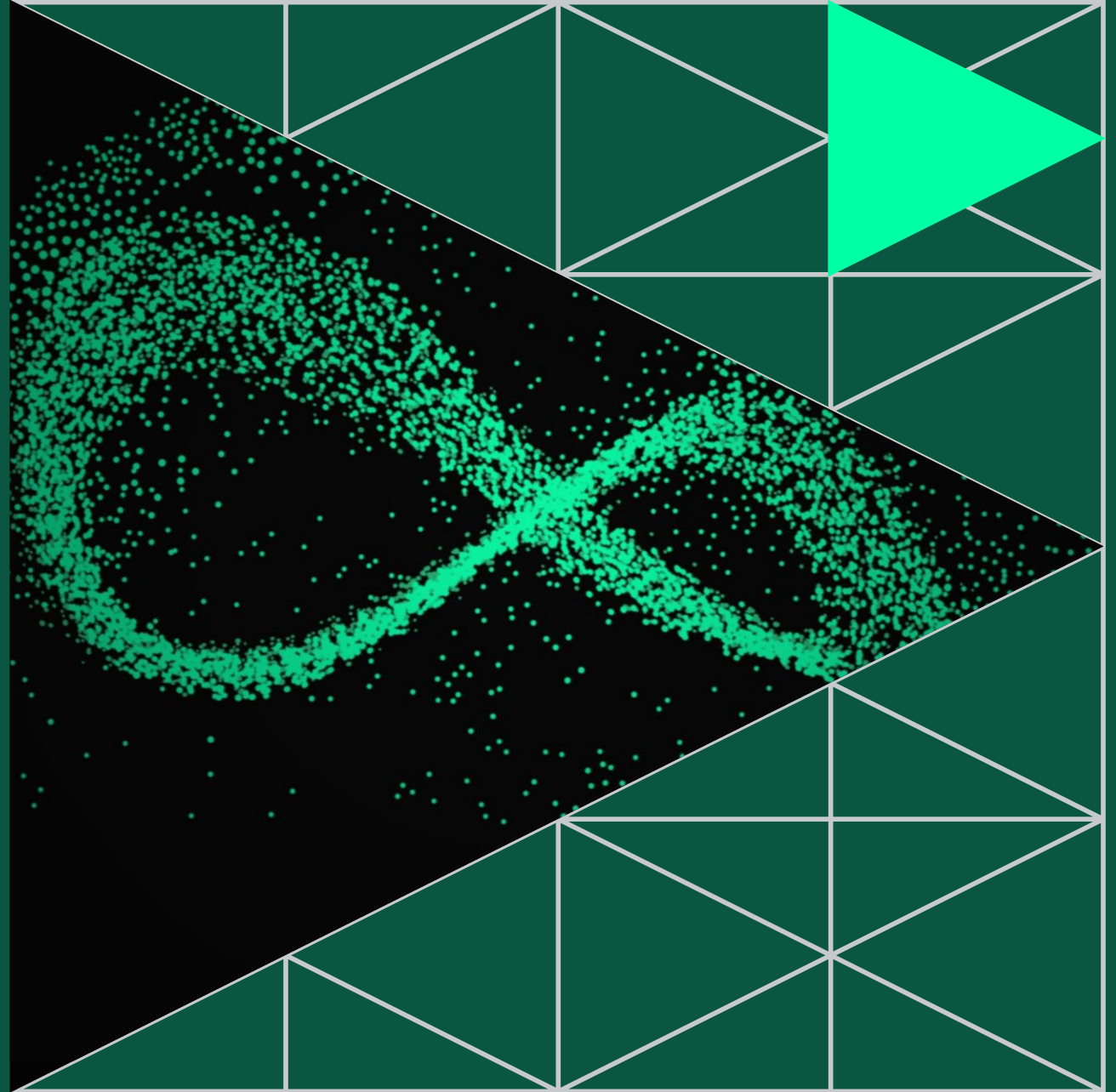


ISES

Institut für Nachhaltige
Energiesysteme

ISES
Institut für Nachhaltige Energiesysteme

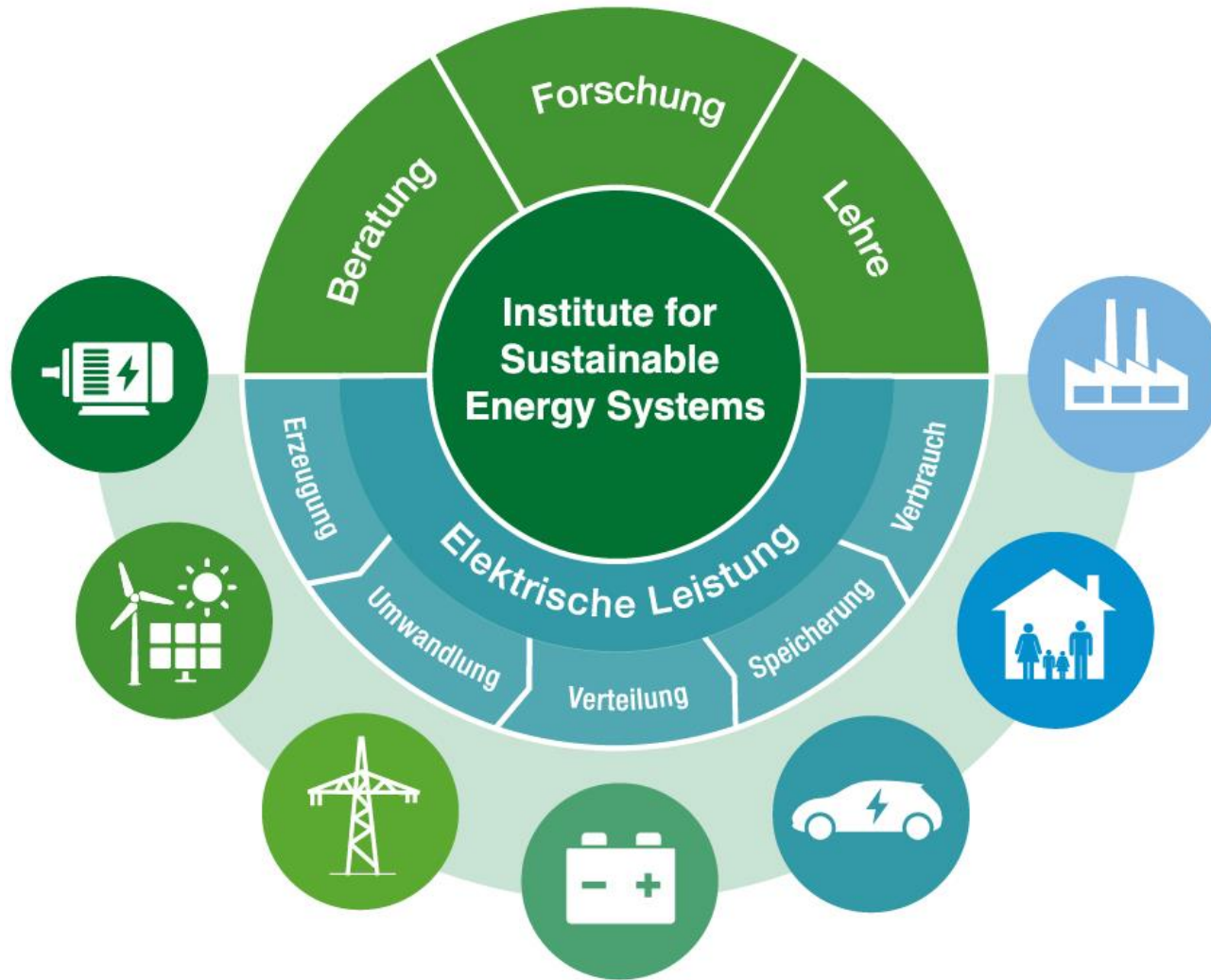
HM 



Zahlen & Fakten

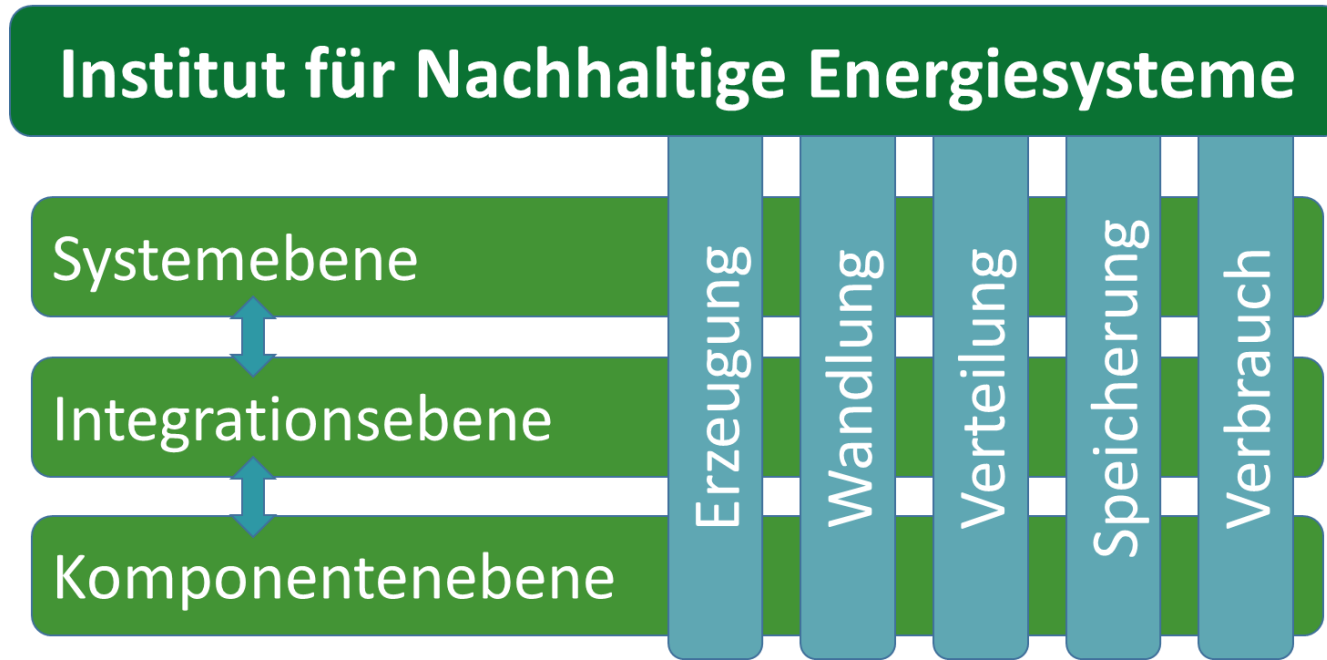


Unsere Mission



- 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/ Forschungskordinatorin



- 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
„Electrical Power Supply Networks“



