

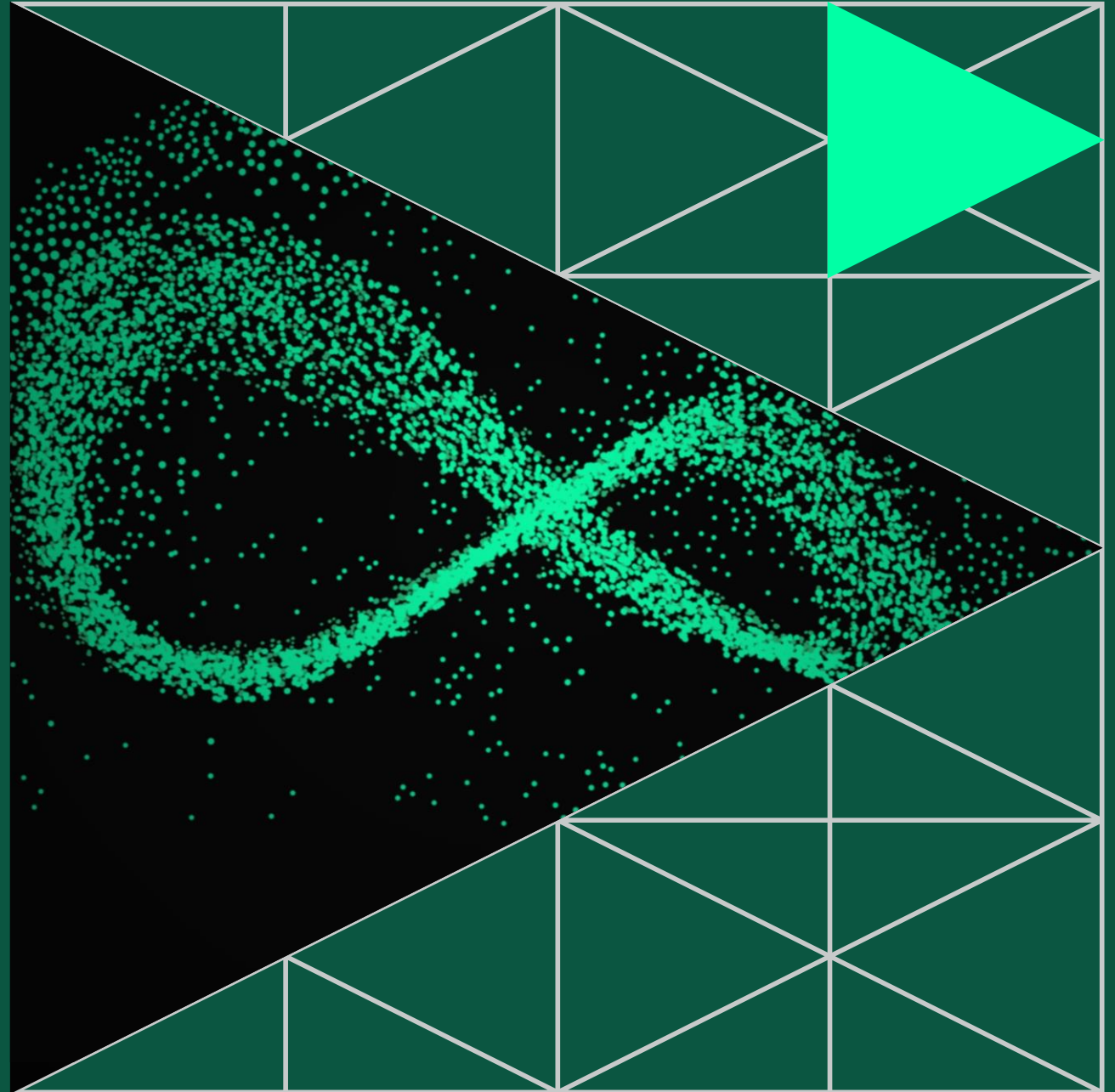
# ISES

Institut für Nachhaltige  
Energiesysteme

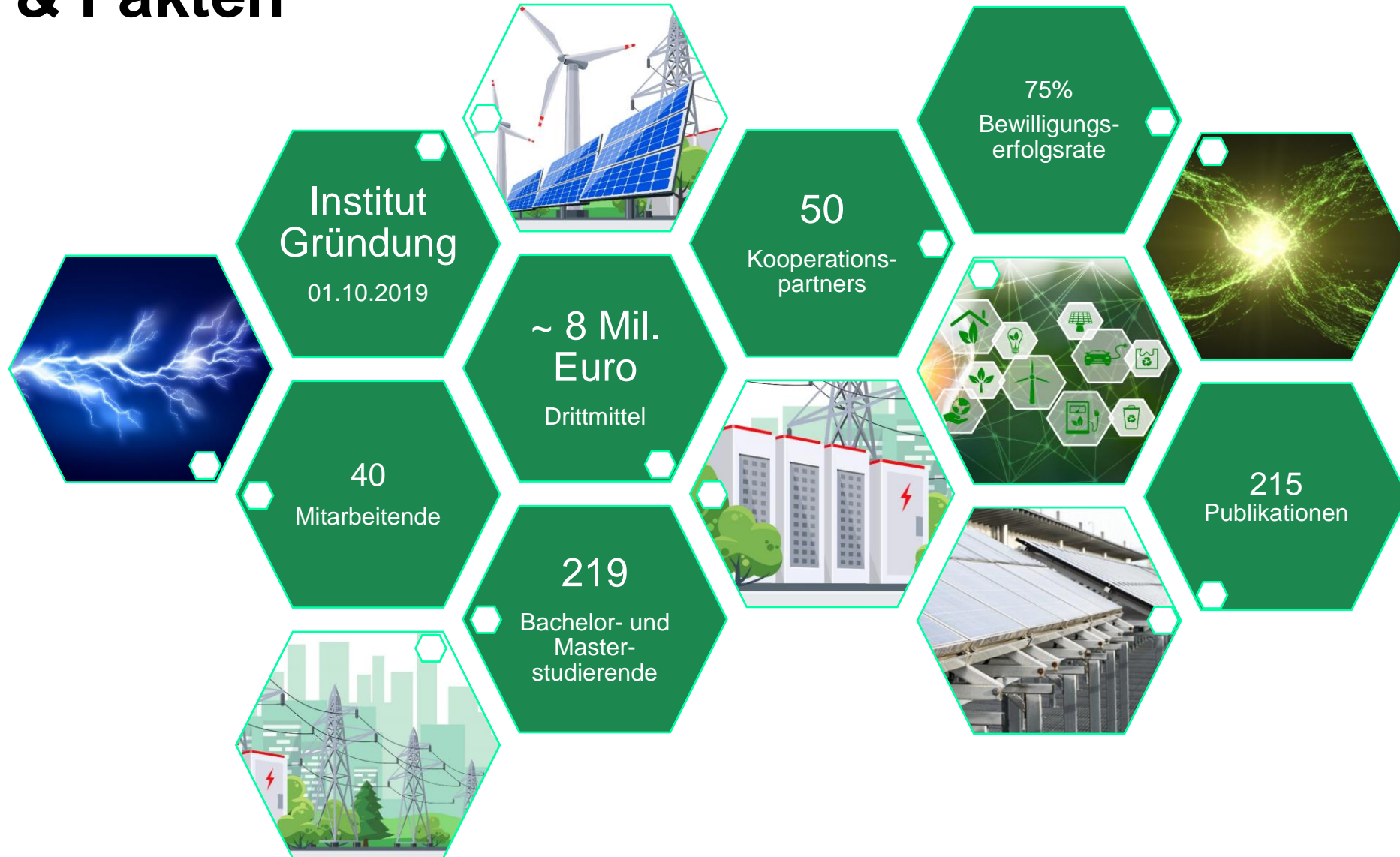
**ISES**  
Institut für Nachhaltige Energiesysteme

