ENERGIE WENDE BAUEN
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

2. Projekteforum EnEff.Gebäude.2050

Datum: Dienstag, den 1.10.2019

Ort: Bergische Universität Wuppertal, Pauluskirchstr. 7, 42285 Wuppertal

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Fraunhofer ISE

UNI FREIBURG

// TAGESORDNUNG

	Uhrzeit	Agenda
	11:00 - 11:15	**Begrüßung und Kennenlernen** der Teilnehmer
TOP 1	11:15 - 11:30	**Vorstellung der Begleitforschung**
TOP 2	11:30 - 12:45	**Postersession Projekte:** Kurzvorstellung der Projekte in der Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050“ (ca. 10 Minuten pro neues Projekt): - UrbanSolarDecathlon - ETiK - E4Q - CoSo - HotFlAd - FMI4Practice
	12:45 - 13:30	Mittagspause
TOP 3	13:30 - 14:30	**Postersession EnEff2050Begleit:** - Aktualisierte Querauswertung der Förderinitative - Vorstellung Forschungskolleg „EnEff.Gebäude.2050“ - Methodik zur Bestimmung der THG-Minderungspotentiale - Erkenntnisse der Telefoninterviews zu THG-Minderungspotentialen
TOP 4	14:30 - 15:45	**Thementische** zur Evaluierung des THG-Minderungspotentiales in den Forschungsprojekten: Erfahrungen, Schwierigkeiten und erste Ergebnisse
	15:45 - 16:15	Kaffeepause
TOP 5	16:15 - 17:30	Präsentation von **Zwischenergebnissen** der Projekte und Diskussion (jeweils 20 Minuten): - RokoDaMi - nzeb Hannover - Inno-Nex
	ab 17:30	Ausklang
	ab 19:00	Abendprogramm im: bahnhof blo. bouldercafé wuppertal, Wiesenstraße 118, 42105 Wuppertal

// PROJEKTVORSTELLUNG
Cluster: Demonstrationsgebäude

ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Fotomontage: Bärbel Oftergeld, Hintergrundfoto: Sven Pacher

Solar Decathlon Europe 21 *goes urban!*

Internationaler studentischer Innovationswettbewerb für Gebäude

Der Solar Decathlon Europe findet 2021 erstmals in Deutschland statt und zwar mitten im Zentrum Wuppertals. Er thematisiert die Energiewende im Quartier und damit die architektonische und bauwirtschaftliche Weiterentwicklung des urbanen Gebäudebestands. Umbauen, Anbauen, Aufstocken und Baulücken schließen sind dabei die zentralen architektonischen Aufgaben - Ressourceneffizienz, Suffizienz, Klimaschutz und recyclinggerechtes Bauen zentrale Themen.

Hochschulen aus der ganzen Welt und besonders deren engagierte Studierende beteiligen sich seit Jahren an dem als Solar Decathlon bekannten Gebäude-Energie-wettbewerb. Nach seinem Start in den USA 2002 fand der solare Zehnkampf mittler-weile 13-mal rund um den Globus statt. Auch deutsche Hochschulen nahmen bereits mehrfach erfolgreich teil, darunter 2010 das Wuppertaler Team in Madrid. Seit 2010 gibt es diesen Wettbewerb, in dem sich die internationalen Teams in zehn Disziplinen messen, mit dem Fokus auf solare Plusenergiehäuser auch in Europa.

Deutschland setzt sich seit langem für eine inhaltliche Weiterentwicklung des Wettbe-werbsformats mit dem Ziel ein, das Gebäude im Quartier durch Innovation, hochwertige Architektur und technische Brillanz zum zentralen Baustein einer urbanen Energie-wende zu machen. Das Team um die Bergische Universität Wuppertal, die Stadt, das Wuppertal Institut, die Stadtwerke (WSW), die Neue Effizienz und die Initiative Utopiastadt entwickelten gemeinsam das Konzept für diesen urban ausgerichteten Solar Decathlon Europe. Stadtrevitalisierung und die sich ändernden Lebensstile der Stadtbewohner stellen heutige Planer vor große Herausforderungen. Innovative Nachverdichtungskonzepte und eine Anpassung des Gebäudebestandes sind notwendig auf dem Weg zur energie-effizienten und lebenswerten Stadt. Innovative Architektur für den Weiterbau der Stadt ist gefordert! Geplant und prä-sentiert wird der Entwurf für ein Gesamt-gebäude, gebaut wird ein Demonstrator in 1:1 auf dem Utopiastadt Campus in Wuppertal als ein repräsentativer Teil des Gesamtgebäudes. Bewertet wird in 10 Disziplinen. Eingebettet ist der Wettbewerb in eine umfassende Reallaborforschung, die die Passgenauigkeit der Innovationen, die soziale Angemessenheit ebenso sicherstellt, wie auch deren umfassende Umsetzung fokussiert.

Das Mirker Quartier mit seinem Charakter und seinen Menschen bildet den Kontext der Aufgabe.

Wuppertal ist eine Transformationsstadt, in der der Wandel zur Nachhaltigkeit einen zentralen Platz einnimmt. Eingerahmt durch die Metropolregion Rhein-Ruhr, repräsentiert Wuppertal den Typ Stadt, in dem auch in ganz Europa die meisten Menschen leben. Die lebensnahen Lösungen, die in diesem Wettbewerb von den Teams erarbeitet werden, leisten damit einen zentralen Beitrag auf dem Weg zur ressourceneffizienten, klimaneutralen Stadt. Um den Solar Decathlon Europe 21 goes urban! zu einem dauerhaften Meilenstein in der europäischen Energiewende zu machen, wird beabsichtigt, die meisten Demonstrationsgebäude vor Ort zu erhalten und den Solar Campus in Form eines Living Labs zu einem Lebens- und Lernort weiter zu entwickeln.

Dieser erste urbane Solar Decathlon Europe 21 ist ein Aufruf an die Studierenden, ihre kreativen Ideen in die Praxis umzusetzen und diesen Weg gemeinsam mit der Industrie zu gestalten.

www.energiewendebauen.info

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0019
Projektlaufzeit	1/2019 bis 6/2022
Projekttyp	Innovationsprojekte

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Bergische Universität Wuppertal
Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen
Pauluskirchstr. 7
42285 Wuppertal

Projektleitung: Dr. Daniel Lorberg

STADT WUPPERTAL · WSW · Wuppertal Institut · neue effizienz · UTOPIASTADT

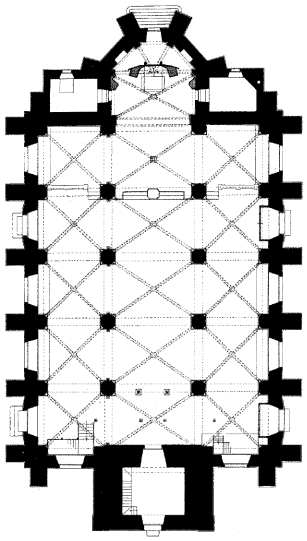
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Energieeffiziente Temperierung in Kirchen

ETiK

Zielstellung des Projektes ist die Pilotumsetzung von dauerhaften und zukunftsfähigen Lösungen zur Beheizung und Lüftung von Kirchbauten unter ökonomischen, ökologischen und konservatorischen Aspekten, um den Menschen weiter die Teilnahme am Gottesdienst zu ermöglichen. Neben einer deutlichen Energieeinsparung sollen langfristig die wertvollen Ausstattungen und Orgeln geschützt und das Verständnis für Nachhaltigkeit durch die Besucher gefördert werden.

Motivation und Projektziel

Die mit der Nutzung von Kirchen verbundenen hohen Energieverbräuche und Heizkosten werden für die Kirchengemeinden zunehmend zu einem Problem. Die aus der Beheizung resultierenden CO_2-Emissionen sind nach dem integrierten Klimaschutzkonzept der Landeskirche Hannovers, den Beschlüssen der anderen Landeskirchen und der EKD deutlich zu reduzieren.

Mit dieser Zielstellung gingen bisher vielfältige Maßnahmen einher. Sinnvolle Kombinationen einer maßvollen konventionellen Grundbeheizung mit verschiedenen Varianten der körpernahen Beheizung, wie Sitzkissenheizungen, klassische oder optimierte moderne Bankbeheizungen können dazu individuelle Lösungen darstellen. Durch verbesserte Berechnungsmethoden für die zu installierende Leistung, die umsichtige Wahl der Temperaturdifferenz zwischen Grund- und Nutzungstemperatur und durch moderne Regelungen kann flächendeckend ein erhebliches Energiesparpotential mobilisiert werden.

Projektablauf

In der ersten Projektphase von zwei Jahren werden Bauwerke, Heizungskombinationen, Lüftungssysteme und Nutzerverhalten in 30 Kirchen genauestens analysiert. Es werden raumklimatische Jahresmessungen und Energieverbräuche in den Kirchen zwischen Nordsee- und Mittelgebirgsklima ausgewertet sowie CO_2-Bilanzen erstellt. Eine Nutzerbefragung wird durchgeführt. Es sollen diejenigen Lösungen gefunden werden, die sich auf ausgewählte Kategorien typischer Kirchbauten übertragen lassen.
In einer zweiten Phase mit 2 ¾ Jahren sollen die ambitionierten Lösungsansätze aus den evaluierten Heizungs- und Lüftungskombinationen auf zehn Kirchen im norddeutschen Raum übertragen, angepasst und weiterentwickelt werden. Örtlichen Planungsbüros werden die Detailplanungen der technischen Komponenten übertragen. So findet schon zu einem frühen Zeitpunkt ein Wissenstransfer statt. Die Projektziele sollen durch Messungen von Raumklima und Energieverbräuchen sowie durch Nutzerbefragungen bestätigt werden.

Angestrebte Ergebnisse

In dem Projekt werden flächendeckend und repräsentativ eine Reihe von ideellen und wirtschaftlichen positiven Ergebnissen auch für Bauherren, Nutzer und für die Denkmalpflege erwartet. Dies betrifft vor allem die Einheit einer energieeffizienten und nachhaltigen Betriebsführung von Kirchbauten unter Beachtung von Behaglichkeit, Raumluftqualität und Nutzerfreundlichkeit. Wesentliche Beiträge zum Schutz der Umfassungskonstruktion, der wertvollen Kunstwerke und Orgeln vor raumklimabedingten Schäden sowie zu einer bauwerksschonenden Fahrweise von Heizungs- und Lüftungsanlagen bei hohem Bedienkomfort werden angestrebt. Diese Wirkungen werden kurzfristig in ihrer Tendenz eingeschätzt und können nach einigen Jahren zuverlässig gemessen werden.

Die evangelischen Landeskirchen stoßen mit diesem Vorhaben auf ein großes öffentliches Interesse, auch in den Bereichen von Politik, Kunst und Kultur, Wissenschaft, Architektur, Ingenieurtechnik und Umweltschutz.

www.energiewendebauen.info

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0020A
Projektlaufzeit	04/2019 bis 12/2023
Themenschlagworte	Sakralbauten, Energieeinsparung, Grundheizung, körpernahe Heizung, Messung, Simulation
Projektpartner	Ev.-luth. Landeskirche Hannovers Zentrum für angewandte Forschung und Technologie e.V. Berliner Institut für Sozialforschung GmbH
Projektart	Transformationsprojekt

ETiK

Autoren
Dip.-Ing. Arch. Werner Lemke
Leitender Baudirektor
Ev.-luth. Landeskirche Hannovers

Prof. Dr.-Ing. Gunter Lauckner
Zentrum für angewandte Forschung und Technologie e.V.

Evangelisch-Lutherische Landeskirche Hannovers

ZAFT Zentrum für angewandte Forschung & Technologie an der HTW Dresden

Berliner Institut für Sozialforschung GmbH

Ingenieurbüro Niehsen-Baumann

Energieberatung-CO_2

ENERGIE WENDE BAUEN

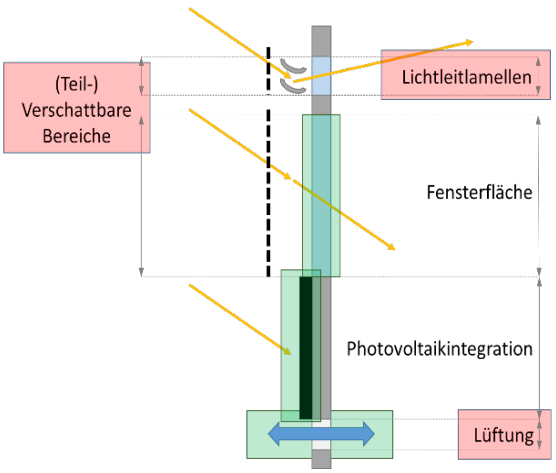
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Entwurf – Visualisierung hks | Architekten



Klimaneutraler Verwaltungsbau – dynamisches und dezentrales Energiesystem

Im Zuge des Projektes „Klimaneutraler Verwaltungsbau“ soll am Beispiel eines Verwaltungsneubaus demonstriert werden, wie durch bauliche Integration von erneuerbaren Energie in die aktive Gebäudehülle und die Nutzung bisher ungenutzter Abwärmepotentiale ein Gebäude mit komplexem Energiesystem als Plusenergiegebäude gebaut werden kann.

Motivation und Projektziele

Infolge einer geplanten Neubaumaßnahme auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich entsteht ein Gebäude mit flexiblen Büro-, Besprechungs- und Seminarräumen für ca. 300 neue Büroarbeitsplätze. Darüber hinaus sind einige Bereiche mit umfassender IT-Infrastruktur zu Zwecken zukunftsweisender Datenverarbeitung auszustatten. Der Neubau soll in seiner Planung und dem späteren Betrieb durch begleitende, innovative Forschungsansätze erweitert werden, um übertragbare Konzepte zur Verbesserung der Energieeffizienz in Gebäuden und Quartieren zu entwickeln.

Durch die Projektmaßnahmen soll mindestens eine Einsparung von 80 % nicht-erneuerbarer Primärenergie gegenüber einem FZJ-Referenzgebäude aus dem Jahre 2008 erzielt werden. Anschlussprojekte und weitere regenerative Integration sollen zu einer positiven Primärenergiebilanz des Gebäudes führen.

Das Projektvorhaben ist Teil der übergeordneten Helmholtz-Initiative *Living Lab Energy Campus Jülich (LLEC)*, welche den Transformationsprozess eines zentral versorgten Energiesystems einer energetisch komplexen Liegenschaft zu einer dezentralen, dynamischen und sektorgekoppelten Energieversorgungsinfrastruktur umsetzt.

Projektinhalte und Projektstruktur

Folgende vier Forschungsansätze stellen die Grundpfeiler des Projekts:

- Demonstration einer innovativen Fassade mit fassadenintegrierten PV-Modulen, Lichtleitelementen und dezentralen Lüftungssystemen (siehe Abbildung)
- Demonstration eines bedarfsgerechten, dynamischen und optimierten Gebäudebetriebs auf Basis von Echtzeitdaten und modellbasierten prädiktiven Regelungsstrategien für das Gebäudeenergiesystem und übergeordnete Systemen (multi-level MPC)
- Demonstration eines kalten Nahwärmenetzes, das bisher ungenutzte Abwärme aus dem nahegelegenen *Jülich Supercomputing Center (JSC)* auskoppelt und den Neubau sowie den Rest der Liegenschaft mit Heizenergie versorgt
- Demonstration einer cloud-basierten IKT-Plattform für Monitoring, Simulation, Optimierung und Regelung in Form des *Data and Energy Service Lab*

Die IKT-Plattform soll darüber hinaus als Grundlage für ein web-basiertes *Energy Dashboards* fungieren, das mit spielerischen Ansätzen („*Gamification*“) nachhaltige Verbrauchsreduktion anvisiert.