- Axel Busboom
„Industrielle Digitalisierung“



- Robert Maier-Staude
Assoziierter Professor Forschungsbereich
„Maschinen für die Energiewende“



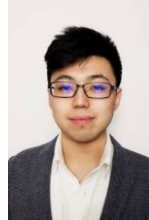
Unser Team

Unsere wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter



Unser Team

Unsere externe Doktoranden

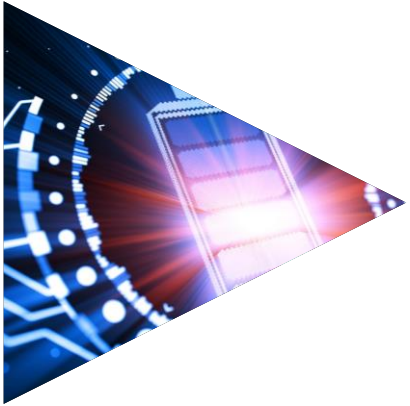


Unsere Forschungsbereiche



@Riccardo Annandale(unsplash)

Fachgebiete



Elektrische Energiespeicher



Mechatronische und
regenerative Energiesysteme



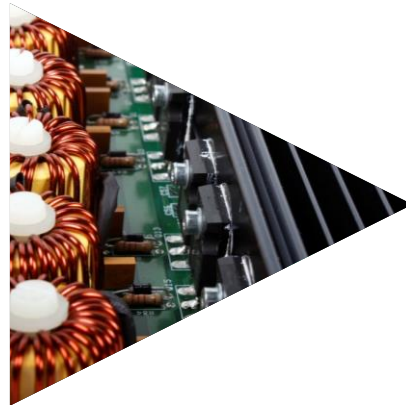
Systems Engineering



Solartechnik und
Energietechnische Anlagen



Elektrische Energiespeicher



Elektrische Energieumwandlung
und Leistungselektronik

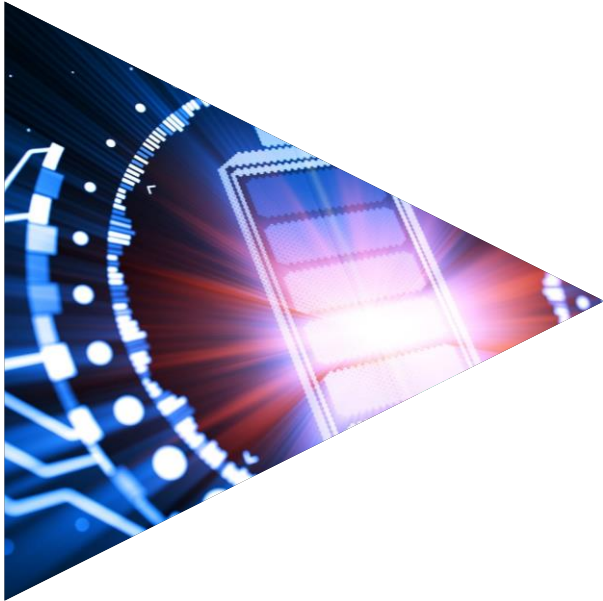


Elektrische
Energieversorgungsnetze

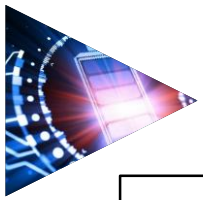


Industrielle Digitalisierung

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



Elektrische Energiespeicher

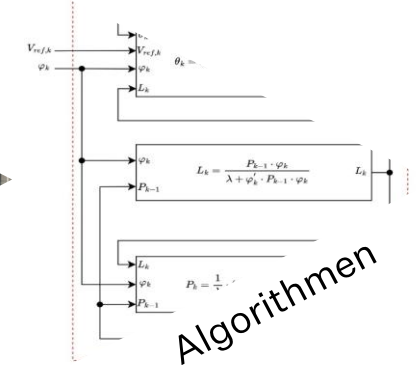
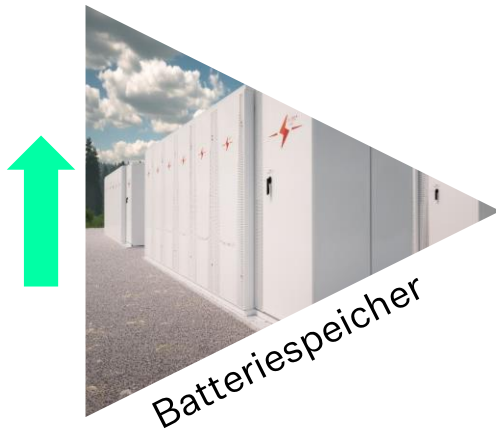
Optimierung
optimale Versuchsplanung,
multikriteriell optimierte
Betriebsstrategien



**Elektrochemische
Energiespeichersysteme**
(Lithium-Ionen-Batterien,
Redox-Flow-Batterien,
Wasserstoff-Systeme)



Vermessung
elektrisch, thermisch, Zyklen,
Impedanz-spektroskopie



Betriebsführung
intelligent, pareto-
optimal, effizient,
selbst-lernend



Batteriemanagement
Zustandserkennung,
Parameteridentifi-
kation, Fehlererkennung



Analyse
modell- und
datenbasiert, (DRT,
dVA, ANN),
bildgebend (CT &
REM), mechanisch



Modellierung
elektrisch, thermisch
und Alterung, realzeit-
fähig, robust, selbst-
lernend

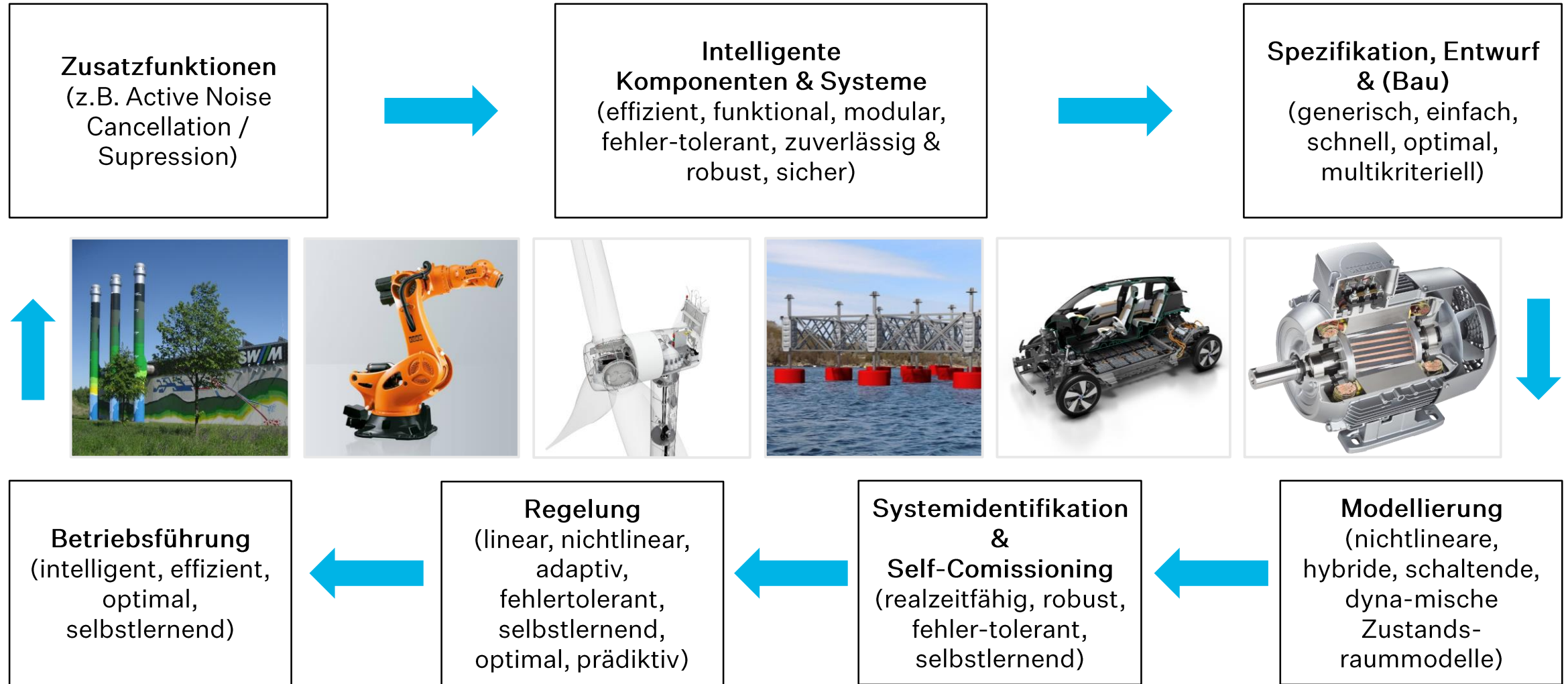
Mechatronische und regenerative Energiesysteme



- 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/>.



