Inhaltsverzeichnis

Arbeitsgruppen

- Batterie- und Brennstoffzellentechnik 2
- Energieeffiziente Gebäudetechnik 3
- Intelligente Energienetze 5

Labore

- Bauphysik und thermischer Komfort 7
- Energieverbundsystem 8
- Experimental-Twin 9
- INES-Microgrid 10
- Klimakammer 11
- Raumluft- und Klimatechnik 12

Projekte

- ACA-MODES 13
- BUiLD.DIGITiZED 15
- GAIT 17
- Grey-Box Modellierung 19
- heatGUIde 21
- KLONG 23

Batterie- und Brennstoffzellentechnik

Hochschule Offenburg
offenburg.university

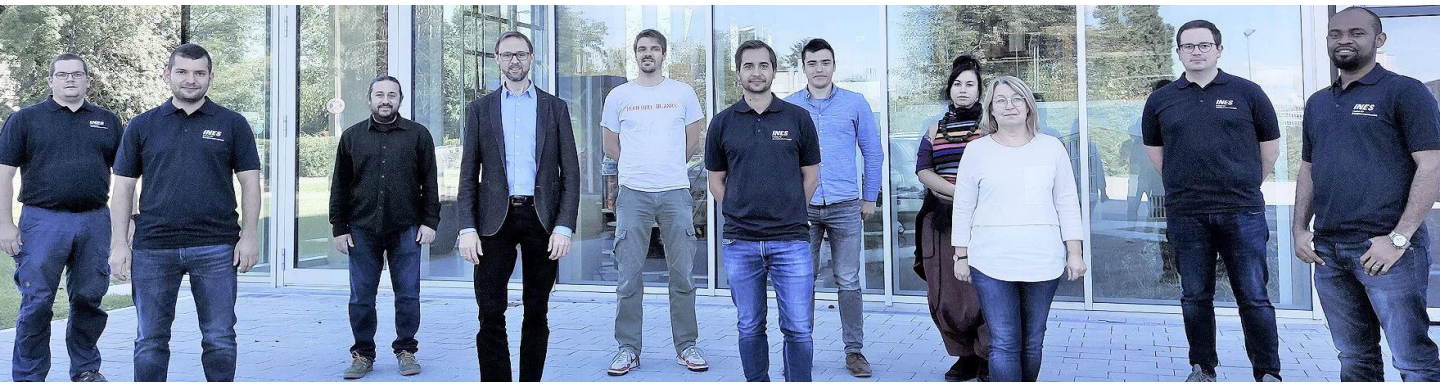
Elektrische Energiespeicher für Elektromobilität und erneuerbare Energien

Unsere Kompetenz

Wir erforschen und entwickeln langlebige und effiziente Stromspeicher für die Elektromobilität und für erneuerbare Energien. Der Schwerpunkt liegt auf der Lithium-Ionen-Batterietechnik.

Wir haben eine langjährige Expertise im Bereich der Batteriealterung – von detaillierten elektrochemischen Modellen für die Lebensdauervorhersage über Laborexperimente zur Langzeitzyklierung von Batteriezellen bis hin zur praxistauglichen Diagnose von Lade- und Alterungszustand.

Wir schlagen die Brücke zwischen fundiertem wissenschaftlichen Know-How und realen Anforderungen aus der Praxis – unsere Tätigkeiten reichen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft über die industrielle Gemeinschaftsforschung bis hin zu Direktaufträgen von Unternehmen und Beratungstätigkeiten.

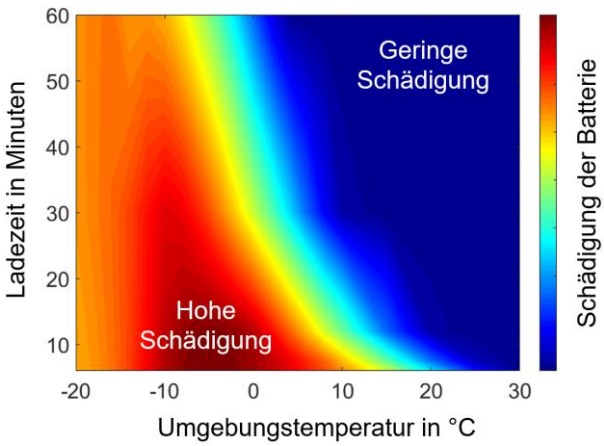


Laborausstattung

Batteriezyklierer (25 Kanäle, bis 600 A), EIS, Temperaturprüfschränke, Glovebox, Probenpräparation inkl. Zugang zu REM

Simulative Ausstattung

Kontinuum-Modelle, Äquivalenzschaltkreismodelle, Machine Learning; hauseigener Multiphysics-Code, Matlab, Simulink, Comsol



Unser Beitrag

- Langlebige und effiziente Stromspeicher für die Energiewende
- Detailliertes Verständnis der chemischen Prozesse und Transportvorgänge in elektrochemischen Zellen
- Praxisorientierte Untersuchungen von Batterien und Brennstoffzellen

Energieeffiziente Gebäudetechnik

KLIMAGERECHTES BAUEN | KLIMANEUTRALE GEBÄUDE

Unsere Kompetenz

Wir bringen labortechnische Untersuchungen im Technikum am RIZ Energie, Feldstudien aus größer angelegten Monitoringkampagnen und mathematisch-numerische Simulation zusammen.

Wir wenden das Knowhow in der Praxis an und arbeiten dabei eng mit innovativen und überwiegend mittelständischen Unternehmen aus der Region Südlicher Oberrhein zusammen.

Wir forschen dabei sowohl am Energiesystem Gebäude als auch an einzelnen Komponenten. Dabei steht das Zusammenwirken der Energiedienstleistungen

Heizen – Lüften – Kühlen

im Mittelpunkt unserer Arbeiten. Bauphysik und technische Gebäudeausrüstung bilden in unseren Projekten eine Einheit und werden gemeinsam optimiert..

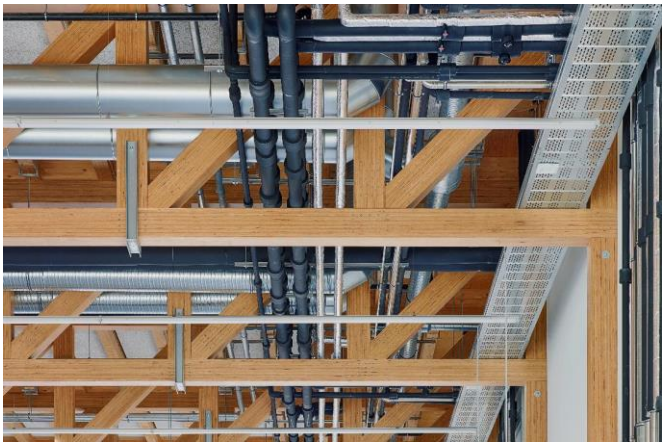
Wir konzentrieren uns auf Energieeffizienz und Behaglichkeit in Wohn- und Nichtwohngebäuden. Dabei reduzieren wir zunächst den Energiebedarf und decken den verbleibenden Bedarf ausschließlich mit regenerativer Energie.

Wir haben die gesamte Energieumwandlungskette im Gebäude im Blick:

Erzeugung – Verteilung – Speicherung – Nutzenübergabe

Wir entwickeln Energiekonzepte für klimaneutrale Quartiere. Dabei konzentrieren wir uns auf den netzdienlichen Betrieb von Energieverbundsystemen. Also mit Sektorkopplung bzw. mit Einsatz verschiedener Energieträger zur Bereitstellung unterschiedlicher Energiedienstleistungen.

Bauphysik: Arbeitsplatzqualität.



Gebäudetechnik: Energieversorgung.