Auswertung und Ergebnisse

Durch Demonstration der oben genannten vier innovativen Forschungsansätze und Nutzung zukunftsweisender Datenverarbeitung mittels High-Performance-Computing sollen Leuchtturmeffekte sowohl für andere Forschungseinrichtungen als auch kommerzielle Nutzer erzielt werden. Entwickelte Planungshilfsmittel und Softwaremodule werden *open source* entwickelt und bilden die Grundlage für weitere Forschungsvorhaben für die weltweite Energiezukunft.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0010A
Projektlaufzeit	01/2018 bis 12/2019
Themenschlagworte	Modellprädiktive Regelung, innovative Fassade, Abwärmenutzung, Niedertemperaturnetz
Projektart	Transformationsprojekt

JÜLICH Forschungszentrum

Autoren

Maximilian Mork
IEK 10, Modellierung von Energiesystemen
m.mork@fz-juelich.de

Dr. André Xhonneux
IEK 10, Modellierung von Energiesystemen
a.xhonneux@fz-juelich.de

ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Architektur und Renderings:
Hegger+Hegger+Schleiff Planer & Architekten AG Kassel

AktivPLUS Studentenwohnheim Campo V in Stuttgart-Vaihingen

Ziel ist die Umsetzung eines ganzheitlichen, innovativen Energiekonzepts, das den nahezu klimaneutralen Gebäudestandard sowie den Forderungen der EU an den `nearly-zero-energy-building´-Standard (Niedrigstenergie-Gebäude) erreicht. Die dafür notwendigen innovativen Technologien und Methoden werden in der Praxis demonstriert und evaluiert.

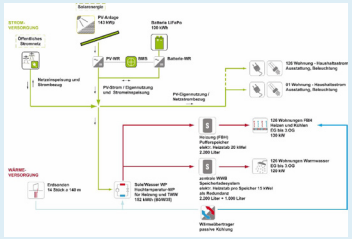
Motivation und Projektziele

Die für die Umsetzung des Niedrigstenergie-Gebäudestandards notwendigen innovativen Technologien und Methoden werden in der Praxis demonstriert und evaluiert.
Das Studenten-Wohnheim mit innerstädtischer Lage ist im Kontext von Nutzung und Lage ein besonders wertvolles Demonstrationsprojekt zur Verfolgung der Ziele im Nationalen Aktionsplan Energie (NAPE) der Bundesregierung.

Über die eingebaute Mess- und Monitoring-infrastruktur können die Betriebsdaten, die Gebäudeperformance und die Innenraum-qualität differenziert dargestellt werden. Für Transparenz und Akzeptanz des zukunftsfähigen Projektes sorgt ein von der Firma mondayvision entwickeltes Nutzerinterface für die Bewohner, das über eine App zu Verfügung gestellt wird. Dieses wird auf die Visualisierung der Energie-verbrauchswerte der einzelnen 126 Wohnein-heiten (Micro-Wohnungen) zugeschnitten und kann mit weiteren Funktionen ergänzt werden.

Energiekonzept

Die Wärmebereitstellung für Trinkwarmwasser und Raumheizung erfolgt über eine Sole/Was-ser-Wärmepumpe mit senkrechten Erdsonden. Ein großes Pufferspeicher-Volumen soll den Eigennutzungsanteil der PV-Anlage erhöhen. Die Wärmeübergabe an die Wohnungen erfolgt über eine Fußbodenheizung. Im Sommer dient diese zur Kühlung (passive Kühlung über die Erdsonden und Wärmetauscher) und gleich-zeitig zur Regeneration des Erdsondenfeldes. Auf den unterschiedlich orientierten Schräg-dächern wird eine PV-Anlage mit insgesamt rd. 143 kWp installiert. Zur Erhöhung der Eigen-stromnutzung wird ein Stromspeicher mit rund 100 kWh (Lithium-Eisen-Phosphat) eingebaut.



Auswertung und Ergebnisse

Über verschiedene Betriebsstrategien soll die Energieeffizienz und die Gebäudeperformance gesteigert werden.

Hierfür wurde ein detailliertes Mess- und Moni-toringkonzept entwickelt. Die Anlagentechnik soll detailliert erfasst und überwacht werden. Zudem erfolgt eine genaue Erfassung von Wärme- und Stromverbräuchen aller 126 Woh-nungen, sowie der Kälteabnahme, des Wasser-verbrauchs und der Luftqualität in 20 Muster-wohnungen. Hiermit können die Ansätze aus der Planung überprüft und auf weitere Bau-vorhaben übertragen werden.

Über eine detaillierte Überwachung der Strom-erzeugung und Speicherung soll über die Unter-suchung verschiedener Betriebsstrategien die Eigenstromnutzung des Gebäudes erhöht werden. Neben den Nutzerauswertungen wird das Mieterstrommodell analysiert.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0011A;03EGB0011B
Projektlaufzeit	03/2018 bis 02/2021
Themenschlagworte	AktivPLUS, Mikrowohnungen, Stromspeicher, Flächenheizung, Wärmepumpe, Betriebsoptimierung, Low-Ex Energiequelle, Nutzerinterface
Projektpartner	Wohnbau-Studio Planungsgesellschaft mbH & Co. mondayVision UG
Projektart	Transformationsprojekt

Steinbeis-Innovationszentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik (EGS)

Autoren
Steinbeis-Innovationszentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik
Leonie Nietfeld, B.Eng.
leonie.nietfeld@siz-egs.de

Dr. Christian Kley
christian.kley@siz-egs.de

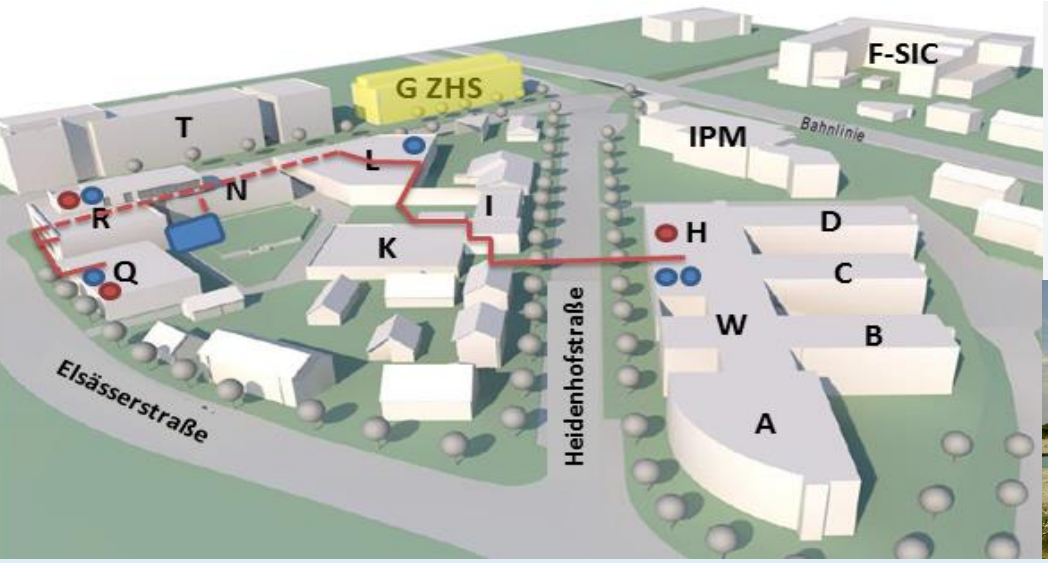
ENERGIE WENDE BAUEN

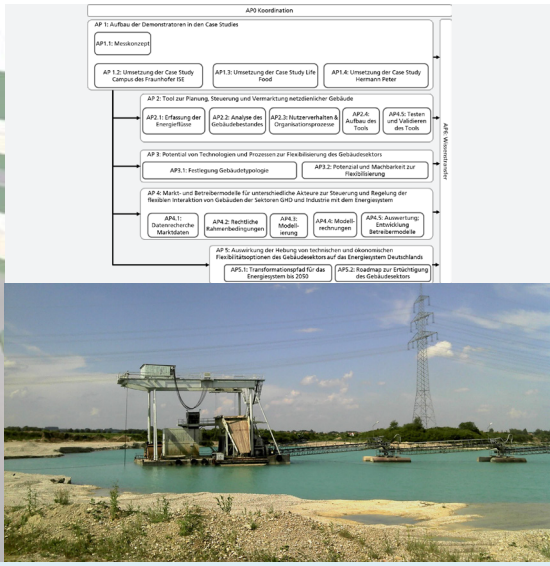
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





FlexGeber

Im Projekt FlexGeber sollen neuartige Lösungen zur Steigerung und Qualitätssicherung der Energieeffizienz und zur Integration erneuerbarer Energien in 3 Case Studies - in GHD und Industrie - demonstriert und auf dieser Basis das lokale und nationale Flexibilitätspotenzial abgeschätzt werden.

Motivation und Projektziele

Der Strom- und Wärmebezug in Industrie und GHD verursacht auf Erzeugungsseite 35 % der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 % bis zum Jahr 2050 im Vergleich zu 1990, erfordern

- eine Erhöhung und Marktdurchdringung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Energieeinsparung im gesamten Gebäudesektor,
- einen Zubau an erneuerbaren Energien und damit einhergehend eine Transformation des gesamten Energiesystems Deutschlands und
- die gezielte Nutzung und Bewirtschaftung von Flexibilitäten im Energiesystem, um auf den steigenden Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien zu reagieren.

Ziel des Projektes ist es, neuartige Wärme- und Kälteerzeugungstechnologien sowie neue Lösungen zur Steigerung und Qualitätssicherung der Energieeffizienz und zur Integration erneuerbarer Energien in 3 Case Studies - in GHD und Industrie - zu demonstrieren. Es soll gezeigt werden, wie die einzelnen Sektoren Strom, Wärme und Kälte effizient gestaltet werden können und durch eine Verknüpfung das Potenzial zur Flexibilisierung in der Industrie und im GHD-Sektor gehoben werden kann. Hierfür werden Markt- und Betreibermodelle entwickelt, die die Schnittstellen der Sektoren adressieren und die Einbindung der GHD- und Industriebetriebe in die Energiewirtschaft schaffen. Es werden zudem die identifizierten Flexibilitätsoptionen im Gebäudesektor in ein regionales und deutschlandweites Energiesystem- und Energiemarktmodell eingebunden, um deren Interaktion mit dem Energiesystem und die damit verbundenen Auswirkungen zu bewerten.

Projektinhalte und Projektstruktur

In AP 1 werden drei Demonstratoren aufgebaut und durch Messequipment ausgestattet. Die Demonstratoren in AP1 werden flankiert durch das AP2, in dem ein Tool entwickelt wird, das sowohl den Vorteil der Flexibilitätsoptionen, als auch der Erhöhung der Effizienz sowie Anteile Erneuerbarer Energien für Kunden aus GHD und Industrie einfach und klar darstellen kann.

In AP3 erfolgt eine Erarbeitung des Potenzials zur Flexibilisierung in den Bereichen GHD und Industrie. Hier liegt der Fokus auf der Bewertung, welche Maßnahmen zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand in Nichtwohngebäuden führen können. In AP 4 erfolgt eine modellbasierte Analyse der optimalen Gestaltung der Energieversorgung und Nutzung der Flexibilitätspotenziale für jeden Demonstrator. Die Synthese der Arbeiten und ein Pfad zur Zielerreichung des nahezu klimaneutralen Gebäudebestands wird in AP5 umgesetzt. Hier soll zudem für die relevanten Stakeholder eine Roadmap erstellt werden, die zu einer verbreiteten Bereitstellung von Flexibilitäten und damit auch einer Reduktion des Primärenergiebedarfs im Gebäudesektor von GHD und Industrie führt.

Auswertung und Ergebnisse

Im Projekt werden für die Case Studies Energieeffizienz- und Flexibilitätskonzepte erarbeitet. Weiterhin liefert es Erkenntnisse darüber, welche Hemmnisse und Potenziale für die Erschließung von Flexibilitäten bei GHD und Industrie existieren.

www.energiewendebauen.info

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0001A
Projektlaufzeit	10/2017 bis 12/2019
Themenschlagworte	Energieeffizienz, Energiespeicherung, Flexibilität, EE-Integration, GHD, Industrue
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie, Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM), Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU), ENIT Energy IT Systems GmbH, Taifun-Tofu GmbH, Hermann Peter KG
Projektart	Innovationsprojekt

Autoren
Jessica Thomsen
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
jessica.thomsen@ise.fraunhofer.de

ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

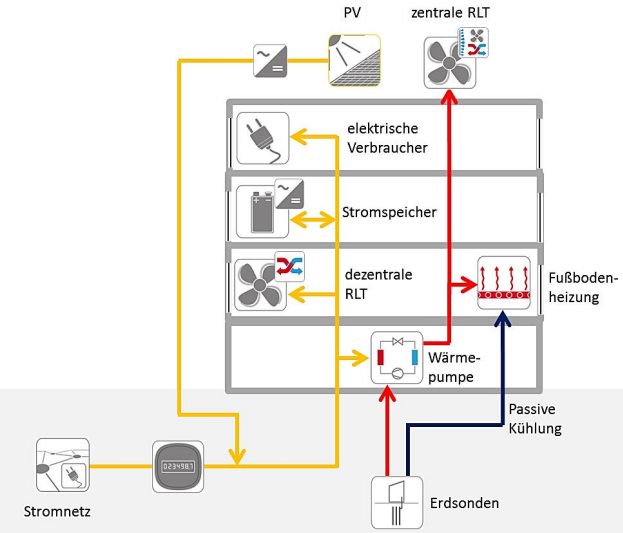
Ko-Förderung durch:

enercity proKlima Fonds

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Systemstandards und Qualitätsmanagement für Nearly Zero Energy Buildings

Mit diesem Forschungsprojekt sollen Systemstandards und ein darauf abgestimmtes energetisches Qualitätsmanagement (EQM) entwickelt werden, damit Nearly Zero Energy Buildings als Gebäudestandard besser in der Planungs- und Baupraxis eingeführt werden können. Der Neubau des „Förderzentrums auf der Bult“ der Region Hannover dient der Erprobung und Demonstration der Ergebnisse.

Motivation und Projektziele

Die flächendeckende Umsetzung eines Gebäudestandards mit einem in der Jahresbilanz nahezu neutralen Energieverbrauch ist ein grundlegender Lösungsansatz, um die klimapolitischen Ziele in Deutschland zu erreichen. Bei der Energieversorgung der Gebäude kann sowohl auf eine Vielzahl neuer, als auch auf bewährte Technologien zurückgegriffen werden. Dies führt zu einer zunehmenden Komplexität und einer höheren Anfälligkeit für Qualitätsdefizite in Planung, Errichtung und Betrieb. Neben der Entwicklung der Basistechnologien, z. B. effizienter Erzeugungskomponenten, ist eine der zentralen Herausforderungen, in der Fülle der Einzelprojekte sowohl eine angemessene Systemkonzeption, als auch ein effektives Qualitätsmanagement umzusetzen. Nur so können die theoretisch möglichen Ziele in der Praxis auch tatsächlich erreicht werden.