Mechatronische und regenerative Energiesysteme



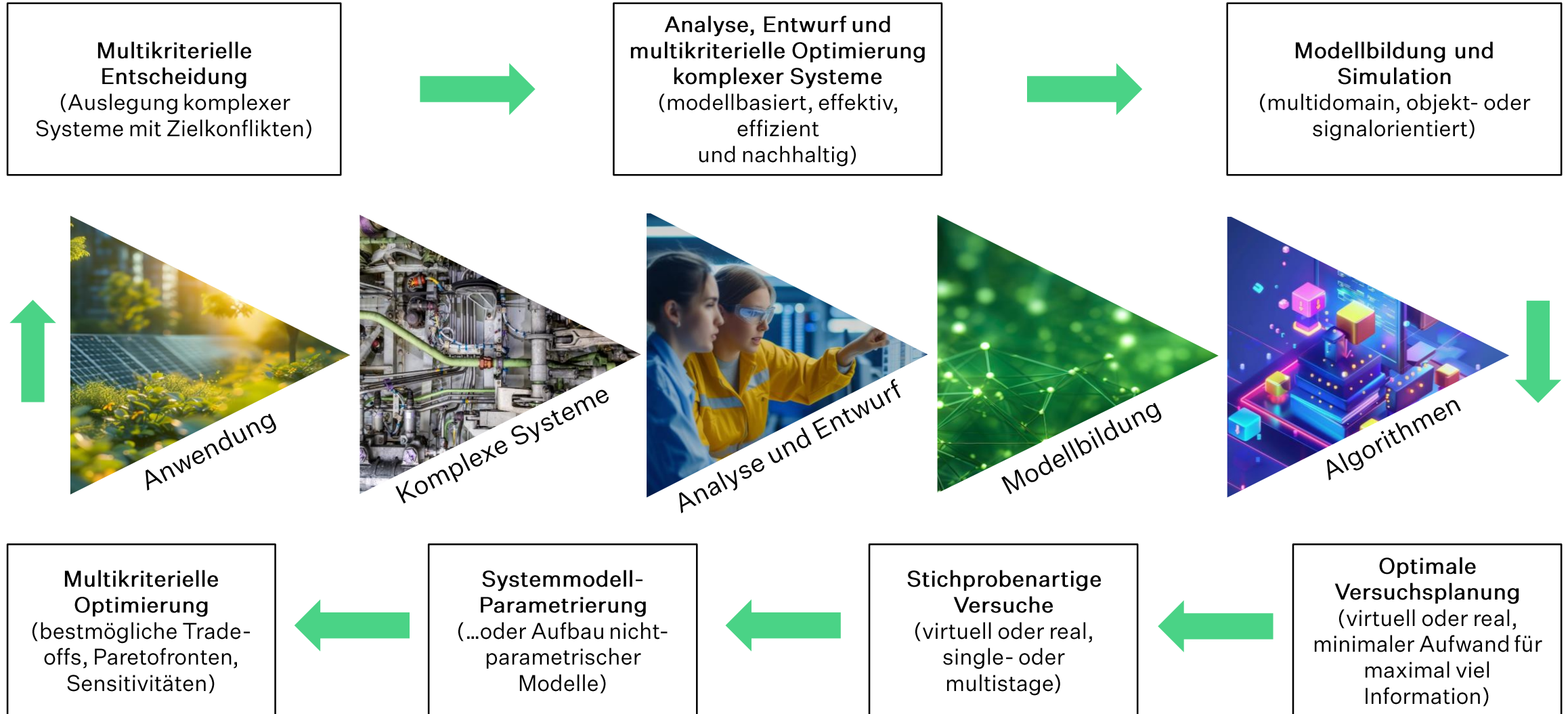
Systems Engineering



- 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



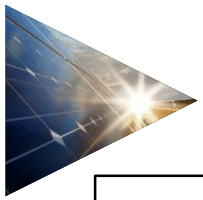
Systems Engineering



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-Verteilsysteme, 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)





Solartechnik und Energietechnische Anlagen LSE

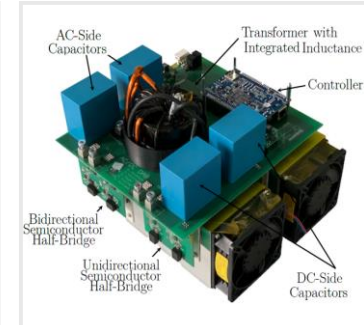
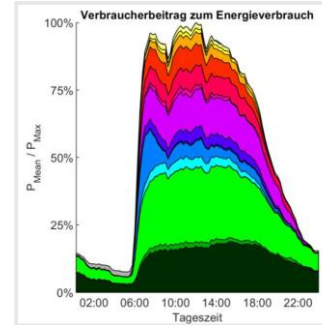
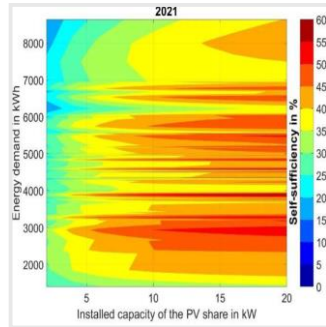
Theorie und Praxis in
Energietechnik
relevant, angewandt



Energiewende



Erzeugung
PV, Wind - nachhaltig,
umweltfreundlich,
langlebig, netzdienlich



Betriebsführung
Monitoring,
Prognose, KPI -
intuitiv,
übersichtlich,
benutzerfreundlich



Leistungs-
elektronik
AC/DC, DC/DC,
DAB
effizient, robust,
smart



Modellierung und
Messung, Theorie
und Praxis
Auslegung, Planung,
Betrieb, effizient,
angewandt,
zuverlässig



Verbrauch
Analyse,
Erkennung,
Einsparung -
selbstlernend,
smart, innovativ



Flexibilität
Batteriespeicher,
Wasserstoff, P2H -
nachhaltig,
ökonomisch,
intelligent
gesteuert

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 Energietechnik

Steuern in der Niederspannung
(innovativ, dezentral, selbstlernend)



Flexibilitäten des Stromnetzes
(zukunftsweisend, netzorientiert, einfach anwendbar)



Höherauslastung im Netz
(effizient, robust, kapazitätsnutzend)



Modellierung
(generisch, repräsentativ, parametrierbar)



Diagnostik
(praktikabel, reproduzierbar, aufschlussreich)

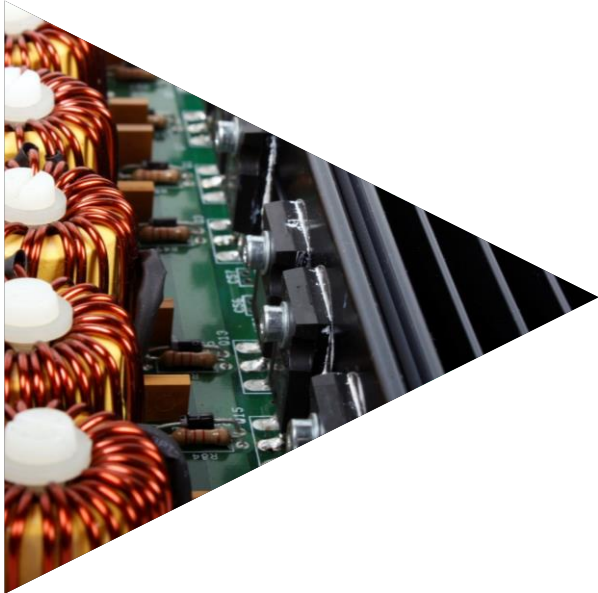


Zustandsbewertung
(einfach, zuverlässig, aussagekräftig)



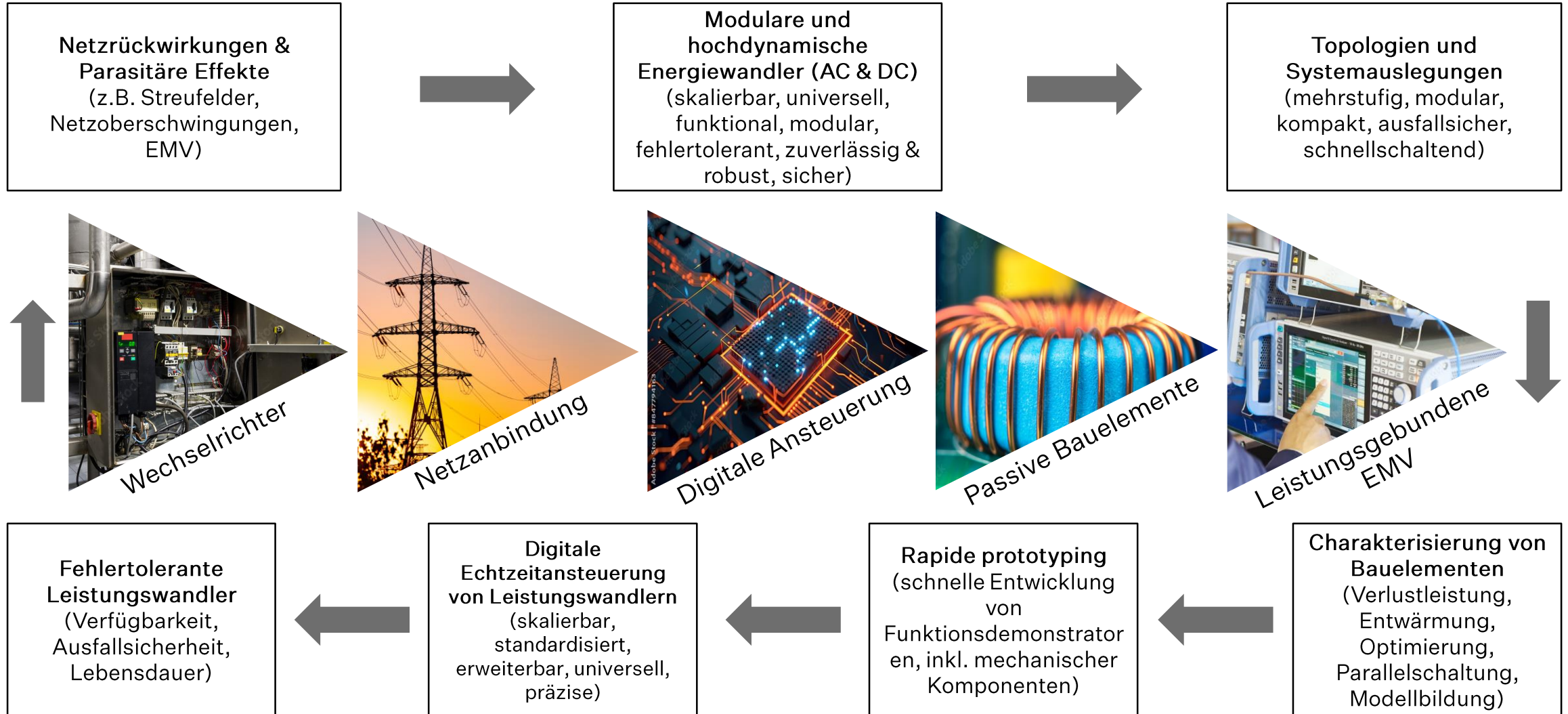
Netzbetriebsmittel
(resilient, langlebig, ausfallsicher)

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 Energieumwandlung und Leistungselektronik



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 entsprechende 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.