Version 2023.11.17

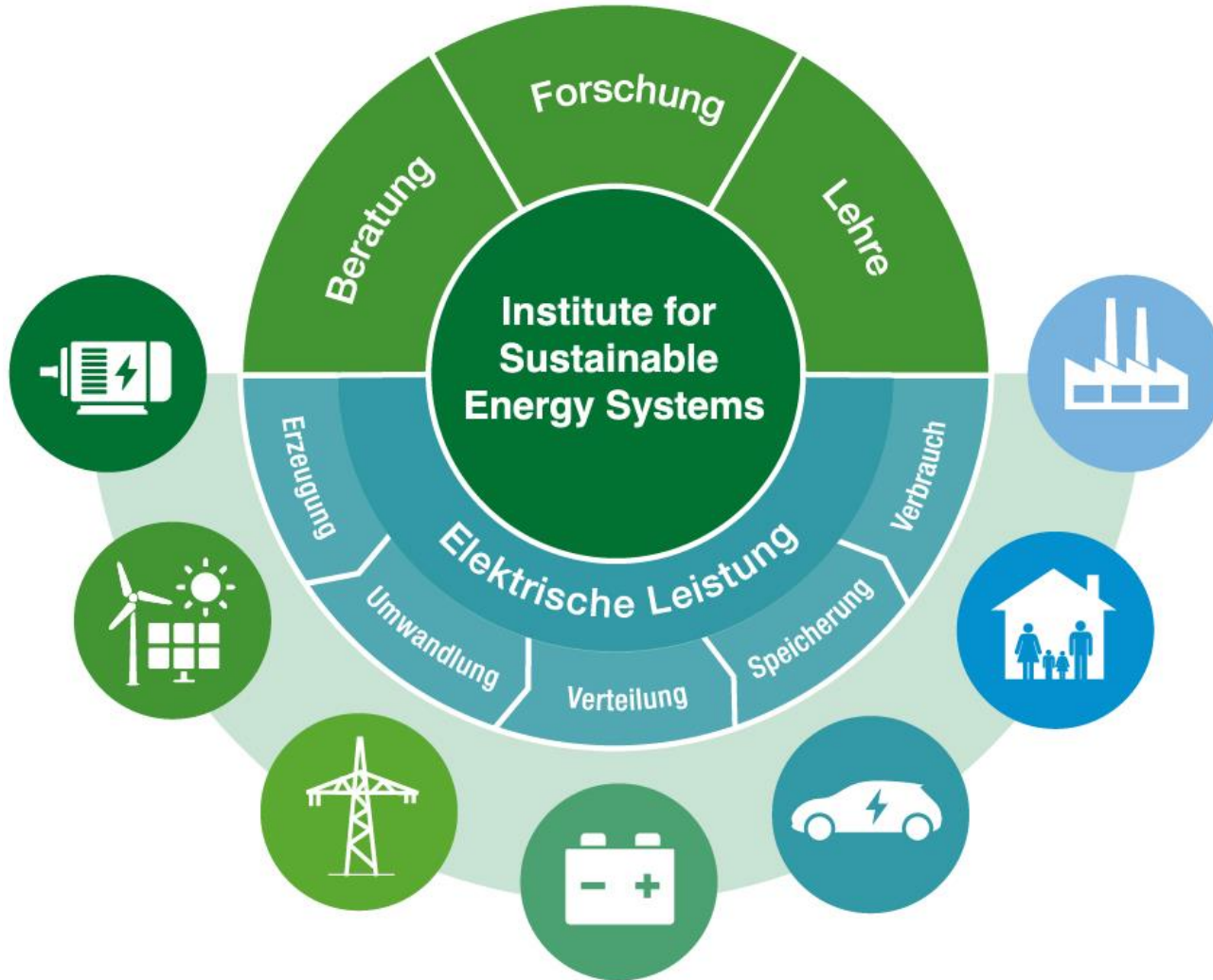
**HM** 



# Zahlen & Fakten

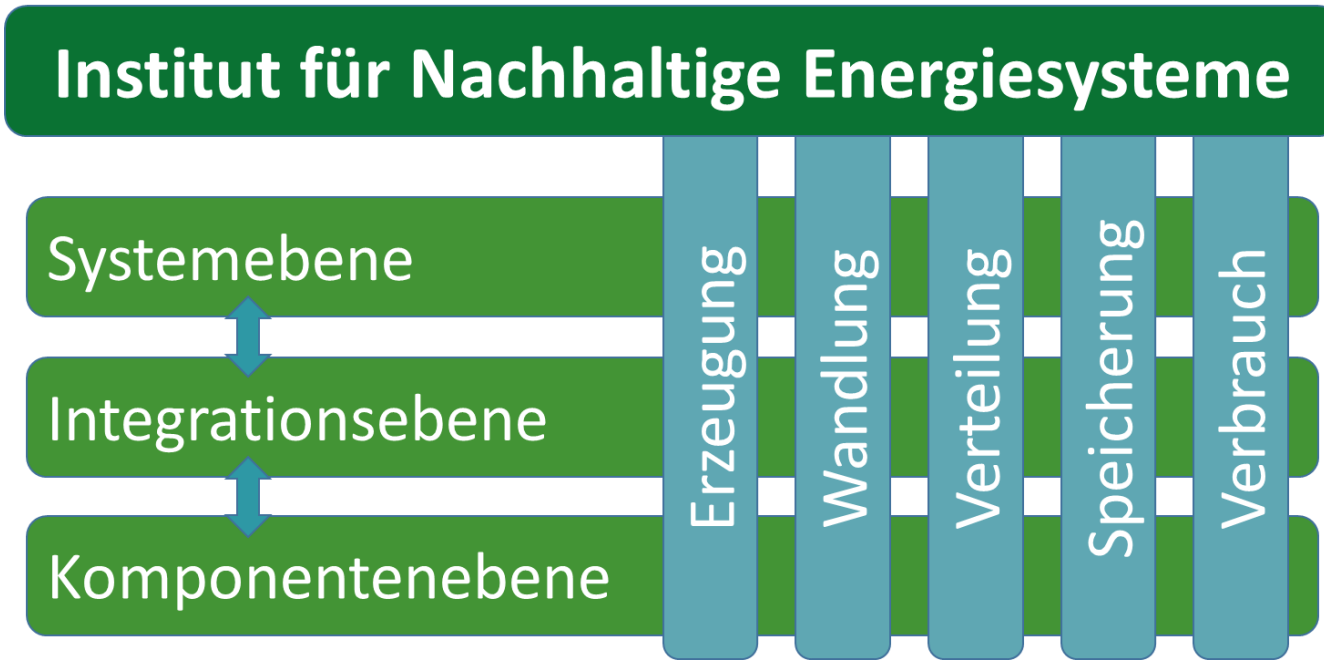


# Unsere Mission



- Wir leisten durch eigene Forschungs-, Beratungs- und Lehrtätigkeit einen wesentlichen Beitrag zu einer effizienteren, nachhaltigeren und ressourcenschonenderen Energieversorgung und –nutzung
- Die Umsetzung der globalen Klima- und Energieziele ist eine unserer Prioritäten
- Nachhaltigkeit ist unser Schwerpunkt

# Unsere Expertise

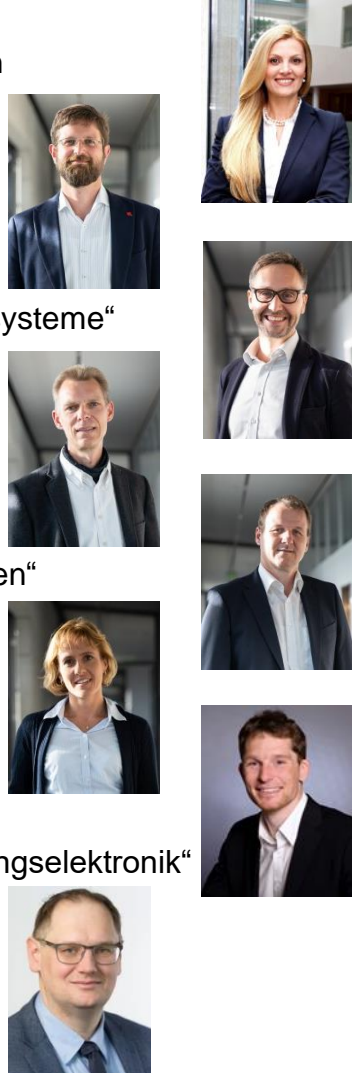


- Wir forschen zu elektrischer Energiewandlung, -verteilung und -speicherung
- Wir erforschen Energiesysteme ganzheitlich von der Komponente bis zum System und über alle Stufen der Wertschöpfungskette hinweg, von der Erzeugung bis zum Verbrauch

# Unser Team

## Leitungsteam und Forschungsbereiche

- Florentina Alecu  
Geschäftsführerin/ Forschungskoodinatorin
- Oliver Bohlen  
„Elektrische Energiespeicher“
- Christoph Hackl  
„Mechatronische und regenerative Energiesysteme“
- Herbert Palm  
„Systems Engineering“
- Simon Schramm  
„Solartechnik und Energietechnische Anlagen“
- Stephanie Uhrig  
„Elektrische Energietechnik“
- Marek Galek  
„Elektrische Energieumwandlung und Leistungselektronik“
- Georg Kerber  
„Elektrische Energieversorgungsnetze“



## Unsere wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter

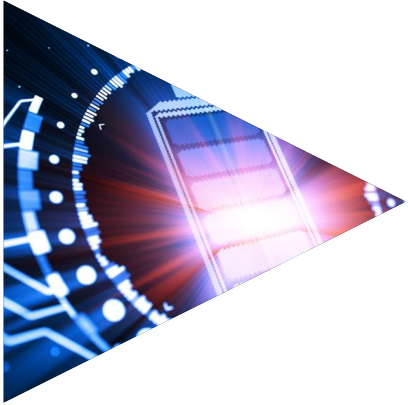


# Unsere Forschungsbereiche



@Riccardo Annandale(unsplash)

# Fachgebiete



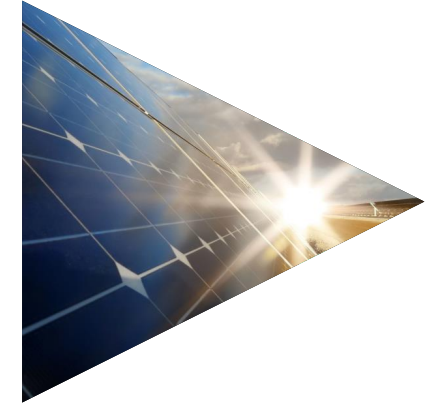
Elektrische Energiespeicher



Mechatronische und regenerative Energiesysteme



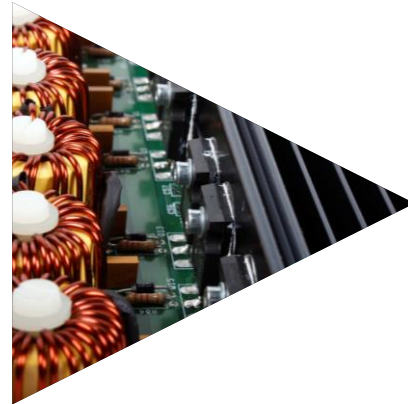
Systems Engineering



Solartechnik und Energietechnische Anlagen



Elektrische Energiespeicher

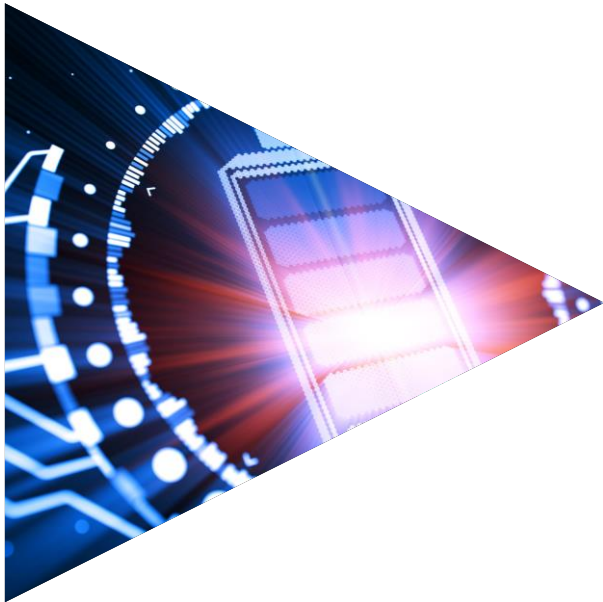


Elektrische Energieumwandlung und Leistungselektronik



Elektrische Energieversorgungsnetze

# Elektrische Energiespeicher



- Der Forschungsbereich elektrische Energiespeicher befasst sich mit Systemen zur Speicherung elektrischer Energie - vorrangig Batterien - und den jeweiligen Anwendungen wie Elektrofahrzeugen, Heimspeichern, E-Bikes etc.
- Thematisch liegt der Schwerpunkt auf der Batteriesystemtechnik, also alles was dazugehört, um aus Batteriezellen ein funktionierendes Gesamtsystem zu machen. Dazu gehören vor allem:
  - **Batteriecharakterisierung** wie Puls- und Kapazitätstests, Impedanzspektroskopie, thermische Analyse
  - **Modellierung und Simulation** des elektrischen, thermischen und Alterungsverhaltens mit Tools wie Modelica, Python und Matlab / Simulink
  - **Batteriemanagement** und Algorithmen zur Überwachung des Ladezustands und des Gesundheitszustands, des Energiemanagements und des optimalen Energieflusses in Speichersystemen
  - **Batterieelektronik**, Prototyping für Batteriesysteme und BMS-Elektronik für E-Bikes und andere Anwendungen



