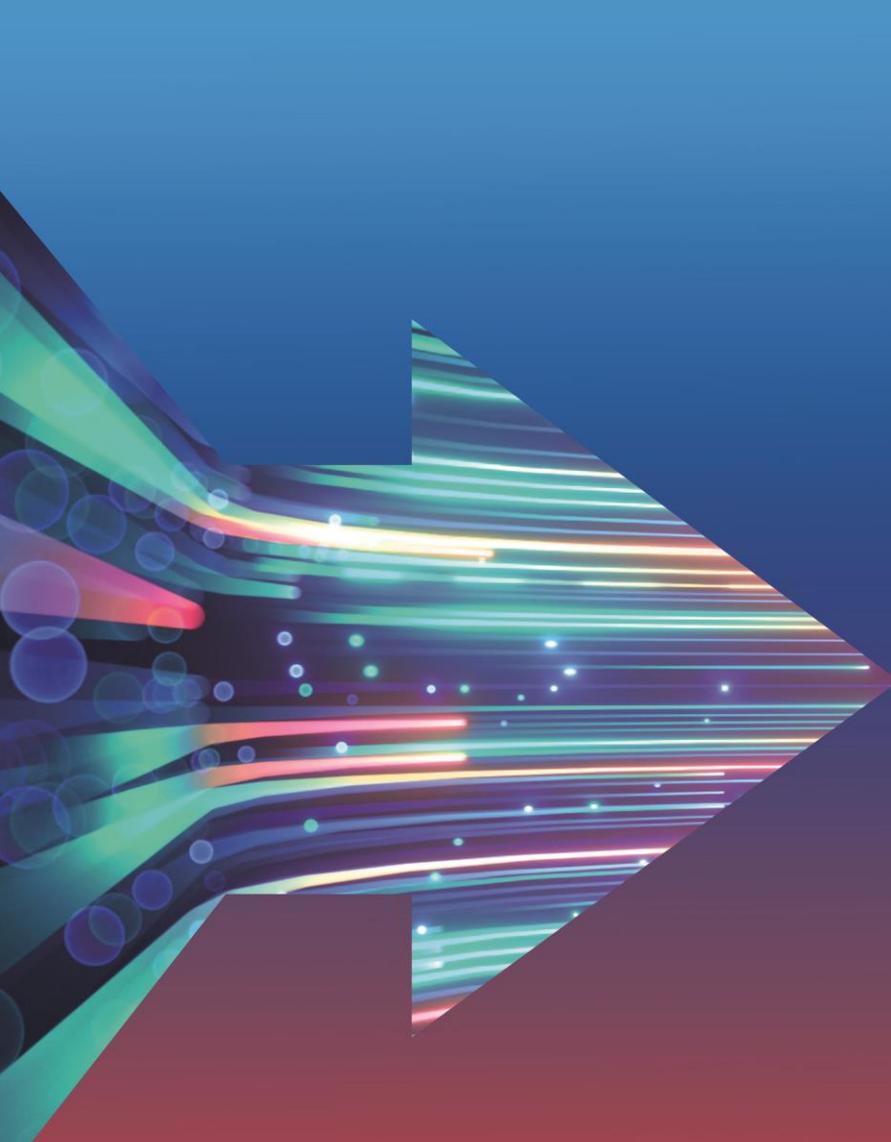
Prof. Dr. Chris Volkmar

0641 309-1974

[chris.volkmar@nanop.thm.de](mailto:chris.volkmar@nanop.thm.de)

Website AG-RaumfahrtElektronik:





**ME  
+IT** | **TRANSFER  
XCHANGE**

**INDUSTRIE UND FORSCHUNG  
IM DIALOG – GEMEINSAM INNOVATIV**



U N I K A S S E L  
V E R S I T Ä T

## Henrik Pohnsner

*FB Wirtschaftswissenschaften  
FG Management der digitalen Transformation*



## Jakob Michel

*FB Elektrotechnik/Informatik  
FG Rechnerarchitektur und Systemprogrammierung*

# DiBEN - Digital Business Ecosystem Navigator

Wissensplattform für hessische KMU zum Thema digitale Geschäftsökosysteme

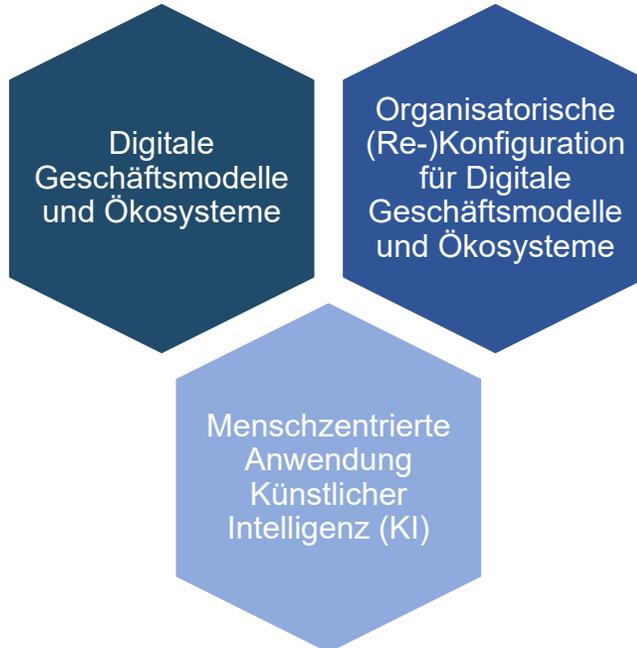


**digitales.hessen**  
DISTR@L

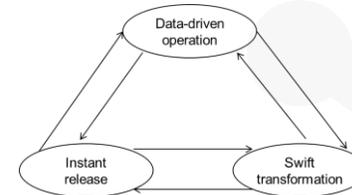


# Fachgebiet Management der digitalen Transformation

Verstehen der **Natur digitaler Geschäftsmodelle und Ökosysteme** in Kontexten, die traditionell nicht zur IT- oder Digitalbranche gehören.



