

Energie- und ressourceneffiziente Gebäude – Notwendigkeit, Chance und Herausforderung



ZAE
 Dr. Hans-Peter Ebert
 hans-peter.ebert@zae-bayern.de
 Dr. Bastian Büttner
 bastian.buettner@zae-bayern.de
 Constantin Römer
 constantin.roemer@zae-bayern.de
Fraunhofer IEE
 Dr. Michael Krause
 michael.krause@iee.fraunhofer.de

IZES
 Christoph Schmidt
 schmidt@izes.de

DLR
 Dr. Jacob Estevam Schmiedt
 jacob.estevamschmiedt@dlr.de

Die Realisierung eines energieeffizienten Gebäudebestands ist für die Erreichung der in Deutschland gesetzten energie- und klimapolitischen Ziele ein wesentlicher Baustein. Auf diesen Verbrauchssektor entfallen rund 40% des Endenergiebedarfs und ein Drittel aller CO₂-Emissionen. Ein zentrales Handlungsfeld ist hierbei die energetische Sanierung des Altbaubestands, d.h. derjenigen Gebäude, die vor der 1. Wärmeschutzverordnung (vor 1979) errichtet wurden.

► **Abbildung 1** zeigt den Wohngebäudebestand in Deutschland. Dabei ist für die Gebäude der verschiedenen Bauzeitalter ihr prozentualer Anteil an der Wohnfläche über ihrem prozentualen Anteil am Heizwärmebedarf dargestellt. Erst in den letzten Jahren ist eine Abflachung der Kurve, also eine Verringerung des Heizenergiebedarfs pro beheizter Wohnfläche zu

beobachten, was auf die Anhebung der Effizienzstandards zurückzuführen ist.

Möchte man die Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor bis 2050 um 80% bis 90% gegenüber dem Stand von 1990 reduzieren, wie es die klimapolitische Vorgabe vorsieht, so ist eine Sanierung von 90% des Bestandes mit einer durchschnittlichen Sanierungsrate von ca. 2,5% notwendig. Verbunden wäre diese enorme Anstrengung mit einer inländischen Wertschöpfung von rund 34 Mrd. Euro pro Jahr – im Bereich der Zulieferindustrie, Bauindustrie, Handwerk und Planer.

Der daraus resultierende, mit der Zeit sinkende Endenergiebedarf im Gebäudesektor ist in ► **Abbildung 2** dargestellt. In der Grafik ist auch die jeweilige Zusammensetzung des Energiemixes zu erkennen. Der Anteil der erneuerbaren Energien, vor allem in