Unser Beitrag

- Bezahlbare Energiekonzepte für klimaneutrale Gebäude.
- Energiesysteme mit 100 % Erneuerbarer Energie und netzdienlicher Betrieb von Gebäuden.
- Inbetriebnahme und betriebsbegleitende Optimierung komplexer Energiesysteme.
- Digitalisierung: Gekoppelte Anlagen- und Gebäudesimulation, digitaler Zwilling, modelprädiktive Reglung.
- Thermische Behaglichkeit und Raumluftqualität.
- Analyse und Verbesserung des Stadtklimas und Hitzewarnsysteme.

Energieeffiziente Gebäudetechnik

Hochschule Offenburg
offenburg.university

KLIMAGERECHTES BAUEN | KLIMANEUTRALE GEBÄUDE

Unsere Position in der aktuellen Energiedebatte

Unsere Gebäude brauchen heute viel Energie und belasten damit unser Klima. Das muss nicht sein, denn klimaneutrale Gebäude sind machbar.

Wenn wir gute Fenster einsetzen, Boden, Wände und Dach ordentlich dämmen und mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vernünftig lüften, ist der Energiebedarf für Heizen, Kühlen, Lüften und Beleuchten so niedrig, dass wir das gesamte Gebäude allein mit Solar- und Umweltenergie versorgen können.

Thermische Kollektoren stellen Solarwärme und eine Photovoltaikanlage Solarstrom bereit. Mit einem Teil des Solarstroms kann eine Wärmepumpe Umweltwärme aus der Erde oder der Luft nutzbar machen, um ein rundum behagliches Raumklima zu schaffen.

Diese Gebäude stellen – in Verbindung mit einem Sonnenschutzsystem – auch im Sommer ein ausgeglichenes, behagliches Raumklima bereit. Denn dann wird die Wärme, die im Winter im Gebäude gehalten wird, im Sommer aus dem Gebäude herausgehalten. Dann reicht eine passive Kühlung mit Umweltenergie aus, ohne dass eine energieintensive Klimaanlage zum Einsatz kommen muss.

Diese klimaneutralen Gebäude können dann netzdienlich betrieben, wenn entsprechende thermische und elektrische Speicher eingesetzt werden. Für einen netzdienlichen Betrieb kommen vorausschauende Algorithmen zum Einsatz, die neben dem aktuellen Energiebedarf auch eine Prognose von Wetter, Energiebereitstellung und Belastung im Stromnetz berücksichtigen.

Viele realisierte Projekte zeigen, dass diese Konzepte unter Marktbedingungen wirtschaftlich umgesetzt werden können. Und das allein mit Solarenergie.

Unsere Leistung für Wirtschaft und Gesellschaft

- Forschungs- und Entwicklungsprojekte, Gutachten und Studien im Bereich der Gebäudetechnik von der Energieerzeugung über die Energiespeicherung und -verteilung bis hin zur Energieanwendung.
- Feldstudien und Monitoringkampagnen an einzelnen Komponenten oder in komplexen Systemen im laufenden Betrieb. Mit modellbasierter Schwachstellenanalyse und zur Produktcharakterisierung.
- Produktentwicklung mit Labormessungen, Systementwicklung und numerischen Simulationen.
- Aus- und Weiterbildung im Studium zu nachhaltigen Energiesystemen.

Intelligente Energienetzwerke

Hochschule Offenburg
offenburg.university

SMART GRIDS | NETZFREUNDLICHE PROSUMENTEN UND MICROGRIDS

Im klimaneutralen Energiesystem der Zukunft werden eine Vielzahl von Verbrauchern, Speichern und dezentralen Energieanlagen intelligent zum "Smart Grid" vernetzt. Eine zentrale Rolle spielen Prosumenten (Kombination aus Gewinnung und Verbrauch) als Microgrids: Sie managen lokal die Energiegewinnung und den Verbrauch und agieren zugleich im Verbund mit dem Gesamtsystem zu beiderseitigem Nutzen. Anwendungen sind „smarte“ Ein- oder Mehrfamilienhäuser oder auch komplexere Netzwerke wie bei Gewerbe- oder Industriearealen, Hochschulen, Flughäfen oder Krankenhäusern.

Wir entwickeln und untersuchen dazu lokale Energiemanagementlösungen und übergreifende Koordinierungsmechanismen. Unsere Themenschwerpunkte sind:

- Netzdienlicher Betrieb von Microgrids mit Speichern, Sektorkopplung und Flexibilitätsbereitstellung
- Monitoring und Automation für Gebäude und Energiesysteme (mittels SCADA, Bussystemen u. a.)
- Energiedatenanalyse und Energiesystemmodellierung unter Einsatz von Machine Learning
- Prädiktives Energiemanagement mit Model Predictive Control und mathematischer Optimierung
- Erzeugung- und Lastprognosen

Intelligente Energienetzwerke

Hochschule Offenburg
offenburg.university

SMART GRIDS | NETZFREUNDLICHE PROSUMENTEN UND MICROGRIDS

Wir untersuchen Energiesysteme und Netze in Simulationen als auch an realen Systemen. So betreiben wir im Technikum des Regionalen Innovationszentrums für Energietechnik (RIZ Energie) ein dreiphasigen Microgrid mit Photovoltaikanlage, Windkraftanlage, bidirektionaler Ladesäule, verschiedenen Batteriesystemen und steuerbaren Verbrauchern.

In unserem „Experimental Flexibility Twin“ bilden wir industrielle Produktionsprozesse inklusive Automatisierungstechnik nach Industriestandard in kleinem Maßstab nach, um zu forschen und zu demonstrieren, wie Industrieprozesse ihren Energieverbrauch flexibel an die schwankende Produktion aus erneuerbaren Energien anpassen und bei der Stabilisierung des Netzbetriebs helfen können.

Zusammen mit zahlreichen Partnern aus der Industrie identifizieren wir Herausforderungen aus der Praxis und arbeiten gemeinsam mit ihnen an praxistauglichen Lösungen.

© Jigal Fichtner

Experimental Flexibility Twin am RIZ

Sensornetzwerk ISInet auf dem Flughafen Stuttgart

Labor: Bauphysik und thermischer Komfort

Hochschule Offenburg
offenburg.university

Doppelklimakammer mit zwei thermisch schweren Prüfräumen

Das Labor für Bauphysik und thermischen Komfort besteht aus einer →Klimakammer zur wetterunabhängigen Simulation des Umgebungsklimas und zwei thermisch schweren Prüfräumen. Diese bilden gemeinsam eine Doppelklimakammer mit zwei baugleichen Prüfräumen.

Die beiden Prüfräume sind (nahezu) adiabat und haben eine hohe thermische Trägheit. Hier können gebäudetechnische Systeme unter praxisnahen Bedingungen messtechnisch bewertet werden. Das Labor ermöglicht vergleichende Messungen bei sehr hoher Messgenauigkeit. Dazu steht eine entsprechende Prozessautomation und eine aufwendige Messtechnik mit Messdatenerfassung zur Verfügung.

Messaufbau in einer der beiden Prüfkammern.

Typische Einsatzbereiche:

- Bewertung des thermischen Komforts (PMV/PPD und lokale Komfortgrößen) in Wohn- und Arbeitsräumen
- Evaluation des dynamischen Verhaltens von Heizung/Kühlung und Lüftung. Leistungsmessungen an Flächentemperiersytemen (auch Bauteilaktivierung), insb. unter transienten Betriebsbedingungen.
- Reglerentwicklung und Betriebsführungsstrategien für träge und flinke Wärme/Kälte-Übergabesysteme.
- Raumluftströmung für verschiedene Lüftungssysteme unter variablen Betriebsbedingungen.
- Stationäre und dynamische Sondermessungen für Heizung/Kühlung und Lüftung zur Bestimmung von Leistungskennlinien und Zeitkonstanten.
- Leistungsmessungen an fassadenintegrierter Gebäudetechnik.

Labor: Energieverbundsystem

Hochschule Offenburg
offenburg.university

kleinskalige Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Im Labor für kleinskalige Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung μ_{KWKK} werden komplexe Energieversorgungssysteme zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte im Netzverbund und unter Berücksichtigung der Lastsituation beim Verbraucher untersucht.