# Mechatronische und regenerative Energiesysteme



- Die Forschungsgruppe konzentriert sich auf: Systemmodellierung, Identifizierung, Fehlererkennung, Zustandsüberwachung und Steuerung von mechatronischen und erneuerbaren Energiesystemen
- Besondere Interessen sind Effizienz, Fehlertoleranz, Intelligenz, Robustheit und Zuverlässigkeit der betrachteten selbstlernenden Systeme und Komponenten
- Die interdisziplinäre Expertise der Gruppe vereint die Ingenieurdisziplinen elektrische Antriebe, Leistungselektronik & Mechatronik sowie die mathematischen Disziplinen Regelungs- und Systemtheorie
- Aktuelle Forschungsprojekte beschäftigen sich mit
  - der Modellierung und Analyse des zukünftigen Stromnetzes als Vierleiter-Dreiphasen-System (einschließlich Oberwellen und beliebiger Fehler) und
  - Modellierung, Steuerung und Regelung der elektrischen Komponenten von Elektrofahrzeugen, Biogas-, Flugwindkraft-, Geothermie-, und klassischen Windkraftanlagen und Wellenkraftwerken
- Weitere Informationen finden Sie unter <https://lmres.ee.hm.edu/>.

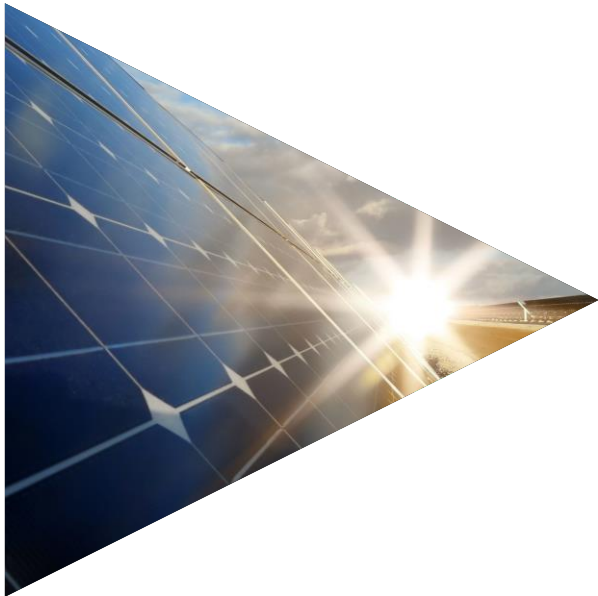
# Systems Engineering



- Die Forschungsgruppe „Systems Engineering“ konzentriert sich auf Methoden und Werkzeuge zur Modellierung, Simulation und multikriteriellen Optimierung komplexer Systeme
- Besonderes Interesse gilt der Entwicklung effektiver und effizienter Suchalgorithmen zur Identifizierung nicht dominierter („paretooptimaler“) Systemlayouts für eine hohe (größer als zehn) Anzahl von Entwurfsfreiheitsgraden
- Das interdisziplinäre Know-how der Gruppe verbindet technische Ingenieurdisziplinen wie Energietechnik, Maschinenbau und Informatik mit methodischen (INCOSE) Systemtechnikkompetenzen
- Aktuelle Forschungsprojekte beschäftigen sich mit
  - Paretooptimales Layout von sektorgekoppelten, dezentralen, nachhaltigen Energiesystemen für Szenarien mit mehreren Anwendungsfällen
  - Paretooptimale Stromfluss-Betriebsstrategien für stationäre Batterie-Energiespeichersysteme (BEESs)
  - Hyper-Space-Exploration für ein hocheffektives und effizientes Layout von Hyperparametern für neuronale Netze

# Solartechnik und Energietechnische Anlagen LSE

- Die Forschungsgruppe „Solartechnologie und elektrische Energiesysteme“ LSE konzentriert sich auf Themen, die für die „Energiewende“ relevant sind:
  - **Solarenergie**, z.B. beschleunigter Lebensdauertest, z.B. Vehicle-Integrated PV, kostengünstige, automatisierte Betriebsführung, Systemdesign und -betrieb
  - **Leistungselektronik** zur Anbindung von DC-Betriebsmitteln an DC- und AC-Verteilssysteme, mit galvanischer Isolierung - Entwurf, Steuerung, Test, Betrieb (z.B. mit prädiktiver Steuerung basierend auf analytischen Gleichungen)
  - **Energieeffizienz**, z.B. Datenerhebung und datenbasierte Analyse des Energieverbrauchs in kleinen bis komplexen Gebäudesystemen
  - **Energiesystemmodellierung**, z.B. Systemplanungswerkzeug für Energiesysteme mit hoher Durchdringung erneuerbarer Erzeugung, einschließlich Sektorkopplung, und deren Steuerung
- Alle Themen umfassen Theorie und Praxis, angewandte Forschung, einschließlich z.B. Modellierung, automatisierte Datenanalyse, Rapid Prototyping und Test, also Theorie und Validierung (Praxis)



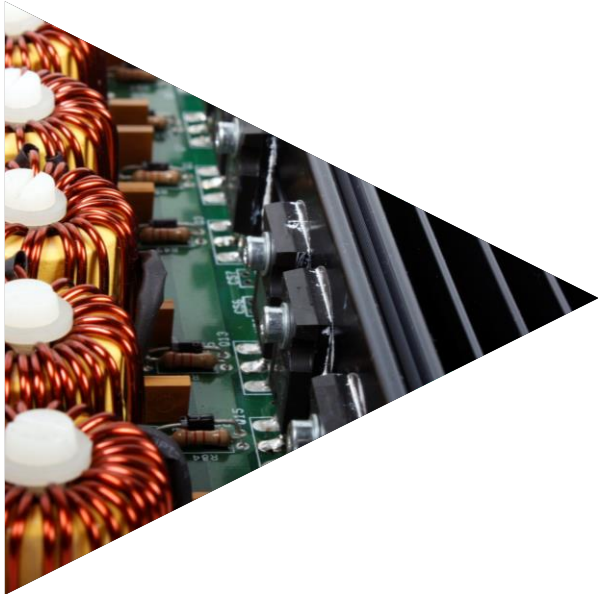
# Elektrische Energietechnik



- Diagnostik und Zustandsbewertung von Betriebsmitteln der Energietechnik:
  - Geräte in unserem Stromnetz sind Belastungen und Belastungen ausgesetzt, die zu Alterung oder auftretenden Defekten führen
  - Unter Verwendung diagnostischer Messungen ist es möglich, den Zustand des Geräts zu beurteilen, d. H. Den Alterungsgrad abzuschätzen und mögliche Fehlerursachen frühzeitig zu identifizieren
- Steuerbare Lasten im Verteilungsnetz:
  - Smart Grids von morgen sind nur durch eine höhere Effizienz und eine optimierte Nutzung bestehender Strukturen erreichbar
  - Ein vielversprechender Ansatz verwendet steuerbare Lasten (zeitflexible Verbraucher) im Vertriebsnetz
  - Der Energieverbrauch verschiebt sich auf Zeiten mit Energieüberschuss

# Elektrische Energieumwandlung und Leistungselektronik

- Der Forschungsbereich Energiewandlung und Leistungselektronik befasst sich mit der Entwicklung elektrischer Energiewandler, sowie mit den daraus resultierenden Effekten
- Hierbei liegt der Schwerpunkt vor allem auf folgenden Punkten:
  - Konzeptentwicklung
  - Schaltungsauslegung und Simulation (sowohl elektrisch als auch thermisch)
  - Schaltungsentwicklung und Layout von leistungselektronischen Schaltungen
  - Systematische Inbetriebnahme der Systeme
  - Entwicklung der Gerätemechanik
  - Rapide Prototyping (Regelung und Mechanik)
- Inhaltlich werden unter anderem neue Schaltungsansätze bezüglich ihrer praktischen Eigenschaften analysiert. Außerdem werden neue Technologien bezüglich Ihrer Eigenschaften in bestehenden Schaltungskonzepten untersucht.