Projektinhalte und Projektstruktur

Zentrale Idee des Forschungsprojektes ist die Entwicklung, Aufbereitung und Multiplikation nachweislich funktionierender, robuster Systemstandards und qualitätssichernder Prozesse in der Planungs-, Errichtungs- und Nutzungsphase. Die Begleitung des Bauvorhabens des Förderzentrums auf der Bult dient der Erprobung der Praxistauglichkeit sowie der Definition von Anlagen- und Raumstandards für eine „Nearly Zero Energy School“. Darüber hinaus soll mit der Begleitung der Inbetriebnahme sowie mit der Durchführung eines energetischen und funktionalen Betriebsmonitorings die planmäßige Umsetzung des nachhaltigen und potentiell sehr robusten Gebäudekonzeptes unterstützt werden.

Die Durchführung von Nutzerworkshops und einer Informationsveranstaltung sowie die Mitgestaltung eines Nutzerhandbuchs sollen den energetisch rationellen und zweckmäßigen Umgang mit dem Gebäude ermöglichen und nicht zuletzt die Zufriedenheit der Nutzer erhöhen.

Auswertung und Ergebnisse

Die Projektergebnisse und Erfahrungen mit dem Demogebäude münden in leicht übertragbare und robuste Anlagen- und Raumstandards für Bildungsbauten. Entwickelte und erprobte qualitätssichernde Prozesse ermöglichen eine plankonforme, hochqualitative Umsetzung der enthaltenen Komponenten. In einer Reihe von Workshops werden die Ergebnisse kommunalen Bauherren vorgestellt und diskutiert. Die Multiplikation der Neuentwicklungen erfolgt unter anderem über ein Handbuch zu „EQM-Prozessen für kommunale Nearly Zero Energy Gebäude“ inklusive eines Leitfadens zur Einführung eines kommunalen EQM.

Die Verwendung erprobter Standards und die Durchführung einer effektiven Qualitätssicherung verringert den Performance Gap und damit den Primärenergieverbrauch durch die Gebäude-Energieversorgung. Die Adressierung kommunaler Bauherren soll einen flächendeckenden Einsatz der Ergebnisse und eine Multiplikation der verminderten Klimawirkung gewährleisten.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0003A
Projektlaufzeit	09/2017 bis 12/2019
Themenschlagworte	Standardisierung, Qualitätssicherung, Bildungsbauten, NZEB, Inbetriebnahme-Management, Nutzereinbindung, Technisches Monitoring
Projektpartner	Steinbeis-Innovationszentrum energie+
Projektart	Innovationsprojekt

Steinbeis-Innovationszentrum energie+

Autoren

Dr.-Ing. Stefan Plesser
SIZ energie+
stefan.plesser@stw.de

Martin Laatsch, M.Sc.
SIZ energie+
martin.laatsch@stw.de

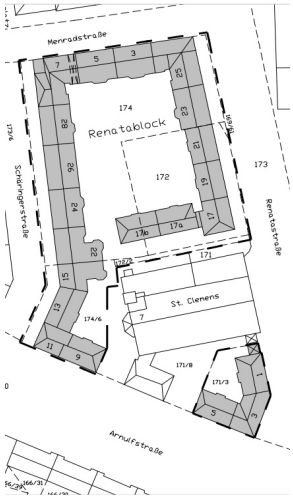
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

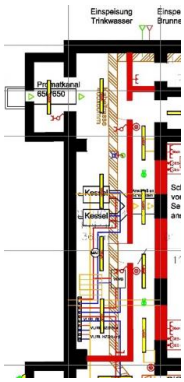
Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Renatablock, München



Beuth Hochschule für Technik Berlin // Baugenossenschaft des Post- und Telegrafenpersonals //

Teilprojekt: Sozialwissenschaftliche Begleitung

- **Partizipative Herangehensweise**
- **Mixed-Methods-Ansatz:**
  Verknüpfung qualitativer und quantitativer Daten

IREES Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien

Interviews

schriftliche Befragung

objektive Daten (Messdaten)

Das Fraunhofer IRB

Wissenstransfer für Baupraxis und Wissenschaft

Fraunhofer IRB Verlag	Baudatenbanken	Bauforschung

Eff:Tec[So]-modIn
Energieeffiziente Quartiers-Modernisierung

Im ausgewählten Quartier genossenschaftlicher Wohnungsbestände werden sozial verträgliche, innovativ-technische Modernisierungs- und Instandsetzungskonzepte entwickelt und modellhaft als Leuchtturmprojekt im Reallabor durchgeführt. Das Vorhaben zeichnet sich durch einen interdisziplinären Ansatz aus, der bautechnisches und sozialwissenschaftliches Fachwissen sowie Kenntnisse im Wissenstransfer vereint.

Motivation und Projektziele
Das Vorhaben zielt darauf ab, zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes beizutragen, indem Lösungen für energetische Bestandssanierungen entwickelt werden. Dabei sollen neuartige und vorhandene technische Lösungen intelligent miteinander kombiniert werden. Insbesondere soll über eine thermische Außenwandaktivierung eine Grundtemperierung sichergestellt werden. Der Ansatz zielt auf eine Modernisierung über eine modulare Instandsetzung im bewohnten Zustand ab.

Projektinhalte und Projektstruktur
Die Gebäude sollen nach der Modernisierung die EnEV-Vorgaben erfüllen. Die Werte der Referenzwohnung werden mit den zuvor erhobenen Daten des Ist-Zustandes im Quartier verglichen.

AP 1: Recherche zu Literatur, Material, Technologie, regulatorische Hindernisse

AP 2: Datenaufbereitung & Aufbau Wissensplattform

AP 3: Bestandsdatenanalyse / Energiebedarfsanalyse

AP 4: Bestandsaufnahme geometrischer & technischer Daten

AP 5: Aufbau Feldlabor / Messpunkte

AP 6: Implementierung Nutzerprofile

AP 7: Auswertung & Dissemination

Auswertung und Ergebnisse
Anhand einer Referenzwohnung soll unter realen Bedingungen das realisierbare, wirtschaftliche und funktionelle Optimum aus Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit und Nutzerkomfort für sozialverträgliche energetische Bestandssanierungen bestimmt werden.
Die Erkenntnisse aus der ersten Projektphase können in der Modernisierung des gesamten Quartiers angewendet, weiter entwickelt und überprüft werden. Darauf aufbauend sollen die entwickelten Methoden und Ansätzen hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf Wohnungsbaugesellschaften und Bundesländer überprüft werden.
Die Dissemination der Projektergebnisse wird über die Tätigkeit in Kompetenzclustern, der eigens entwickelten Internetseite, wissenschaftlichen Publikationen sowie über Verbreitungskanäle des Projektpartners Fraunhofer IRB vorangetrieben.
Das Forschungsvorhaben versucht insbesondere ökonomische und soziale Hemmnisse abzubauen, indem durch die realitätsnahe, nutzerorientierte Umsetzung wichtige Schwierigkeiten untersucht und in die technische Umsetzung mit einbezogen werden.

www.energiewendebauen.info

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0012B
Projektlaufzeit	07/2018 bis 06/2020
Themenschlagworte	Außenwandaktivierung, Bestand, Energetische Sanierung, Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Solarenergie, systemischer Ansatz
Projektpartner	Beuth Hochschule für Technik Berlin, Fraunhofer IRB, IREES, Baugenossenschaft des Post- und Telegrafenpersonals
Projektart	Innovationsprojekt

BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN
University of Applied Sciences

Prof. Katja Biek
Beuth Hochschule für Technik Berlin
biek@beuth-hochschule.de

Angelika Lückert
Fraunhofer Informationszentrum Raum und Bau IRB
angelika.lueckert@irb.fraunhofer.de

// PROJEKTVORSTELLUNG
Cluster: Geschäftsmodelle

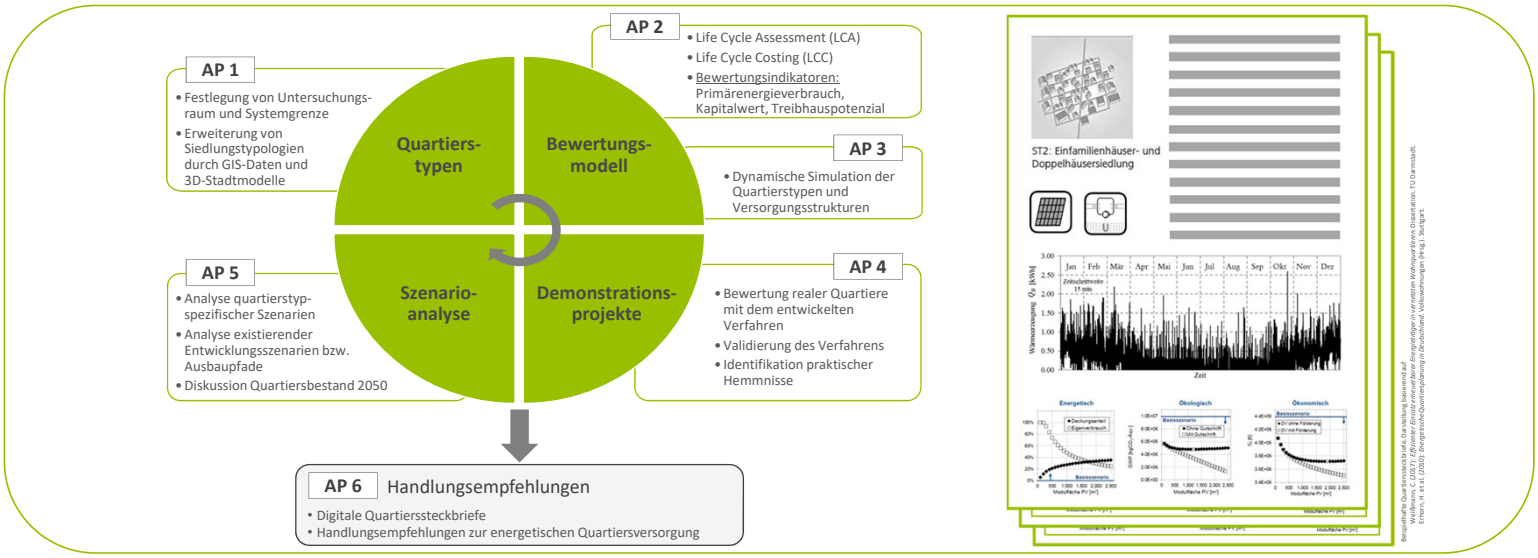
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



E⁴Q – Einbindung erneuerbarer Energieträger in die Energieversorgung vernetzter Quartiere

Im Forschungsprojekt E⁴Q wird ein bestehendes Verfahren zur möglichst realitätsnahen Analyse von Sanierungs- und Versorgungskonzepten urbaner Quartiere weiterentwickelt. Die Bewertung der Quartiere erfolgt über Indikatoren in den Bereichen Energieversorgung, Ökonomie und Ökologie. Als Ergebnisse werden Quartierssteckbriefe mit Versorgungsvarianten und Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger in frühen Projektphasen abgeleitet.

Motivation und Projektziele

Die effiziente Einbindung erneuerbarer Energieträger in die Versorgung von Gebäuden ist ein wichtiger Baustein des nationalen Energiekonzeptes. Aufgrund der vermuteten Synergieeffekte werden Versorgungsstrukturen auf Quartiersebene eine besondere Bedeutung beigemessen. Ziel des Forschungsprojekts ist die Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Erreichung einer realitätsnahen energetischen, ökologischen und ökonomischen Bewertung verschiedener vernetzter, nicht-vernetzter und sektorgekoppelter Versorgungsvarianten für urbane Bestands- und Neubauquartiere. Dieses Verfahren wird an Demonstrationsvorhaben validiert und in Szenarioanalysen angewendet. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger aus der kommunalen Verwaltung, der Politik sowie aus der Wirtschaft abgeleitet.

Projektinhalte und Projektstruktur

Das Projekt gliedert sich in sechs Arbeitspakete. Zunächst werden existierende Ansätze zur Definition von urbanen Siedlungsstrukturen hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit im Projekt untersucht. Eine Validierung erfolgt mithilfe realer GIS-Daten und an 3D-Stadtmodellen. Die Bebauungsstruktur sowie die räumliche Ausdehnung sollen so quantifizierbar werden. (AP1) Weiterhin wird eine Methodik zur Bewertung von Energieversorgungskonzepten weiterentwickelt. Die Anwendbarkeit der im Modell verwendeten Indikatoren wird überprüft. (AP2) Um eine präzise Bewertung der gewählten Indikatoren zu ermöglichen, werden die Energieflüsse in Quartieren dynamisch abgebildet und in das Bewertungsmodell übertragen. Dazu wird eine bestehende Profilbibliothek für Wärme- und Stromerzeugungsanlagen sowie Typgebäude adaptiert. Weiterhin erfolgt die Entwicklung einer Methodik zur realitätsnahen Abbildung des Verhaltens verschiedener Nutzergruppen. (AP3) Zur Validierung von Simulation und Bewertungsmethodik wird das Modell an mehreren Demonstrationsquartieren erprobt. (AP4) Die Anwendung der Methodik auf definierte Typquartiere und die Analyse existierender Entwicklungsszenarien für die untersuchten Versorgungsvarianten erlauben u.a. einen Korridor zukünftiger Energie- und CO_2-Einsparungen bei gleichzeitiger Wahrung der Wirtschaftlichkeit aufzuzeigen. (AP5)

Auswertung und Ergebnisse

Mit dem entwickelten Tool werden digitale Steckbriefe erstellt. Diese können o.g. Akteuren helfen, frühzeitig mit geringem Aufwand Potenziale abzuschätzen. Die Steckbriefe werden die Bewertungsergebnisse hinsichtlich des Energiebedarfs, der Kosten und der Umweltwirkungen sowie die Quartierszusammensetzung beinhalten und deren Versorgung darstellen. Eine einheitliche und einfache Datenstruktur erlaubt die Adaption digitaler, katalogisierter Typgebäude durch die Anwender. Für Realquartiere können so mögliche Versorgungskonzepte dimensioniert und bewertet werden.

Mit Unterstützung der assoziierten Praxispartner entwickelte Handlungsempfehlungen erleichtern die Entwicklung und die Kommunikation innovativer Sanierungs- und Versorgungskonzepte.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0014A/B
Projektlaufzeit	12/2018 bis 11/2020
Themenschlagworte	Quartier, Energetische Modernisierung, erneuerbare Energien, Sektorkopplung, Lebenszyklusbewertung, Quartierstypologie, Handlungsempfehlungen
Projektpartner	Technische Universität Darmstadt - Institut für Massivbau Institut Wohnen und Umwelt
Projektart	Innovationsprojekt

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
Institut für Massivbau

IWU

Autoren

Johannes Koert
Institut für Massivbau, TU Darmstadt
koert@massivbau.tu-darmstadt.de

André Müller M.Sc.
Institut Wohnen und Umwelt
a.mueller@iwu.de

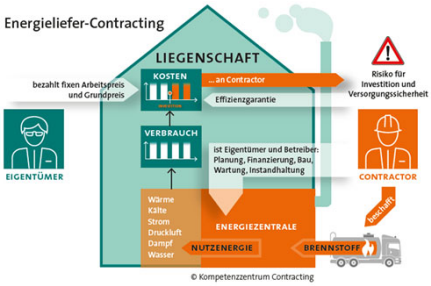
ENERGIE WENDE BAUEN

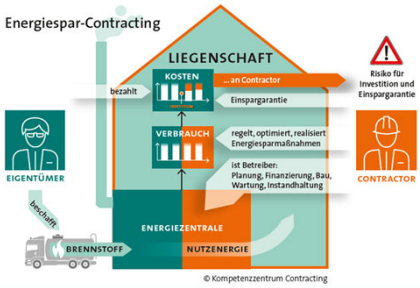
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





CoSo – Contracting für Sozialeinrichtungen

Das Verbundvorhaben „CoSo“ – Contracting für Sozialeinrichtungen - zielt darauf ab, auf Basis einer eingehenden Analyse der vorhandenen technischen, administrativen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Anreizstrukturen der Akteure passgenaue Tools für die stärkere Implementierung von Energiespar- und Energieliefer-Contracting in Sozialeinrichtungen zu erarbeiten.