Verstehen, wie **strukturelle, operative und strategische Maßnahmen** etablierten Organisationen helfen, digitale Geschäftsmodelle in digitalen Geschäftsökosystemen erfolgreich zu **entwickeln und zu betreiben**.



Gestaltung **soziotechnischer Systeme der Datenanalyse** und insbesondere des maschinellen Lernens für den **nachhaltigen Einsatz von KI** sowohl in digitalen Geschäftsmodellen als auch in Unternehmen.



Wir sind immer offen für ...  
... gemeinsame Projekte  
... vielfältige Arten der Kooperation, wie  
Abschlussarbeiten, Promotionen, Forschungsprojekte

# Ziele des Forschungsprojekts



# Ziele des Forschungsprojekts

*Entwicklung und Erprobung einer einzigartigen digitalen und interaktiven Wissensplattform zum Thema digitale Geschäftsökosysteme für hessische KMU*

## Ziele der Plattform



- Befähigung von **Führungskräften zu neuen Management-Aktivitäten** rund um das Verständnis, die Bewertung und Weiterentwicklung ihres digitalen Geschäftsökosystems
- Bereitstellung eines **Zugangs zu didaktisch aufbereitetem Wissen** (z.B. zu Grundlagen, Struktur und Strategie in Ökosystemen)
- **Bereitstellung digitaler Tools** die das Wissen konkret in Managementprozessen zum Thema digitale Geschäftsökosysteme nutzbar machen