Elektrische Energieversorgungsnetze

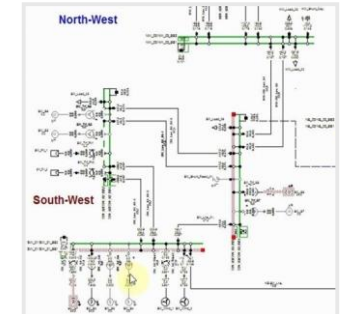
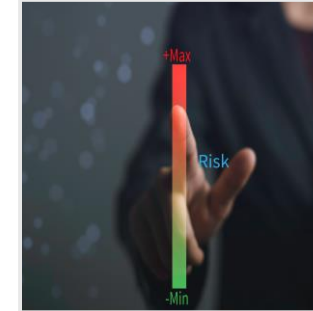
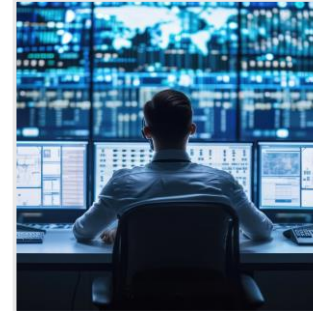
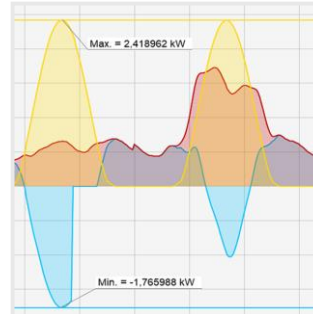
Sicherheit und Resilienz
(z.B. Notversorgung, Selbstregelung, Energiemanagement, Systemische Risiken)



Stromnetze für die Zukunft



Anforderungen
(Netz/Anlagen-Schnittstelle, Nachweisführung, Umsetzung)



Betriebsführung
(Ausfallzeiten, Zuverlässigkeit, Wichtigkeit)



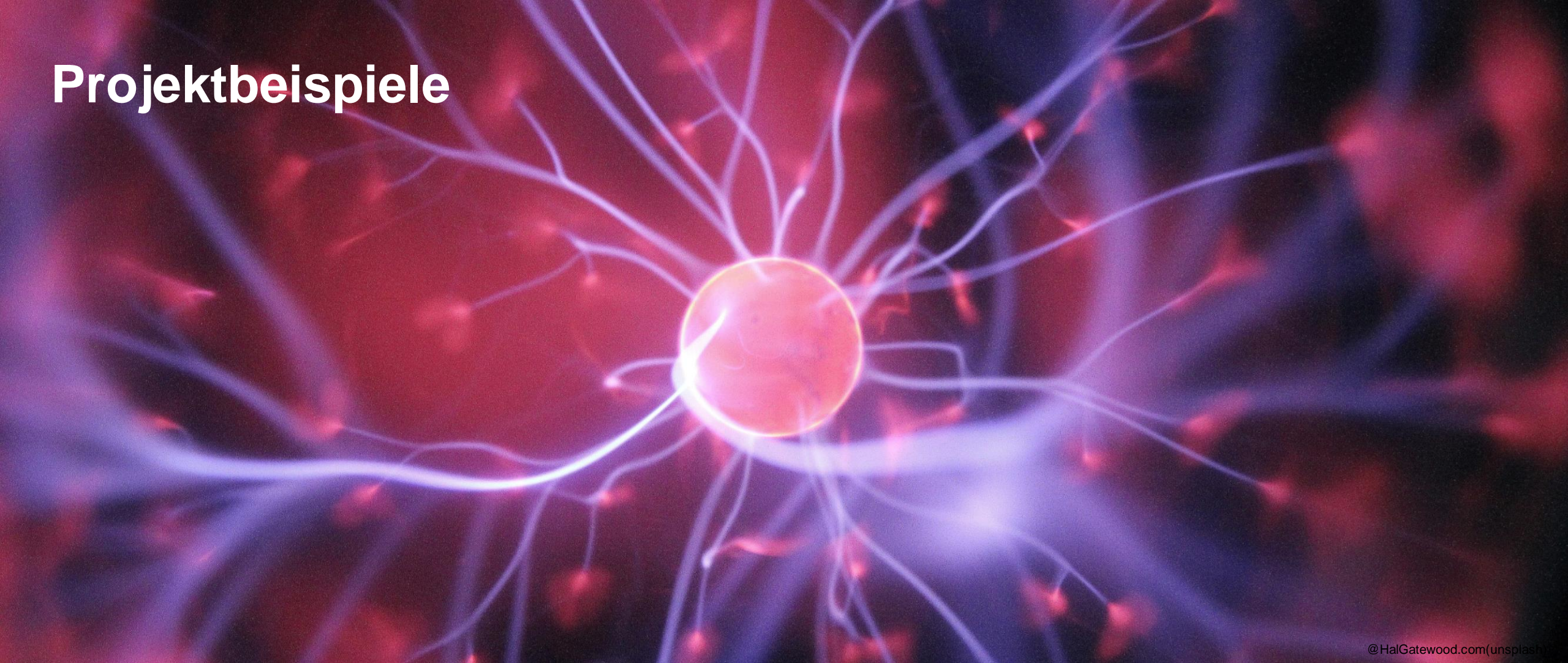
Asset Management
(Erneuerung / Instandhaltung, Budgetplanung, Risikoanalyse, Regulierung)

Prognosen
(EE-Zubau, Speicherbedarf, Wirtschaftlichkeit, Kosten)



Auswirkungen
(Momentanreserve, Netzstabilität, Auslastung, Verluste, Sicherheit)

Projektbeispiele

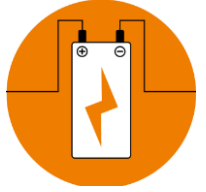


@HalGatewood.com(unsplash)

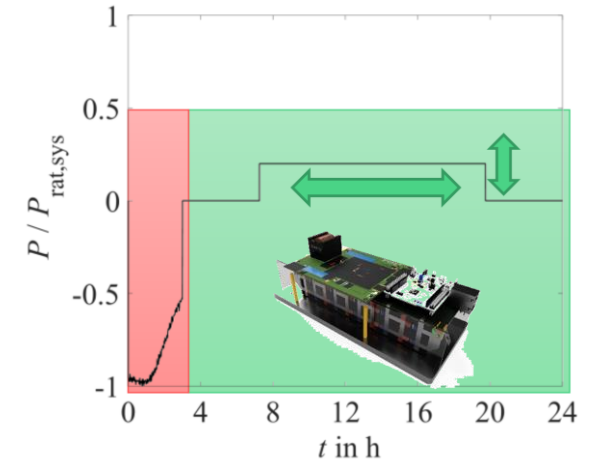
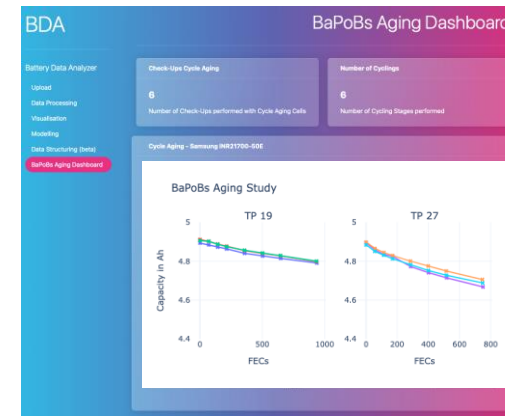
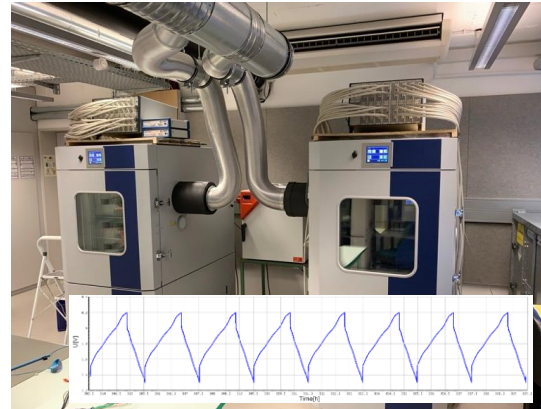
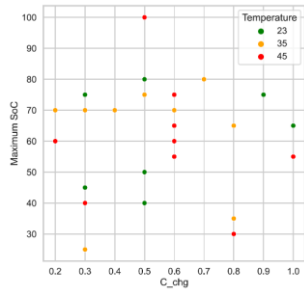
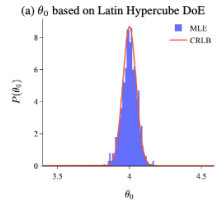
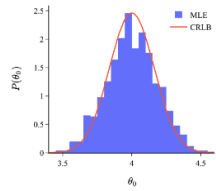
BaPoBS - Batteriealterung und Pareto-optimale Betriebsstrategie