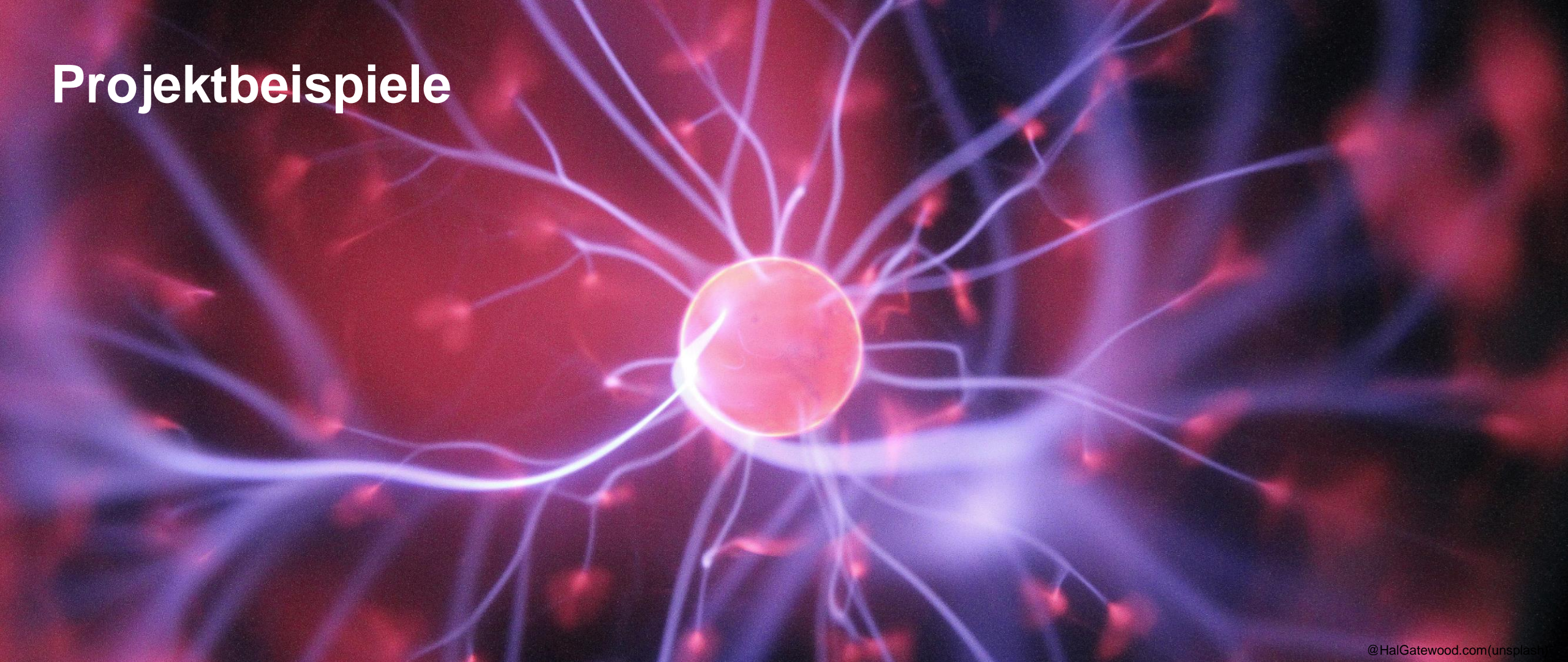


# Elektrische Energieversorgungsnetze



- Assetmanagement / Netzplanung und Netzstrategie
  - Schwerpunkt ist hier von allem auch die Entscheidungsfindung unter Unsicheren Rahmenbedingungen durch modulare Netzaus-/Umbaustrategien.
  - Es werden nachhaltige Planungsstrategien unter Berücksichtigung von Lebensdauern / Investitions- und Betriebskosten angewandt.
- Regulatorische und Netzwirtschaftliche Aspekte der Energieversorgung
  - Alle Lösungsoptionen, insb. Smart Grid und IKT Optionen werden unter Anerkennung der regulatorischen Rahmenbedingungen insb. (Unbundling) vorgaben betrachtet. So wird eine Anwendbarkeit der Forschung gewährleistet.
- Netzintegration erneuerbarer Energien / Flexibilitäten / IKT im Netz
  - Es werden alle Aspekte und Möglichkeiten ausgelotet, jedoch immer mit dem Blick auf technische, rechtliche, wirtschaftliche, und soziologische Randbedingungen.
- Technische Anschlussregeln (TAR) in allen Spannungsebenen
  - Als Mitgestalter und Vorsitzender diverser FNN-Gremien insb. der TAR-MS sind die entsprechenden Aspekte und deren Berücksichtigung sichergestellt
- Theoretische und praktische Umsetzung und Erprobung von Inselnetzen
  - Zur Erhöhung der Resilienz wurden und werden entsprechende Forschungen und auch Feldversuche an Realen Anlagen und Verteilnetzen im MW-Bereich durchgeführt.

# Projektbeispiele

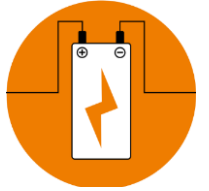


@HalGatewood.com(unsplash)

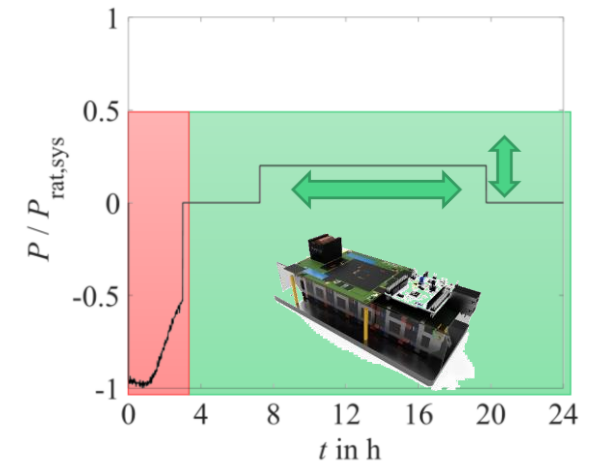
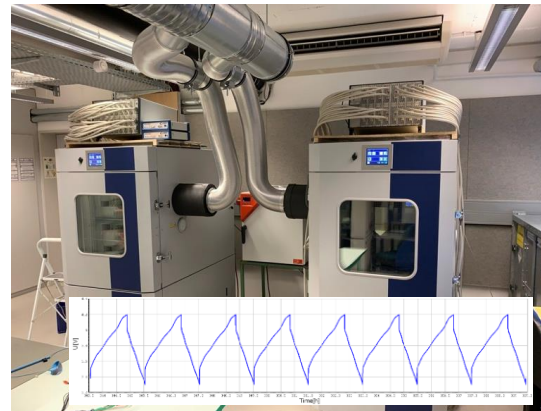
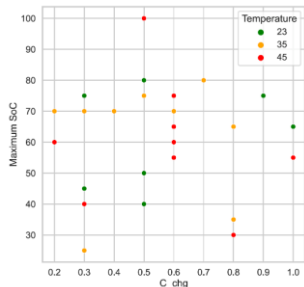
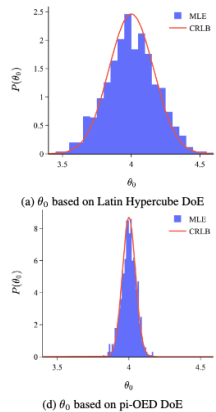
# BaPoBS - Batteriealterung und Pareto-optimale Betriebsstrategie

## Motivation und Ziele

- **Betriebsstrategien** für große stationäre Speicher berücksichtigen heute den Einfluss auf die Batteriealterung noch nicht
  - Projektziel: **reduzierte Alterung** durch angepasste Betriebsstrategie, **pareto-optimaler Trade-Off** mit anderen Zielgrößen
  - Methoden: Nutzen der Freiheitsgrade (z.B. Nachladephasen bei Peak-Shaving), modellbasierte Analyse und Optimierung
- **Parametrierung von Alterungsmodellen** für Li-Ionen-Batterien ist extrem zeit- und ressourcenintensiv
  - Projektziel: Optimale Versuchsplanung, minimaler Aufwand für vorgegebene Genauigkeit der Parameter
  - Methoden: Minimal Parameter Variance Estimation, Einsatz Hyper Space Exploration und Algorithmen des Machine Learning



Projekt: Dauer: Dez. 2020 – Nov. 2023, BMWK, 7. Energieforschungsprogramm, 2 wiss. MA





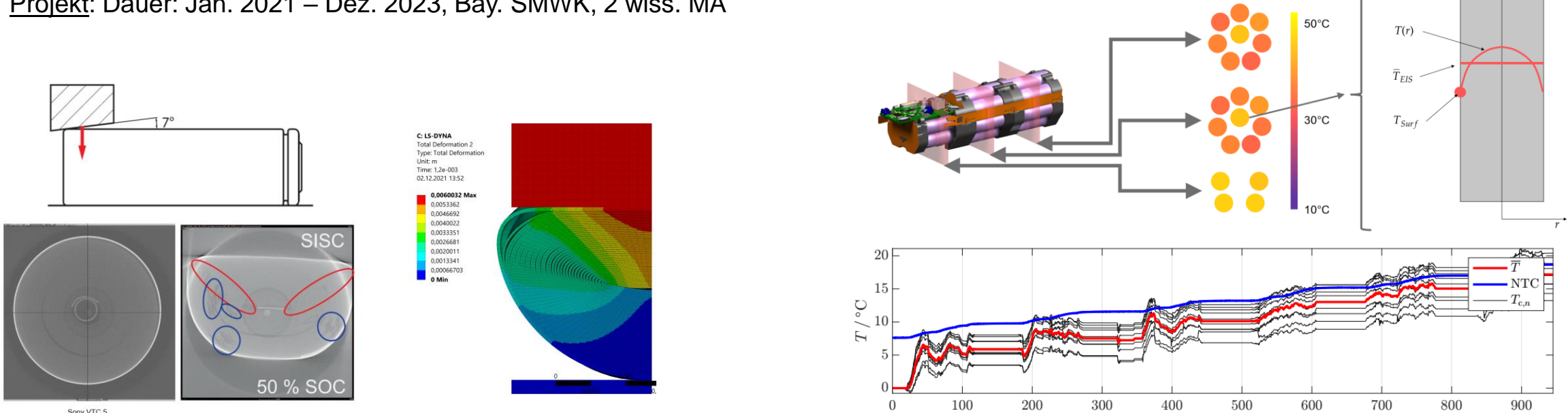
# Safe- $\mu$ -Mob - Sichere elektrische Mikromobilität