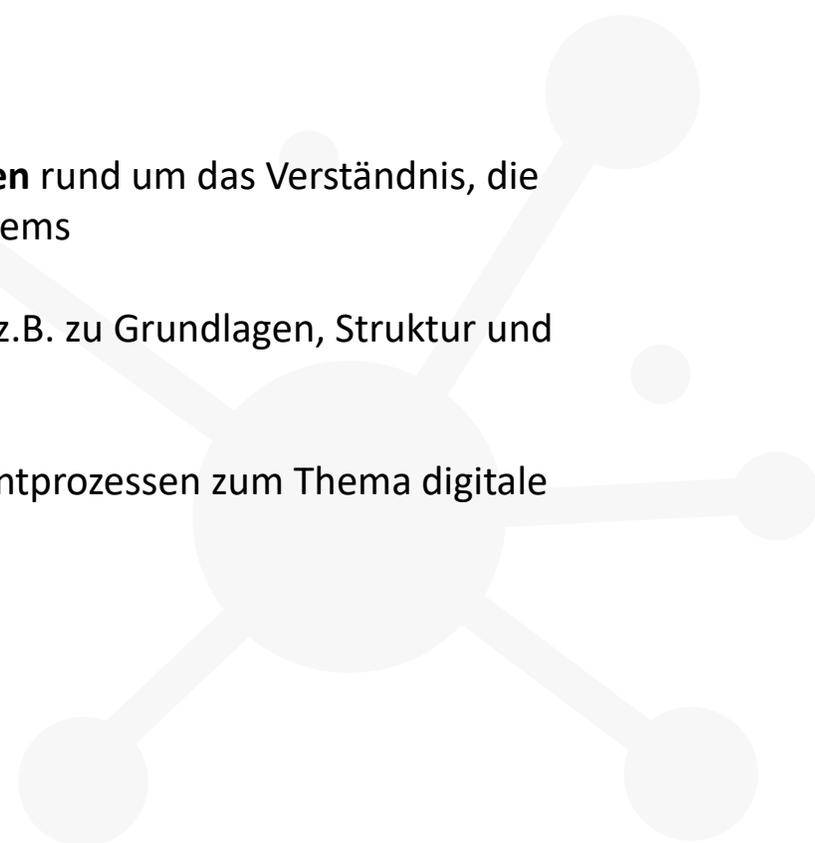
HESSEN



Hessisches Ministerium für  
Digitalisierung und Innovation



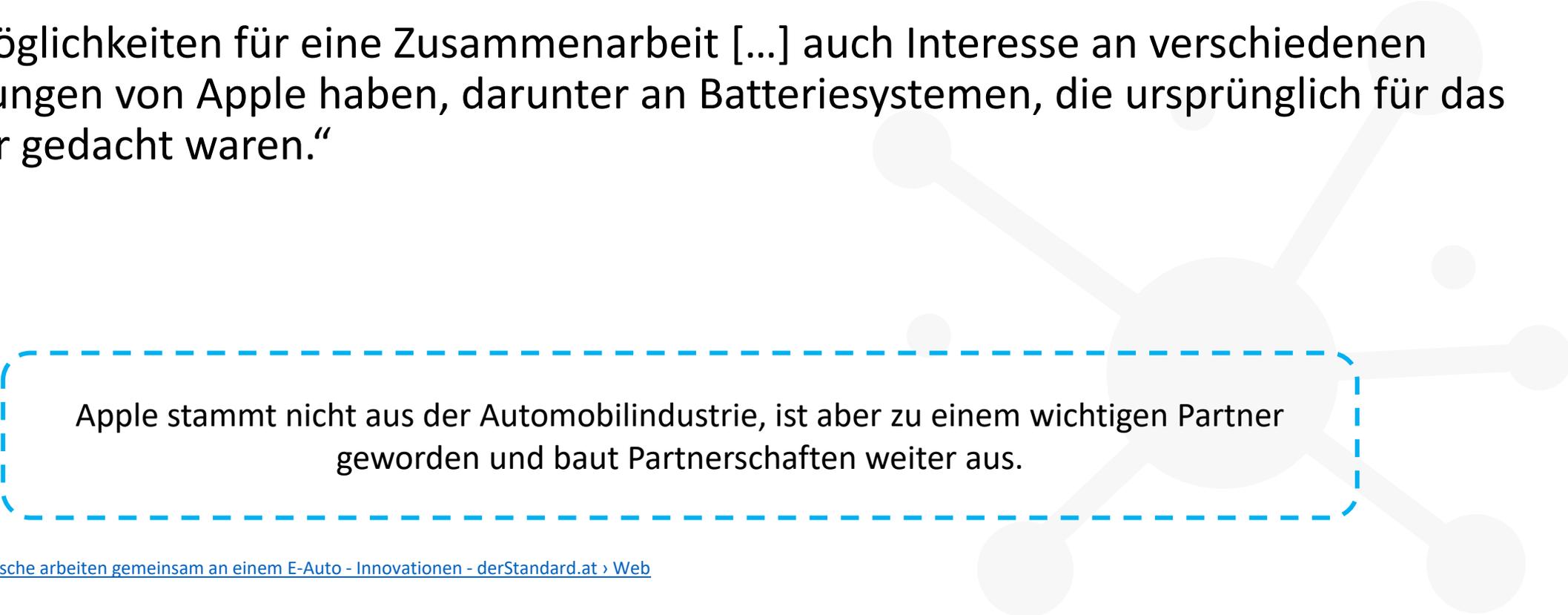
digitales.hessen  
DISTR@L





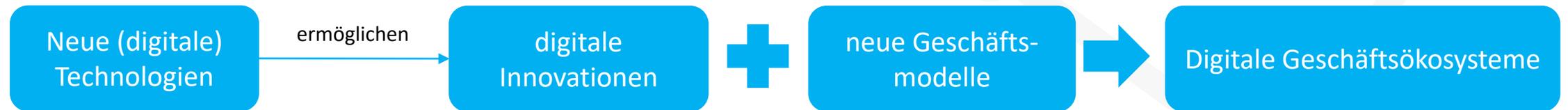
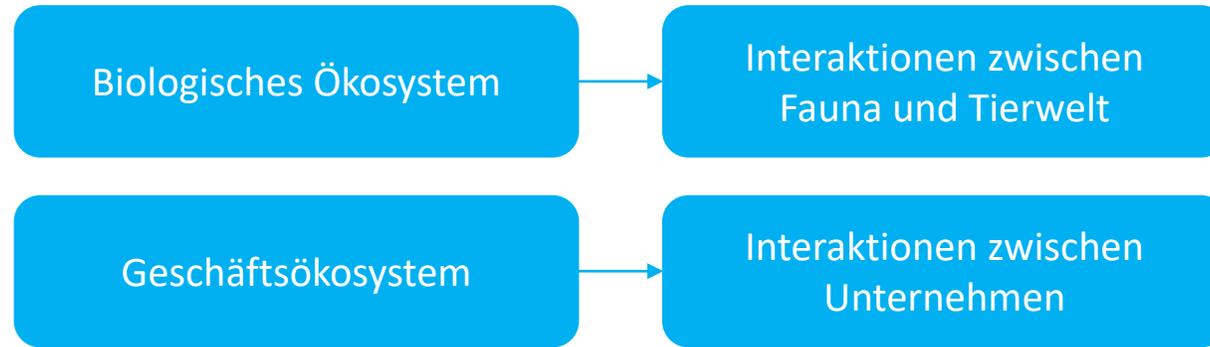
„Apples neue Autosoftware Carplay Plus, die eine tiefere Verzahnung von Apple-Geräten mit der Fahrzeugsoftware ermöglichen soll und damit das Nutzererlebnis deutlich zu verbessern verspricht.“

„neue Möglichkeiten für eine Zusammenarbeit [...] auch Interesse an verschiedenen Entwicklungen von Apple haben, darunter an Batteriesystemen, die ursprünglich für das Apple Car gedacht waren.“



Apple stammt nicht aus der Automobilindustrie, ist aber zu einem wichtigen Partner geworden und baut Partnerschaften weiter aus.

# Was sind digitale Geschäftsökosysteme?



Umfangreicher als nur die Betrachtung von Lieferketten: Verschiedenste Akteure die im Wettbewerb stehen, Kooperationen haben oder beides, über Industrien hinweg. Beispiel: Apple und Porsche

# Wie DiBEN Sie unterstützen kann



# Wie kann DiBEN Sie unterstützen?

DiBEN unterstützt Sie bei **Management-Aktivitäten** rund um das Verständnis, die Bewertung und Weiterentwicklung Ihres digitalen Geschäftsökosystems und hilft Ihnen konkrete Fragen zu beantworten

Wie schaffen Unternehmen innovative Lösungen?

Was sind die richtigen Technologien und Partner für mich?