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



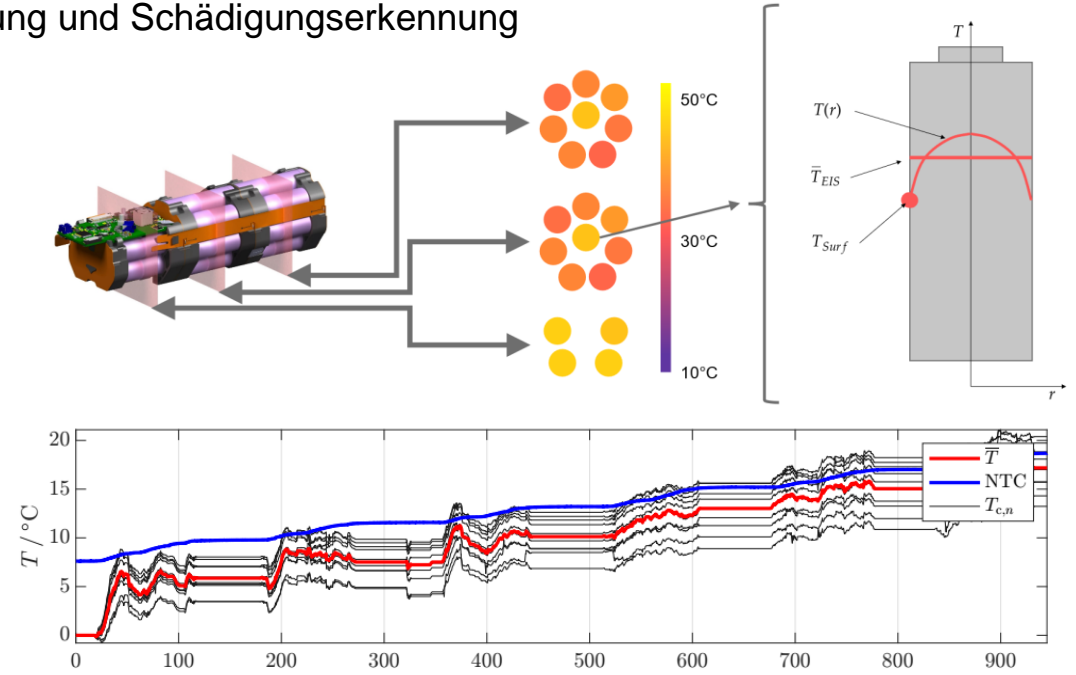
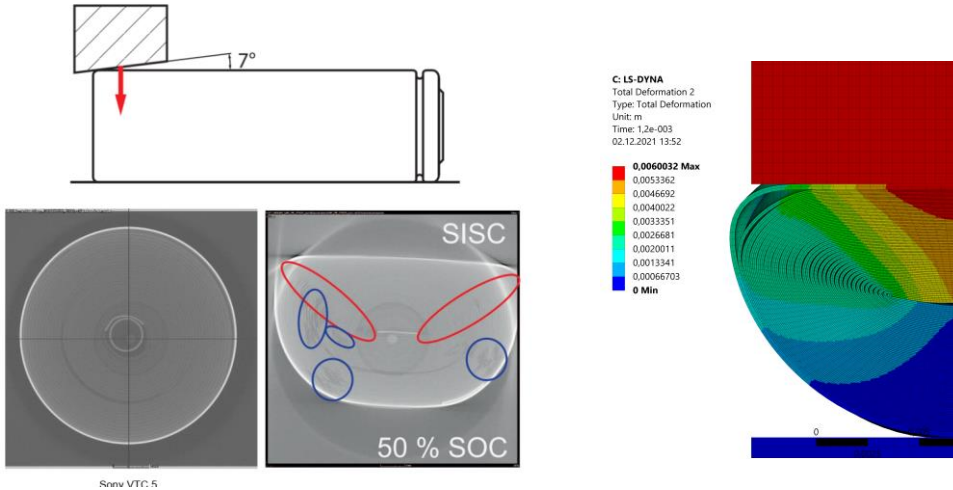
Safe-μ-Mob - Sichere elektrische Mikromobilität