## Motivation und Ziele

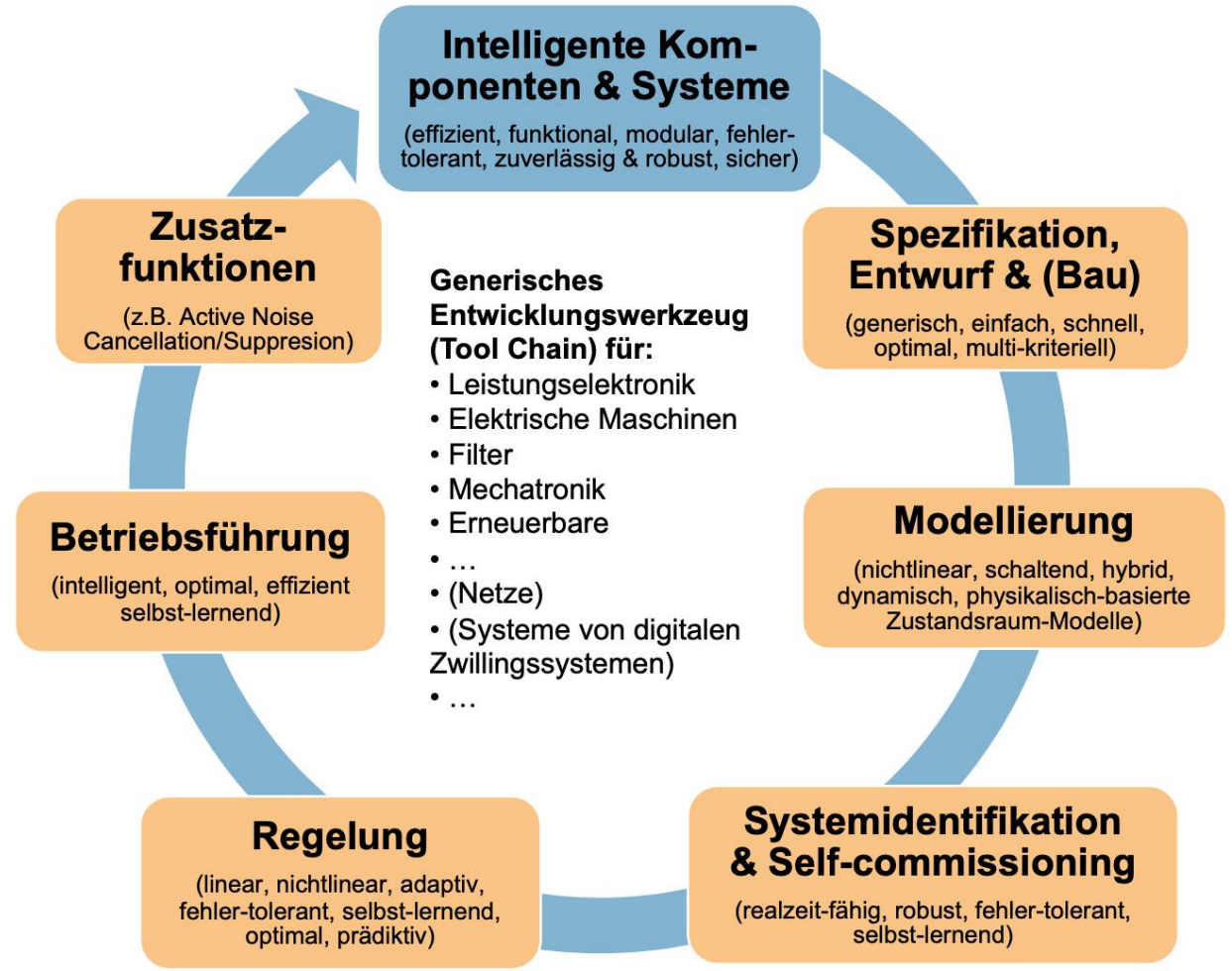
- Li-Ionen-Akkus** für E-Bikes und E-Roller sind bei Unfällen **mechanischen Belastungen** ausgesetzt, die zu **mechanischen Verformungen an Batteriezellen** führen können, die unter Umständen unerkannt bleiben und deren Auswirkung unklar sind
  - Projektziel: Erkenntnisse zum **Sicherheits- und Alterungsverhalten geschädigter Zellen** und deren **Modellierung**
  - Methoden: Alterungs- und Sicherheitsexperimente, Bestimmung von Materialparametern und FEM-Simulation, CT- und EIS-Analysen
- Sicherheitskritisch Zustände mit **thermischen Events** geschädigter Akkus treten häufig erst **beim Laden** auf
  - Projektziel: Innovative Monitoring-Verfahren zum Erkennen möglicher kritischer Zustände beim Laden
  - Methoden: Online-Impedanzspektroskopie zur Temperaturbestimmung und Schädigungserkennung

Projekt: Dauer: Jan. 2021 – Dez. 2023, Bay. SMWK, 2 wiss. MA

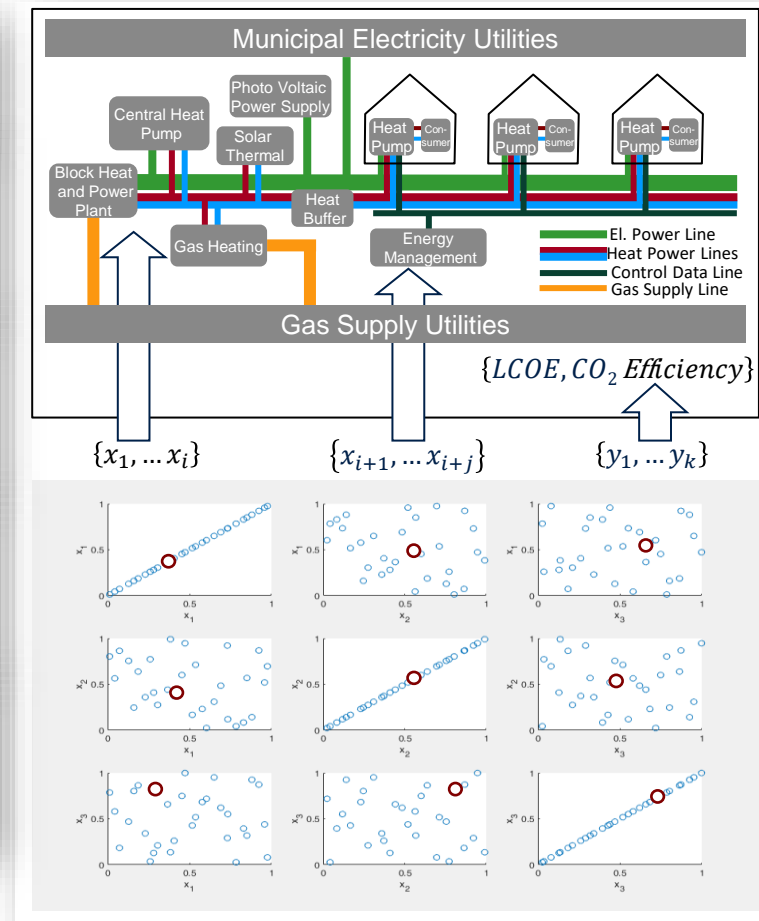
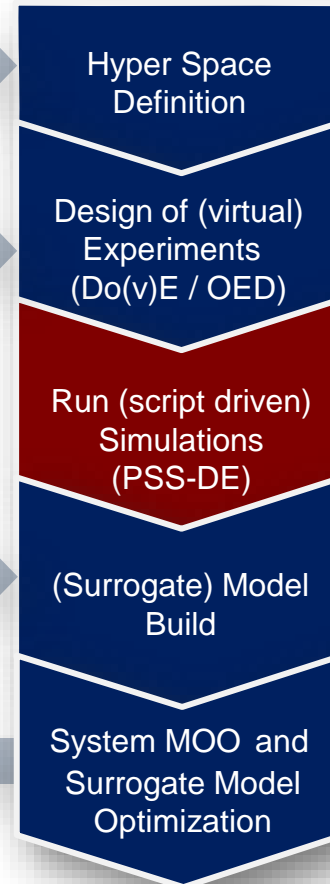
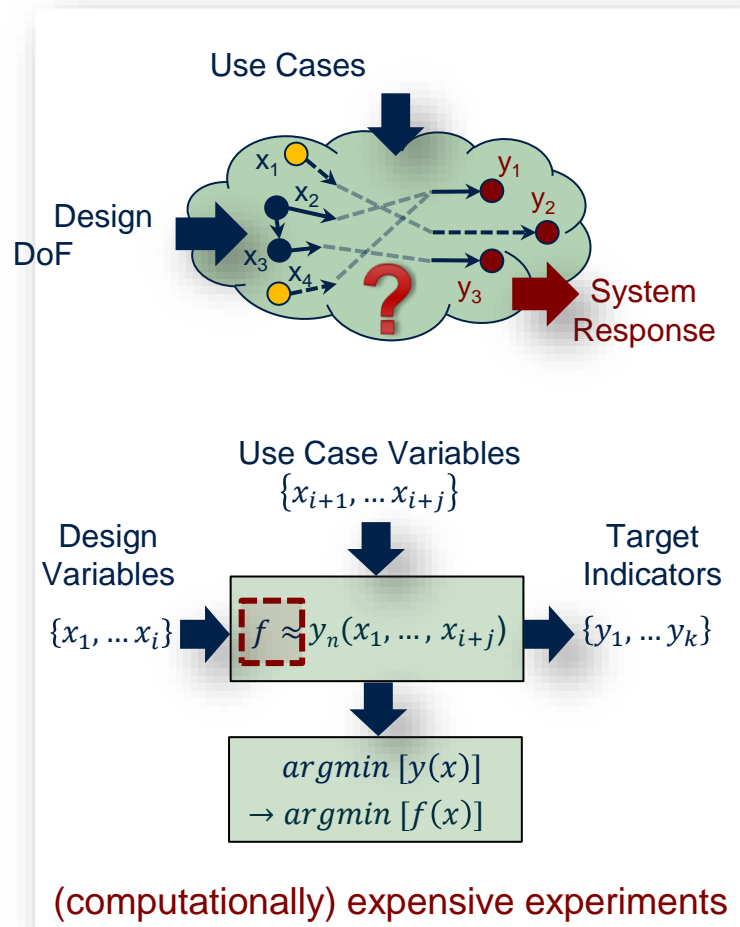