Motivation und Projektziele
In Deutschland besteht ein immenser Sanierungsstau in rund 2.000 Krankenhäusern, 1.240 Vorsorge- und Rehabilitationszentren, 13.000 Pflegeheimen und sonstigen stationären Einrichtungen der Wohlfahrtspflege, obwohl bspw. Krankenhäuser zu den energieintensivsten Verbrauchern des Sektors Dienstleistung gehören.

Im Verbundvorhaben „CoSo“ sollen auf Basis einer eingehenden Analyse der vorhandenen technischen, administrativen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Anreizstrukturen der Akteure passgenaue Tools für die stärkere Implementierung von (Energiespar)-Contracting in Sozialeinrichtungen erarbeitet werden.

Projektinhalte und Projektstruktur
Das Forschungsprojekt gliedert sich in fünf Arbeitspakete:
AP 1: Wissenschaftliche und administrative Projektkoordination sowie Netzwerkaufbau zur Ermittlung von Basisdaten
AP 2: Analyse von Rahmenbedingungen für die Implementierung von Energieeffizienzmaßnahmen in Sozialeinrichtungen
AP 3: Erarbeitung von Maßnahmenpaketen für einzelne Liegenschaftskategorien und Erstellung eines Onlineschnellrechners sowie eines „CoSo“ Kalkulationstools
AP 4: Modifizierung der klassischen Modelle des Energiespar- und Effizienz-Contractings für Sozialeinrichtungen
AP 5: Verbreitung und Verstetigung des neuen Geschäftsmodells

Auswertung und Ergebnisse
In Zusammenarbeit mit Sozialeinrichtungen, Contractoren, Facility-Managern und Finanzierern werden die Grundlagen für ein praxistaugliches Geschäftsmodell „Contracting in Sozialeinrichtungen“ erarbeitet, die dann in einem weiteren Schritt auf andere Energieeinspar- und Effizienz-Contractingbereiche übertragen werden sollen.

Die ermittelten Grundlagen sollen im Laufe des Projekts in enger Zusammenarbeit mit zukünftigen Anwendern zu einem wertvollen Werkzeugkasten für Betreiber von Sozialeinrichtungen sowie Contracting-Unternehmen zusammengefasst werden. Begleitet werden die Umsetzungs- und Toolentwicklungsarbeiten im Projekt „CoSo“ durch umfangreiche Qualifizierungs-, Informations- und Kommunikationsmaßnahmen, um die Akzeptanz der neuentwickelten Instrumente sowie deren großflächige Anwendung im sozialen Bereich umfassend voranzutreiben.

Zur engen Verdrahtung mit der Praxis ist ein Begleitkreis vorgesehen, der sich regelmäßig im Rahmen von Workshops und je nach Bedarf über die Diskussion von Zwischenergebnissen mit dem Konsortium kurzschließt. Es sind 6 Workshops in 3 Jahren geplant, jeweils gemäß dem Stand der Arbeitspakete. Im Begleitkreis sind Praxisvertreter der Sozialeinrichtungen als auch Anbieter von Effizienzdienstleistungen willkommen.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0017A
Projektlaufzeit	03/2019 bis 02/2022
Themenschlagworte	Contracting, Energetische Gebäudesanierung, Sozialeinrichtungen, Sanierungsstau, Toolentwicklung
Projektpartner	DENEFF – Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e.V. KEA - Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
Projektart	Innovationsprojekt

HFT Stuttgart
zafh.net
DENEFF
Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH

Autoren
Andreas Schmitt
Hochschule für Technik Stuttgart, Zentrum für Nachhaltige Energietechnik (zafh.net)
andreas.schmitt@hft-stuttgart.de

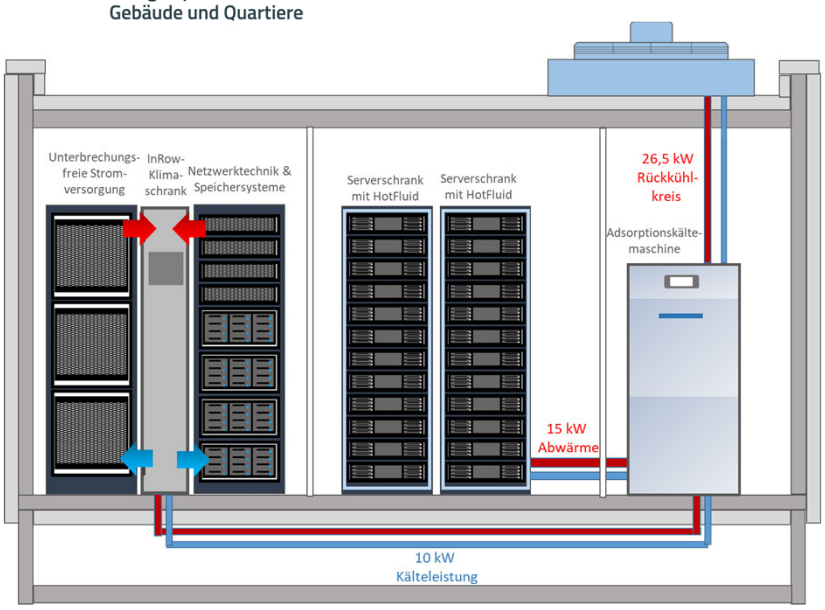
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



HotFlAd

Abwärmenutzung aus Kompakt-Rechenzentren mit Hot-Fluid-Adsorptionskälte-System (HotFlAd)

Die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft führt zu einem Anstieg des Energiebedarfs der Rechenzentren. Seit 2010 stieg der Stromverbrauch der Rechenzentren in Deutschland um etwa 40%. Besonders kompakten sogenannten Edge-Rechenzentren wird in Zukunft ein starkes Wachstum prognostiziert. HotFlAd stellt ein innovatives IT- und Gebäudekonzept dar, mit dem Symbiosen aus anfallender IT-Abwärme und der Bereitstellung von Klimakälte für entsprechende Rechenzentren für eine verbesserte Energieeffizienz ermöglicht wird.

Motivation und Projektziele

Trotz deutlicher Effizienzsteigerungen steigt der Energieverbrauch von Rechenzentren jedes Jahr weiter an. Technologien wie der 5G Mobilfunk, das Internet-der-Dinge, sprachgesteuerte Heimassistenten oder auch das autonomen Fahren werden immer weiter steigende Rechenzentrumskapazitäten erfordern. Für den Bereich Edge-Computing – also dezentrale Rechenleistung am Rande des Internets - wird ein enormes Wachstum prognostiziert. Das führt zu immer mehr kompakten sogenannten Edge-Rechenzentren, die mit ihrer Nähe zum Anwender unter anderem eine schnelle Signalübertragung und mehr Datenschutz ermöglichen.
Um dieses Wachstum energieeffizient zu ermöglichen, sind neue Konzepte von Gebäudeintegrierter Wärme-/Kälteinfrastruktur und nötig. Durch die Adsorptionskühlung können konventionelle Kompressionskälteanlagen ersetzt werden. Außerdem soll die Bereitstellung von Wärme für lokal umliegende Anwender durch das Konzept ermöglicht werden.
Das Gesamtziel dieses Projekts besteht in der Demonstration eines innovativen weitgehend klimaneutralen Kühlungskonzepts, das auf der Nutzung der Abwärme der IT Komponenten im Gebäude basiert. Gegenüber konventionell erzeugter Kälte mit Kompressionskältemaschinen soll der Aufwand an Energie auf 1/3 reduziert werden.

Projektinhalte und Projektstruktur

Das Projekt gliedert sich in 7 Arbeitspakete (AP), die zum Teil stark miteinander verknüpft sind oder aufeinander aufbauen.
In AP 1 werden Anforderungen definiert, Marktpotentiale ermittelt und zusammen mit Stakeholdern Geschäftsmodelle entwickelt. Außerdem werden Energie- und CO2 Einsparpotentiale der Labor- und Feldversuche auf nationaler Ebene skaliert.
Das Arbeitspaket 2 beinhaltet den Entwurf und die Umsetzung des Testsystems.
Die Optimierung der Komponente n im System erfolgt in AP 3 verteilt über die erste Hälfte des Projekts.
Das AP 4 stellt sicher, dass die entwickelte Lösung in einem möglichst breiten Anwendungsfeld angewandt bzw. übertragen werden kann und das fundamentale Design eine möglichst breite Anwendung in verschiedenen IT-Systemen (Servern), RZ-Ausstattungstypen sowie verschiedenen Standorten ermöglicht.
In AP 5 wird die Umsetzung des Systems im Feldtest angelehnt an der Laborumsetzung von AP 2 durchgeführt.
Das Monitoring der Versuchsanlagen wird in AP 6 umgesetzt, in dem für beide Versuchsanlagen ein Monitoringkonzept erarbeitet wird und über die gesamte Laufzeit der Tests Daten erhoben und bereitgestellt werden.
In Arbeitspaket 7 wird das Gesamtsystem iterativ mit der Komponentenoptimierung in AP3 weiter verbessert.

Auswertung und Ergebnisse

Die Daten der Labor- und Feldversuche fließen in eine direkte Auswertung. Die Einsparpotentiale werden anhand von Daten zur Struktur des Bestands der deutschen Rechenzentren skaliert, um nationale Effizienzpotentiale zu ermitteln.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0018B
Projektlaufzeit	01/2019 bis 12/2021
Themenschlagworte	Abwärmenutzung, GreenIT, Adsorptionskälte, Hot-Fluid-Computing, Digitalisierung, wassergekühlte Server
Projektpartner	Hermann-Rietschel Institut TU-Berlin, dc_ce RZ-Beratung, InvenSor, ThomasKrenn.AG, Tobol GmbH, Noris Network AG
Projektart	Innovationsprojekt

Autor*innen
Simon Hinterholzer, Stefanie Schramm, Ralph Hintemann
Borderstep Institut f. Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH
hinterholzer@borderstep.de

Bildrechte
TU-Berlin, Hermann-Rietschel Institut (links)
Thomas Krenn (rechts oben)
Tobol, dc_ce RZ-Beratung

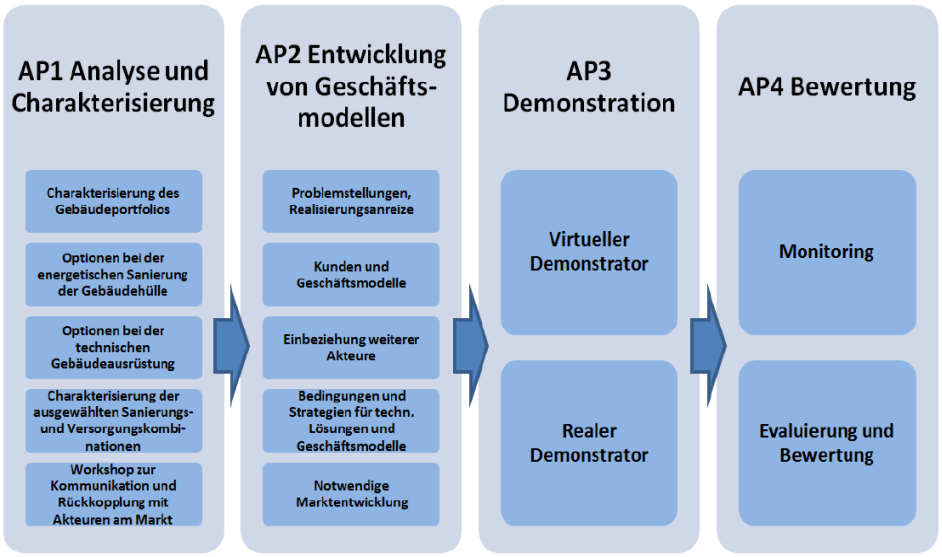
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



SanBest - Sanierung und integrierte Energieversorgung von Bestandsgebäuden

Im Verbundvorhaben „SanBest“ – Sanierung und Energieversorgung von Bestandsgebäuden in der Wohnungswirtschaft – soll die Kopplung integraler Sanierungsmodelle der Gebäudehülle mit den passenden LowEx-Versorgungsmethoden und/oder dezentralen KWK-Techniken entwickelt werden. Daraus sollen Geschäftsmodelle für Anbieter von Energiedienstleistungen für die Wärme-, Kälte- und Stromversorgung von Bestandsgebäuden in Verbindung mit zu sanierenden Gebäudehüllflächen und technischen Gebäudeausrüstungen entwickelt und untersucht werden.

Motivation und Projektziele
Ziel ist es, techno-ökonomische Lösungen zur Steigerung der energetischen Sanierungsrate im Gebäudebestand zu entwickeln und damit dem Ziel der Bundesregierung eines klimaneutralen Gebäudebestandes in 2050 näher zu kommen. Auf der Basis einer techno-sozio-ökonomischen Beschreibung von Sanierungsvarianten und korrespondierenden Geschäftsmodellen sollen gezielt Marktmechanismen nutzbar gemacht werden als Antreiber für die Umsetzung energetischer Gebäudesanierungen.

Projektinhalte und Projektstruktur
Für das Vorhaben wird vorgeschlagen, ausgehend von einer Wohnungsbestands-analyse im Geschäftsbereich von Akteuren an der Schnittstelle von Energie- und Wohnungs-wirtschaft einen modellhaften Innovations- und Transformationsprozess bis zur beispielhaften Umsetzung in virtuellen und realen Demonstratoren zu implementieren. Demonstratoren weisen den gewünschten investiven Charakter auf und dienen im vorgeschlagenen Projekt der Validierung der modellhaften Vorgehensweise. Das Projekt gliedert sich in die folgenden Arbeitspakete:

- AP 1 Analyse und Charakterisierung des Gebäudeportfolios
- AP 2 Entwicklung von Geschäftsmodellen
- AP 3 Demonstration der entwickelten Modelle
- AP 4 Bewertung, Monitoring, Evaluierung der Modelle
- AP 5 Koordination und Kommunikation

Die Demonstratoren dienen der Validierung der modellhaften Vorgehensweise. Der Vorhabensvorschlag versteht sich als Beitrag zur ambitionierten Steigerung der Energieeffizienz. Dabei gilt ein Schwerpunkt der Untersuchung dem Potenzial welches die Integration erneuerbarer Energien im Gebäudebereich zur Einsparung nicht-erneuerbarer Primärenergie in der Größenordnung von 80 % beitragen kann.

Auswertung und Ergebnisse
Aufgrund der bisher kurzen Laufzeit des Projekts liegen noch keine Ergebnisse vor.

Ziele sind u.a. die Erstellung einer Bewertungsmatrix (siehe Abbildung) für verschiedene Sanierungsoptionen relevanter Gebäudetypen. Daraus werden wichtige Geschäftsmodelle abgeleitet und beschrieben.