Die aktuelle Last im Stromnetz wird vom →Micro-Grid und die thermische Last vom →Labor für Bauphysik und thermischer Komfort oder durch Prozessthermostate bereitgestellt. Modell-prädiktive Betriebsführungsalgorithmen optimieren unter diesen Randbedingungen das Energieverbundsystemen unter Berücksichtigung von Strombezug bzw. -einspeisung, von Wärme- bzw. Kältebedarf und der beiden thermischen Speicher.

Energieverbundsystem mit Blockheizkraftwerk, Adsorptionskältemaschine und reversibler Wärmepumpe.

Technische Daten:

- Blockheizkraftwerk: 5 kW_{el} / 10 kW_{th}
- Warmwasser-Schichtenspeicher: 1.500 l (mit 6 kW_{el}-Heizstab)
- Adsorptionskältemaschine: 12 $kW_{th,Kälte}$
- reversible Wärmepumpe: 12 $kW_{th,Kälte}$ und 16 $kW_{th,Wärme}$
- Kaltwasser-Schichtenspeicher: 1.450 l
- Kühlturm / Außeneinheit: 29 $kW_{th,Abwärme}$ (im Heizbetrieb als Wärmequelle)

Mit flexibler thermo-hydraulischer Kopplung und umfangreicher Prozessautomation dient das Labor auch als Versuchsplattform für Einzelkomponenten und für die Entwicklung optimierter Regelalgorithmen.

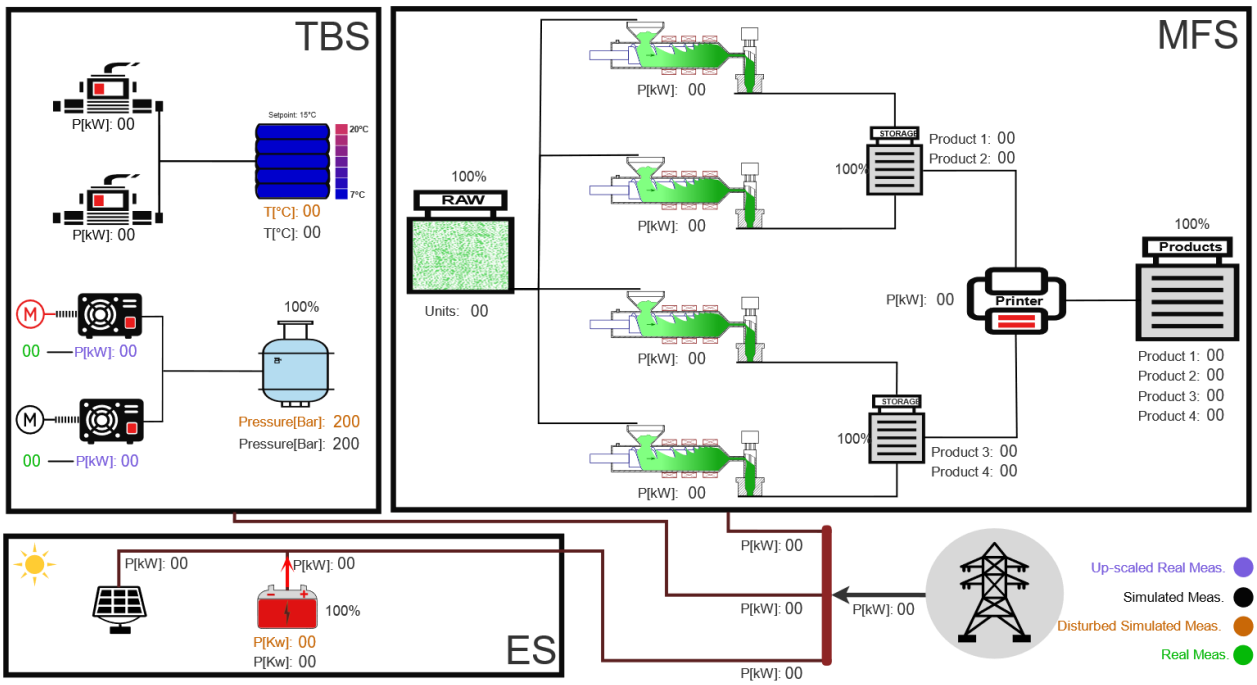
Labor Experimental Flex Twin

Hochschule Offenburg
offenburg.university

Experimenteller Zwilling für Energieflexibilität in Industriebetrieben

Beim Flex-Twin-Konzept geht es darum, Prozesse und Randbedingungen in einem Industriebetrieb, die für Energieflexibilität besonders relevant sind, modellhaft in Labor und Simulation nachzubilden.

Dazu werden das Produktionssystem (manufacturing system – MFS), die Hilfsprozesse aus der Gebäudetechnik (technical building system – TBS) sowie das Energiesystem (energy system – ES) und ihr Zusammenspiel modelliert und modellhaft auch in Hardware umgesetzt, inklusive der jeweiligen Automatisierungstechnik.



Reduziertes Modell einer Plastikfabrik: Ein Teil der Komponenten wurde in Hardware, ein anderer Teil als Software-Modell realisiert.

Ziele und Features:

- Strikte Trennung Digital Twin und zu modellierendes/optimierendes System
- Realitätsnahe Datenkommunikation (OPC-UA)
- Reale generische Komponenten mit entsprechenden Lastprofilen
- Ergänzende Software-Modelle von Komponenten und Prozessen, um verschiedene Industriebetriebe flexibel abbilden zu können
- Auswirkungen von Modellfehlern, Messfehlern, Datenausfällen, Latenzen, etc. können untersucht werden

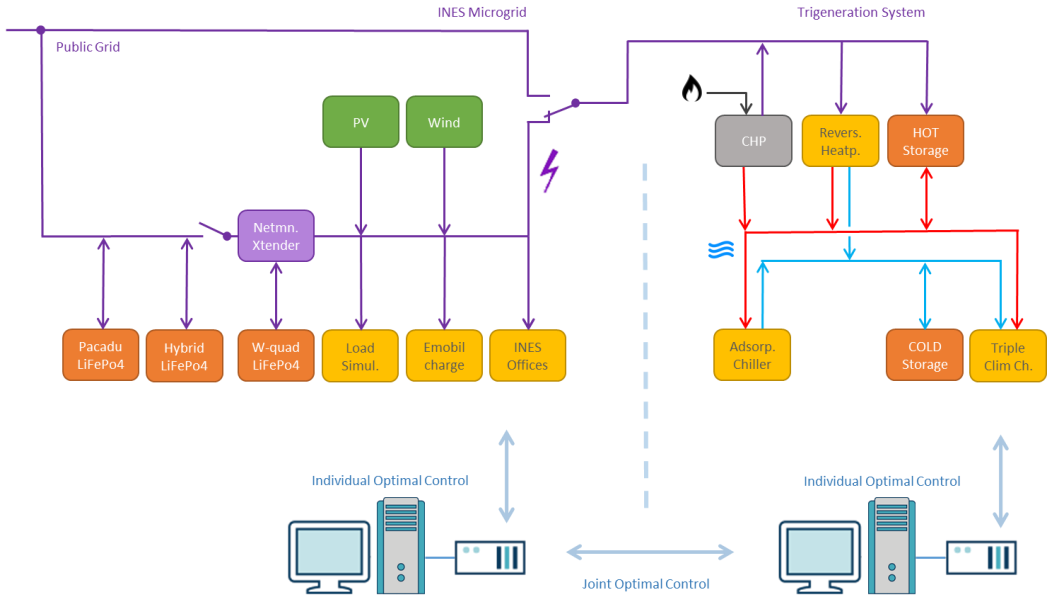
Experimental Flex Twin im Technikum des RIZ Energie

Labor INES-Microgrid

Dreiphasiges Microgrid mit modellprädiktiver Regelung

Das dreiphasiges Microgrid, als ein Reallabor, wird in Forschung und Entwicklung sowie der Lehre eingesetzt und dient als Testumgebung eines Energieversorgungsnetzes, incl. der Einzelkomponenten und deren Steuer-Algorithmen. Mit regenerativer Erzeugung, verschiedenen Speichersystemen, steuerbare Verbrauchern und Erzeugern, sowie Elektromobilität im 10 kW-Bereich erlaubt es die skalierten Emulation von Wohnimmobilien und kleinen und mittleren Unternehmen. Es verfügt über eine SPS-basierte Messdatenerfassung und Automatisierung. Ein Schwerpunkt bildet die Entwicklung modellprädiktiven Regelungsalgorithmen für Batteriemanagement und optimierten Netzbetrieb.