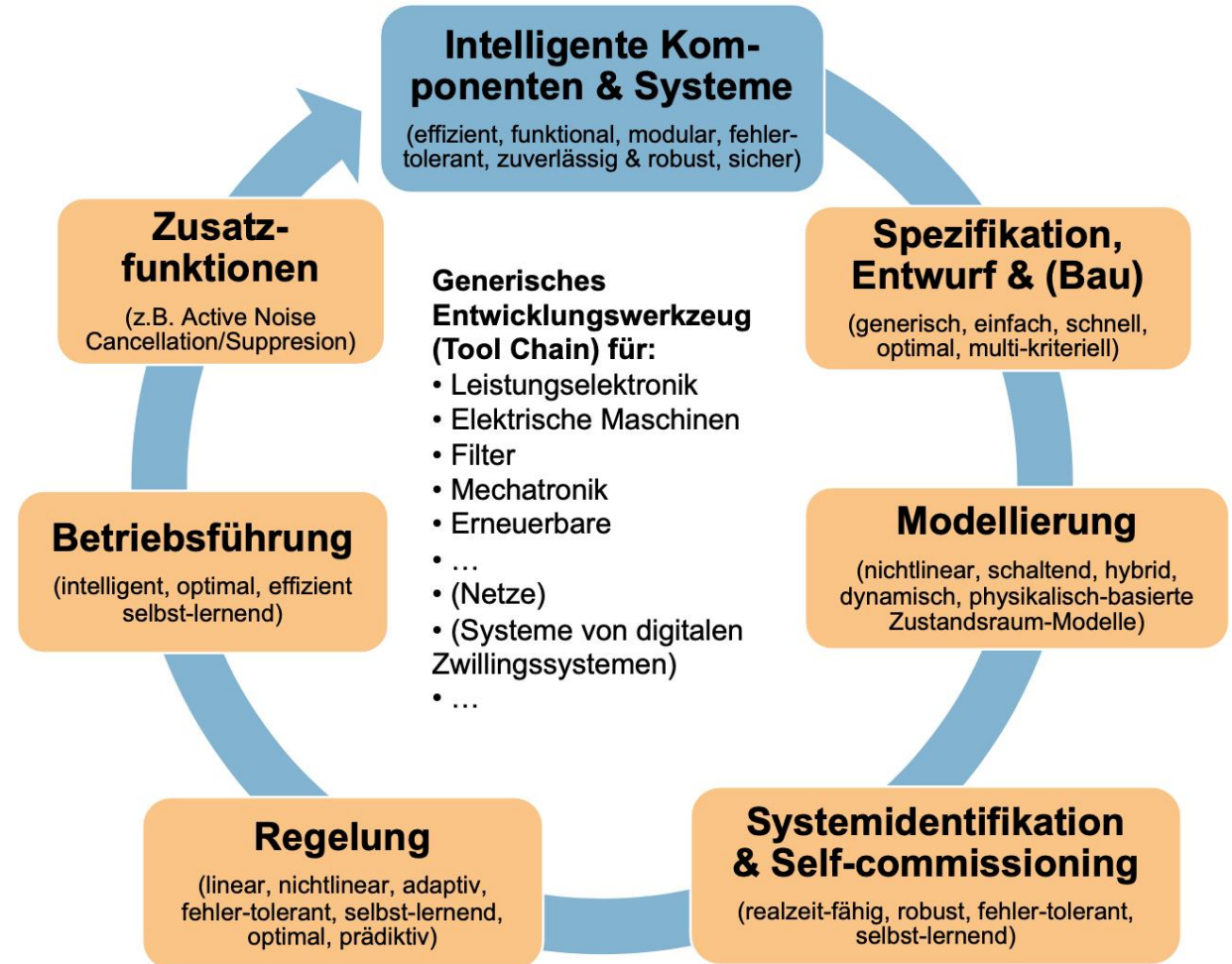
Motivation und Ziele

- **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

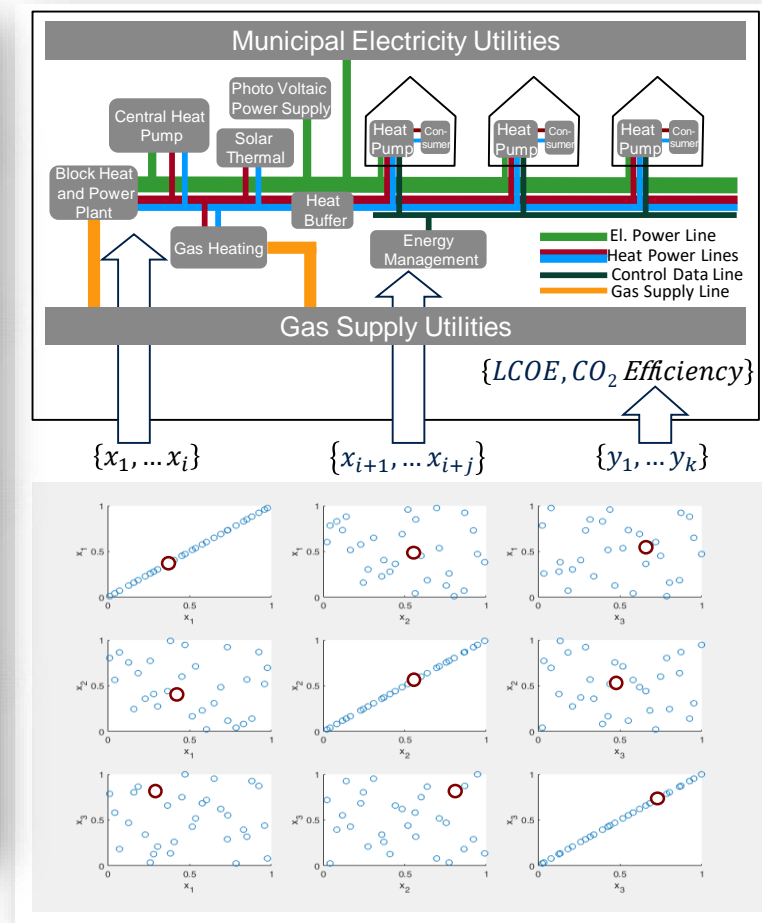
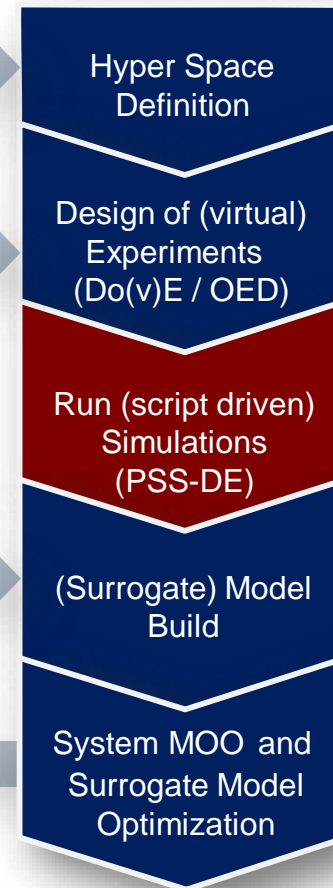
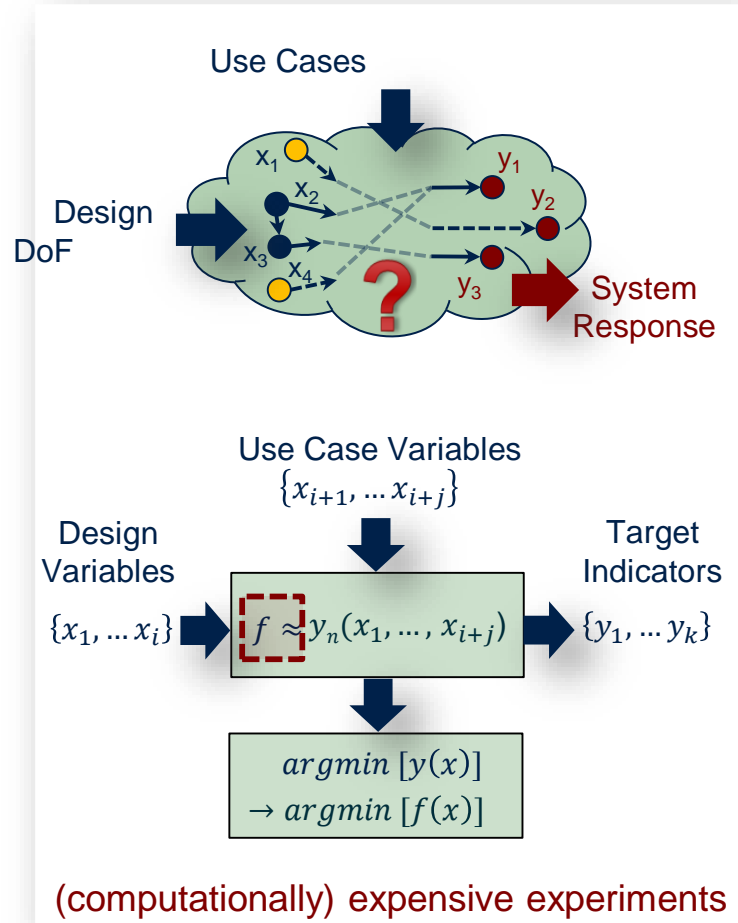
Projekt: Dauer: Jan. 2021 – Dez. 2023, Bay. SMWK, 2 wiss. MA



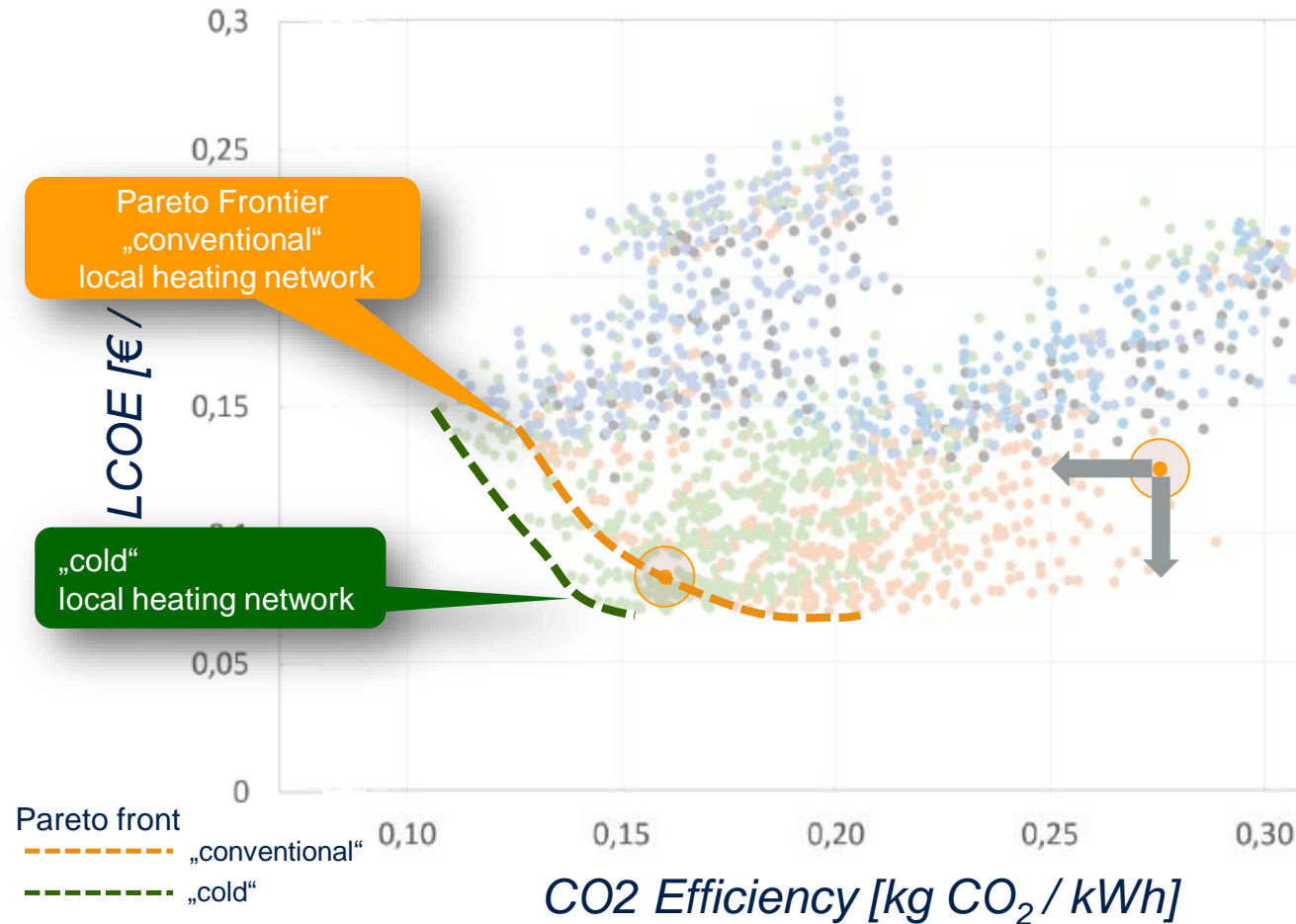
Intelligente mechatronische und regenerative Energiesysteme



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

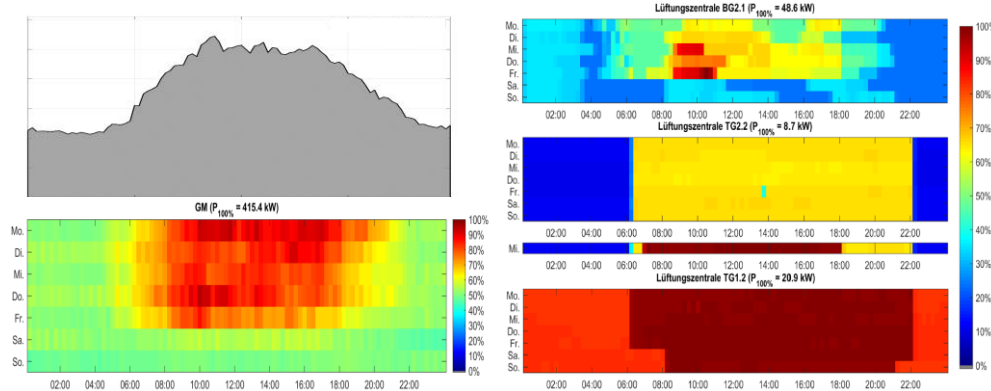


Technology Potential is Represented by the Pareto Frontier Indicating best achievable Target Indicator Trade-offs



- 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

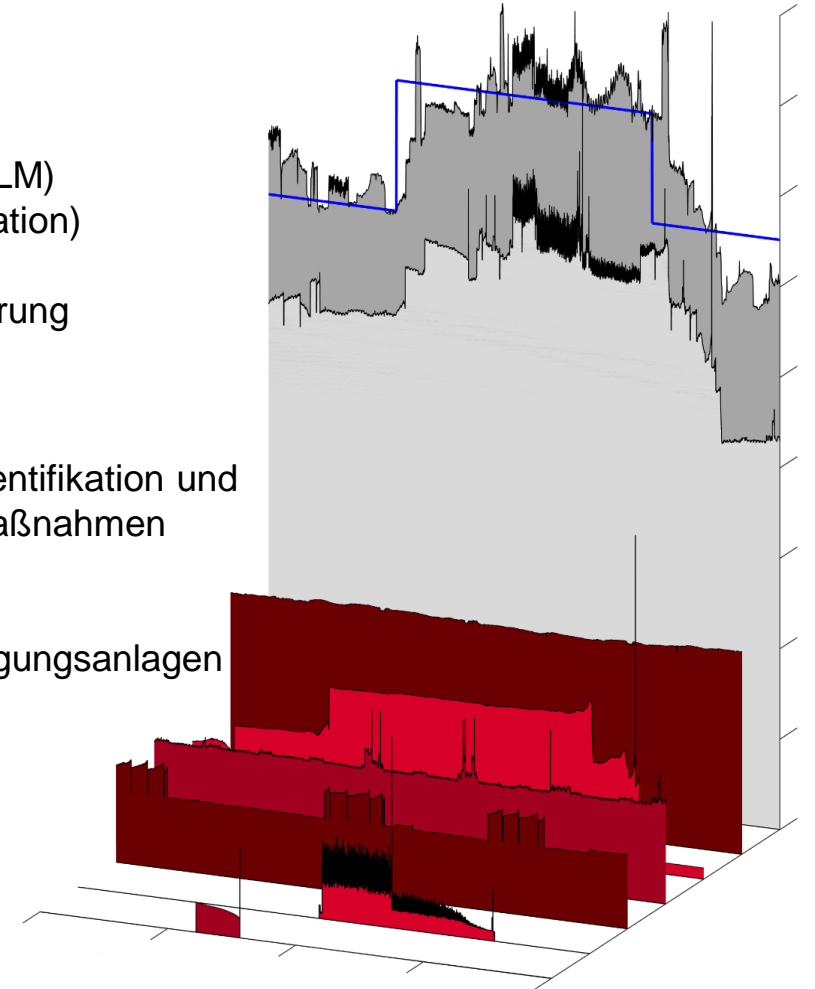
- Non-intrusive Load Monitoring (NILM)
- Messtechnik (LI – automat. Annotation)
- Datenanalyse (Machine Learning)
- Hochaufgelöste Lastgangmodellierung