Die im Lauf des Projekts entwickelte Methodik soll sich leicht auf das Portfolio anderer (nicht im Projekt beteiligter) Unternehmen der Energieversorgungs- und Energiedienst-leistungswirtschaft, wohnungswirtschaftlicher Unternehmen und Wohnungseigentümer-gemeinschaften übertragen lassen, sodass das Projekt eine Breitenwirksamkeit erzielt.

www.energiewendebauen.info

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB007
Projektlaufzeit	08/2018 bis 07/2021
Themenschlagworte	Gebäudehülle, -technik, solare Komponenten, Sanierungsgesamtpakete, Generierung von Geschäftsmodellen, Beschleunigung der Sanierungsrate, virtuelle und reale Demonstration
Projektpartner	Fraunhofer ISE, Energiedienst AG, Watterkotte GmbH, Energiewerkstatt GmbH & Co. KG
Projektart	Innovationsprojekt

EnergieDienst energiewerkstatt WATERKOTTE Fraunhofer ISE

Autoren
Jörg Dengler
Fraunhofer ISE, Abteilung Energieeffizientes Bauen
joeg.dengler@ise.fraunhofer.de

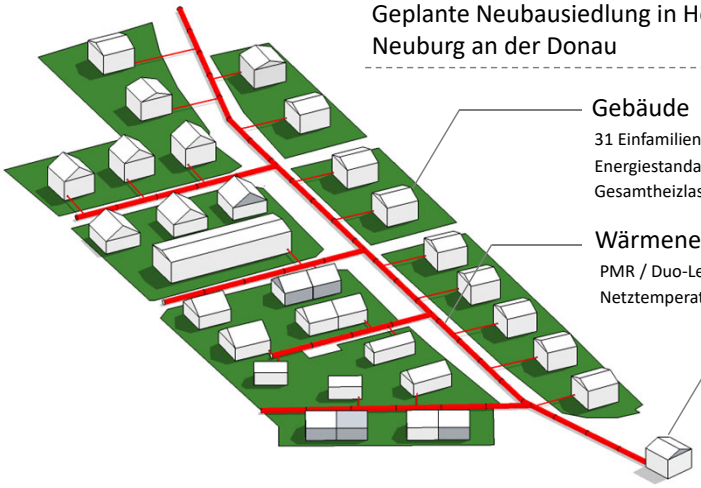
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

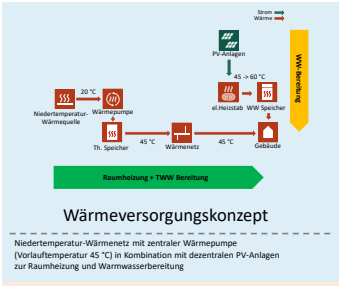


Geplante Neubausiedlung in Heinrichsheim Mitte West, Neuburg an der Donau

Gebäude
31 Einfamilienhäuser und 1 Reihenhaus
Energiestandard: EnEV 2016
Gesamtheizlast: ca. 290 kW

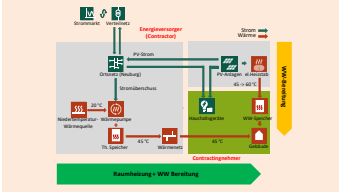
Wärmenetz
PMR / Duo-Leitung
Netztemperatur: 45 °C / 70 °C (Vorlauftemperaturen)

Wärmeerzeugung
Wasser-Wasser-Wärmepumpe
Abwärme aus einer Molkerei (20 °C)



Wärmeversorgungskonzept

Niedertemperatur-Wärmenetz mit zentraler Wärmepumpe (Vorlauftemperatur 45 °C) in Kombination mit dezentralen PV-Anlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung



Sektorkopplung

Wärmenetzbetrieb mit PV-Contracting: Netzbetreiber ist zuständig für den Betrieb des Wärmenetzes mit der Wärmepumpe und die Warmwasserbereitung durch die Kopplung von elektrischen Heizstäben mit PV-Anlagen

Strom-Wärme-Versorgung im Quartier

Eine Analyse zukunftsfähiger Versorgungsoptionen unter technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Gesichtspunkten

Zur erfolgreichen Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung im Gebäudesektor sind die leitungsgebundene Wärmeversorgung mit thermischen Netzen und Maßnahmen zur Sektorkopplung für das Erreichen der Klimaschutzziele von großer Bedeutung, was zukunftsorientierte kommunale Versorger und Wärmenetzbetreiber zunehmend aufgreifen.

Die erfolgreiche Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung im Gebäudesektor hängt von Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle und der Anlagentechnik sowie dem Ausbau erneuerbarer Energien und der vermehrten Nutzung von Niedertemperaturquellen ab. Dabei sind insbesondere die leitungsgebundene Wärmeversorgung mit thermischen Netzen und Maßnahmen zur Sektorkopplung für das Erreichen der Klimaschutzziele von großer Bedeutung, was zukunftsorientierte kommunale Versorger und Wärmenetzbetreiber zunehmend aufgreifen.

Zielsetzung des Forschungsvorhabens
Das Ziel der Arbeiten besteht in der Analyse von innovativen wärmenetzbasierten Versorgungslösungen für ein Neubaugebiet in Neuburg an der Donau, welche auf einer zentralen Wärmepumpe und niederkalorischen Wärmequellen basiert. Bei der Entwicklung der Lösungen finden lokale Wärmepotenziale und Potenziale der Sektorenkopplung gleichermaßen Berücksichtigung. Weiterhin werden neben technischen Randbedingungen auch wirtschaftliche und regulatorische Aspekte in die Untersuchungen miteinbezogen.

Methodik
Für die Gegenüberstellung unterschiedlicher Wärmeversorgungskonzepte erfolgt die Simulation eines thermischen Netzes mit dezentraler PV-Einspeisung in der Simulationsumgebung TRNSYS.
Im Zuge der Arbeiten werden unterschiedliche Temperaturniveaus in einem Niedertemperatur-Wärmenetz simuliert, bewertet und optimiert. Basierend auf den Ergebnissen erfolgt die Entwicklung von Regelungsstrategien und wirtschaftlichen Betriebsmodellen für die PV-Anlagen.

Zu erwartende Ergebnisse
Das Ergebnis des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von Betriebsstrategien für ein Wärmenetz unter Berücksichtigung der Sektorenkopplung. Dabei entscheidet eine optimierte Regelstrategie über den möglichst wirtschaftlichen Einsatz von Überkapazitäten der dezentralen PV-Anlagen. Zudem erfolgt die Ermittlung des Reduktionspotenzials für die Betriebskosten und die CO_2-Emissionen durch den verstärkten Einsatz von PV-Strom bei der Wärmebereitstellung. Darauf aufbauend wird ein wirtschaftliches Betreibermodell unter Berücksichtigung regulatorischer Rahmenbedingungen abgeleitet. Die Effizienz unterschiedlicher Versorgungskonzepte von Wärmenetzen wird anschließend gegenübergestellt.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	FKZ03EGB0009G
Projektlaufzeit	1/2018 bis 6/2020
Themenschlagworte	Niedertemperatur-Wärmenetz, Wärmepumpe, Sektorkopplung, Peak-Shaving
Projektpartner	Fraunhofer Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE Stadtwerke Neuburg an der Donau Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität Becker Büttner Held Consulting AG
Projektart	Innovationsprojekt

Fraunhofer IEE

Young-Jae Yu
Fraunhofer IEE
young.jae.yu@iee.fraunhofer.de

Anna Kallert
Fraunhofer IEE
anna.kallert@iee.fraunhofer.de

Dennis Cronbach
Fraunhofer IEE
dennis.cronbach@iee.fraunhofer.de

Tanja Manuela Kneiske
Fraunhofer IEE
tanja.kneiske@iee.fraunhofer.de

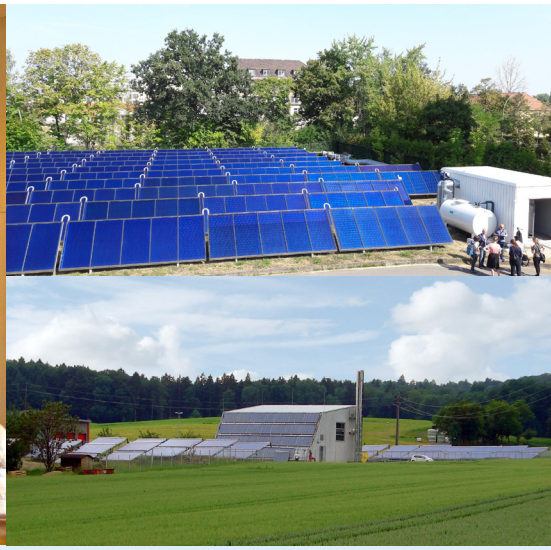
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



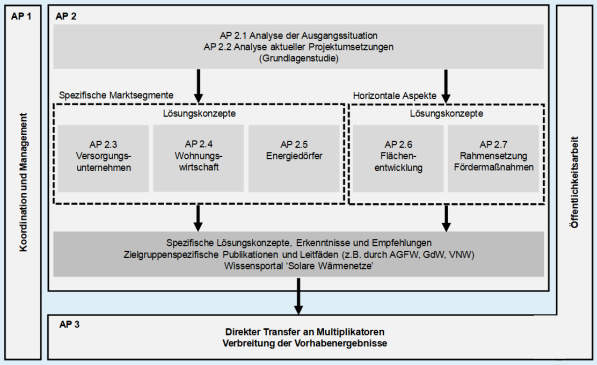
Solnet 4.0 – Innovative Lösungs- und Entwicklungskonzepte zur Marktbereitung für solare Wärmenetze

Um die Marktbereitung im Bereich solarer Wärmenetze weiter zu befördern, adressiert das Vorhaben Solnet 4.0 Hemmnisse und Chancen bei der Umsetzung und Realisierung solarer Wärmenetze. Beispiele für zentrale noch bestehende Hemmnisse sind die Verfügbarkeit von Freiflächen und damit verbundene Rechtsfragen, Vorbehalte seitens der Unternehmen der Wärme- und Wohnungswirtschaft und fehlende Geschäftsmodelle, mangelnde Bekanntheit und öffentliche Wahrnehmung der Technologie.

Der konzeptionelle Ansatz von Solnet 4.0 sieht vor, in einer ersten Phase innovative Lösungs- und Entwicklungskonzepte zur Überwindung von bestehenden Hemmnissen zu erarbeiten. Eine hohe Qualität und Praxisrelevanz der Konzepte wird durch die Einbindung von Marktakteuren, das Know-how der teilnehmenden Anbieterunternehmen und die interdisziplinären Kompetenzen der Projektpartner erreicht.

In der zweiten Phase werden die Lösungs- und Entwicklungskonzepte in geeigneter Form für die spezifischen Zielgruppen aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Durch Aktivitäten zum direkten Ergebnistransfer sowie zur breiten Ergebnisverbreitung und Öffentlichkeitsarbeit wird eine zielgruppen-spezifische Breitenwirksamkeit und Multiplikation der Konzepte aus dem Vorhaben erzielt sowie generell die Wahrnehmung solarer Wärmenetze als Baustein der Energiewende in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit erhöht.

Die acht führenden Hersteller- und Anbieterunternehmen solarthermischer Großanlagen für Nah- und Fernwärme kooperieren seit Mitte 2015 konkurrenzübergreifend in der ‚Initiative Solare Wärmenetze' mit den Projektpartnern. Sie sind aktiv als Steuerungskreis in das Vorhaben eingebunden und leisten einen relevanten Teil der Vorhabenfinanzierung. Weiter ermöglichen der Fernwärmeverband AGFW sowie die Verbände der Wohnungswirtschaft GdW und VNW einen effektiven Zugang zu den Unternehmen dieser Schlüsselbranchen.



Abfolge der verschiedenen Arbeitspakete (AP) im Projektzeitraum

Projektpartner: Energiekommune, AGFW, Hamburg Institut

Beteiligte Hersteller- und Anbieterunternehmen: ARCON SUNMARK, GREENoneTEC SOLAR COLLECTORS, VIESMANN, BOSCH, RITTER XL SOLAR, KBB SOLAR COLLECTORS, SOLID solarinstallationsdesign, SAVOSOLAR

Beteiligte Verbände und Unternehmen der Wohnungswirtschaft: GdW

www.energiewendebauen.info

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0002A
Projektlaufzeit	08/2017 bis 12/2019
Themenschlagworte	Solare Wärmenetze, Erneuerbare Wärmeversorgung, Marktbereitung
Projektart	Innovationsprojekt

solites

Autoren
Thomas Pauschinger
Carlo Winterscheid
Solites - Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme
Pauschinger@solites.de
Winterscheid@solites.de

// PROJEKTVORSTELLUNG
Cluster: Produkte/Software

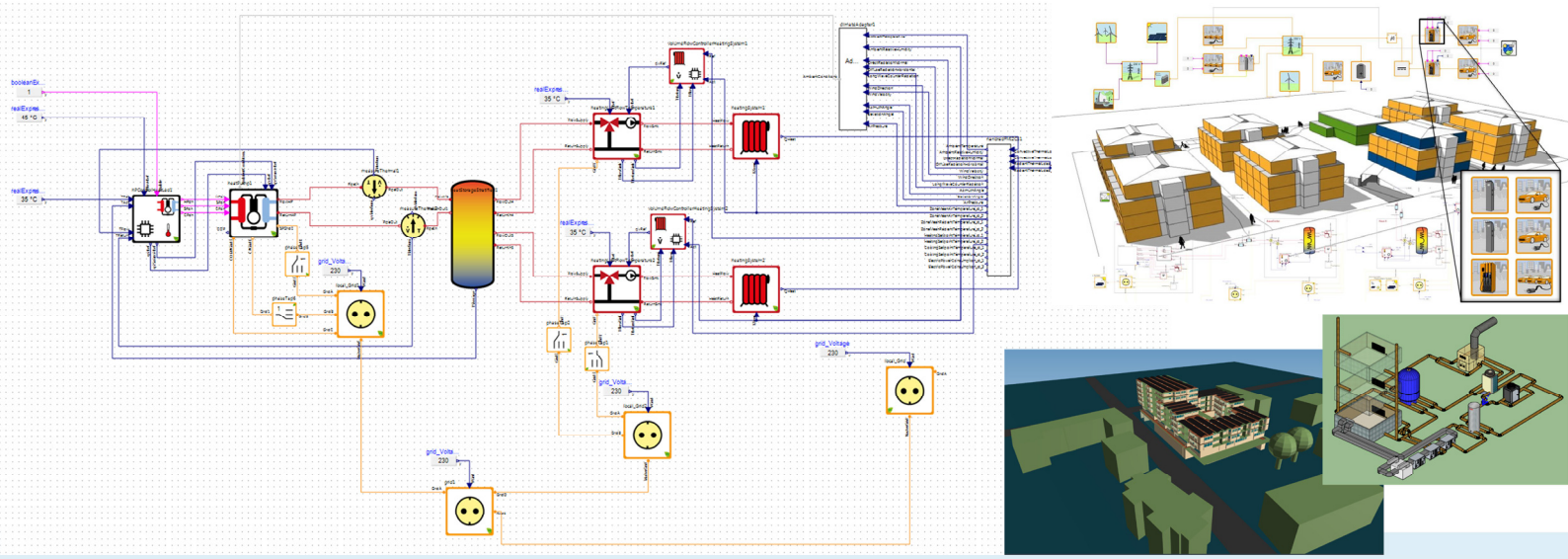
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



FMI4Pratice – Gebäudeenergiesimulation für Ingenieure basierend auf FMI-Kopplung

Im Forschungsvorhaben wird die integrale Gebäudesimulation in ein anwendbares Werkzeug umgesetzt. Hierbei wird die gebäudezentrierte Sicht des Architekten als Simulationsanwender eingenommen, der mit einem 3D Gebäudeentwurf startet und das Gebäude um Anlagenkomponenten ergänzt. Die Anlagenkomponenten sollen in einem späteren Zeitpunkt durch verbesserte Detaillösungen des Anlagenplaners per FMI-Kopplungstechnologie austauschbar sein.