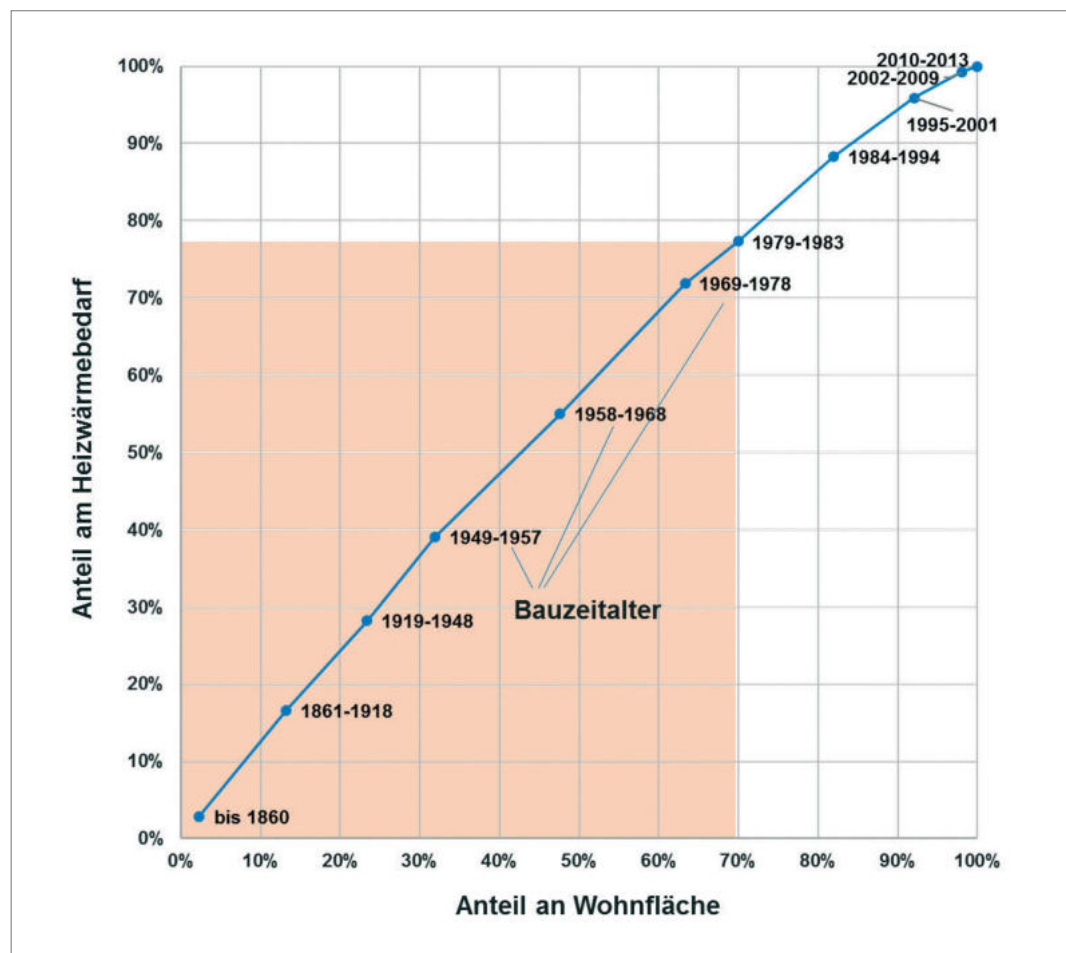


Abbildung 1
Energiebedarf nach Bauzeitalter:
 Ca. 70% des Wohngebäudebestandes sind für rund 80% des Heizwärmebedarfs in Deutschland verantwortlich (Stand 2013) [1] [2].

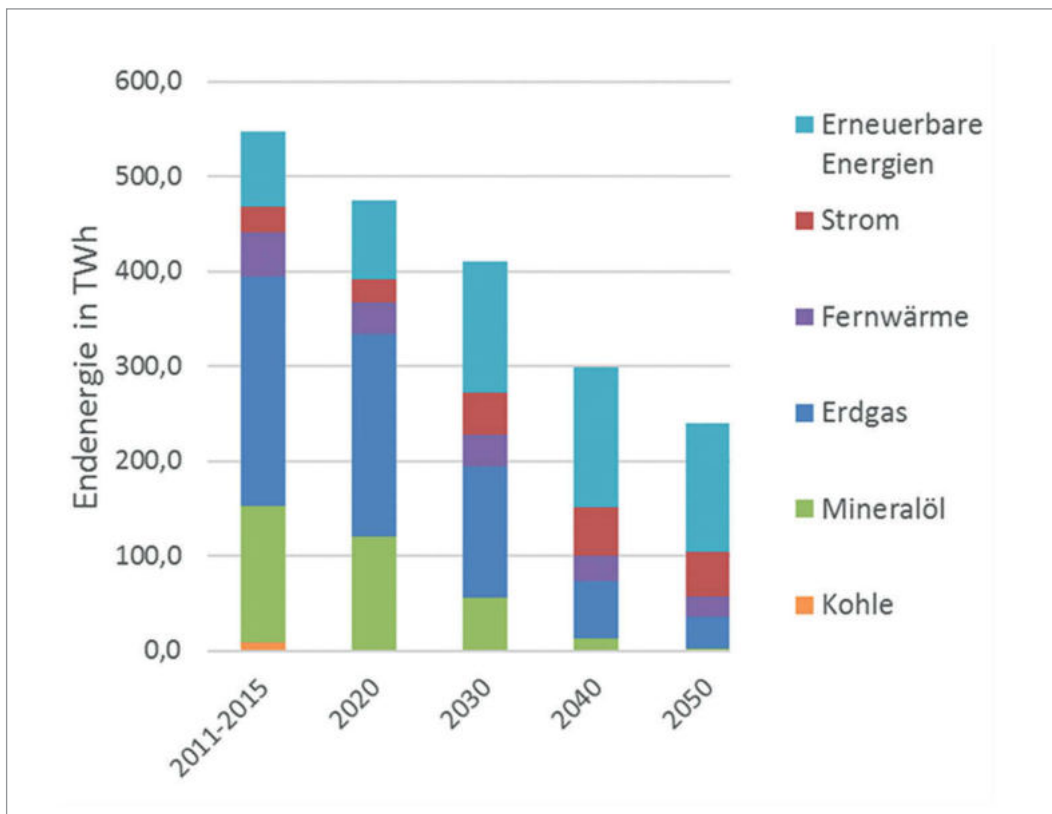


Abbildung 2

Prognostizierter Endenergiebedarf nach Energieträgern für den Gebäudebereich zur Erreichung des Klimaschutzenszenario KS80 (80% Reduzierung von Treibhausgasemissionen bezogen auf das Jahr 1990)