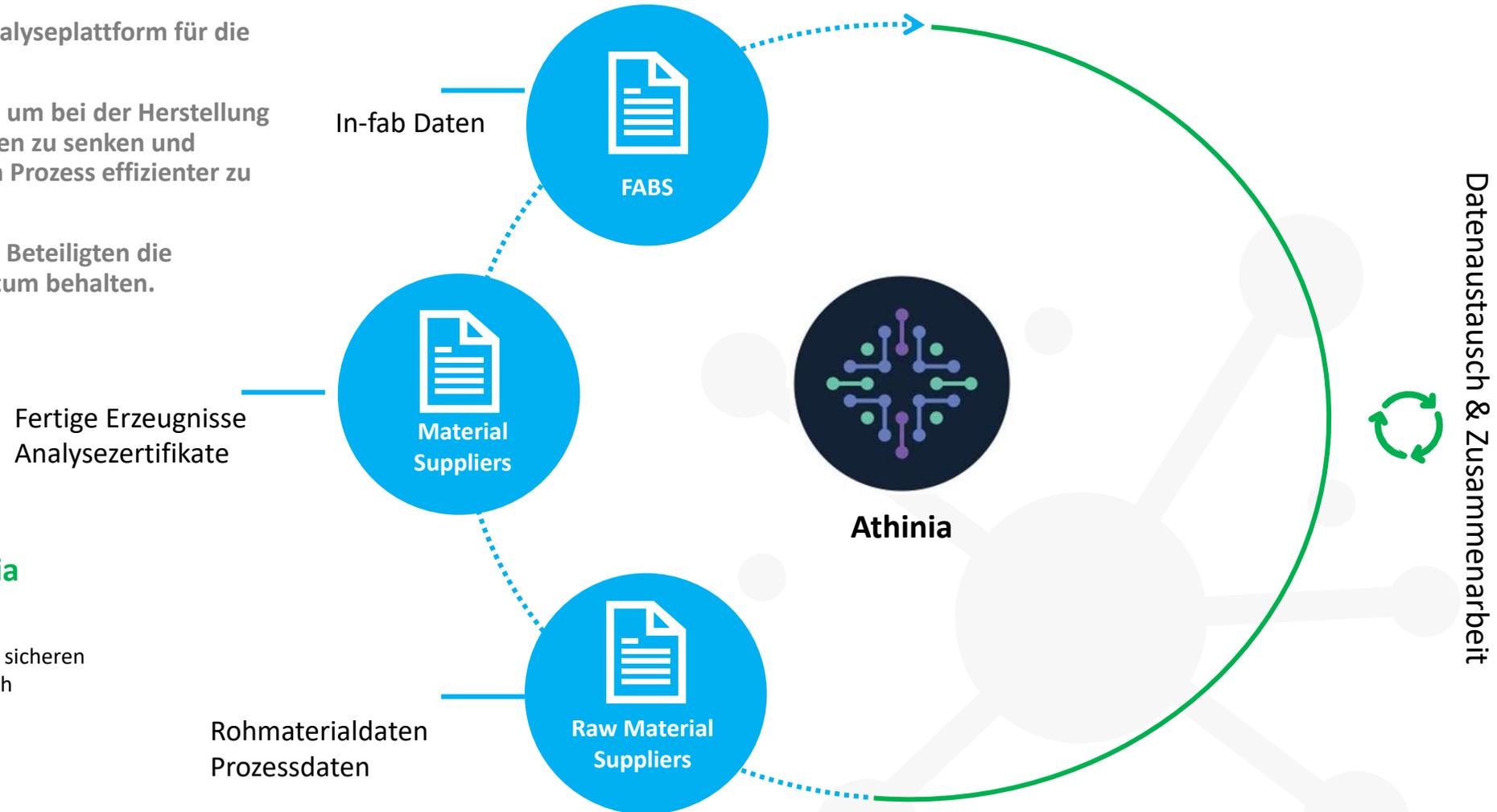
Wie haben es andere Unternehmen geschafft, von digitalen Ökosystemen zu profitieren?

Wie baut man eine Plattform auf?

# Athinia – Datenanalyseplattform für die Halbleiterindustrie

Bereitstellung einer sicheren Datenanalyseplattform für die Halbleiterindustrie:

- Gemeinsame Nutzung von Daten, um bei der Herstellung von Halbleiterprodukten die Kosten zu senken und Qualität zu verbessern, sowie den Prozess effizienter zu gestalten.
- gleichzeitig sicherstellen, dass die Beteiligten die Kontrolle über ihr geistiges Eigentum behalten.