Zukünftige Planungswerkzeuge für energieeffiziente Gebäude und Quartiere müssen vor dem Hintergrund der Energiewende und dem stetigen Anstieg von dezentral erzeugter erneuerbarer Energie deutlich komplexere Aufgaben erfüllen, als es aktuelle Auslegungs- und Nachweisverfahren ermöglichen. Um dies zu erfüllen, muss das Gebäude und deren Anlage in detaillierter Form in den Berechnungsprogrammen abgebildet werden. Dies wird im Forschungsprojekt durch die Kopplung verschiedener Programme erreicht, da kein Programm allumfassende Berechnungen durchführen kann.

Kopplung zwischen Anlage und Gebäude

Die Kopplung zwischen Anlage und Gebäude wird im Projekt mit unterschiedlichen Solvern (Gleichungslöser), NANDRAD und Modelica und mit einer erprobten Kopplungs-technologie „FMI – Functional Mockup Interface“ umgesetzt. Dies wurde bereits auf Forschungsebene im Forschungsprojekt EnTool:CoSim (FKZ 03ET1215A) mit dem FMI-Standard 1.0 und vielen händischen Skripten umgesetzt. In diesem Projekt wird die Ingenieurmaske BIM HVACTool als Demonstrator verwendet, um automatisiert eine Kopplung durchzuführen. Dabei werden vorgefertigte Anlagenkonfigurartionen (HVAC-Templates) für die Ingenieure bereitgestellt. Diese werden durch den Partner (EASD) in Modelica programmiert und in die Software BIM HVACTool eingebettet.

Workflow

Um diese Standards nutzen zu können, werden die Simulation und das Anlagensystem parametrisiert. Dafür gibt es folgendes Ablaufschema:

- Simulation des Gebäudes mit einer „idealen“ Anlage ohne Verteilsystem
- Automatisierte Berechnung der Auslegungsparameter für das Übergabesystem (z.B. Fußbodenheizung)
- Erzeugen eines Verteilsystems für die Heizung (siehe Forschungsprojekt: NANDRAD PR FKZ SWD-10.08.18.7-16.31)
- Erzeugen der Verlinkungsdatei zwischen den Solvern NANDRAD und Modelica für CoSimulationsmaster MasterSim (IBK)
- Berechnung der Gebäudesimulation mit detaillierter Anlage

Fazit

Derzeit ist die Vorkalkulation der Auslegungsparameter und die Erstellung der Anlagentemplates abgeschlossen. Es folgt die Integration der Prozesse in die Software BIM HVACTool. Nach Abschluss des Projekts werden Planer in der Lage sein, mittels der Werkzeuge qualitativ bessere Aussagen zur Energieeinsparung und Wirtschaftlichkeit von Gebäude treffen zu können.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0013A
Projektlaufzeit	10/2018 bis 09/2020
Themenschlagworte	Simulationswerkzeuge, NANDRAD, Modelica, Gebäudesimulation, CoSimulation, Anlagenkopplung, HVAC
Projektpartner	Energie Architekten Systems Dresden (EASD), TIAN Building Engineering (TBE)
Projektart	Innovationsprojekt

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Autoren
Dirk Weiß
Technische Universität Dresden, Institut für Bauklimatik
dirk.weiß@tu-dresden.de

Andreas Nicolai
Technische Universität Dresden, Institut für Bauklimatik
andreas.nicolai@tu-dresden.de

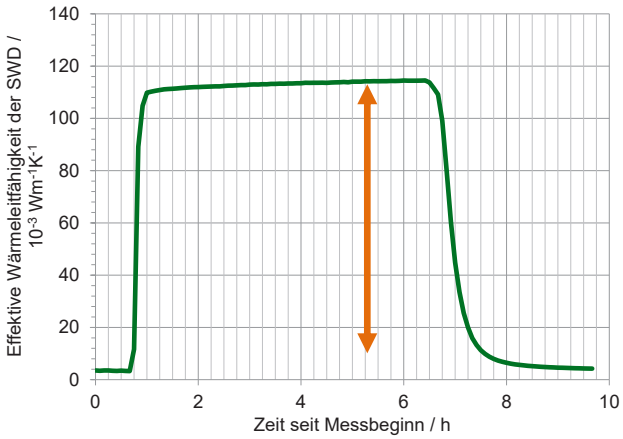
ENERGIE WENDE BAUEN

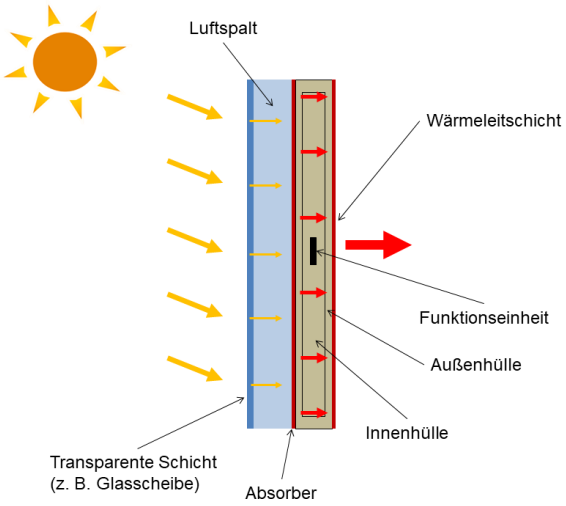
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





VIDI – Schaltbares Vakuum-Isolations-Paneel für energieeffiziente Fassaden

Die Schaltbare Wärmedämmung (SWD) ist ein adaptives Fassadenbauteil zur Gewinnung solarer Wärme im Winter sowie zur dezentralen Kühlung im Sommer für Innenräume. Dabei ist eine geringe elektrische Leistung im einstelligen Wattbereich bezogen auf den Fassaden-Quadratmeter ausreichend, um den U-Wert von 0,15 auf 7,5 W/(m²K) zu erhöhen. In VIDI soll eine Gebäudefassade mit der Schaltbaren Wärmedämmung ausgestattet und langfristig vermessen werden.

Projektziel
Die im Projektvorhaben angestrebten Entwicklungen steuern auf ein kostengünstiges, energieeffizientes und adaptives Fassadenbauteil hin, das eine hohe Wärmedämmung bietet und bei Sonneneinstrahlung in der Heizperiode mittels einer integrierten schaltbaren Wärmedämmung (SWD) auf Basis von Vakuumisolationspaneelen (VIP) solare Energie hocheffizient zur direkten Raumbeheizung ausschöpft. Gleichzeitig soll die schaltbare Wärmedämmelement zur dezentralen Kühlung von Gebäuderäumen im Sommer dienen. In vorherigen Forschungsprojekten wurde die prinzipielle Funktionsweise nachgewiesen. Im Projektvorhaben VIDI soll die Technologie der SWD fortlaufend optimiert und auf Basis einer Gebäudefassade evaluiert werden. Die Schaltbare Wärmedämmung ist für Pfosten-Riegel-Konstruktionen, Holzständerbauweise als auch für Massivbauweisen o. ä. im Neubau und im Rahmen von Sanierungen geeignet.

Herstellung der SWD
Zur Teilautomatisierung bezüglich der Herstellung von SWD-Bauteilen wird eine Demo-Produktionslinie entwickelt. Somit erhöht sich die Produktionsleistung, die für eine großflächige Ausstattung von Fassaden vonnöten ist. Außerdem wird ein Konzept für die Qualitätssicherung der Bauteile entwickelt. Durch thermische Messungen der einzelnen Komponenten einer SWD werden diese für eine hohe Effizienz des Gesamtbauteils ideal aufeinander abgestimmt .

Numerische Simulation
Für das SWD-Bauteil wird ein numerisches Modell erstellt, welches in einer Gebäudesimulationssoftware implementiert wird. Darauf basierend werden dynamische Simulationsrechnungen für die Heizperiode sowie für Sommermonate durchgeführt. Der Fokus liegt hierbei bei der Berechnung von Einsparpotenzialen für Heiz- und Kühlenergie.

Lebenszyklusanalyse
Auf Basis der CML-Methode wird eine ökologische Bewertung erstellt, indem Ergebnisse zu Energieeinsparungen aus den numerischen Simulationen innerhalb des Nutzungszeitraums sowie zu der Energiebilanz einer vergleichbaren konventionell gedämmten Fassade ohne SWD einbezogen werden.

Demonstration und Monitoring
Im Projekt sollen zwei sich im Aufbau unterscheidende Varianten der SWD entstehen, die einerseits eine hocheffiziente Fassadenbeheizung durch solare Wärme in der Heizperiode und andererseits eine hocheffiziente Fassadenkühlung im Sommer gewährleisten. Beide Varianten werden an einem Gebäude angebracht. Ein saisonales Monitoring soll die Heiz- bzw. Kühlwirkung quantifizieren und somit das reale energetische sowie wirtschaftliche Einsparpotenzial evaluieren.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0005A
Projektlaufzeit	08/2017 bis 12/2019
Themenschlagworte	Schaltbare Wärmedämmung, Solarthermie, Passive Fassadenheizung und -kühlung, Solare Wärme
Projekttyp	Innovationsprojekt

Autoren
Constantin Römer
ZAE Bayern, Bereich Energieeffizienz
constantin.roemer@zae-bayern.de

Andreas Stephan
ZAE Bayern, Bereich Energieeffizienz
andreas.stephan@zae-bayern.de

ZAE BAYERN
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung

ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Demonstration einer innovativen und nachhaltigen Aufdachdämmung aus Rohrkolben / „RokoDaMi“

Das Hauptziel des Vorhabens besteht darin, die Eignung eines neu entwickelten Produkts aus Rohrkolben (lat. Typha), einem nachhaltigen und gleichzeitig in Preis und Leistung konkurrenzfähigen Dämmstoff für eine Aufdachdämmung, in geeigneter Weise zu demonstrieren. Außerdem sollen weiter gehende Produktoptimierungen erfolgen und ausstehende technische Fragestellungen für das Hochskalieren zur Markteinführung geklärt werden.

Motivation und Projektziele

Die Dämmung der Gebäudehülle stellt nach wie vor die effektivste Maßnahme zur Energieeinsparung dar. Eine zunehmende Bedeutung bekommt dabei aber auch die Nachhaltigkeit des Dämmstoffs selbst.

Die Verwendung von Rohrkolben/ lat. Typha als Rohstoff für die Baustoffproduktion verknüpft zahlreiche ökologische und ökonomische Vorteile. Bereits der Typha-Anbau trägt erheblich zur Reduzierung von CO_2-Emissionen bei - wesentlich mehr als der Holzanbau - und kann für die Reinigung von mit Nährstoffen belastetem Oberflächenwasser genutzt werden.

Durch den Einsatz eines mineralischen Bindemittels und den Verzicht auf biozide Zusätze ist dieser Baustoff voll recyclebar (C2C). Auf Basis des bereits entwickelten Typhaboards soll eine leichtere und besser dämmende Aufdachdämmung entwickelt und im Praxiseinsatz an einem Gebäude demonstriert werden.

Projektinhalte und Projektstruktur

- Anpassungen und Optimierung
  Für den Einsatz als Aufdachdämmung muss die Rohdichte und die Wärmeleitfähigkeit verringert werden. Dazu wird das Schneideverfahren zur Partikelherstellung weiterentwickelt und Bindemittel sowie das Applikationsverfahren verbessert. Dies erfolgt hinsichtlich der Möglichkeiten einer großtechnischen Fertigung, möglichst unter Anwendung der dort üblichen Verfahren, wie z.B. das Streuverfahren.

- Rechnerische Untersuchungen der Aufdachdämmung zur Bestimmung der Einsatzmöglichkeiten und -grenzen mit der am IBP entwickelten WUFI®-Software

- Freilanduntersuchungen an einem Testgebäude (siehe Bilder oben)
  Die dabei gesammelten Erkenntnisse und Erfahrungen dienen auch dem Demoversuch im Praxiseinsatz

- Praxiseinsatz an einem realen Wohngebäude
  Durch den beispielhaften Einsatz am realen Wohngebäude wird die Praxistauglichkeit dieses Produktes demonstriert werden. Das Monitoring dient dazu, einerseits die hygrothermische Funktionssicherheit zu belegen und andererseits die erzielte Energieeinsparung zu quantifizieren.

Auswertung und Ergebnisse

- Es konnten erste Materialproben mit der erforderlichen Absenkung der Wärmeleitfähigkeit auf ≤ 0,045 W/mK, bei einer Rohdichte von unter 175 kg/m³ hergestellt und im Testgebäude verbaut werden.

- Erste Versuche mit typischen Anlagekomponenten für die Plattenfertigung zeigen, dass mit überschaubarem Aufwand eine großtechnische Fertigung möglich ist

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB008A
Projektlaufzeit	10/2017– 12/2019
Themenschlagworte	Innovativer Dämmstoff, Nachwachsender Rohstoff, Nachhaltigkeit, C2C
Projektpartner	Fraunhofer IBP, ISOVER, typha technik,
Projekttyp	Innovationsprojekt

Fraunhofer IBP — Martin Krus, Fraunhofer IBP

typha technik Naturbaustoffe — Werner Theuerkorn, typha technik

ISOVER SAINT-GOBAIN — Carsten Wigge, Saint-Gobain-ISOVER G+H AG

// EnEff2050Begleit - QUERAUSWERTUNG

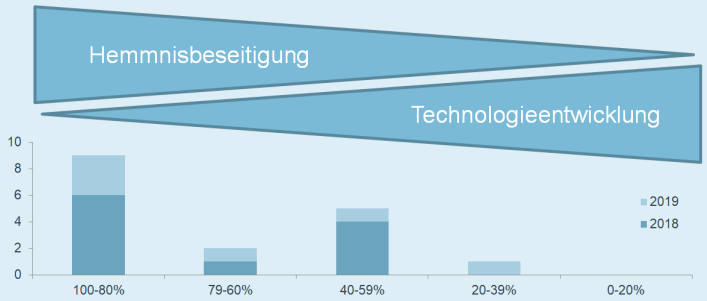
ENERGIE WENDE BAUEN
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Querauswertung „EnEff.Gebäude.2050“

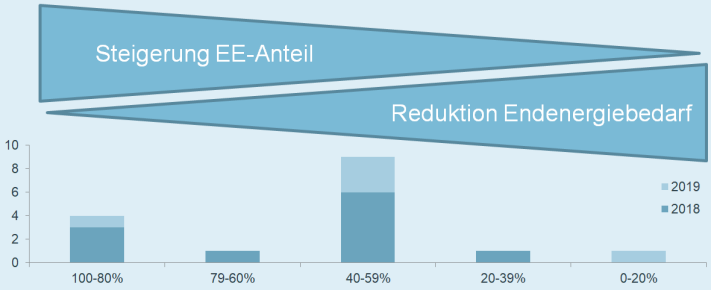
Die Querauswertung der Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050“ wurde auf Basis von Telefoninterviews durchgeführt. Die erste Befragungsrunde wurde im Oktober 2018 mit den (11) Projekten, die zu diesem Zeitpunkt bereits einen Zuwendungsbescheid hatten, durchgeführt. Die Befragung wurde in einer zweiten Runde mit den weiteren bis zum September 2019 bewilligten (6) Projekten wiederholt.