Form von Strom, wird hierbei dominieren und den heutigen Anteil von Kohle und Öl vollständig substituieren.

Die Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands stellt eine große Herausforderung dar und muss aktuelle Entwicklungen und Trends unserer Gesellschaft und Umwelt berücksichtigen. Neben dem Steigen des Altersdurchschnitts, verbunden mit erhöhtem Heizwärmebedarf, nimmt auch die Wohnfläche pro Person linear zu. Beides sind Effekte, die zusätzlich kompensiert werden müssen. Zudem lässt der heterogene Gebäudebestand gerade für Altbauten die Anwendung von Standardlösungen nur bedingt zu. Die Effizienz von Gebäuden bestimmt sich durch die Qualität der Gebäudehülle, der Bautechnik, z. B. Ausführung und Art der Baukonstruktion und der Gebäudesystemtechnik (Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungssysteme, Beleuchtung, Automation). Dabei ist bei innovativen Technologien eine klare Zuordnung zu einem der vorgenannten Bereiche nicht immer möglich. Beispielsweise können Wärmeflüsse über die Gebäudehülle über multifunktionale Komponenten durch die Gebäudeautomation gesteuert und geregelt werden, so dass hier Fassadenkomponenten Teil des Heizungs- und Klimatisierungskonzepts des Gebäudes sind. Letztlich stellen Planung, Erstellung und Betrieb von energie- und ressourceneffizienten Gebäuden oftmals eine

multidisziplinäre Aufgabe dar und erfordert eine ganzheitliche Betrachtung des Gebäudes. Die nachfolgenden Beispiele aus aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der FVEE-Institute sollen dies verdeutlichen.

Außenliegende Temperierung

Seit 2006 beschäftigt sich die IZES gGmbH mit der Thematik der außenliegenden Wandtemperierung [3] [4]. Das aktuelle Forschungsprojekt LEXU II (FKZ:0327370Y) behandelt als Kernelement die außenliegende Wandtemperierung (aWT), eine Flächentemperierung, die zwischen Bestandswand und einem neuen Wärmedämmverbundsystem aufgebracht wird. Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Projekts ist die außenliegende Lufttemperierung (aLT) [3]. Diese stellt eine niederexergetische Erweiterung der aWT dar, in dem zwischen Bestandswand und Wärmedämmung ein Luftspalt ausgebildet wird. Durch diesen Luftspalt wird Außenluft geführt und anschließend dem Gebäude als temperierte Zuluft zur Verfügung gestellt.

Die Idee der aWT und aLT ermöglicht die Integration einer niederexergetischen Flächentemperierung im Bestand und fördert somit die Integration von erneuerbaren Energien in den Gebäudebestand.



Abbildung 3

Außenliegende Wandtemperierung (aWT):

Anbringung der aWT:
Links: Befestigung der Kapillarrohrmatten auf der Fassadenaußenseite,
Mitte: Einputzen der Matten
Rechts: Abschluss mit Wärmedämmverbundsystem

Gleichzeitig eignet sich die aWT und aLT ideal als Niedertemperatur-Wärmesenke für Solarthermie und/oder Wärmepumpe und Niedertemperatur-Abwärme. Die Gebäudestruktur wird thermisch aktiviert und kann als Speicher für Wärme/Kälte nutzbar gemacht werden. Daher handelt es sich bei dem Technologieansatz der aWT und aLT um einen möglichen Baustein für die anstehende Wärmewende.