# Intelligente mechatronische und regenerative Energiesysteme

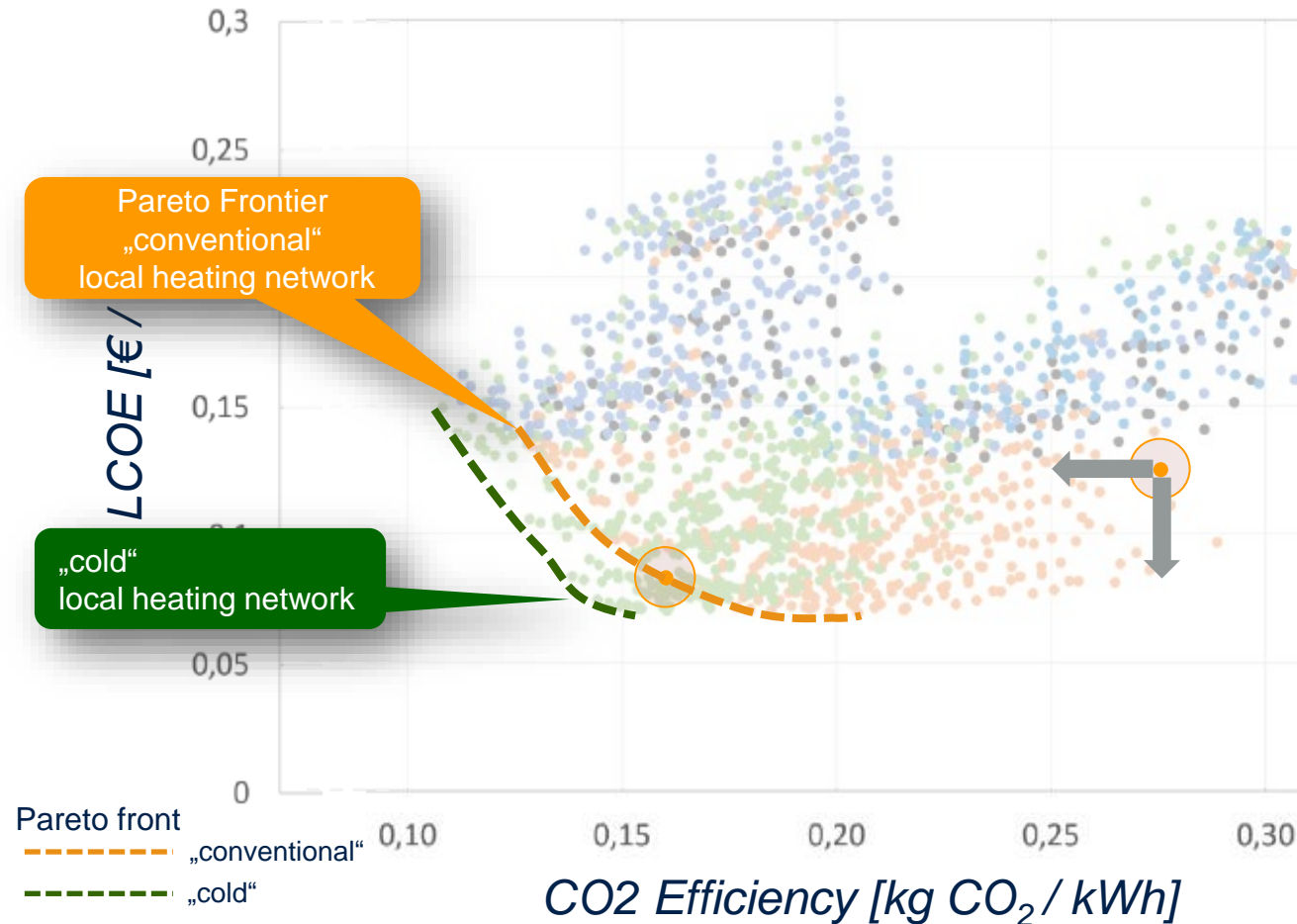
<b>Windkraftanlagen</b> 	<b>Klein-WKA</b> 	<b>(N)MPC für RES</b> 
<b>Geothermieranlagen</b> 	<b>Wellenkraftanlagen</b> 	<b>Elektrofahrzeuge</b> 
<b>Biogasanlagen</b> 	<b>Mehrlevel-Umrichter</b> 	<b>Elektrische Antriebe</b> 
<b>Flug-WKA</b> 	<b>Stromnetz</b> 	<b>Bewegungssteuerung</b> 



# Analysis and Multi Objective Optimization Of Complex Energy Systems (ProDES)

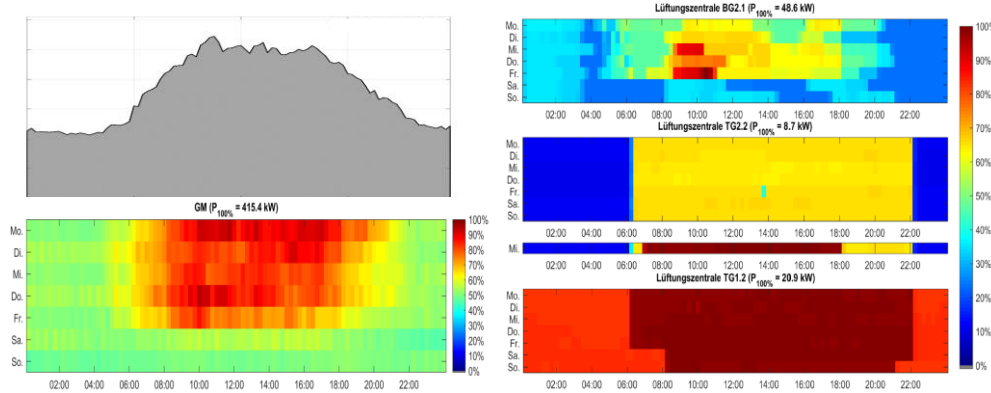


# Technology Potential is Represented by the Pareto Frontier Indicating best achievable Target Indicator Trade-offs



- 428 alternative layouts have been simulated (color: technology group)
- Only 23 simulated layouts meet criterion to be *Pareto-optimal* (PO)
- Technology Groups reveal individual Pareto-Frontiers
- Pareto-Frontier may be interpreted as „Technology Potential“
- Search algorithm as part of a dynamic search strongly affects simulation efficacy and efficiency

# Lastidentifikation in komplexen Gebäudestrukturen



## Forschungsschwerpunkte

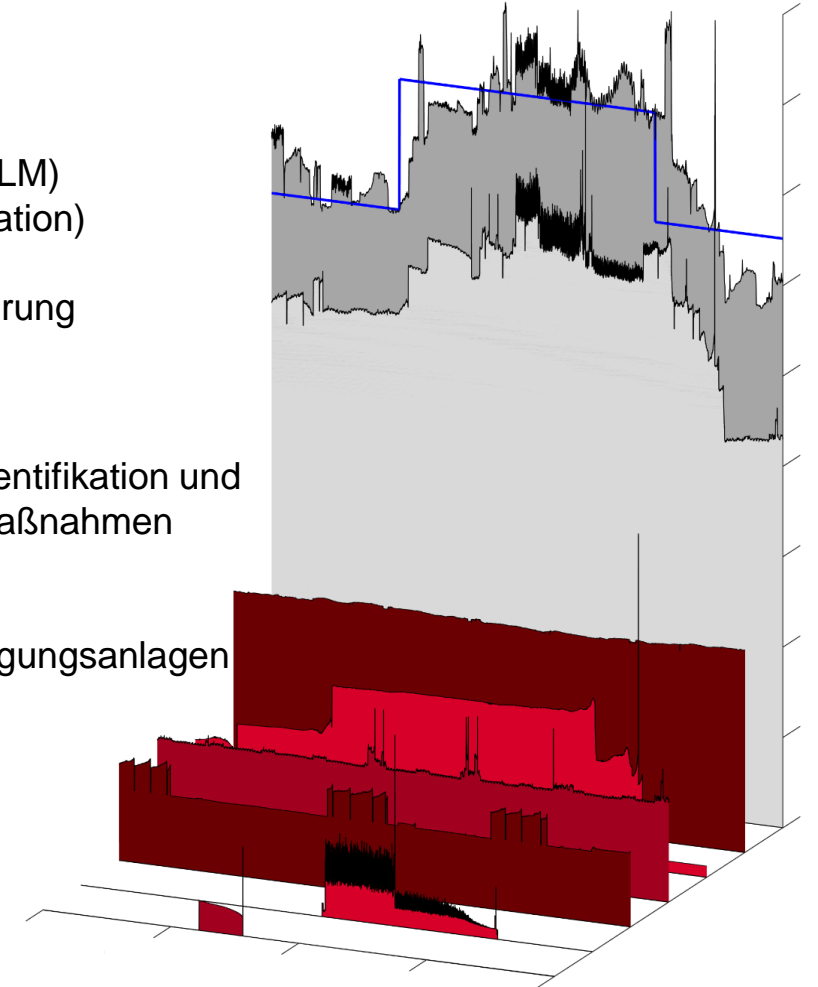
- Non-intrusive Load Monitoring (NILM)
- Messtechnik (LI – automat. Annotation)
- Datenanalyse (Machine Learning)
- Hochaufgelöste Lastgangmodellierung

## Ziele

- Analyse komplexer Gebäudestrukturen
- Automatisierter und **datenbasierter** Prozess
- Identifikation der Betriebsweise wesentlicher, elektrischer Verbraucher anhand hochaufgelöster Messung des Gesamtverbrauchs

## Anwendungsgebiete

- Energieverbrauchs-Monitoring, Identifikation und Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen
- Lastspitzenreduktion
- Demand Side Management
- Auslegung und Betrieb von Erzeugungsanlagen und Speichern
- Ausfallerkennung



Supported by:



**Im Rahmen des Forschungsprojekts:**

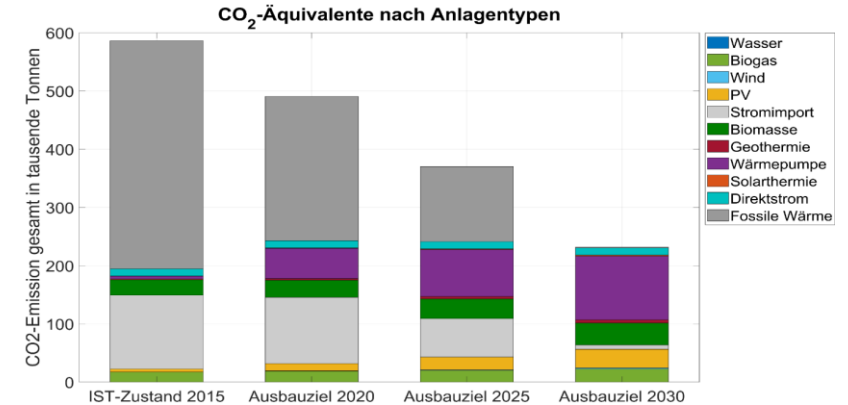
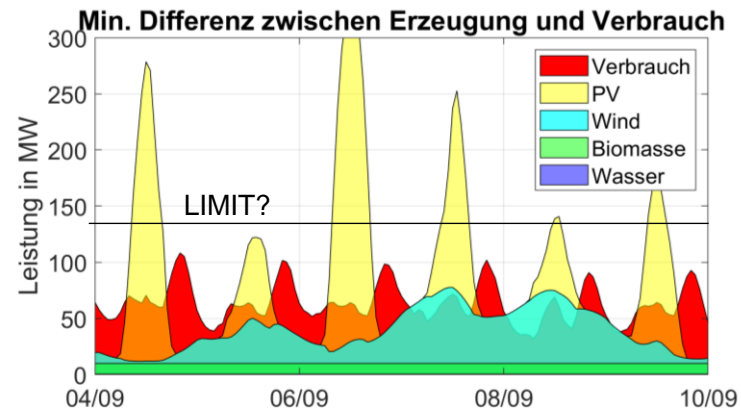
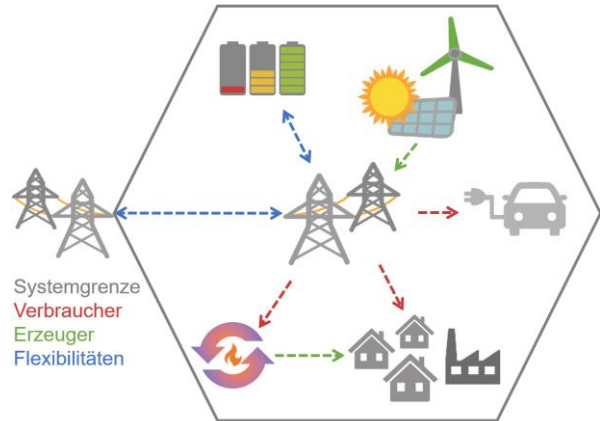
NuData Campus - Nutzungsdaten basierte Optimierung von Gebäuden und Anlagen am Beispiel der Hochschule München