Das Microgrid kann gekoppelt betrieben werden mit der → Energieverbundsystems „kleinskalige Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung“ und dem → Experimental Flexibility Twin.



Gekoppelter Betrieb des INES-Microgrid (links) mit dem Energieverbundsystem (KWKK)

Technische Daten:

- 3 Inselwechselrichter/Batterie-Laderegler/Transfersystem à 3,5 kVA pro Außenleiter
- Photovoltaik-Generator 3 x 2,16 kWp (emuliert) mit 3 SMA Sunny Boy Wechselrichtern
- Windkraftanlage ANTARIS 4.5 kW Netz 5.5 mit 5,3 m Rotordurchmesser
- Lithium-Ionen-Batterien mit ca. 36 kWh Kapazität
- Bidirektionale Ladesäule 11 kW für Elektrofahrzeug Nissan Lief mit ca. 25 kWh Batteriespeicher
- 3 steuerbare elektronische Lasten à 3,6 kW
- Power Hardware in the Loop zur Simulation von Microgrid-Bestandteilen und überlagerten Netzen (im Aufbau)
- Beckhoff-SPS-basierte Automatisierungstechnik
- Supervisory Control auf Basis modellprädiktiver Regelung

Labor: Klimakammer

Hochschule Offenburg
offenburg.university

Klimakammer mit angrenzenden Raumklimazellen

Klimasimulationen (ohne Solarsimulator) in einer begehbaren Klimakammer mit einem nutzbaren Innenraum von 40 m³ zwischen -40 °C und 80 °C bei einer hohen Feuchtevariabilität und schneller Reaktionszeit. Typische Einsatzbereiche:

- Leistungs- und Ermüdungstests an Komponenten, die der Witterung ausgesetzt sind.
- Leistungstests an Fahrzeugen mit hocheffizienten Antrieben unter winterlichen und sommerlichen Bedingungen.
- Leistungstests an gebäudetechnischen Systemen, insbesondere elektrische und thermisch angetriebene Wärmepumpen / Kältemaschinen,
- Bauphysikalische Produktcharakterisierung von Komponenten und Systemen.

Doppelklimakammer ohne angrenzende Raumklimazellen

In Kombination mit zwei angrenzenden Raumklimazellen steht eine sogenannte Doppelklimakammer zur Verfügung, um z.B. fassadenintegrierte Gebäudetechnik oder das dynamische Verhalten von Heizung/Kühlung und Lüftung in Räumen zu evaluieren.

Labor: Raumluft- und Klimatechnik

Raumluft- und Klimamessung mit Strömungsvisualisierung

Im Labor für Raumluft- und Klimatechnik werden in erster Linie innovative Klimasysteme und neue Komponenten wie Luftdurchlässe, Kühldecken, Wärmerückgewinnungssysteme, Luft/Wasser-Wärmetauscher etc. unter den Aspekten von Energieeffizienz und thermischem Komfort untersucht.

Das Labor umfasst einen Laborraum und eine Labor-Klimaanlage. Im Laborraum (variable Größe bis 7,20 m x 7,20 m x 5,50 m, Seitenwände temperierbar) steht eine umfangreiche Messtechnik für die Untersuchung der Raumluftströmung und des thermischen Komforts zur Verfügung, insbesondere zur Messung von Raumluftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad, Schall, Lufttemperatur, Luftfeuchte und Differenzdruck.

Rauchversuch im Raumluft- und Klimatechniklabor

Ebenso ist eine Strömungsvisualisierung möglich. Die Klimaanlage beinhaltet sämtliche Komponenten zur thermodynamischen Luftbehandlung und kann sowohl zur Untersuchung optimierter Betriebsführungsstrategien als auch zur Luftvorkonditionierung (für die experimentelle Analyse klimatechnischer Systeme) genutzt werden.

Sektor-gekoppelte und ökonomische Betriebsführung von dezentralen Prosumern unter Einsatz fortschrittlicher Regelalgorithmen

Motivation

Der Anteil volatiler Energieerzeugung nimmt infolge des Ausbaus erneuerbarer Energien stetig zu. Diese Energieerzeuger werden vorwiegend in lokalen bzw. regionalen Netzen integriert, wo die stark schwankende Erzeugung zu Netzengpässen führen kann.

Gleichzeitig bietet die Oberrhein-Region mit ihren Energieversorgern und -genossenschaften eine hervorragende Möglichkeit, Methoden zum grenzüberschreitenden, netzdienlichen Betrieb hybrider Energiesysteme zu untersuchen und zu entwickeln.

Die folgenden Aspekte bilden den Fokus des INTERREG V Oberrhein Projekts **ACA-MODES**:

- *Entwicklung systemübergreifender, netzdienlicher Betriebsführungsstrategien*
- *für Sektor-gekoppelte, hybride Energiesysteme, die die Nutzenergien Wärme/Kälte und Elektrizität mit verschiedenen (insbesondere regenerativen) Endenergien bereitstellen*
- *mit Energieprosumern in Quartieren und Stadtvierteln mit einer elektrischen Anschlussleistung von ca. 1 MW.*

Im Rahmen des Projekts entsteht mit der technischen Verknüpfung und gemeinsamen Systemoptimierung von fünf überregional verteilten Energieinseln zudem eine konkrete Umsetzung der entwickelten Methoden und Strategien, die die Demonstration der Methoden und deren Test an Realsystemen ermöglichen.

Herausforderungen

- Vernetzung von unterschiedlichen hybride Energiesysteme für ein lokales Lastmanagement auf Prosumer-Ebene mit Sektorenkopplung.
- Unterstützung des Stromnetzes bei Schwankungen durch erneuerbare Energien mittels netzdienlichem Betrieb. Dies erhöht die Flexibilität zur Unterstützung durch die intelligenten Vernetzung und Regelung.
- Koordinierter Abstimmungsprozess und Datentausch zwischen den einzelnen Akteuren. Dies betrifft sowohl die technische, wirtschaftliche, sowie teilweise auch die regulatorische Ebene.
- Entwicklung von allgemeinverwendbaren Algorithmen über die Einzelanlage hinaus durch modelprädiktive Regelung mit der Einbeziehung von Wetterdaten, Strompreis und erforderlichen Lasten.
- Entwicklung eines Szenarios zur Quervalidierung (Round-Robin Simulation).

Projektziele

- Marktmechanismen basierender Anlagenkoordinator mit Webserver-Hosting.
- Teststand für die simulative und experimentelle Demonstration verschiedener Koordinatormechanismen.
- Energetische und ökonomische Analyse von realen dezentralen hybriden Energiesystemen unter Betracht von länderspezifischen Faktoren.

ACA-MODES

1.7.2019 – 30.6.2022

Hochschule Offenburg
offenburg.university

Sektor-gekoppelte und ökonomische Betriebsführung von dezentralen Prosumern unter Einsatz fortschrittlicher Regelalgorithmen

Das Projekt führt zu einer optimierten Auslegung und Regelung dezentraler und (virtuell) vernetzter hybrider Energiesysteme auf Basis numerischer Methoden. Der Ansatz wird in einem Vorzeigeprojekt realisiert, das fünf Labore am Oberrhein miteinander verbindet.