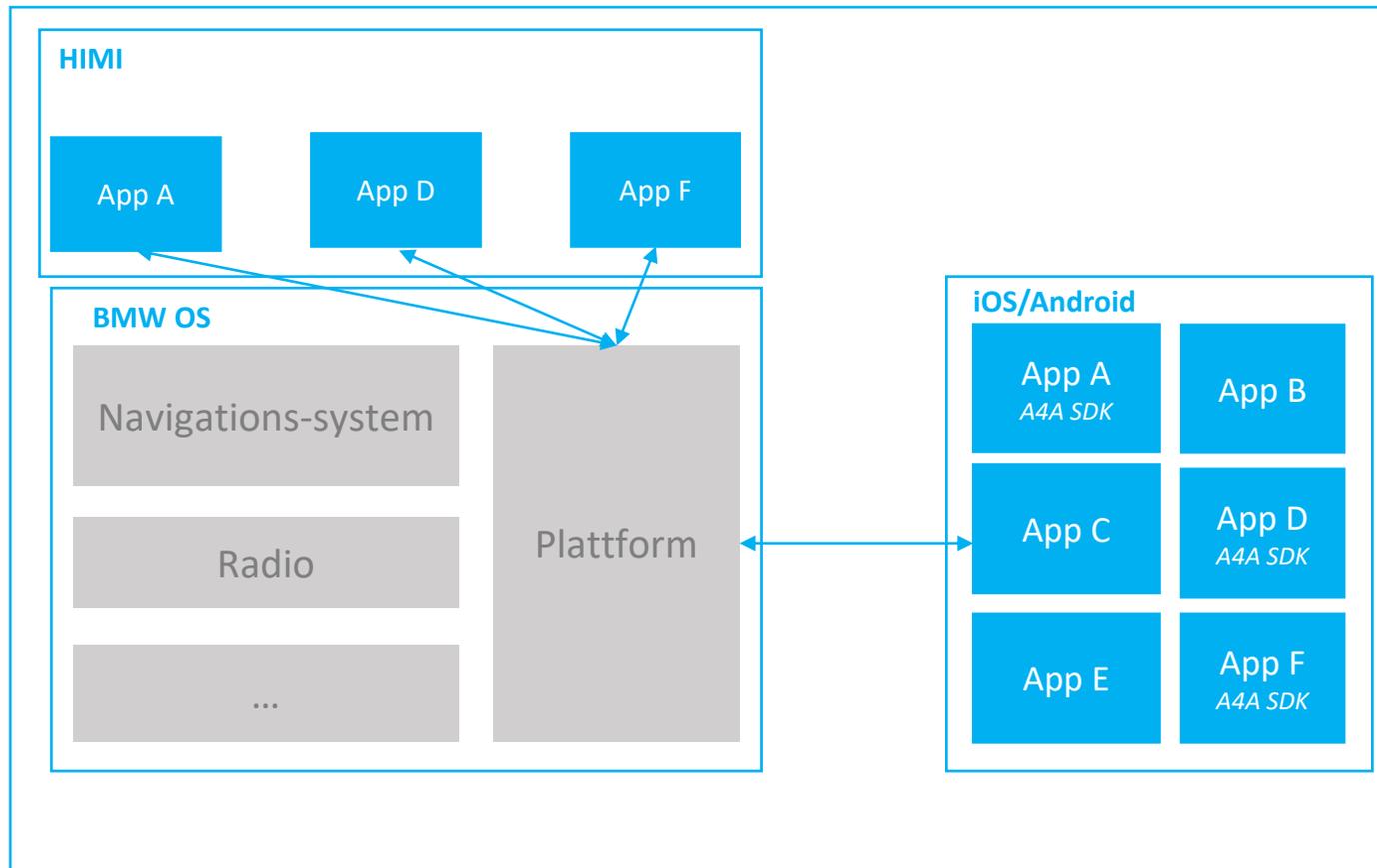
## Vor Athinia

Kontrolle von Parametern  
unabhängig voneinander

## Mit Athinia

Effizienz durch sicheren  
Datenaustausch

# BMW OS – Innovative Lösungen mit den richtigen Partnern



## iDrive

Das Infotainment bietet eigene Apps an, die auch erlauben zusätzliche Angebote zu nutzen (z.B. Spotify).

## Telefonverbindung

Zusätzlich können über Apple Carplay oder Android Auto Smartphones angebunden werden und damit weitere Apps genutzt werden. Heute ist das für Drittanbieter der bevorzugte Weg.

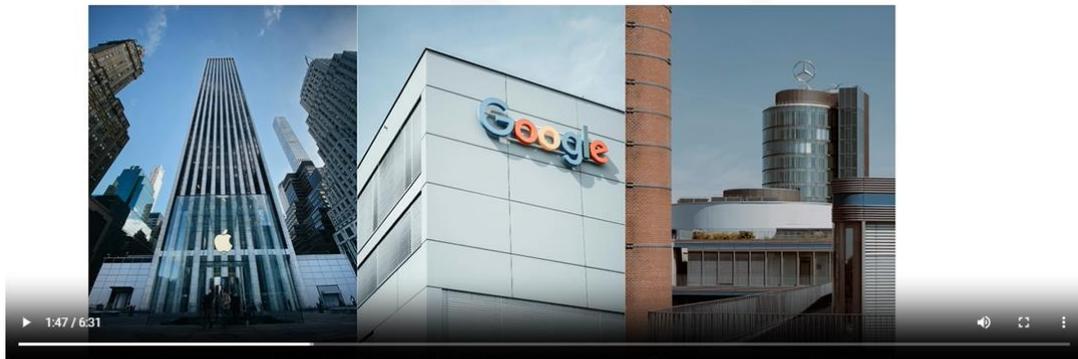
# Wissensinhalte als Grundlage strategischer Entscheidungen

*Ermöglicht Weiterentwicklung des Unternehmens & Verbesserung von wichtigen Fähigkeiten für künftige Entwicklungen im Ökosystem*

Dieser Wissensbaustein gibt Ihnen auch einen Einblick in unsere weiteren Themenbereiche und damit einen Überblick über die Inhalte von DIBEN.

## Definition & Herkunft

Etablierte Unternehmen nutzen vermehrt digitale Technologien. Zudem schaffen sie mit Hilfe von Unternehmen, deren Geschäftsmodell auf dem Einsatz digitaler Technologien beruht, digitale Innovationen.



Wissensabfrage

**Wissensabfrage zum Abschluss des Wissenslements**

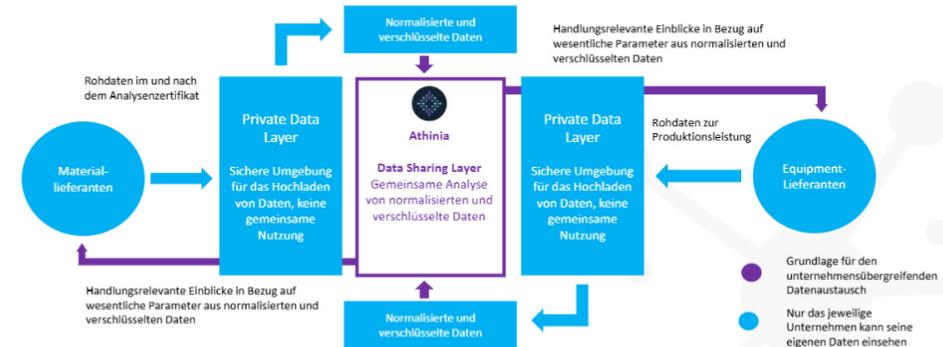
Was wird durch Schnittstellen ermöglicht?

in Gefahr ist. Eine solche Lösung ist nicht nur für Unternehmen in der Halbleiterindustrie hilfreich, sondern kann auf unterschiedlichste Ökosysteme übertragen werden und verschiedenste Aufgaben übernehmen.

Wissensinhalt

## Halbleiterhersteller und Lieferanten verbinden

Nutzer behalten das Eigentum an ihren Daten. Athinia ermöglicht die gemeinsame Nutzung von anonymisierte Daten.



Von Daten zu intelligenten Daten: Athinia hilft Kunden, die Bedeutung von Daten zu verstehen und Abweichungen bei den richtigen Parametern zu erkennen. Zudem sind alle Daten auf einer zentralen Plattform gesichert.