on the basis of a decision  
by the German Bundestag

# opEn – Optimale Auslegung von Energiezellen bei hohen Ausbaugraden EE

## Motivation und Ziele

- Bilanzielle Planung der Energiewende nicht ausreichend, komplexe Zusammenhänge, mangelnde (lokale) Akzeptanz
  - Entwicklung einer Werkzeugkette zur individuellen Auslegung und Bewertung von Energiezellen mit hohem Ausbaugraden EE basierend auf Zeitreihensimulation anhand von Kennzahlen – Betriebs-, Steuerungs-, und Anreizkonzepte für Einsatz von Flexibilitäten – Elektrolyse, Elektromobilität, Speicher, P2H, Abregelung usw.
- Identifikation und Festlegung geeigneter Ausbauziele und Betriebsweise als wesentliches Element in der Planung und Kommunikation/Partizipation
- Energiezellen: Landkreise, Kommunen, Energiegemeinschaften – Bottom-up vs. Top-down?



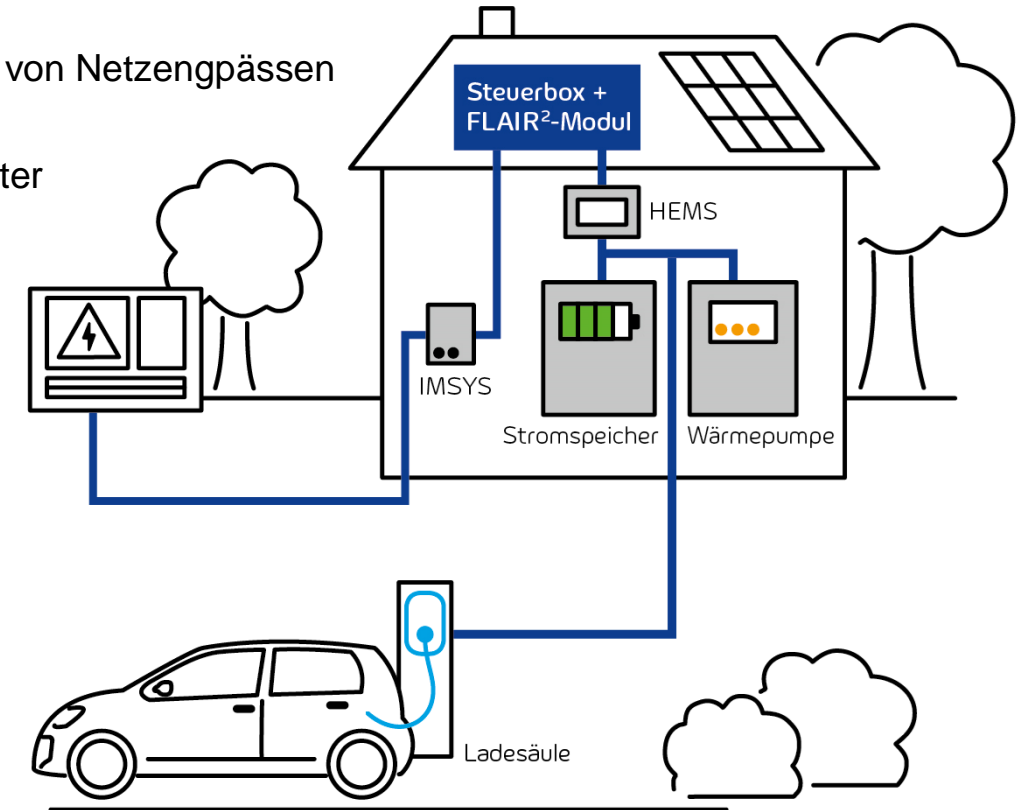
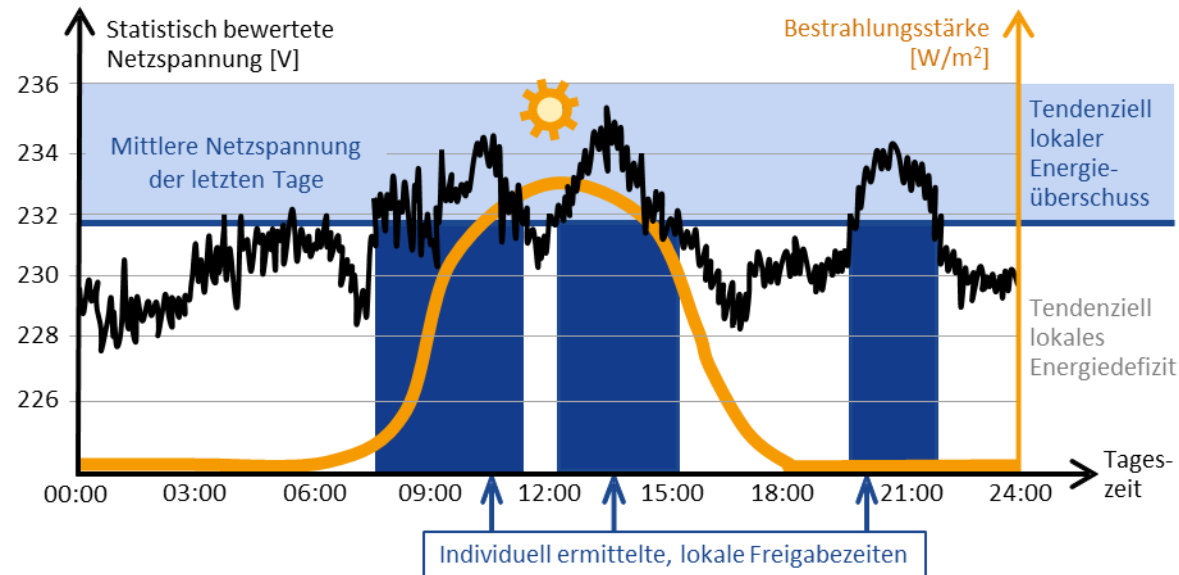
# FLAIR<sup>2</sup> - Flexible Anlagen Intelligent Regeln



## Motivation und Ziele

- Entwicklung einer dezentralen und intelligenten Steuerungslösung für steuerbare Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge und Speicherheizungen in der Niederspannung
- Erstellung von individuellen Fahrplänen basierend auf dem aktuellen lokalen Netzzustand insbesondere der gemessenen Spannung am Hausanschluss
- Optimierung des Netzzustandes, Minderung von Leistungsspitzen, Vermeidung von Netzengpässen

Projekt: Dauer: Nov. 2020 – Okt. 2023, Mitarbeitende an HM: zwei wissen. Mitarbeiter



# Zustandsdiagnose an rotierenden Maschinen (CarpeDiem)

## Forschungsziele

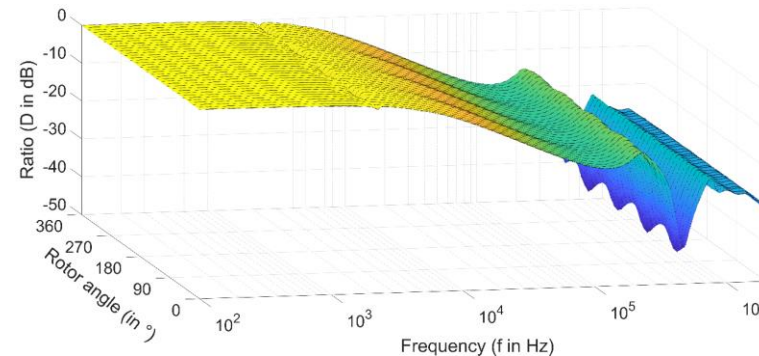
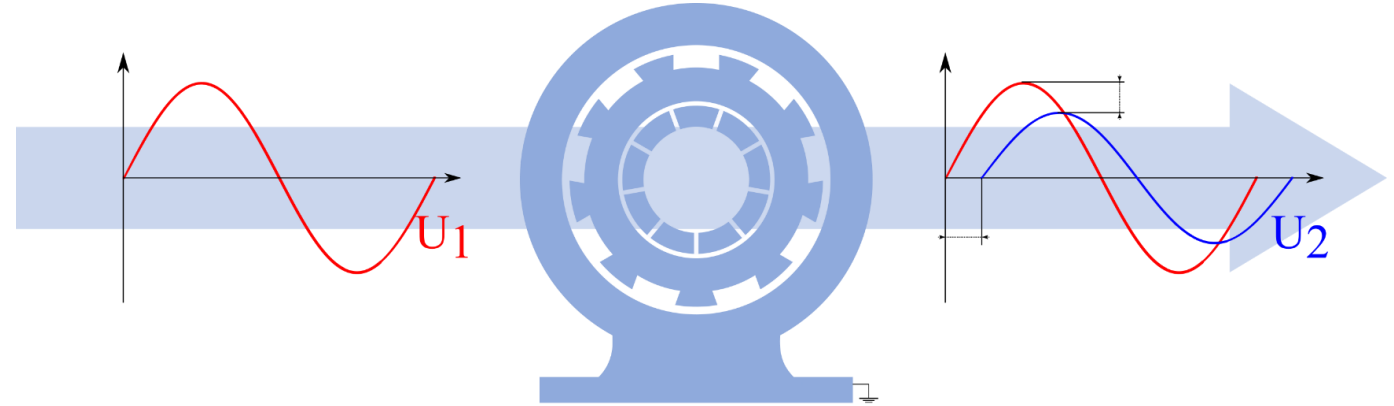
- Entwicklung einer einfach anwendbaren Methode zur Zustandsdiagnose
- Frequenzganganalyse (FRA) zur zuverlässigen Detektion typischer Fehler