Es werden hybride Energiesysteme (unter anderem Nutzung technischer Speicher, Fuel-Switching, Gebäudemasse als Speicher, Stromspeicher, Niedertemperaturnetze) identifiziert, mit denen die Europa-2030-Ziele zum Klimaschutz erreicht werden können.

Darauf basierend werden bestehende Entwurfsmethoden für diese Systeme unter Einbeziehung geeigneter Speichertechnologien weiterentwickelt, sowie zugehörige, netzdienliche Betriebsstrategien für einzelne hybride Energiesysteme entwickelt.

Eine multikriterielle (ökonomische, primärenergetische und die Emissionen betreffende) Optimierungsstrategie berücksichtigt dabei die Betriebskosten der betrachteten Energiesysteme sowie die Versorgungs- und Betriebssicherheit der elektrischen und thermischen Netze mit dem Ziel, die Systeme mit einem möglichst hohen Anteil regenerativer Energie zu betreiben. Dies bildet die Grundlagen zur anschließenden Entwicklung verbesserter Regelungsalgorithmen und Betriebsführungsstrategien für dezentrale und virtuell vernetzte, hybride Energiesysteme. Die so entwickelten Methoden werden schließlich in einem überregionalen Verbund von fünf Energieinseln Hochschule Offenburg, Hochschule Karlsruhe, Hochschule Koblenz, INSA Strasbourg und FHNW Muttenz) in er Praxis umgesetzt und evaluiert.

Die Ergebnisse werden mit den assoziierten Partnern aus der Energiewirtschaft regelmäßig validiert. So wird sichergestellt, dass die entwickelten (Optimierungs-)Verfahren für hybride Energienetze ein sicheres, intelligentes und praxistaugliches Energiemanagement unter Beachtung der physikalisch-technischen und regulatorischen Randbedingungen ermöglichen.

Übersicht der Reallabore

Übersicht der Projektpartner

Forschungsgruppe E2G Energie effiziente Gebäudetechnik
mit unseren Projektpartnern

IoT und BIM für die Inbetriebnahme und den Betrieb von netzdienlichen Niedrigstenergiegebäuden

Motivation

Die Baubranche setzt sich seit mehreren Jahren mit dem Building Information Modeling (kurz BIM) auseinander. Während diese Methode in Architekturbüros vermehrt zur optimierten Planung eingesetzt wird, halten BIM-Methoden nur langsam Einzug in die TGA-Planung oder die Ausführung auf der Baustelle. Und in der Betriebsphase von Gebäuden kommen sie bis heute kaum zum Einsatz.

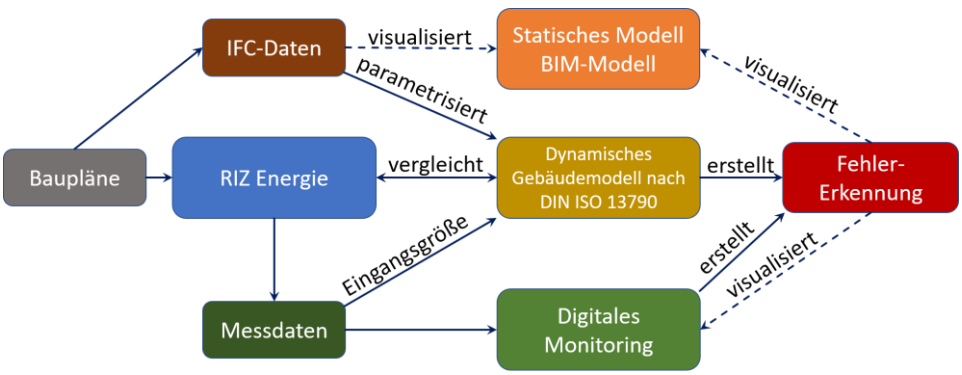
In **BUiLD.DIGITiZED** entwickeln wir BIM-Methoden für die Inbetriebnahme, für die betriebsbegleitende Optimierung sowie für die Fehlererkennung und -diagnose von TGA-Anlagen, setzen diese am RIZ Energie ein und demonstrieren, wie die Digitalisierung ganz konkret zu einer optimierten Betriebsführung beiträgt.

Dazu nutzt ein digitaler Zwilling Messdaten aus dem Gebäudebetrieb als (veränderliche) Eingangsgrößen und Parameter aus dem (statischen) BIM-Modell des Gebäudes. In dieser Umgebung wird der aktuelle Gebäudebetrieb mit einem dynamischen, gekoppelten Anlagen- und Gebäudemodell simuliert, mit den erfassten Messdaten verglichen, Betriebs- und Anlagenparameter laufend angepasst, Anlagenzustände mit der Wettervorhersage prognostiziert und Abweichungen zwischen simulierter und realer Betriebsführung ermittelt. Damit können einerseits Fehler diagnostiziert werden. Andererseits kann der digitale Zwilling in Verbindung mit einem modell-prädiktiven Regler auch für einen netzdienlichen Gebäudebetrieb eingesetzt werden.

Herausforderung

BIM-Methoden bieten eine einheitliche Datenstruktur und -haltung bereit. Um sie im Gebäudebetrieb nutzen zu können, müssen

- maschinenlesbare Strukturdaten aus Planungsdokumenten automatisiert generiert werden,
- Informationen in einem BIM-Format für die Inbetriebnahme (mit betriebsgeleitender Optimierung) und die laufende Betriebsüberwachung erfasst und sinnvoll strukturiert werden und
- komplexe Betriebsführungsstrategien bzw. Regelalgorithmen kontinuierlich verbessert werden.



Projektziele

- Inbetriebnahme von Gebäuden mit Hilfe digitaler Methoden.
- Standardisierte Messdatenerfassung mit verschiedenen Kommunikationsprotokollen.
- Entwicklung von Regeln für die Inbetriebnahme und den laufenden Gebäudebetrieb.
- Modellprädiktive und regelbasierte Fehlererkennung und -diagnose.
- Optimierung des Anlagenbetriebs mit Hilfe eines digitalen Zwillings.

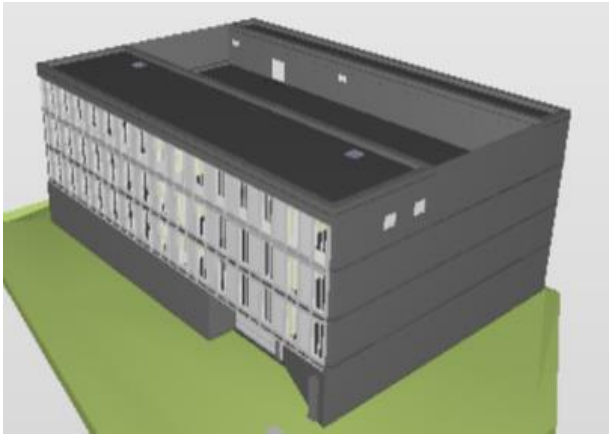
BUiLD.DIGITiZED

1.7.2020 – 30.6.2023

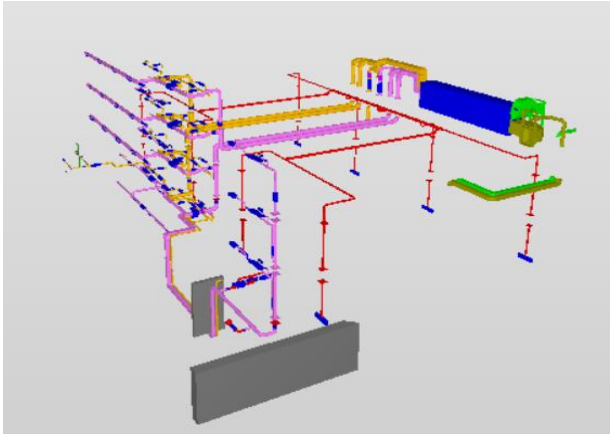
Hochschule Offenburg
offenburg.university

IoT und BIM für die Inbetriebnahme und den Betrieb von netzdienlichen Niedrigstenergiegebäuden