In 2017 wurde ein Großdemonstrator, der aWT und aLT in Kombination mit einem niederexergetischen Versorgungssystem, bestehend aus Wärmepumpe, Eisspeicher und PVT-Hybridkollektoren beinhaltet, umgesetzt. Bei dem Großdemonstrator handelt es sich um die Westfassade eines Bürogebäudes aus den 70er Jahren. Im Zuge einer Betonsanierung konnte die Fassade mit ca. 140 m² der aWT (► *Abbildung 3*) und ca. 6 m² der aLT, ausgelegt auf einen hinter der Fassade liegenden Raum, belegt werden. Der Großdemonstrator wird aktuell im Rahmen des Projekts LEXU II über eine Heizperiode und eine Kühlperiode messtechnisch begleitet und ausgewertet. Neben der Begleitung und messtechnischen Erfassung ist auch eine Modellierung des Gesamtsystems und der einzelnen Komponenten in TRNSYS geplant. Für

die beiden Hauptkomponenten (aWT/aLT) konnten bereits geeignete Simulationmöglichkeiten identifiziert und validiert werden [5].

Multifunktionale Konzepte

Die traditionelle Gebäudesanierung wird in aller Regel individuell und getrennt nach Gewerken geplant und ausgeführt. Die Berücksichtigung von Multifunktionalität z. B. bei Sanierungssystemen mit hohem Vorfertigungsgrad [6] eröffnet vielversprechende Möglichkeiten um die energetische Sanierung von Gebäuden attraktiver zu gestalten. Multifunktionale Konzepte ermöglichen es dabei, verschiedene Aufgaben wie beispielsweise Dämmung und Lüftung in einem Element zu kombinieren. Die Ausnutzung von Synergien bietet Potenziale zur Kosteneinsparung, stellt aber auch hohe Anforderungen an den Konstruktions- und Bauprozess.

Im Rahmen des Europäischen Forschungsvorhabens „RetroKit – Toolboxes for systemic retrofitting“ [7] wurden an einem viergeschossigen Gebäude der ABG Holding Frankfurt Sanierungssysteme erprobt, bei denen für den Anschluss von zentralen Lüftungsgeräten die Lüftungsleitungen in die Fassade integriert wurden. Bei einem Teil des Gebäudes wurde ein Abluftsystem realisiert, der zweite Teil wurde als Zu-/Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung ausgeführt. Die Lüftungstechnik wurde in beiden Fällen im Dachboden installiert.



Abbildung 4

Multifunktionale Bauteile:

Energetische Sanierung von 1954 erbauten Häusern in Frankfurt mit vorgefertigten Fassadendämmsystemen bei denen die Lüftungsleitungen in der Dämmebene liegen.

Ergänzend zu den dargestellten Aktivitäten verfolgt das Fraunhofer IEE einen neuen Ansatz, in welchem eine nahezu vollständige energetische Versorgung des Gebäudes über die Fassadensysteme angestrebt

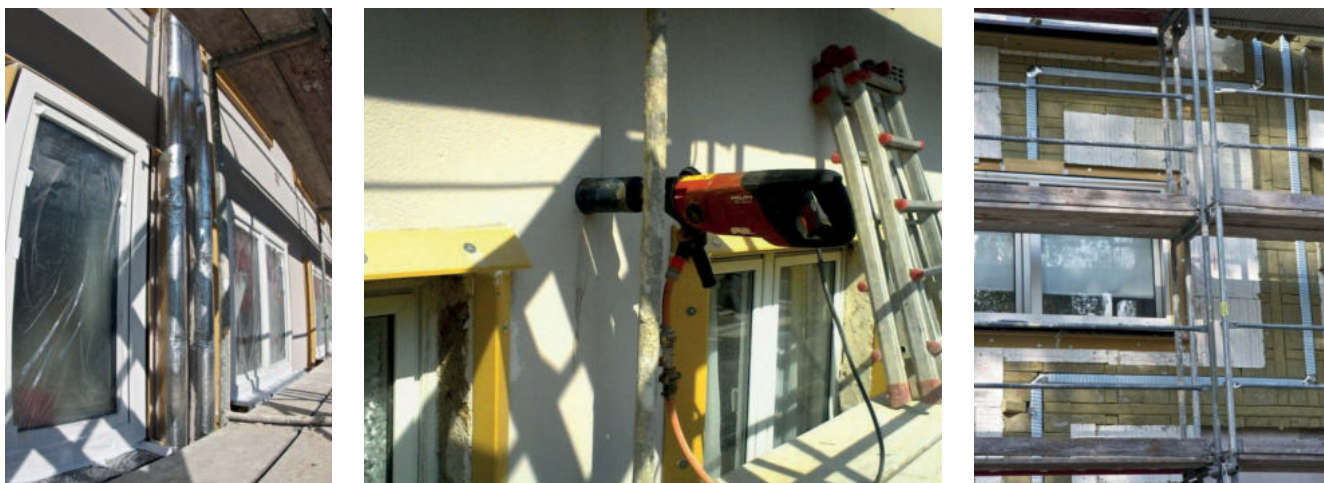


Abbildung 5

Luftleitung auf der Fassade:

Links: Der vertikale Abluftschacht wurde zwischen Küchen- und Badfenster geführt.