Quelle: <https://www.athinia.com/ecosystem/secure-data-collaboration>

Wissensabfrage

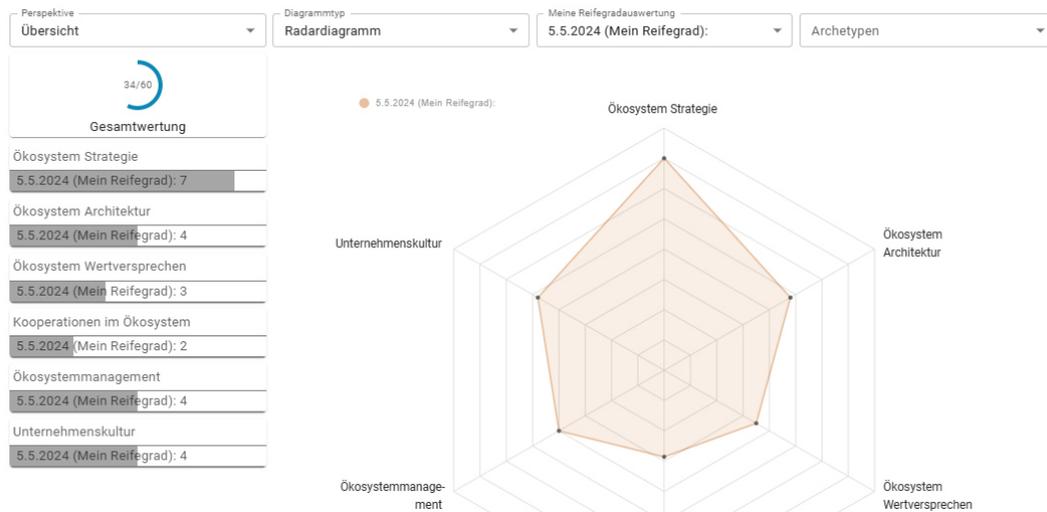
**Wissensabfrage zum Abschluss des Wissenslements**

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

# Tools für die Anwendung des Wissens

Visualisieren des eigenen Ökosystems und Verbindungen, finden von Partnern und Technologien für konkrete Projekte und weitere Möglichkeiten im eigenen Ökosystem erfolgreicher zu werden

nen Sie einfach das aktuell ausgefüllte Reifegradmodell mit einem vorher ausgefüllten vergleichen.



## Ökosystem Strategie

Setzen Sie eine strategische Planung für Ihre IT-Landschaft um und dokumentieren Sie alle Prozesse und Entscheidungen. Berücksichtigen Sie dabei die Eigenschaften des Ökosystems und fördern Sie interne Disziplin für spezifische Verbindungen.

Mitgliedschaften etc.

Besprechen Sie Ergebnisse mit Ihren Kollegen und diskutieren Sie das visualisierte Ökosystem. Ziehen Sie Schlüsse über wichtige und zentrale Akteure, identifizieren Sie interessante neue Partner für Ihr Unternehmen und inkludieren die Erkenntnisse in Ihre Strategie.

Ihre Eingaben werden automatisch gespeichert und stehen Ihnen auch zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung.

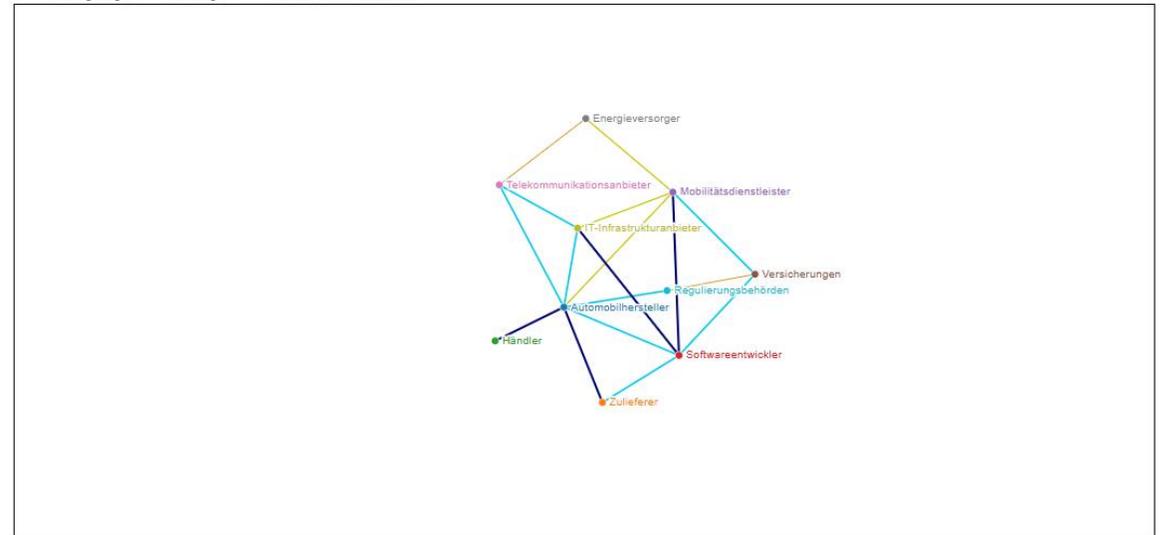
IHR ÖKO SYSTEM +

📁 Gespeichert

UMBENENNEN

VISUALISIERUNG LÖSCHEN

Sehr gering Gering Hoch Sehr hoch





# Ihr Kontakt



Henrik Pohsner

*Projektleiter*

[henrik.pohsner@diben-hessen.de](mailto:henrik.pohsner@diben-hessen.de)