- In diesem Forschungsprojekt sollen BIM-Methoden zunächst auf die Inbetriebnahme und im weiteren Verlauf auf die Betriebsführung hocheffizienter Gebäude angewendet werden. Dabei sind diese Methoden nicht das eigentliche Forschungsziel. Es geht vielmehr um deren Anpassung und Anwendung auf Automatisierung, Inbetriebnahme und Betriebsüberwachung.
- Inbetriebnahme und betriebsbegleitende Optimierung des Gebäudebetriebs mit minimalem Aufwand durch Nutzung von BIM-Strukturen, betrieblicher Messtechnik und standardisierten Algorithmen.
- Methodik zur Erfassung und Strukturierung von Planungs- und Inbetriebnahmeinformationen in einem geeigneten BIM-Datenmodell.
- Gestaltung eines Gebäudemonitorings unter ausschließlicher Nutzung von Daten aus der zentralen Gebäudeleittechnik entsprechend eines vereinbarten BIM-Standards und etablierter Regelwerke.
- Entwicklung von BIM-basierten Methoden für die zielgerichtete und digital gestützte Inbetriebnahme von gebäudetechnischen Anlagen.
- Erweiterte Inbetriebnahme unter Berücksichtigung eines Micro-Grids mit regelbaren Prosumern.
- Digitale Beschreibung von Luftqualitätsparametern und von messtechnischen Einrichtungen zur Luftqualitätsmessung sowie von Raumluftparametern und -sensoren auf Basis von BIM-Modellen.
- Erfahrungen mit der Implementierung einer projektspezifischen Weboberfläche, Datenstrukturierung und Algorithmen zur standardisierten Bereitstellung von Meta- und Messdaten.
- Nutzung eines digitalen Zwillings für die Anwendung eingeführter Bilanzmethoden und für dynamische Verfahren zur Evaluation der Energieeffizienz im Gebäude und seiner netzdienlichen Betriebsführung in einem übergeordneten Energieverbundsystem.



BIM Modell des Gebäudes



BIM Modell der TGA-Anlage

Forschungsgruppe E2G Energie effiziente Gebäudetechnik
mit unseren Projektpartnern

mondas®

Fraunhofer ISE

testo

MAURER Energie- und Ingenieurleistungen

KONZMANN

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Green IT an Hochschulen

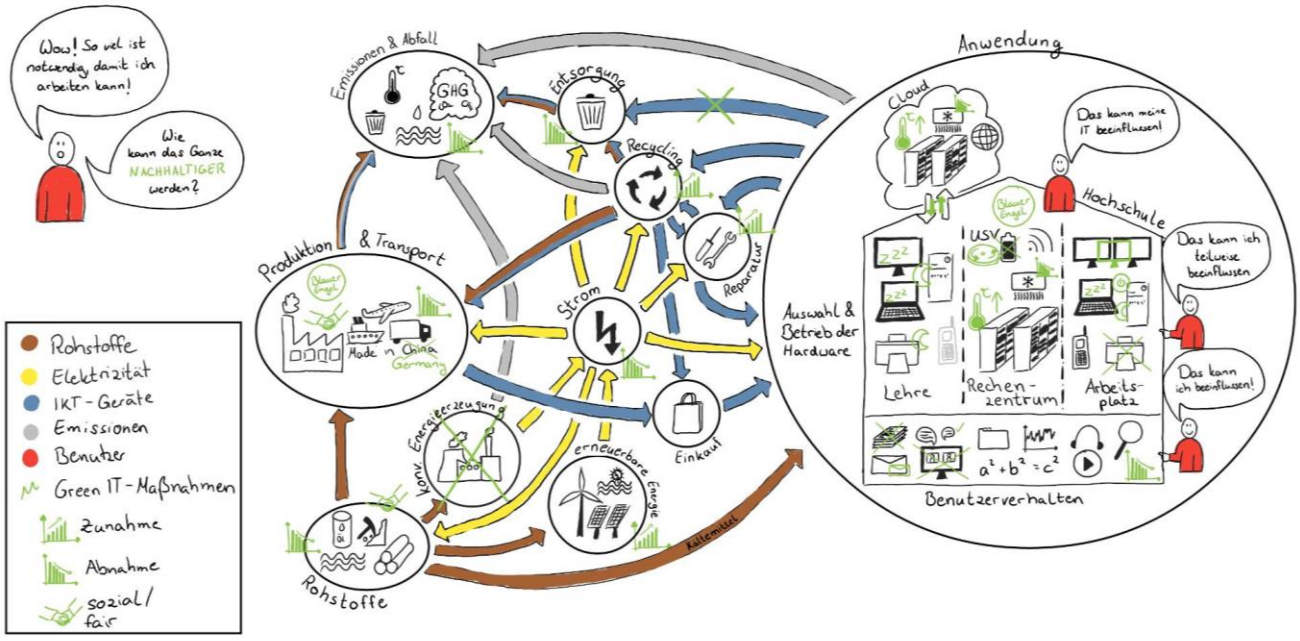
1.9.2021-31.8.2024

PROJEKT GREEN ACADEMIC IT POTENTIAL (GAIT)

Motivation

Die pandemiegeprägten Jahre brachten in den unterschiedlichsten Bereichen einen enormen Schub bei der Digitalisierung, zum Beispiel in Schulen, Universitäten, Unternehmen oder Verwaltungen, aber auch im privaten Bereich mit Home-Office und Home-Schooling. Dies hatte nicht selten einen erhöhten Energieverbrauch und die Beschaffung neuer Hardware zur Folge, vor Ort und in den Rechenzentren.

Doch wie genau steht es um die Nachhaltigkeit der IT von HAWs (Hochschulen für angewandte Wissenschaft) in Baden-Württemberg? Sind ihre Rechenzentren effizient? Und wie sieht es mit den Arbeitsplätzen der Angestellten und Studierenden aus? Kann die IT an HAWs effizienter, ressourcenschonender und damit nachhaltiger gestaltet werden? Wo sind hier die größten Hebel und wie groß ist das Einsparpotential? Diesen und weiteren Fragen gehen die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Pilothochschulen in Offenburg und Biberach im Rahmen des Projekts GAIT nach.



Herausforderungen

Im Rahmen des Projekts GAIT gilt es insbesondere:

- den Energie- und Ressourcenaufwand für den gesamten Lebenszyklus aller an der Hochschule genutzten IT-Geräte zu quantifizieren,
- den CO_2-Footprint für von der Hochschule bezogene Services (z.B. Clouddienste) zu erfassen,
- Home-Office und Home-Schooling adäquat abzubilden,
- Maßnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit auszuwählen, umzusetzen und anschließend mit Hilfe von Kennzahlen deren tatsächlichen Erfolg zu bewerten und
- den Energieaufwand für alle Hochschulen in Baden-Württemberg hochzurechnen.

Green IT an Hochschulen

1.9.2021-31.8.2024

Hochschule Offenburg
offenburg.university

PROJEKT GREEN ACADEMIC IT POTENTIAL (GAIT)

Projektziele

- Für die (Pilot-)Hochschulen Offenburg und Biberach sowie zwei weitere Hochschulen soll ein Kennzahlensystem zur ganzheitlichen Nachhaltigkeitsbewertung entwickelt sowie eine Ist-Analyse als Baseline durchgeführt werden.
- Darauf aufbauend sollen Verbesserungspotentiale durch Green-IT-Maßnahmen an den Pilothochschulen analysiert und bewertet werden, sodass wirkungsvolle Maßnahmen priorisiert werden können.
- Diese Potentialabschätzung soll im Rahmen einer Szenarioanalyse auf möglichst alle HAW ausgeweitet werden.
- Das Projekt soll bereits zu konkreten Verbesserungen der Nachhaltigkeit beitragen, indem Bewertungsmethodik und Bewertungsergebnisse in die Entscheidungs- und Managementprozesse der Pilothochschulen integriert werden.
- Kennzahlensystem, Bewertungsmethodik sowie Bewertungsergebnisse sowie Einbindung in Managementprozesse sollen im Sinne von Leitfäden aufbereitet werden.