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:



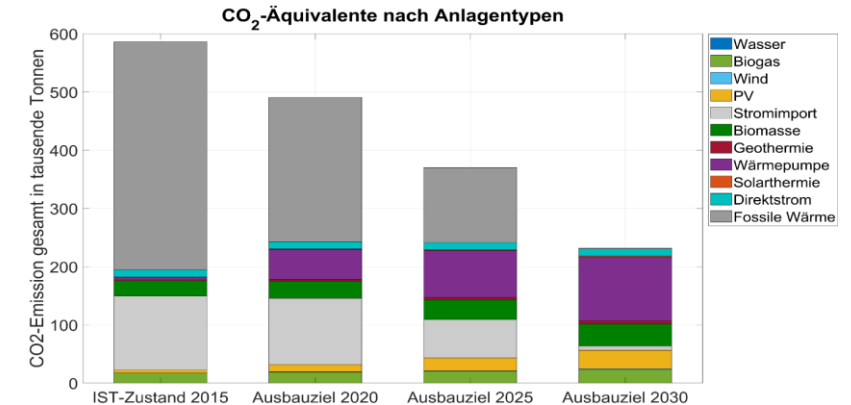
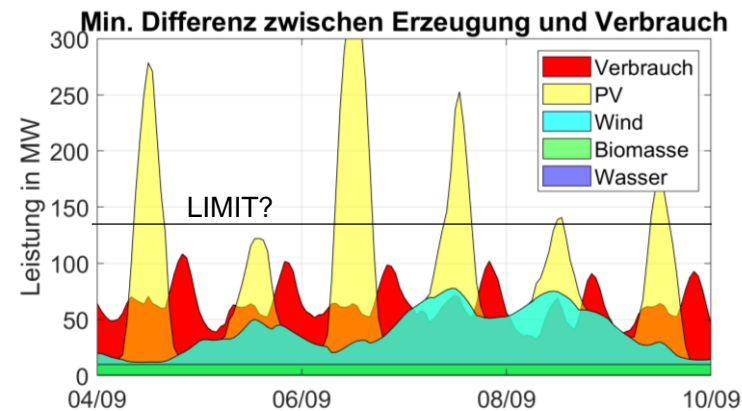
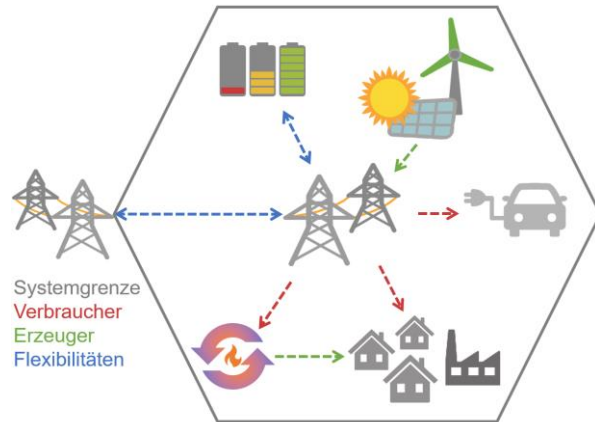
on the basis of a decision
by the German Bundestag

Im Rahmen des Forschungsprojekts:
NuData Campus - Nutzungsdaten basierte Optimierung von
Gebäuden und Anlagen am Beispiel der Hochschule München

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?



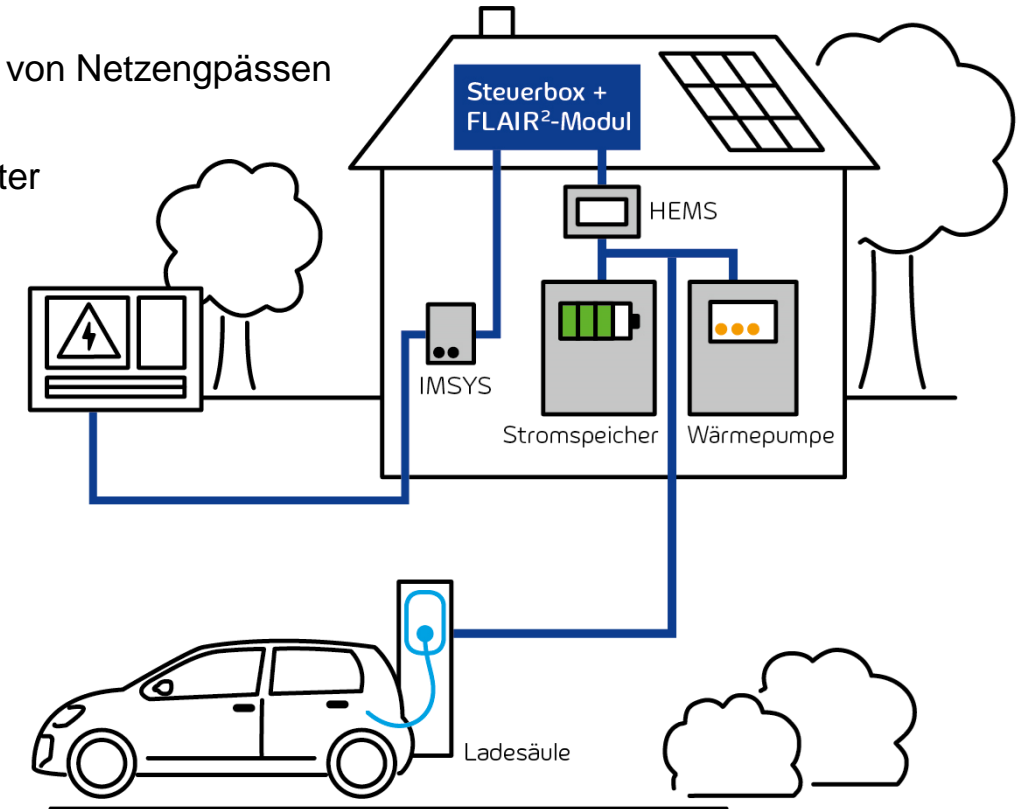
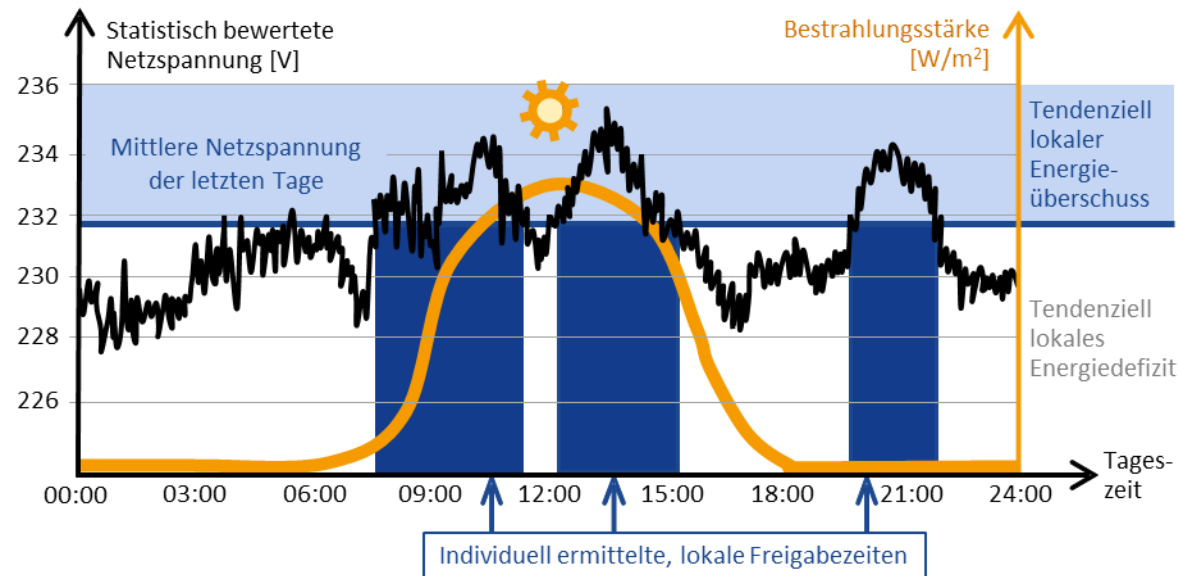
FLAIR² - Flexible Anlagen Intelligent Regeln