Tel.: 0561-804-3902

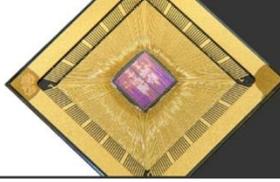


DIGITAL BUSINESS ECOSYSTEM NAVIGATOR

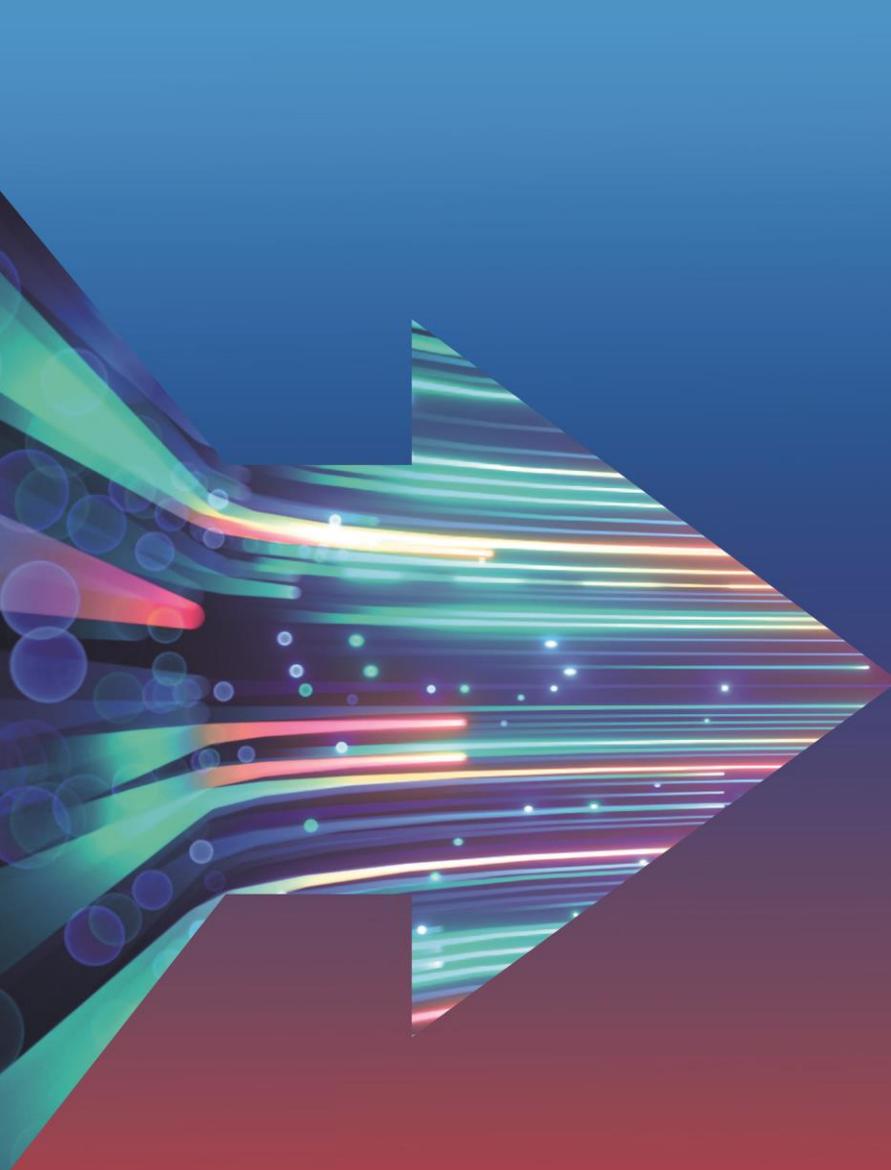


# Referenzen

- [Apple und Porsche arbeiten gemeinsam an einem E-Auto - Innovationen - derStandard.at › Web](#)
- [Athinia to Accelerate the Use of AI and Big Data to Solve Critical Semiconductor Challenges \(prnewswire.com\)](#)
- Henfridsson, O., and Ghazawneh, A. 2013. "Balancing Platform Control and External Contribution in Third-Party Development: The Boundary Resources Model," *Information Systems Journal* (23:2), pp. 173-192.
- Moore, J. F. 1993. "Predators and Prey: A New Ecology of Competition," *Harvard Business Review* (May-June 1993), pp. 75–86.



Prof. Dr.-Ing. habil. Josef Börcsök



**ME  
+IT** | **TRANSFER  
XCHANGE**

**INDUSTRIE UND FORSCHUNG  
IM DIALOG – GEMEINSAM INNOVATIV**



## Prof. Dr.-Ing. Ulf Schwalbe

*Leistungselektronik – Elektromobilität –  
Regenerative Energietechnik*

# TRANSFERXCHANGE 2024 SCIENCE- TO-BUSINESS-PITCH

## SCIENCE-TO-BUSINESS-PITCH

### Erneuerbare Energie & Energiespeicher





# CHARGE BOOSTER



- Forschungsthema: **iWENT** - Die intelligente Weiterverwendung gebrauchter E-Mobility Batterien für eine nachhaltige Transformation in umweltschonende und flexible Ladeinfrastruktur
- Problemstellung: **Schnellladen für Elektrofahrzeuge bei niedriger Elektroenergienetzbelastung ermöglicht**  
Schnellladesystem für E-Fahrzeuge auf Basis gebrauchter Batterien aus Elektrofahrzeugen
- Schwerpunkte: **Entwicklung einer Energiemanagementlösung** die verschiedene Optimierungsziele verfolgt  
**Zustandüberwachung von Lithium-Ionen-Batterien**
- Methoden: Prototypenbau und **experimentelle Langzeitmessungen**  
**Modellbildung und Simulation (Matlab)**  
**Zustandsprognose und Ausfallfrüherkennung**



# GRID BOOSTER



- Forschungsthemen: **iSLE** - Systemintegrierte Nachhaltigkeitssteigerung durch intelligente Second-Life-Energiespeicherkonzepte
- Problemstellung: **Großbatteriespeicher (1MWh) aus gebrauchten Fahrzeugbatterien** für die Integration ins elektrische Netz  
Verbesserung der **Netzstabilität (Spannungshaltung)** und die zuverlässige Einbindung regenerativer Energiequellen sicherstellen
- intelligentes Energiemanagement** zur Kopplung verschiedener Nutzungsmöglichkeiten
- Schwerpunkte: **Entwicklung einer Betriebsführungsstrategie** für die Energienetzstabilisierung  
**Zustandüberwachung von Lithium-Ionen-Batterien**
- Methoden: Prototypenbau und **experimentelle Langzeitmessungen**  
**Modellbildung und Simulation (Matlab)**  
**Zustandsprognose und Ausfallfrüherkennung**