Mitte: Die dahinter liegenden Räume werden mit einer Kernbohrung angeschlossen.

Rechts: Das Lüftungssystem des Zu-/Abluftsystems liegt in einer eingefrästen Dämmlage.

wird. Ermöglicht werden soll dies durch die Integration von Energieerzeugungssystemen wie PV und Solarthermie (in Form von luftgeführten PVT-Systemen), reversiblen Kleinstwärmepumpen zur Wärme- und Kältebereitstellung, hohen Dämmstandards und Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung sowie die Integration von thermischen und elektrischen Speichern.

Im Rahmen des BMWi-geförderten Verbundprojekts MuFuBisS werden energieeffiziente, multifunktionale mehrschichtige Wandelemente mit Trag-, Wärmespeicher- und Raumklimatisierungsfunktion entwickelt. Dabei kommen unterschiedliche Technologien, neue Werkstoffkombinationen und Fertigungsverfahren zum Einsatz um diese innovativen Fertigbauteile zu realisieren. Ziel ist es, solare Wärme und Umgebungskälte bei Bedarf in Beton einzuspeisen und dort zu speichern. Gleiches gilt für Wärme bzw. Kälte, die über eine Wärmepumpe oder Stromheizung aus überschüssigem Windstrom, mit Zeitversatz zum Bedarf, eingespeichert werden kann (► [Abbildung 7](#)).

Im Zusammenspiel mit schaltbarer Wärmedämmung mit variablem Wärmedurchgang und robuster Metallblechhülle können außenliegende Wände sowohl als Kollektorflächen als auch als Wärme-/Kältespeicher und zudem als großflächiges Heiz-/Kühlelement genutzt werden. Die Wärmedämmung weist im Grundzustand die Dämmwirkung eines Vakuumisulationspanels (VIP) auf. Im wärmeleitenden Zustand erhöht sich der Wärmedurchgang um den Faktor 50 im Gegensatz zum Grundzustand [8] [9]. Aufgrund der hohen Steifigkeit eines solchen Sandwich-Verbundes wird eine ressourcenschonende, schlanke Leichtbauweise mit hohem Vorfertigungsgrad möglich.

Bestandserfassung und Monitoring

Das vom BMWi geförderte Projekt „Gebäudetomograph“ verfolgt einen interdisziplinären Ansatz zur Bestandserfassung und zum Monitoring von Gebäuden. Es führt Technologien aus den Bereichen Energieforschung, Fernerkundung und Sicherheitsforschung zusammen, um in kurzer Zeit hochgenaue Informationen über strukturelle und bauphysikalische Eigenschaften von Gebäudehüllen zu gewinnen. Diese Informationen können als Eingangsdaten für eine energetische Gebäudesimulation und zur Ermittlung optimaler Sanierungsmaßnahmen dienen. Einen zentralen Baustein stellt hierbei die Radartechnik dar. Mithilfe von Mikrowellenstrahlung können die einzelnen Schichten in Gebäudewänden aufgelöst werden. Erste Versuche deuten darauf hin, dass unterschiedliche Baumaterialien unterschieden werden können [10]. Darüber hinaus werden im Projekt Ansätze zur quantitativen Bauwerksanalyse mit Infrarot-, Hyperpektral- und Ultraschallsensorik verfolgt und an verschiedenen Versuchsobjekten erprobt.