Relevanz

Bei der Digitalisierung stehen den Einsparpotentialen durch effizientere Prozesse ein stark erhöhter Energie- und Ressourcenverbrauch durch Herstellung und Betrieb von IT-Infrastrukturen gegenüber. Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit von IT-Infrastrukturen werden entsprechend wichtiger. Durch den besonders hohen und steigenden Bedarf von IT an HAWs besitzen diese eine hohe Relevanz zur nachhaltigen und ressourcenschonenden Gestaltung der IT-Infrastruktur in der öffentlichen Verwaltung im Land Baden-Württemberg.

Forschungsgruppe IEN Intelligente Energienetzwerke
mit unseren Projektpartnern

HBC. Hochschule Biberach University of Applied Sciences | Institut für Gebäude- & Energiesysteme

ENIT Systems GmbH

BECHTLE Bechtle AG

Gefördert durch:

Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Grey-Box-Modellierung

1.7.2020 – 30.6.2023

Einsatz von neuronalen Differentialgleichungen bei der Grey-Box-Modellierung von Lithium-Ionen-Batterien

Motivation

Als elektrischer Energiespeicher spielen Lithium-Ionen-Batterien eine wichtige Rolle für portable Anwendungen. Zunehmend werden sie auch in der Mobilität und zur Sicherung der Energieversorgung als stationäre Speicher eingesetzt. Um Lithium-Ionen-Batterien sicher und effizient betreiben zu können, wird ein umfangreiches Verständnis der Funktionsweise und der inneren Abläufe benötigt. Zur Modellierung von Lithium-Ionen-Batterien werden deshalb in der Praxis verschiedene Ansätze verfolgt und weiterentwickelt. Die Parametrierung der Batteriemodelle ist jedoch häufig komplex und zeitaufwändig. Die Grey-Box-Modellierung stellt einen möglichen Ansatz zur Vereinfachung der Modellbildung dar. Sie kombiniert physikalisches Wissen und parametrische Funktionen, um von den jeweiligen Vorteilen zu profitieren. Im Projekt sollen neuronale Netze bzw. neuronale Differentialgleichungen zum Einsatz kommen.

Die folgenden Aspekte bilden den Fokus des Projektes:

- *Einsatz von neuronalen Netzen/neuronalen Differentialgleichungen bei der Grey-Box-Modellierung*
- *Auswahl und Implementierung geeigneter physikalischer Batteriemodelle als Grundlage für die Grey-Box-Modellierung*
- *Grey-Box-Modellierung von Lithium-Ionen-Batterien mit Hilfe von neuronalen Netzen bzw. neuronalen Differentialgleichungen*

Herausforderungen

- Modellierung eines nichtlinearen dynamischen Systems
- Komplexe Parameterabhängigkeiten von externen (z.B. Batteriestrom) und internen Größen (z.B. Ladezustand der Batterie)
- Diskrepanz zwischen Modellgenauigkeit und Rechenzeit
- Auswahl geeigneter Messdaten für das Trainieren der neuronalen Netze

Projektziele

- Einsatz neuronaler Differentialgleichungen bei der Modellierung dynamischer Systeme, insbesondere Lithium-Ionen-Batterien
- Vereinfachung der Modellparametrierung durch den Einsatz von neuronalen Netzen/neuronalen Differentialgleichungen
- Erstellen eines Batteriemodells, das die dynamischen Eigenschaften der Batterie adäquat nachbildet

Grey-Box-Modellierung

1.7.2020 – 30.6.2023

Hochschule Offenburg
offenburg.university

Einsatz von neuronalen Differentialgleichungen bei der Grey-Box-Modellierung von Lithium-Ionen-Batterien

- Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten neuronaler Differentialgleichungen bei der Modellierung dynamischer Systeme
  - Einfaches dynamisches System – RC-Glied
  - Berücksichtigung des fließenden Stromes als externe Größe
- Implementierung eines einfachen Batteriemodells – Äquivalenzkreismodell
- Ersetzen unbekannter Parameter und Abhängigkeiten durch lernbare Parameter und neuronale Netze/neuronale Differentialgleichungen → Grey-Box-Modell einer Lithium-Ionen-Batterie
- Auswahl geeigneter Messdaten für das Trainieren der neuronalen Netze
- Trainieren und Testen des Grey-Box-Modells

Gefördert durch

Carl Zeiss Stiftung

Hitzewarn- und Managementsystem für Privathaushalte auf Basis von selbstlernenden Wärmebelastungsmodelle und vorrausschauenden Algorithmen

Motivation

Die Motivation des Projekts **heatGUIde** ist es, eine technische Lösung bereitzustellen, um die physiologische Wärmebelastung von Menschen in Innenräumen in Folge des Klimawandels und insbesondere während Hitzeperioden durch Warnungen und gezielte Informationen zu reduzieren. Dazu soll im Projekt ein Prototyp eines Hitzewarn- und Managementsystems für Privathauhalte mit folgenden Eigenschaften bzw. Funktionalität entwickelt und erprobt werden:

- Bereitstellung von Warnungen und Handlungsempfehlungen, die spezifisch für den jeweiligen Einzelhaushalt erstellt und optimiert werden unter Berücksichtigung spezifischer Charakteristiken und aktuellen Messdaten und Prognosen zu Bauphysik, Nutzerverhalten und externen Einflüssen.
- Breitentauglichkeit durch geringe Kosten, geringen Installationsaufwand, hohe Adaptivität an unterschiedliche Gebäude- und Nutzertypen und einfache Bedienbarkeit mit intuitiver graphischer Benutzeroberfläche, z.B. über Display bzw. Smartphone-App. Warnungen könnten z.B. über eine Hitzeampel dargestellt werden.
- Kombinierbarkeit mit SmartHome-Systemen in Hinblick auf Sensordatenerfassung und automatisierte Umsetzung optimierter Handlungsempfehlungen.

Herausforderungen

- Was ist die Beste Kombination aus (a) Modellen von Bauphysik, Anlagentechnik, Nutzerverhalten sowie physiologischer Wärmebelastung, (b) lokalen und externen Daten, (c) selbstlernenden Parametrisierungsmethoden sowie (d) vorausschauenden Optimierungsalgorithmen, um verlässlich Vorhersagen zur Wärmebelastung und zu optimalen Eingriffsoptionen zu berechnen?
- Wie viele und welche Sensoren braucht man in einer Wohnung, um eine Beobachtbarkeit der kritischen Modellinputs zu erreichen? Und wie verbessert ein höherer Messaufwand die Modellgenauigkeit?
- Welche Vorhersagegüte und damit verbunden welche Reduktion der Wärmebelastung kann mit dieser Kombination erreicht werden. Was ist die beste Metrik, um diese zu messen?
- Welche nutzerseitigen Anforderungen sind zu beachten, um eine hohe Nutzerakzeptanz des Hitzewarn- und Managementsystems und seiner Handlungsempfehlungen zu erreichen?
- Wie kann ein Hardware-System aus kostengünstigen Standardkomponenten aufgebaut werden, das technische Anforderungen an Datenerfassung, Datenkommunikation, Visualisierung, Rechenleistung und Zuverlässigkeit sowie weitere Nutzeranforderungen erfüllt?