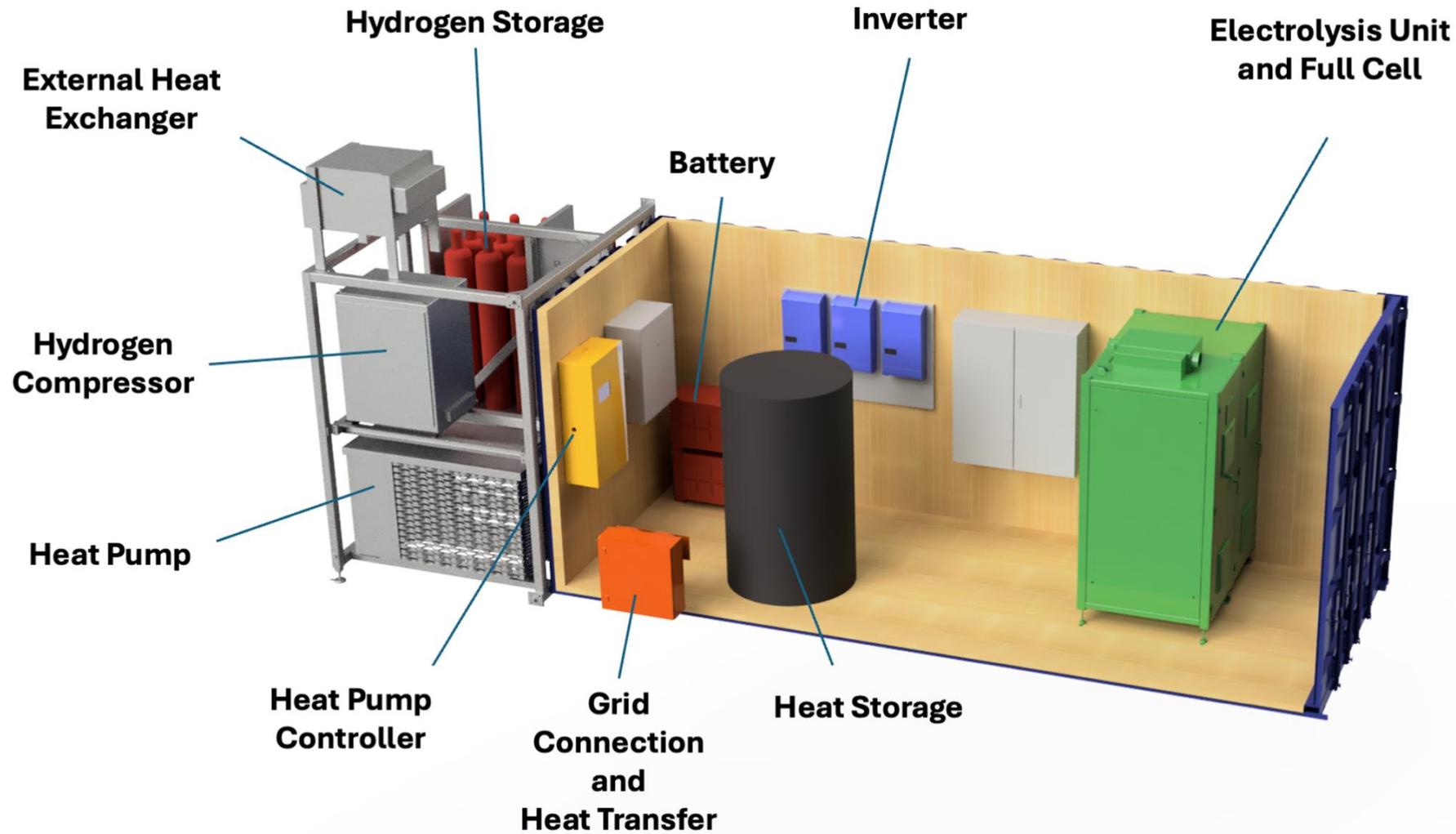
# MULTI-ENERGIE SPEICHER-KRAFTWERK



- Forschungsthemen: **COMLEE-H2** - Containerlösung zur mobilen Energieerzeugung und Energiespeicherung auf Wasserstoffbasis (H<sub>2</sub>) zur saisonale Energiespeicherung
- Problemstellung: Im Rahmen des Projektes wird eine **intelligente Verzahnung von Energieverbrauch und –erzeugung** unter Einsatz von drei Speicherebenen: **elektrische, thermische und chemische Energiespeicher** realisiert. Es kommt ein **Lithium-Batteriespeicher, Wasserstoffspeicher (300bar)** und eine **thermischer Wasserspeicher** zur Nutzung der Prozesswärme aus Elektrolyse- und Brennstoffzelleneinheit zum Einsatz
- Schwerpunkte: **Entwicklung einer Betriebsführungsstrategie** für den wirtschaftlichen Betrieb
- Methoden: Prototypenbau und **experimentelle Langzeitmessungen**  
**Modellbildung und Simulation** (Matlab)  
**Zustandsprognose und Ausfallfrüherkennung**



# MULTI-ENERGIE SPEICHER-KRAFTWERK – DAS SYSTEM



## UNSERE KOMPENTENZEN

- Systemanalyse
- Modellbildung und Simulation
- Langzeitmessung und Auswertung großer Datenmengen
- Optimale Auslegung von Energiespeichersystemen
- Systemsteuerung



## UNSER BEDARF

- **Unternehmen und Institute für Kooperationen zu Drittmittelanträgen in den Themenfeldern:**
  - **Energiemanagement von Batteriespeicher**
  - **Energiemanagement von Wasserstoffspeichersystemen**
  - **Entwicklung von Betriebsführungsstrategien für Energiespeicher**
- **Unternehmen für Kooperationen zu Drittmittelanträgen in den Themenfelder:**
  - **Multi-Energie Speicherkraftwerk**



# TEAM E<sup>3</sup> - ZUKUNFT GESTALTEN MIT INTELLIGENTEN ENERGIESPEICHERN



Prof. Dr.-Ing.  
Ulf Schwalbe



Sven Fiesser



Lukas Böhning



Nils Kassekert



Mathias Herget



Mussab Najeeb



+ Hilfwissenschaftler





**DANKE FÜR IHR INTERESSE**

**PROF. DR.-ING. ULF SCHWALBE**  
**ULF.SCHWALBE@ET.HS-FULDA.DE**



Prof. Dr.-Ing. Ulf Schwalbe  
Elektrotechnik und Informationstechnik  
Team E<sup>3</sup> - Erneuerbare Energien und Elektromobilität