## Herausforderungen

- Charakteristisches Verhalten definieren
- Einflussfaktoren identifizieren und Reproduzierbarkeit sicherstellen
- Allgemeingültige Modellierung Frequenzantwort

## Applications

- Unterschiedliche Maschinentypen und Leistungsklassen
- Detektion z.B. von Stabbrüchen oder Windungsschlüssen
- Regelmäßige Zustandsdiagnose

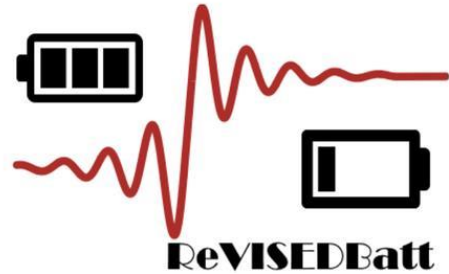


## Projekt

- Zeitraum: April 2020 – März 2024
- Mitarbeitende an der HM: ein wissenschaftlicher Mitarbeiter



# Erkennung und Lokalisierung mechanisch bedingter Schäden in Lithium-Ionen-Batterien (ReVISED Batt)

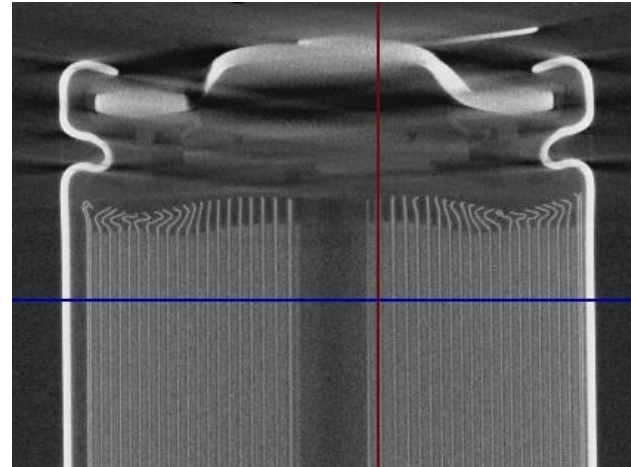


## Forschung:

- Realistische mechanische Beanspruchungen wie Stöße, Vibrationen und äußere Kräfte
- Schäden an Zellen- und Modulkomponenten
- Auswirkungen auf das Betriebs- und Alterungsverhalten
- Erkennungsmethoden

## Ziele:

- Kenntnis der Schadensmechanismen
- Entwicklung neuartiger Früherkennungsmethoden
- Online-Anwendung in Batteriemanagementsystemen



## Projekt:

- Laufzeit: 2017/09 – 2021/03
- Mitarbeiter: ein wissenschaftlicher Mitarbeiter, studentische Hilfskräfte

Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag

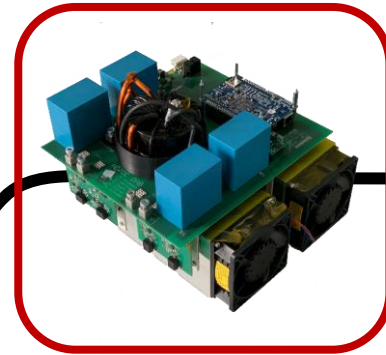


# Universelle Anbindung von Batteriespeichern aus Elektrofahrzeugen für Stationäre Anwendungen (UnABESA)

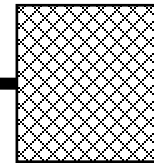
Second-Life-Anwendungen  
für Traktionsbatterien



Plug & Play  
Kupplungselement



AC-Grid



Forschungsschwerpunkte:

- Universelle Architektur für verschiedene Batterien und Anwendungen
- Hocheffiziente Leistungselektronik mit innovativer Steuerung
- Optimierter Energiefluss in heterogenen Batteriesystemen

Anwendungen

- Frequenzregelung
- Peak shaving
- Dezentrale Speicherung

Herausforderungen

- Kein standardisiertes Design
- Unterschiedliche Batterieeigenschaften
- Kosten

Projekt:

- Laufzeit: 2017/06 – 2020/12
- HM-Mitarbeiter:  
zwei wissenschaftliche Mitarbeiter, studentische Hilfskräfte

Supported by:

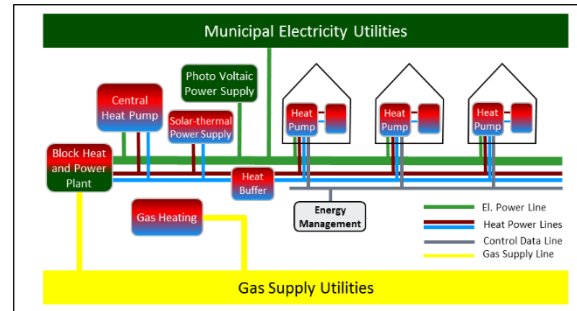
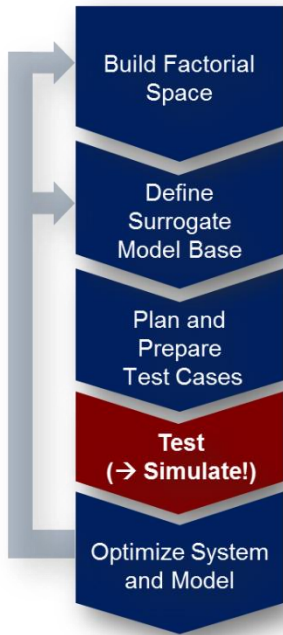
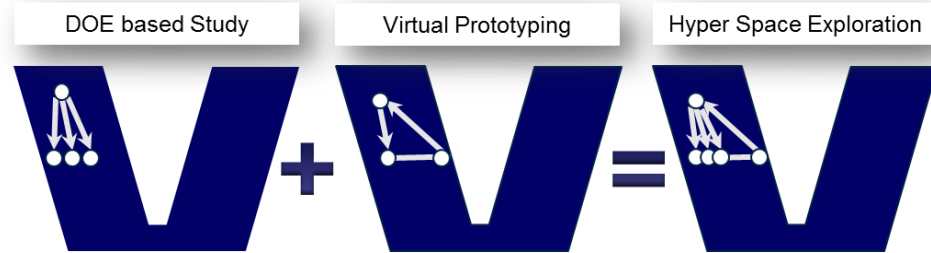


on the basis of a decision  
by the German Bundestag



**Inductron**<sup>®</sup>  
Inductive Electronic Components GmbH

# Engineering komplexer Systeme



- Der Einstieg in neue Technologien umfasst:
  - Große Menge unbekannter Lösungen
  - Fehlender „Proof-of-Concept“
- Durch die Erweiterung des V-Modells können damit verbundene Unsicherheiten verwaltet werden
- „Hyper Space Exploration“ ist eine multikriterielle Kompromissanalyse, die Folgendes verwendet:
  - Design eines (virtuellen) Experiments
  - Ersatzmodellierung
  - Modellgetriebene Systemoptimierung
- Unsere Anwendungen:
  - Nachhaltige Energiesysteme
  - Automotive Top-Level-Design (FEVs)
  - Komplexes Controller-Design

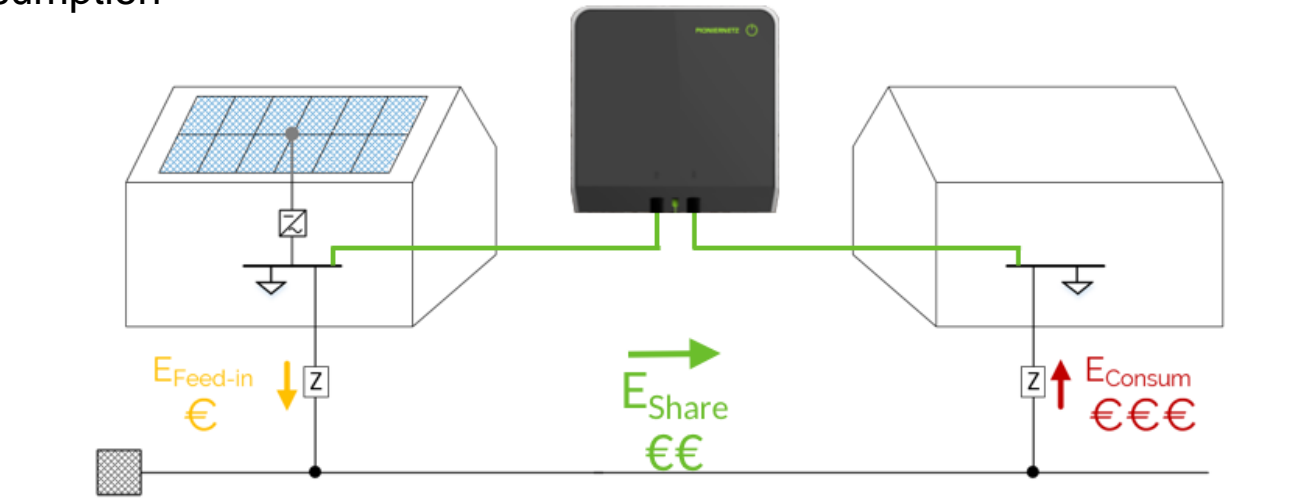
## PIONIERKRAFT

### Hard Facts

- Mains parallel
- Galvanic isolated
- Surplus energy transferred
- Depending on energy production and - consumption

### Customer Value

- PV plant is more profitable
  - economic benefits for producer and receiver
  - more people get access to renewable energy.
  - contribution to a successful energy revolution



# Weitere Projektbeispiele

- ifMMCC - Intelligente und fehlertolerante Modular-Multilevel-Cascade-Converter für zukünftige erneuerbare Energiesysteme unter beliebigen Netzfehlern (Prof. Dr.-Ing. Christoph Hackl)
- e-TWINS - Ganzheitliche Zwillinge für die elektrischen Subsysteme und die Netzanbindung (Prof. Dr.-Ing. Christoph Hackl)
- und auf: [https://hm.edu/sites/ises/forschung\\_ises/projekte\\_ises/projekte\\_uebersicht\\_ises.de.html](https://hm.edu/sites/ises/forschung_ises/projekte_ises/projekte_uebersicht_ises.de.html)

**Vielen Dank!**

DANKE!  
THANK YOU!  
MERCİ!  
GRAZIE!  
GRACIAS!  
DANK JE WEL!

• • • • •