Projektziele

- Prototypen, bestehend aus ESP32 und Sensoren
- LoRa Kommunikation zur Messdatenübertragung
- KI basierte Vorhersagen der Hitzebelastung
- Stadtklimasimulationen zur Unterstützung der KI basierten Vorhersagen
- Automatische Fehlererkennung der Messdaten

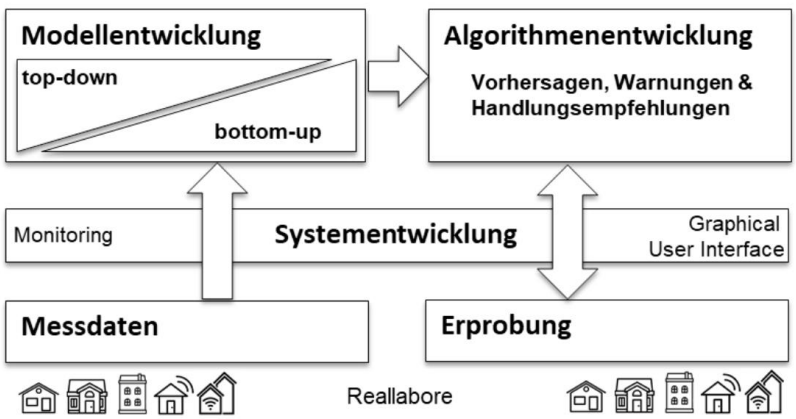
Hitzewarn- und Managementsystem für Privathaushalte auf Basis von selbstlernenden Wärmebelastungsmodelle und vorrausschauenden Algorithmen

Das Projekt **heatGUIde** will breitentaugliche technische Lösungen für Privathaushalte bereitstellen, um die physiologische Wärmebelastung in Innenräumen zu reduzieren. Dazu soll ein Prototyp eines Hitzewarn- und Managementsystems für einzelne Häuser bzw. Räume entwickelt und in der realen Anwendung erprobt werden. Auf Basis von raumspezifischen Computermodellen und vorausschauenden Algorithmen sowie kostengünstigen Standard-IT Komponenten soll das System Bewohner frühzeitig vor besonders belastenden Situationen warnen und über eine intuitive Benutzeroberfläche (Graphical User Interface – GUI) konkrete Handlungsanweisungen geben können. In Wohnungen und Gebäuden mit Smart-Home-Systemen sollen diese auch automatisiert umgesetzt werden können.

Den technologischen Kern bilden verlässliche raumspezifische Vorhersagen der physiologischen Wärmebelastung. Für diese sollen bewährte gebäudetypbasierte Stadtklimamodelle (Top-down Ansatz) mit Modellen für Bauphysik, Anlagentechnik und Nutzerverhalten, die auf Basis lokaler, kontinuierlicher Messungen und selbstlernender KI-Algorithmen raumspezifisch parametrisiert werden (Bottom-up-Ansatz), kombiniert werden.

Dieses System soll in 20 realen Haushalten implementiert und getestet werden. Zudem stehen umfangreiche Messdaten zur Verfügung, um insb. den Bottom-up-Ansatz zu trainieren, zu evaluieren und zu plausibilisieren bzw. im besten Fall zu validieren.

Die Kooperation mit den Haushalten sowie mit dem Projekthaus Ulm, mit der Regionalen Energieagentur Ulm gGmbH und den Stadtwerken Ulm, soll dazu beitragen, die praktischen Anforderungen an das System genau zu verstehen und sein späteres Anwendungspotential zu erhöhen.



Forschungsgruppe E2G Energie effiziente Gebäudetechnik
mit unseren Projektpartnern

Klima-Lehrfilme aus Offenburg zu Nutzerverhalten und Gebäudetechnik

Motivation

KLONG verfolgt das Ziel, den thermischen, visuellen und akustischen Komfort von Mitarbeitern bei gleichzeitig verringertem Energieaufwand zu verbessern.

Dazu erklären 12 nutzerorientierte Filme bzw. Erklärvideos im Stil des Edutainments (Education und Entertainment) Gebäudenutzern die Funktion und Steuerung der Haustechnik direkt vor Ort. Eine Rahmenhandlung bettet einen animierten Erklärteil in sich, der thematisch auch einzeln funktioniert. Dadurch kann nutzerspezifisch das Thema schnell erläutert werden oder einen seichten unaufdringlichen Einstieg liefern. Die Nutzer fühlen sich wohler, weil sie die Funktionsweise verstehen und können bedarfsgerecht, komfortabel und damit auch energieeffizient heizen, kühlen, lüften und beleuchten.

Die Erklärvideos werden im Rahmen eines interdisziplinären Projekt zwischen Studierende aus der technischen und der Medienfakultät erstellt. Damit soll gewährleistet werden, dass Nutzer (insb. im Büro und in Schulen) zielgenau und zeitgemäß (über QR-Code und Smartphone-App) angesprochen werden.

Herausforderungen

KLONG geht deutlich über den kommunalen Auftrag hinaus, Vorreiter im Klimaschutz zu sein. Hier werden die eigenen Mitarbeiter motiviert, einen aktiven Beitrag an der Ressourcenschonung zu leisten. Hierbei muss sprachlich und stilistisch ein guter Mittelweg zwischen unterschiedlichen Zielgruppen, persönlichen Präferenzen und Geschmack gefunden werden, um die Akzeptanz zu dem Projekt und den Lehrfilmen zu gewährleisten.

Um den Aufwand für die Produktion ähnlicher Sachverhalte zu reduzieren, wurden Filme so gestaltet, dass durch Austausch von Segmenten oder Tonspuren das jeweilige Erklärvideo nutzerspezifisch oder anwendungsbezogen angepasst werden kann.

*Banner des **KLONG**-Projekts*

Projektziele

- Eine neue, zeitgemäße Methode zur Mitarbeitermotivation
- Schneller Zugang durch QR-Codes an den Bedienelementen
- Direkte Hilfe bei akuten gebäudetechnischen Fragen
- Niederschwelliger Zugang zu gebäudetechnischen Wissen
- Nutzt die Medienkompetenz der jungen Generation, um Antworten auf technische Herausforderungen in der Gebäudeautomation zu finden

KLONG

1.4.2018 – 30.9.2020

Hochschule Offenburg
offenburg.university

Klima-Lehrfilme aus Offenburg zu Nutzerverhalten und Gebäudetechnik

- In diesem Forschungsprojekt sollen kurzweilige und pfiffige Lehrfilme im Sinne des Edutainment entstehen. Dafür werden kreative Rahmenhandlungen gefilmt und darin informative Animationen eingebettet. Die Filme sollen zeitgemäß über QR-Codes schnell und unkompliziert erreichbar sein. Natürlich sind alle Lehrfilme aber auch über die **KLONG**-Homepage abrufbar.
- Für Mitarbeiter in Büros und in Schulen kann ein Aufkleber mit dem QR-Code entsprechend des Bedienelements angebracht werden. Dieser führt direkt zu dem entsprechenden Lehrfilm.
- Der thermische, akustische und visuelle Komfort soll durch einfache Handlungsempfehlungen und Hintergrundinformationen gesteigert werden. Dadurch wird die Bedienung von gebäudetechnischen Anlagen nähergebracht, das Bewusstsein dafür gesteigert und Anwenderfehler reduziert.
- Richtig bediente Anlage sind energieeffizienter, wodurch Energie in Bürogebäuden eingespart werden kann. Das Nutzerverhalten wird durch die zusätzlichen Informationen reflektiert und auf anschauliche Weise durch die Lehrfilme verinnerlicht. Diese Veränderung wird in das Privatleben überführt und kann dort zu weiteren Energiesparmaßnahmen führen.
- Die Lehrfilme entstanden interfakultär durch Studierenden aus den Studiengänge „*Energiesystemtechnik*“ und „*Mediengestaltung und Produktion*“. Dadurch bekommen die Studierenden einen kompetenzgewinn im Bereich Technik- und Wissenschaftskommunikation. Darüber hinaus ist es eine Möglichkeit eine ganze Filmproduktion im Studium zu planen und durchzuführen.
- Die Ergebnisse werden über ein Online-Fragebogen evaluiert. Dadurch kann für weitere Filme Optimierung in Länge, Thematik bewertet werden. Darüber hinaus kann man das Interesse, das Projekt und die Wirkung der Filme abschätzen.

Der Abschlussbericht zu dem Projekt kann auf der Seite des badenova Innovationfonds eingesehen werden.

Forschungsgruppe E2G Energie effiziente Gebäudetechnik
mit unseren Projektpartnern

Gefördert durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz

Stadt Offenburg

badenova
Energie. Tag für Tag