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

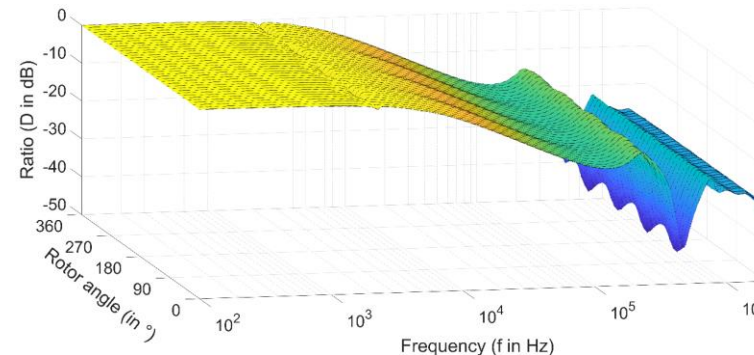
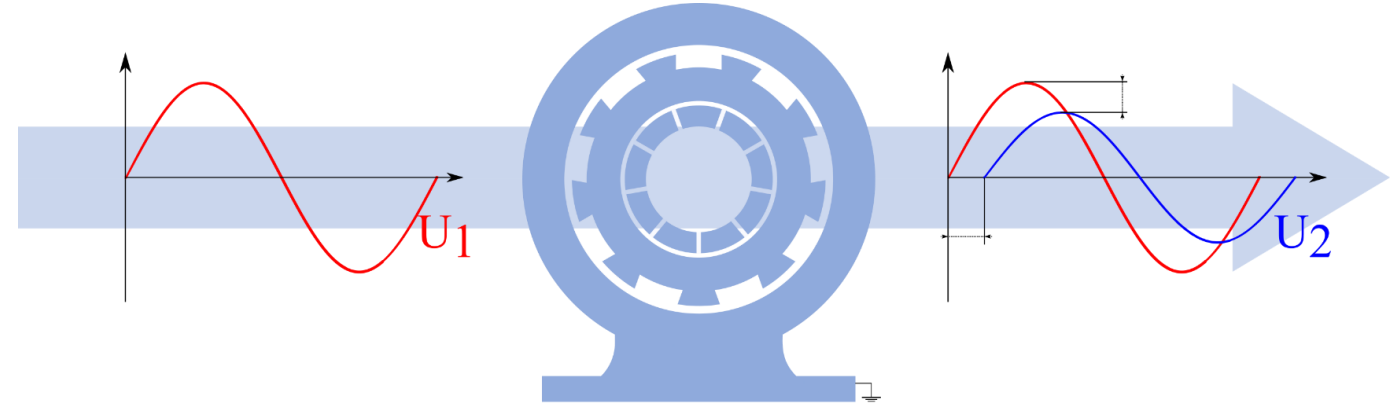
- Entwicklung einer einfach anwendbaren Methode zur Zustandsdiagnose
- Frequenzganganalyse (FRA) zur zuverlässigen Detektion typischer Fehler

Herausforderungen

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

Applications

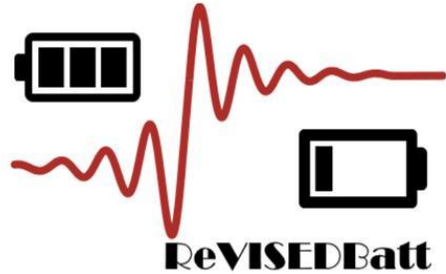
- Unterschiedliche Maschinentypen und Leistungsklassen
- Detektion z.B. von Stabbrüchen oder Windungsschlüssen
- Regelmäßige Zustandsdiagnose



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)

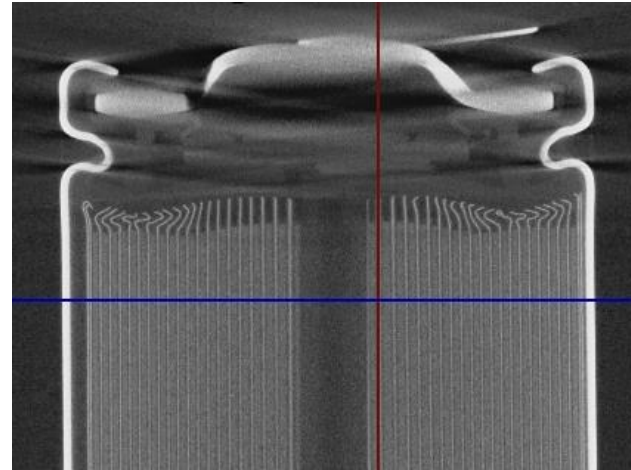


Forschung:

- 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

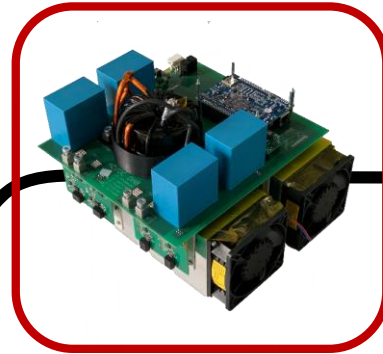


Universelle Anbindung von Batteriespeichern aus Elektrofahrzeugen für Stationäre Anwendungen (UnABESA)

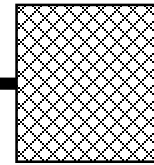
Second-Life-Anwendungen
für Traktionsbatterien



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:



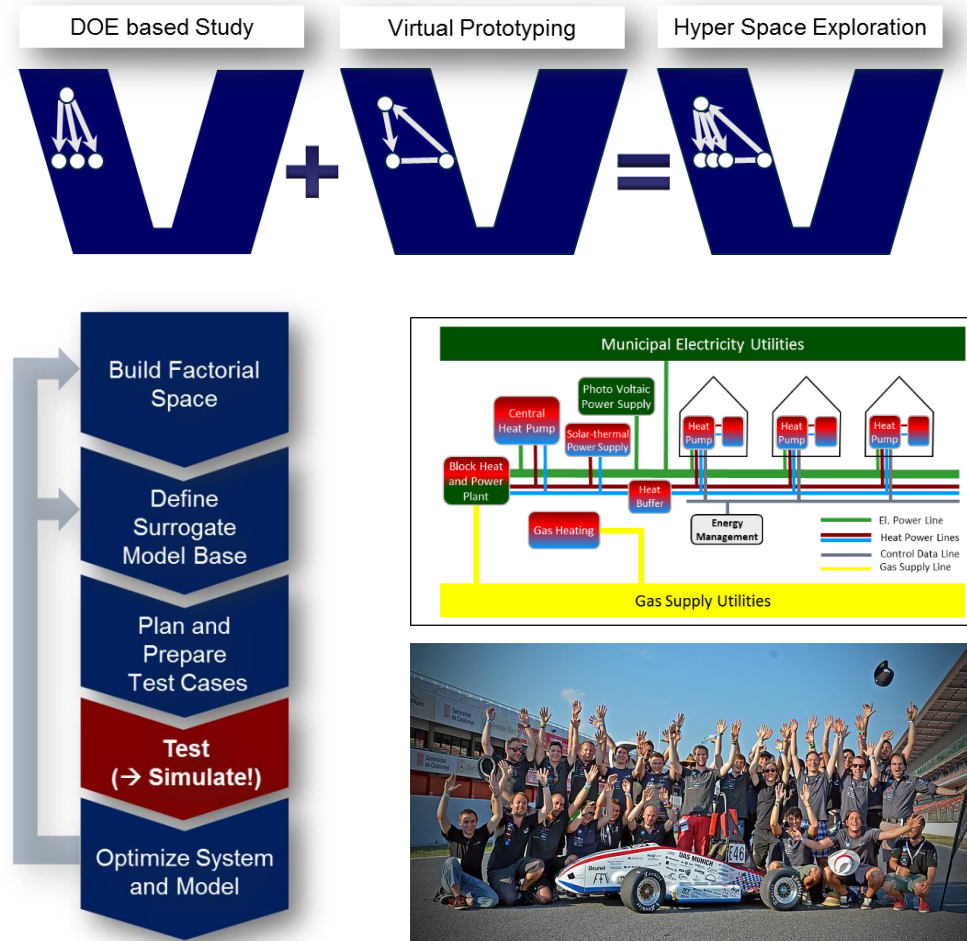
Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy

on the basis of a decision
by the German Bundestag



Inductron[®]
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

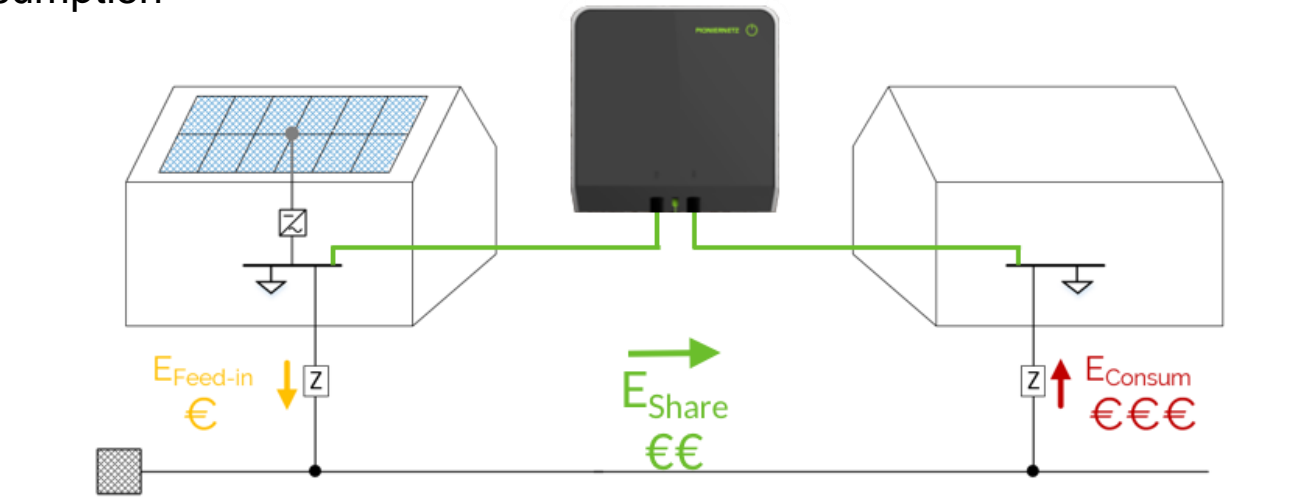
PIONIERKRAFT

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

- https://hm.edu/sites/ises/forschung_ises/projekte_ises/projekte_uebersicht_ises.de.html

Vielen Dank!

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

• • • • •