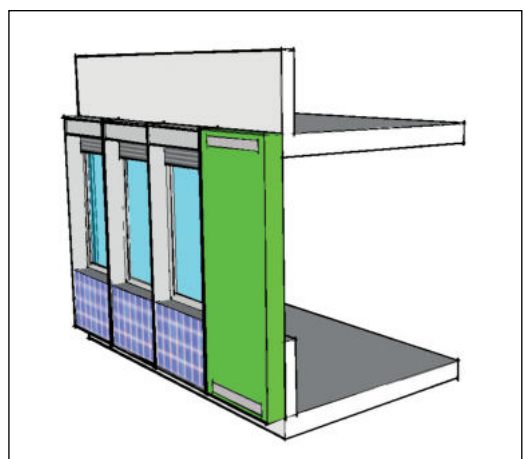


Abbildung 6

Multifunktionale Fassade:

Die zu entwickelnde Modulfassade beinhaltet die Elemente „Energiebedarf senken“, „Energiebedarf decken“, „Energie erzeugen“ und „Energie intelligent speichern und regeln“ (Prinzipskizze).

Abbildung 7

Wandaufbau des im Projekt MuFuBisS konzipierten Bauteils:

Durch eine äußere schaltbare Wärmedämmung (SWD) kann solare Wärme (Winter) oder Umgebungskälte (Sommer) in einer thermischen Speicherschicht aus Beton gespeichert werden. Eine Widerstandsbeheizung temperiert den Betonkern mit Überschussstrom. Wärme bzw. Kälte kann durch eine innere SWD an die Innenräume bei Heiz- oder Kühlbedarf abgegeben werden.

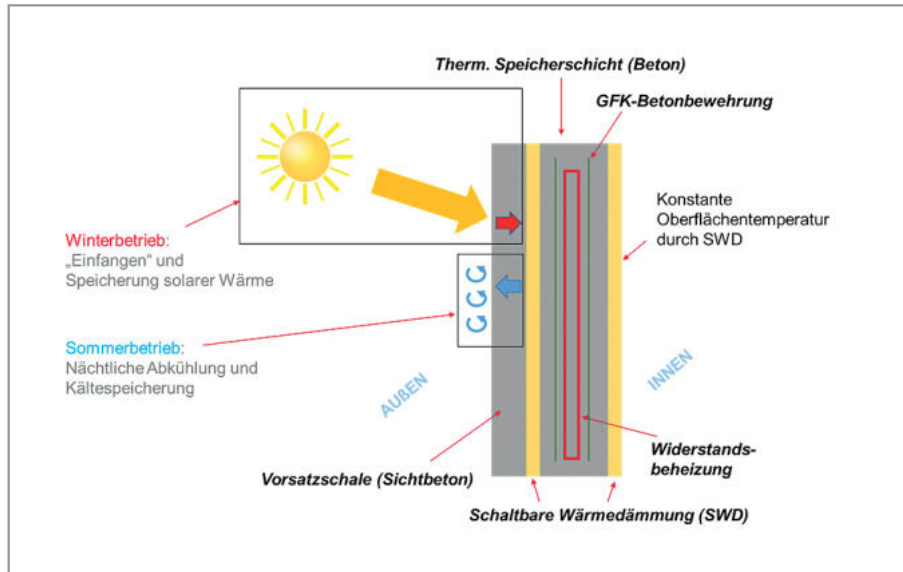
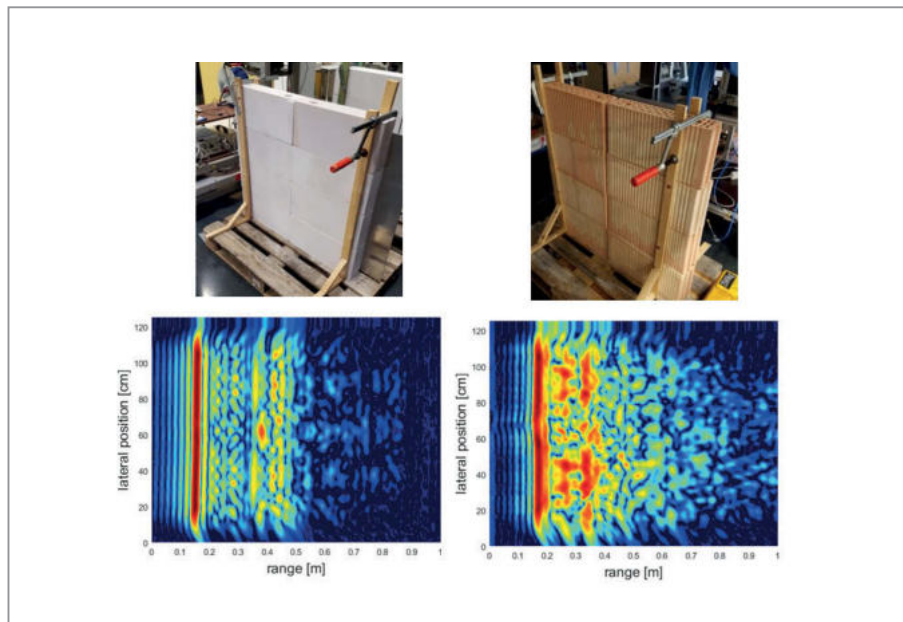