Forschungsschwerpunkte



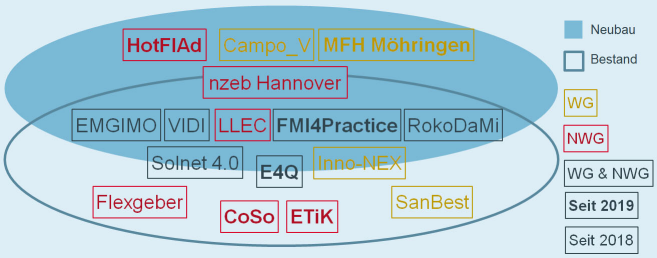
Es zeigt sich, dass die Projekte in zwei Gruppen eingeteilt werden können. Einerseits solche, die sich nahezu ausschließlichen auf Hemmnisbeseitigung fokussieren und andererseits solche, die etwa in gleichem Umfang Technologieentwicklung und Hemmnisbeseitigung verfolgen. Die neuen Projekte folgen diesem Schema, wobei die Hemmnisbeseitigung noch etwas mehr im Fokus steht.

Einordnung in den Zielkorridor ESG 2050



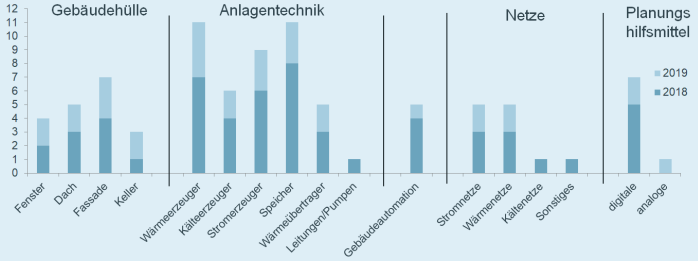
Der Fokus der Projekte liegt teilweise nur auf der Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien, z.B. durch den vermehrten Einsatz von PV und Solarthermie oder durch eine bessere Integration des Strom aus PV, wie z.B. durch Speicher und Wärmepumpen in Gebäuden. In vielen Projekten werden die Ziele ‚Steigerung des EE-Anteils‘ und ‚Reduktion des Endenergiebedarfs‘, z.B. durch verbesserte Dämmung, zu gleichen Teilen betrachtet. Im Zielkorridor der Effizienzsteigerung Gebäude (ESG) 2050 der Bundesregierung macht der Bereich ‚Steigerung EE-Anteil‘ einen Anteil zwischen 65% und 50% aus. Die verbleibenden Primärenergieeinsparungen werden durch die Reduktion des Endenergiebedarfs erreicht. Durch die neu hinzu gekommen Projekte verschiebt sich etwas der Fokus von der ‚Steigerung EE-Anteil‘ hin zu ‚Reduktion Endenergiebedarf‘, dadurch entspricht das Spektrum der geförderten Projekte ziemlich genau dem Zielkorridor der ESG 2050.

Gebäudeart



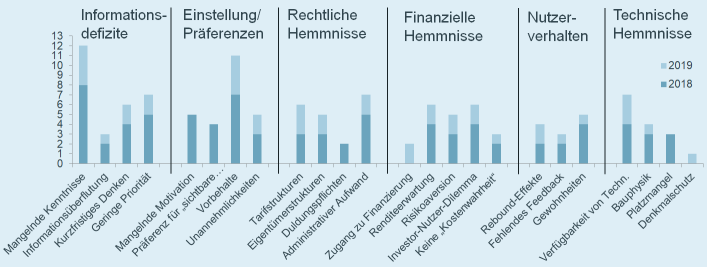
Bei der Frage nach der Gebäudeart lässt sich hinsichtlich Bestands- und Neubauten wie im Vorjahr ein leichter Fokus auf Bestandsbauten erkennen. In den meisten Fällen wird jedoch beides betrachtet. Dies deckt sich auch gut mit den Zielen der ESG, welche dem Neubau zwar eine wichtige Rolle bei der Zielerreichung beimisst, jedoch deutlich macht, dass der entscheidende Beitrag der Primärenergiereduktion durch die Sanierung des Bestands erfolgen muss. Hinsichtlich Wohn- und Nichtwohngebäuden lässt sich erkennen, dass mehr Projekte im vergangenen Jahr hinzugekommen sind, die sich mit Nichtwohngebäuden beschäftigen, als solche, die sich mit Wohngebäuden beschäftigen.

Technologischer Fokus



Die Ergebnisse der Einordnung in den Zielkorridor der ESG, spiegeln sich auch in dem technologischen Fokus der Projekte wieder . Die meisten Projekte (11) beschäftigen sich (zumindest teilweise) mit Speichern und Wärmeerzeugern. Insgesamt spielt die Anlagentechnik eine wichtigere Rolle als die Gebäudehülle oder Netze.

Adressierte Hemmnisse der Projekte



Es zeigt sich, dass die Projekte in erster Linie Informationsdefizite (Mangelnde Kenntnis) und Vorbehalte adressieren. Rechtliche, finanzielle und technische Hemmnisse spielen etwa in gleichem Umfang eine Rolle.

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB006
Projektlaufzeit	07/2018 bis 12/2019
Themenschlagworte	Begleitforschung, Querauswertung, Wissenstransfer, Wettbewerbe, Handwerk
Projektpartner	Fraunhofer ISE, Universität Freiburg, Bergische Universität Wuppertal
Projektart	Innovationsprojekt

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL
UNI FREIBURG
Fraunhofer ISE

Autoren
Robert Meyer
Fraunhofer ISE, Abteilung Energieeffiziente Gebäude
robert.meyer@ise.fraunhofer.de

// EnEff2050Begleit - FORSCHUNGSKOLLEG

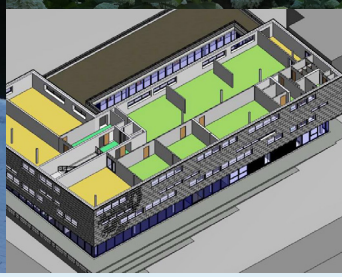
ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Forschungskolleg EnEff.Gebäude.2050

Das Forschungskolleg flankiert die Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050 - Innovative Vorhaben für den nahezu klimaneutralen Gebäudebestand 2050“. Ziel ist es, die wissenschaftliche Sichtbarkeit der Förderinitiative zu erhöhen, die geförderten Forschungseinrichtungen und Nachwuchswissenschaftler untereinander zu vernetzen und durch die Schwerpunktsetzung auf Kernthemen der Förderinitiative dazu beizutragen, die Klimaschutzziele im Gebäudebereich zu erreichen.

1) Geschäftsmodelle

Anika Honold, M.Sc.
Karlsruher Institut für Technologie KIT
Prof. Dr.-Ing. Thomas Lützkendorf
E-Mail: anika.honold@kit.edu

- Analyse von Geschäftsmodellen bezüglich ihres Potentials für CO_2-Reduktion und Energieeffizienz von Gebäuden

2) Qualitätssicherung

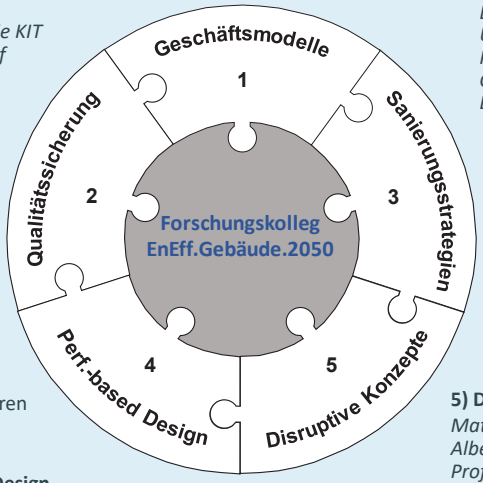
Marc Stobbe, M.Sc.
Hochschule Biberach
Prof. Dipl.-Phys. Andreas Gerber
E-Mail: marc.stobbe@ise.fraunhofer.de

- Digitale Werkzeuge zur Qualitätssicherung und Fehlererkennung
- Validierung mittels Simulation und Demonstratoren

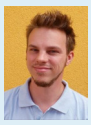
4) Performance-based Design

Isil Kalpkirmaz Rizaoglu, M.Sc.
Bergische Universität Wuppertal
Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss
E-Mail: kalpkirmazrizao@uni-wuppertal.de

- Kopplung von Performance-Tools an 3D-Zeichenprogramme in der frühen Entwurfsphase



3) Sanierungsstrategien



David Kreulitsch, M.Sc.
Universität der Künste Berlin
Prof. Dr.-Ing. Christoph Nytsch-Geusen
E-Mail: d.kreulitsch@udk-berlin.de

- Bestandsanalyse mittels GIS und dynamischer Quartierssimulation
- Ableitung und Entwicklung von allgemeinen und energetischen Sanierungsstrategien für Quartiere

5) Disruptive Konzepte

Mathias Schmid, M.Sc.
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Prof. Dr. Hans-Martin Henning
E-Mail: mathias.schmid@inatech.uni-freiburg.de

- Dokumentation von Megatrends und historischer disruptiver Effekte im Gebäudebereich
- Identifikation potentiell disruptiver Energietechnologien in Gebäuden und Quartieren

www.energiewendebauen.info

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB0006B
Projektlaufzeit	07/2017 bis 12/2019
Themenschlagworte	Technologisch-wissenschaftlicher Transfer, Forschungskolleg, Doktorandennetzwerk
Projekttyp	Verbundprojekt der Partner Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Bergische Universität Wuppertal, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

INATECH

Dr. Stefan Hess, Koordination Forschungskolleg
E-Mail: stefan.hess@inatech.uni-freiburg.de

Prof. Dr. Hans-Martin Henning, Professur für Solare Energiesysteme
Institut für Nachhaltige Technische Systeme, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

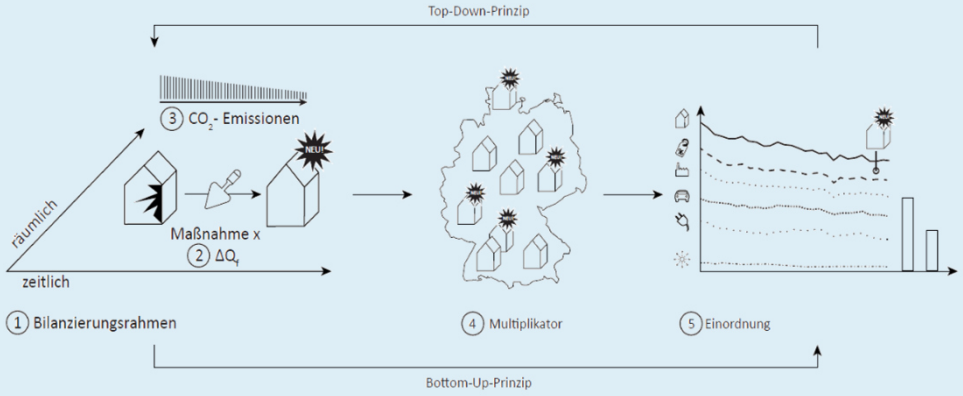
// EnEff2050Begleit - METHODIK ZUR BESTIMMUNG DER THG-MINDERUNGSPOTENTIALE

ENERGIE WENDE BAUEN
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Ermittlung des Treibhausgasminderungspotentials Rahmenwerk in der Förderlinie EnEff.Gebäude.2050

Formulierte Fragestellung in der Förderinitative EnEff.Gebäude.2050 ist u.a. die Ermittlung von THG-Minderungspotentialen in den Projekten der Förderlinie. Das Rahmenwerk legt hierfür die erforderlichen Grundlagen. Dabei steht die im Folgenden skizzierte Methodik im Mittelpunkt: Zum einen erfolgt eine Bottom-Up Berechnung des THG-Minderungspotentials ausgehend vom Einzelvorhaben und zum anderen eine Top Down-Einordnung auf Basis sektoraler Endenergiebedarfe. Die einzelnen Schritte, die in den Projekten der Förderlinie durchzuführen sind, werden jeweils kompakt in „Tasks“ zusammengefasst. Ziel ist eine möglichst realistische Abschätzung der THG-Minderungspotentiale der Forschungsprojekte unter Annahme einer erfolgreichen Verbreitung der entwickelten Technologien bzw. Methoden.



Task 1 – Emissionsbilanz
Aufstellung der Emissionsbilanz (DIN EN ISO 14064-1 und DIN EN ISO 14064-2).
Eingrenzung berücksichtigter Stoffströme und Lebenszyklusphasen nach DIN EN 15978 mit

$$\Delta E = E_{ref} - E_{Projekt} \text{ und } E = E_{direkt} + E_{indirekt,Energieimport} - E_{Energieexport} + E_{indirekt,Bau} - E_{indirekt,Recycling} \pm E_{Sonstige}$$

Task 2 – Referenzszenario und Modell
Beschreibung der verwendeten Methoden bei Referenzszenario und Modellbildung mit dem Ziel eines kalibrierten Modells zur Ermittlung von ΔQ_f mit

$$\Delta Q_f = Q_{f,ref} - Q_{p,Projekt}$$

Task 3 – Emissionsfaktoren
Benennung der verwendeten THG-Emissionsfaktoren und Endenergiemengen inklusive der verwendeten Datenquellen, betrachteten Anwendungszeiträume und weiterer Annahmen.

Task 4 – Skalierung
Beschreibung und Bewertung der verwendeten Daten zur Skalierung.

Task 5 – Bottom-Up-Berechnung und Potentialtyp
Angabe und Erläuterung zusätzlich berücksichtigter Effekte. Qualifizierte oder quantifizierte Bewertung. Angabe nicht berücksichtigter Effekte und Begründung mit dem Ziel einer Unsicherheitsbewertung. Einordnung des errechneten THG Minderungspotentials in einen Potentialtyp (theoretisches, technisches, wirtschaftliches oder realisierbares Potential). Berechnung Bottom-Up-Potential durch

$$\Delta E_{BottomUp} = \Delta Q_f \cdot f_{THG} \cdot n_{anw}$$

Task 6 – Top-Down-Einordnung
Eingrenzung der vom Förderprojekt adressierten THG-Emissionen auf nationaler Ebene. Plausibilisierung des THG-Minderungspotentials aus dem Bottom-Up-Ansatz durch Berechnung nach dem Top-Down-Ansatz mit

$$\Delta E_{TopDown} = Q_{f,nat,Sekt,Anw} \cdot \frac{\Delta Q_f}{Q_{f,ref}} \cdot f_{THG} \cdot \frac{n_{anw}}{n_{max}}$$

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB006
Projektlaufzeit	07/2018 bis 12/2019
Themenschlagworte	Begleitforschung, Querauswertung, Wissenstransfer, Wettbewerbe, Handwerk
Projektpartner	Fraunhofer ISE, Universität Freiburg, Bergische Universität Wuppertal
Projektart	Innovationsprojekt

Autoren
Karl Walther
Bergische Universität Wuppertal
kwalther@uni-wuppertal.de

Mathias Schmid
Universität Freiburg
mathias.schmid@inatech.uni-freiburg.de

Robert Meyer
Fraunhofer ISE,
robert.meyer@ise.fraunhofer.de

// EnEff2050Begleit - FAZIT ZUR BESTIMMUNG DES THG-MINDERUNGSPOTENTIALS

ENERGIE WENDE BAUEN
Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Fazit zur Bestimmung des THG-Minderungspotentials

Grundlage der Auswertung ist die Befragung der Projekte in der Förderinitiative „EnEff.Gebäude.2050“ mittels Telefoninterviews im Sommer 2019. Im Voraus wurde ein „Rahmenwerk zur Ermittlung des Treibhausgasminderungspotentials“ durch die Begleitforschung erarbeitet und an die Projekte verschickt.

Task 1 – Emissionsbilanz

- **Produkte/Technologien:** Oftmals Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus
- **Demonstrationsgebäude und Geschäftsmodelle:** Meistens nur Berücksichtigung der Betriebsphase

Task 2 – Referenzszenario und Modell

- **Referenz:**
  - Bei Neubauten i.d.R. EnEV-Referenzgebäude
  - Bei Sanierungen bisherige Verbräuche bestehender Gebäude/Sanierung nach Stand der Technik
  - Bei Produkten/Technologien, vergleichbare Produkte, die den gleichen Zweck erfüllen

…neben Simulation/Monitoring, kommen auch Literaturrecherchen/eigene Auswertungen zum Einsatz.

- **Projekttechnologie/-fall:**
  - In fast allen Fällen wird etwas simuliert. In den meisten Fällen wird auch noch gemessen/gemonitort gegen Projektende.

Task 3 – Emissionsfaktoren

- **statische Faktoren:** Kommen meist aus GEMIS, wenn LCA durchgeführt wird aus GaBi
- **dynamische Faktoren:** Sollen in etwa in einem Drittel der Projekte berücksichtigt werden
- **zukünftige Faktoren:** Sollen in etwa in einem Drittel der Projekte berücksichtigt werden

Task 4 – Skalierung

- Zur Skalierung können/könnten verwendet werden Daten aus: IWU, GIS-Datenbanken, Veröffentlichungen/Literaturrecherchen, eigenen Marktanalysen/Stakeholder-Workshops
- Bestimmung eines nationalen Potentials wird oftmals als weniger sinnvoll als die Bestimmung eines Marktpotentials auf Basis der Absatzzahlen/Markterfahrungen der (Industrie-) Projektpartner gesehen
- Die wichtigsten dynamischen Einflüsse sind Kostenentwicklungen, Neubau-/Sanierungsraten und Änderungen politischer/regulatorischer Rahmenbedingungen (letztere können i.d.R. nicht vorhergesehen werden)

Task 5 – Bottom-Up-Berechnung und Potentialtyp

- Die meisten Projekte sehen den Bottom-Up-Ansatz als anwendbar an
- Viele Projekte können/könnten ein technisches und wirtschaftliches Potential berechnen

Task 6 – Top-Down-Einordnung

- Top-Down-Ansatz kann/soll oftmals nicht angewendet werden, da höher aufgelöste Daten (z.B. zu Gebäudebeständen) fehlen

Gesamteinschätzung Rahmenwerk

- Das Rahmenwerk wurde mehrmals als hilfreich beschrieben
- Die Einschätzungen zur Anwendbarkeit der Methodik sind sehr unterschiedlich
- Einige Projekte sehen Skalierung als kritisch und würden eine Beschränkung der Berechnung auf Projektebene vorziehen
- Eine Potentialabschätzung/Skalierung soll meist dann durchgeführt werden, wenn diese von Projektbeginn an bereits geplant ist

Projektsteckbrief

Förderkennzeichen	03EGB006
Projektlaufzeit	07/2018 bis 12/2019
Themenschlagworte	Begleitforschung, Querauswertung, Wissenstransfer, Wettbewerbe, Handwerk
Projektpartner	Fraunhofer ISE, Universität Freiburg, Bergische Universität Wuppertal
Projektart	Innovationsprojekt

Bergische Universität Wuppertal · Uni Freiburg · Fraunhofer ISE

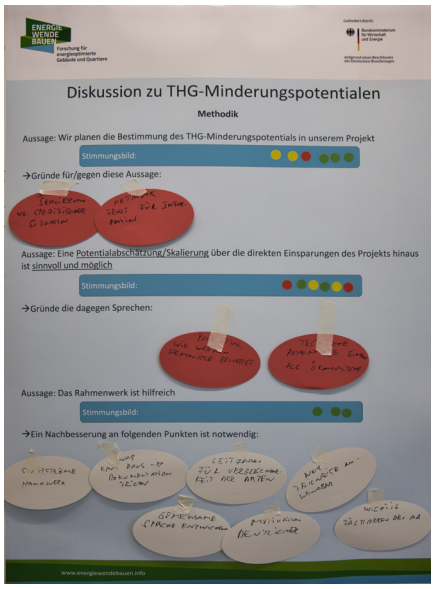
Autoren
Karl Walther
Bergische Universität Wuppertal
kwalther@uni-wuppertal.de

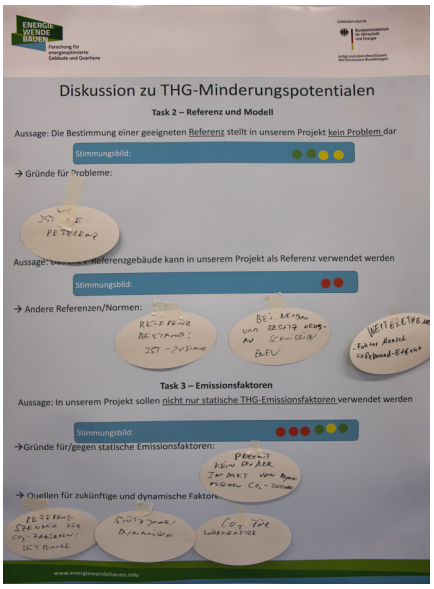
Mathias Schmid
Universität Freiburg
mathias.schmid@inatech.uni-freiburg.de

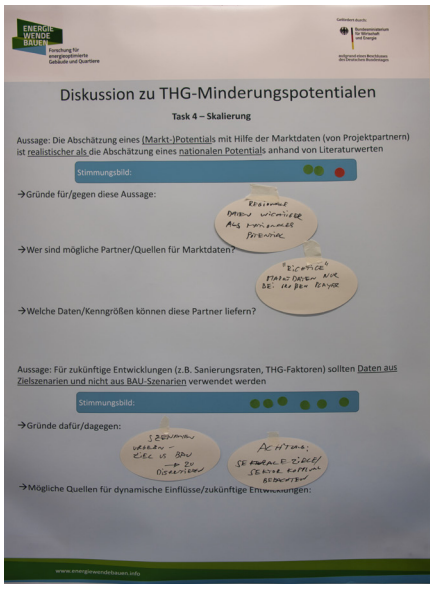
Robert Meyer
Fraunhofer ISE,
robert.meyer@ise.fraunhofer.de

// FAZIT ZU DEN THEMENTISCHEN

Cluster „Geschäftsmodelle“

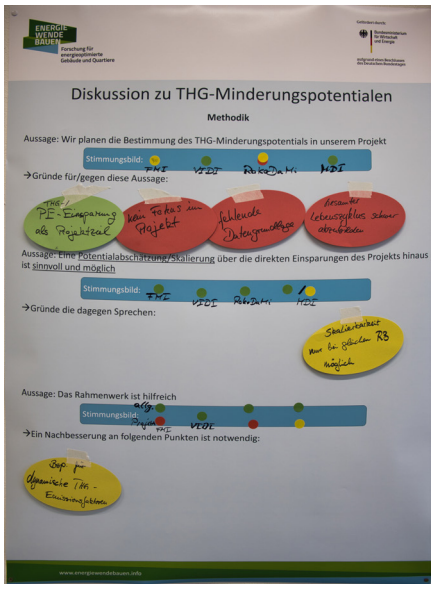






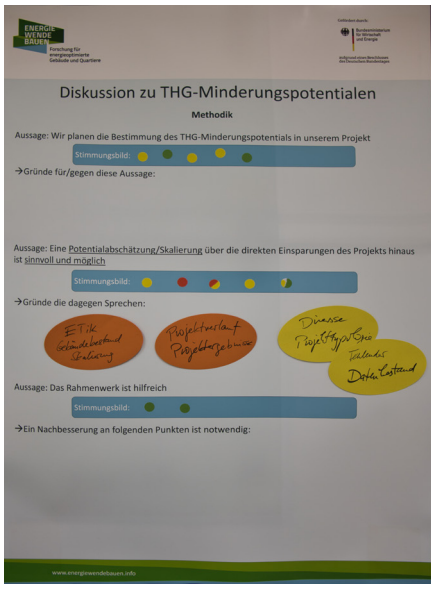
- Das Rahmenwerk ist hilfreich, um einheitliches Verständnis/Sprache zu entwickeln. Grundsätzlich werden Leitfäden der Begleitforschung als (weitgehend) sinnvoll erachtet.
- Eine richtige Referenz ist nicht immer einfach zu entwickeln/definieren, da oftmals eine Vielzahl möglicher Quellen existieren.
- Bei Sanierungen wird i.d.R. der Ausgangszustand (und nicht Stand der Technik o.ä.) als Referenz verwendet.
- Bei Neubauten wäre statt dem EnEV-Referenzgebäude eine andere Referenz zu definieren, die in Betracht zieht, ob durch den Neubau auch (weniger energieeffizienter) Bestand abgebaut wird
- Angabe eines „Entwicklungsbereichs“, d.h. minimaler und maximaler Werte, für zukünftige Faktoren (THG-Faktoren und Sanierungsraten) im Rahmenwerk wären hilfreich. Dabei ist aber darauf zu verweisen, dass die Projektinhalte/-annahmen mit denen der Szenarien abgeglichen werden müssen/sollen.
- Bisher werden in einzelnen Projekten Faktoren aus Zielszenarien und nicht aus BAU-Szenarien verwendet. In Projekten, die (noch) keine zukünftigen Faktoren verwenden, werden auch eher Werte aus Zielszenarien als angemessen angesehen unter oben genannter Bedingung, dass Projektinhalte/-annahmen mit denen der Szenarien übereinstimmen.

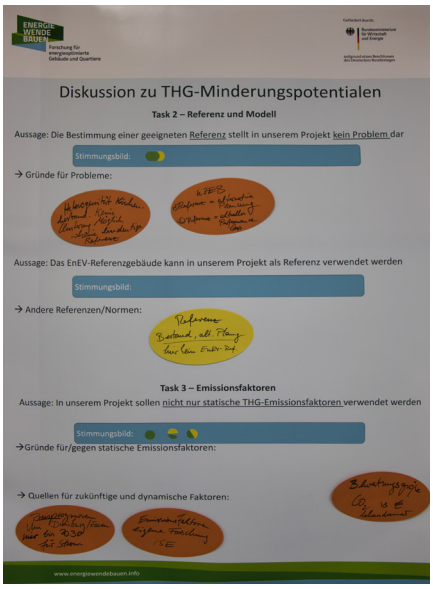
Cluster „Produkte/Software“



- Das Rahmenwerk ist im Allgemeinen hilfreich und sinnvoll, allerdings nicht für alle Projekte gleich gut anwendbar.
- In den Projekten ist eine Potentialabschätzung/Skalierung grundsätzlich möglich.
- THG-/PE-Einsparung ist nur in einem Projekt als Projektziel festgehalten. Bei den übrigen Projekten steht es nicht im Fokus. Teilweise fehlende Datengrundlage ist problematisch.
- Die Bestimmung geeigneter Referenzen ist grundsätzlich unproblematisch. Für Quartiere ist sie aufgrund komplexer Strukturen schwieriger und aufwendiger.
- Berechnungen, die sich auf die EnEV beziehen, berücksichtigen nicht den gesamten Lebenszyklus und sind bei Quartierssanierungen nur bedingt anwendbar. Abgesehen davon stellt das EnEV-Referenzgebäudeverfahren einen guten Richtwert für eine Referenz dar.
- Verwendung von dynamischen Emissionsfaktoren insbesondere für Speichertechnologien notwendig und hilfreich, um Faktoren in optimierte Regelungsstrategien einzubeziehen. (Die Rückkopplungseffekte flächendeckend eingesetzter Regelungsstrategien zu berücksichtigen, ist allerdings methodisch schwierig.)
- Ein Beispiel für die Verwendung dynamischer Emissionsfaktoren im Rahmenwerk wäre hilfreich.
- Neben nationalen Emissionsfaktoren, können auch lokale/regionale Faktoren, je nach Projekthintergrund wichtig und notwendig sein.
- Möglichkeit zur Abschätzung des Marktpotentials hängt stark von der betrachteten Technologie ab.

Cluster „Demonstrationsgebäude“





- In allen Projekten ist die Ermittlung eines THG-Minderungspotentials auf Objektebene möglich/angestrebt
- Das Rahmenwerk wird als sehr hilfreich angesehen
- Referenz/Modellbildung:
    - Methodisch werden Simulationsmodelle verwendet
    - Außerdem werden EU Datenbanken, wie z.B. Eclipse/Tabula verwendet
    - EnEV Referenzmodell wird nicht angewandt
- Faktoren:
    - Verwendung dynamischer THG-Emissionsfaktoren, die aus projektinternen Simulationsstudien stammen (ISE)
    - Außerdem Verwendung dynamischer Preisprognosen (Uni Duisburg/Essen)
- Skalierung:
    - Datengrundlage zur Skalierung problematisch, da Typologien teilw. heterogen (z.B. Kirchen, Forschungseinrichtungen) und/oder noch gar nicht vorhanden (siehe Kirchen), ggfs. lassen sich Teilbereiche skalieren
- Geplante Durchführung einer Berechnung zum THG-Minderungspotential:
    - Aktuell Berechnung von THG-Minderungspotentialen oftmals im Projektantrag (z.B. bei EU- und KMU-innovativ-Projekten) gefordert. Meist keine Neubewertung im Projektverlauf (z.B. nach 1 Jahr Bearbeitung oder zu Projektabschluss), obwohl dann erheblich bessere Datenlage.
    - Sofern eine vollumfängliche Bewertung durchgeführt werden soll, die über eine Abschätzung im Projektantrag hinausgeht, ist der Aufwand (Personenmonate) mit einzukalkulieren
    - Blickpunkt für Skalierung wichtig: Wer ist Auftragnehmer? Uni oder Industrie. Daraus ergeben sich andere Ziele und Möglichkeiten (Vermarktungspotenzial).

// IMPRESSIONEN

Fotos: Katharina Simon

Warum Typha angustifolia ?
Sehr spezieller Blattaufbau mit:
+ Elastische Hauptgebogkeit senkrecht zu Blattachsen
→ hierdurch leichte Verdichtbarkeit
+ Niedermoorpflanze mit hoher natürlicher mikrobieller Resistenz
→ schimmelresistent, somit kein Biozidzusatz erforderlich

// KONTAKT

Wissenschaftliche Begleitforschung –
EnEff.Gebäude.2050

Fraunhofer ISE

Abteilung Energieeffiziente Gebäude
Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg

Arnulf Dinkel
Tel.: + 49 761 4588 5887, arnulf.dinkel@ise.fraunhofer.de

Sebastian Herkel
Tel.: +49 761-4588 5117, sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de

Robert Meyer
Tel.: + 49 761 4588 5358, robert.meyer@ise.fraunhofer.de

Bergische Universität Wuppertal

Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen
Lehrstuhl für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung

Pauluskirchstraße 7, 42285 Wuppertal

Prof. Dr. Karsten Voss
Tel.: +49 202 439 4094, kvoss@uni-wuppertal.de

Karl Walther
Tel.: +49 202 439 4160, kwalther@uni-wuppertal.de

Dr. Katharina Simon
Tel.: +49 202 439 4271, ksimon@uni-wuppertal.de

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Institut für Nachhaltige Technische Systeme
Professur für Solare Energiesysteme
Emmy-Noether-Straße 2, 79110 Freiburg

Dr. Stefan Hess
Tel. + 49 761 203 54191, stefan.hess@inatech.uni-freiburg.de

Mathias Schmid
Tel. + 49 761 203 54192, mathias.schmid@inatech.uni-freiburg.de

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Fraunhofer ISE

UNI FREIBURG