Abbildung 8

Radarmessungen zur Unterscheidung von Baumaterialien:

Tiefenprofile von zwei verschiedenen Fassadenkonstruktionen. Unterschiede, sowie die Möglichkeit zu Tiefenauflösung sind erkennbar.



Ziel des Projekts ist es, die unterschiedlichen Verfahren zu kombinieren, um ein möglichst genaues Bild der thermischen Eigenschaften einer Gebäudehülle ermitteln zu können.

Fazit

Die „Energiewende“ im Gebäudebereich stellt eine große Herausforderung dar. 60% des Endenergiebedarfs in diesem Sektor können bis 2050 eingespart werden. Einsparpotenziale lassen sich durch innovative Ansätze in den Bereichen Gebäudehülle,

Bautechnik, Gebäudesystemtechnik, Planung und im Gebäudebetrieb erschließen. Dabei sind diese Bereiche und Themen ganzheitlich zu betrachten, um Synergieeffekte maximal zu erschließen. Insbesondere der möglichst unkomplizierte Einsatz für die Sanierung des Gebäudebestandes spielt eine essenzielle Rolle. Die dargestellten aktuellen Projektbeispiele zeigen beispielhaft innovative, multidisziplinäre Technologieansätze, die es ermöglichen, einen energieeffizienten Gebäudebestand zu realisieren. Herausforderung bleibt, dieses Potenzial unter wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten bis 2050 zu erschließen.

Literaturverzeichnis

- [1] Statistisches Bundesamt, „Gebäude und Wohnungen – Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden, Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden, Lange Reihe ab 1969–2013,“ Wiesbaden, 2015.
- [2] Statistisches Bundesamt, „Zensus 2011 – Erste Ergebnisse des Zensus 2011 für Wohnungen und Gebäude,“ Wiesbaden, 2013.
- [3] G. Luther, „Endbericht zum theoretischen Teil von Arbeitspaket 3 im Projekt LEXU II, Außenliegende Luftheizung, Konzept, Modellierung und Analysen,“ Universität des Saarlandes, FSt. Zukunftsenergie, Saarbrücken, 2013.
- [4] G. Luther und H. Altgeld, „Die außenliegende Wandheizung,“ Gesundheitsingenieur, pp. 8–15, 2002.
- [5] C. Schmidt, H. Altgeld, B. Groß, G. Luther und D. Schmidt, „LEXU II – Einsatz von außenliegender Wandtemperierung bei der Gebäudesanierung, In Proceedings of CESBP/BauSim, S. 843–850,“ 2016.
- [6] M. Zimmermann, „ECBCS Annex50 Prefabricated Systems for low Energy Renovation of Residential Buildings, Project Summary Report,“ UK, 2012.
- [7] „<http://www.retrokitproject.eu/>,“ [Online]. Available: <http://www.buildup.eu/de/explore/links/retrokit-projekt>. [Zugriff am 05.12.2017].
- [8] R. Horn, „*Entwicklung und Untersuchung einer schaltbaren Wärmedämmung zur Solarenergienutzung*,“ Diss., Würzburg, 2001.
- [9] C. Römer, H. Weinläder, S. Weismann, S. Vidi, J. Wachtel, „*Switchable Thermal Insulation for increasing energy efficiency of building façades*,“ In Proceedings of EuroSun Conference, S. 174–179, 2016.
- [10] A. Haas, M. Peichl und S. Dill, „Theoretical and experimental investigations of microwave signatures for characterization of building structures,“ in *Radar Symposium (IRS), 2017 18th International*, Prag.
- [11] C. Schmidt, G. Luther, H. Altgeld, S. Maas, B. Groß und F. Scholzen, „Außenliegende Wandtemperierung – LowEx-Anwendung zur Temperierung von Bestandsgebäuden und thermischen Aktivierung der Bestandswand: theoretische Grundlagen und Kennwerte,“ *Bauphysik, Heft 4*, pp. 2015–223, 2017.