

Gebäudebestand der Zukunft – Smarte Energieeffizienz



Dr. B. Büttner
Kontakt: bastian.buettner@zae-bayern.de



Kerstin Wurdinger



Dr. Martin Vehse



Dr. Modar Yasin



Dr. Bodo Groß



Dr. Noah Pflugradt



Gliederung

➤ Motivation

- Energiebedarf und Handlungsfeld
- Exkurs: Smart Home

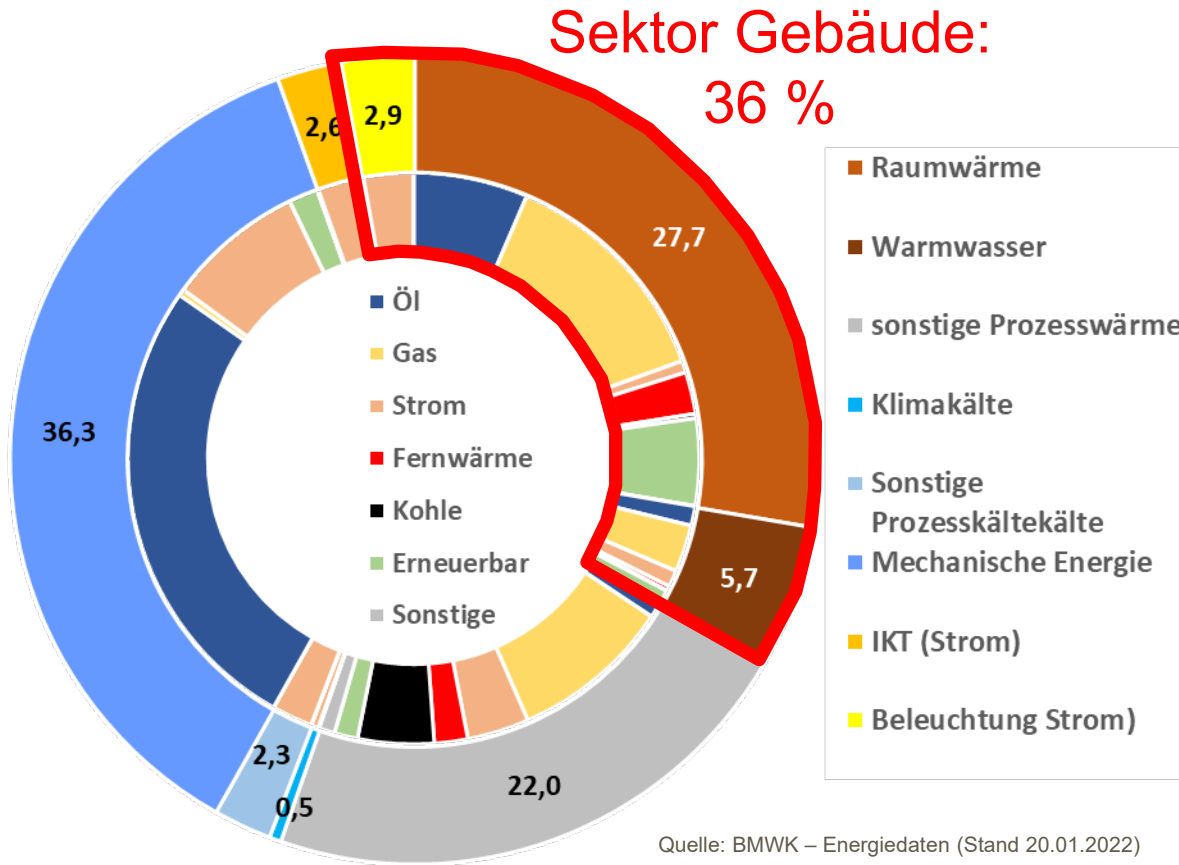
➤ Projektbeispiele aus dem FVEE Verbund

- Gebäudeeffizienz
- Das Gebäude im Energiesystem

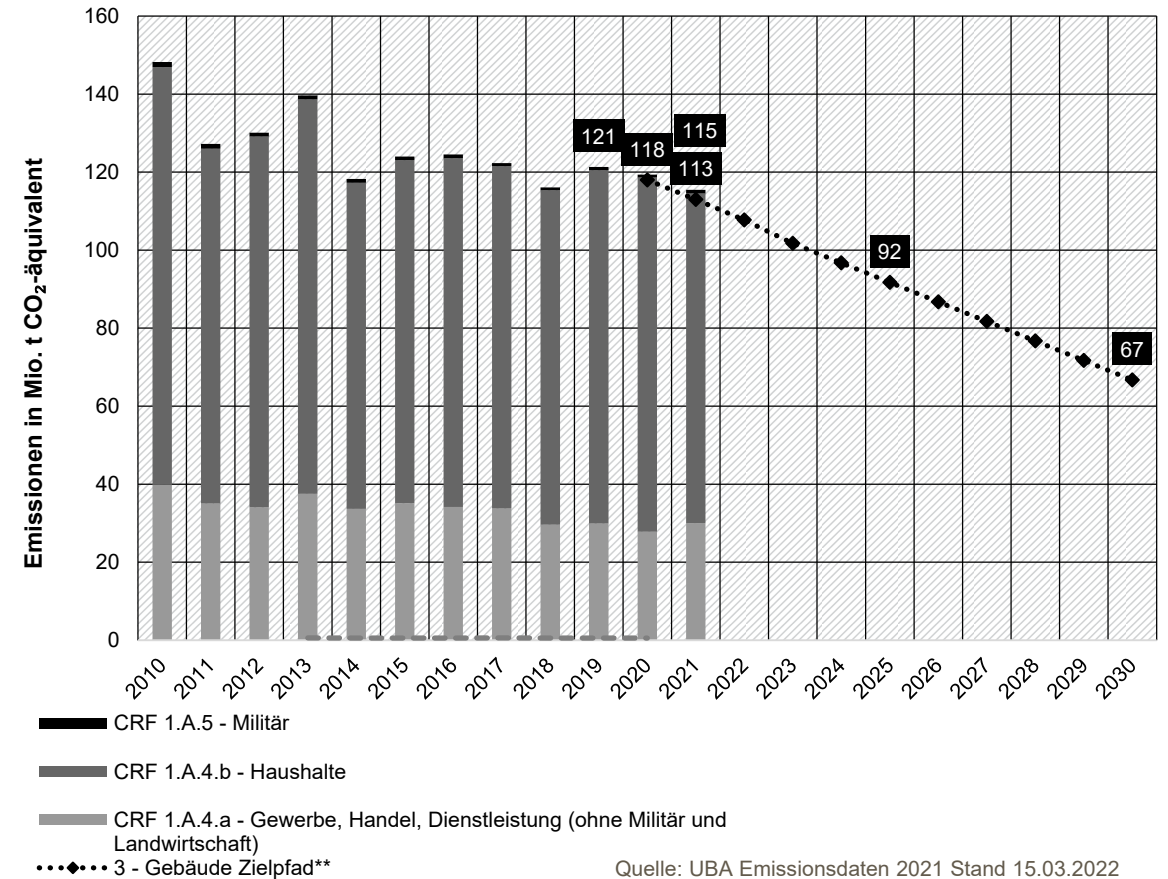
➤ Zusammenfassung

Motivation

Endenergiebedarf 2021 nach Sektoren



Gebäudesektor verfehlt wiederholt die Ziele des Klimaschutzgesetzes der Bundesregierung

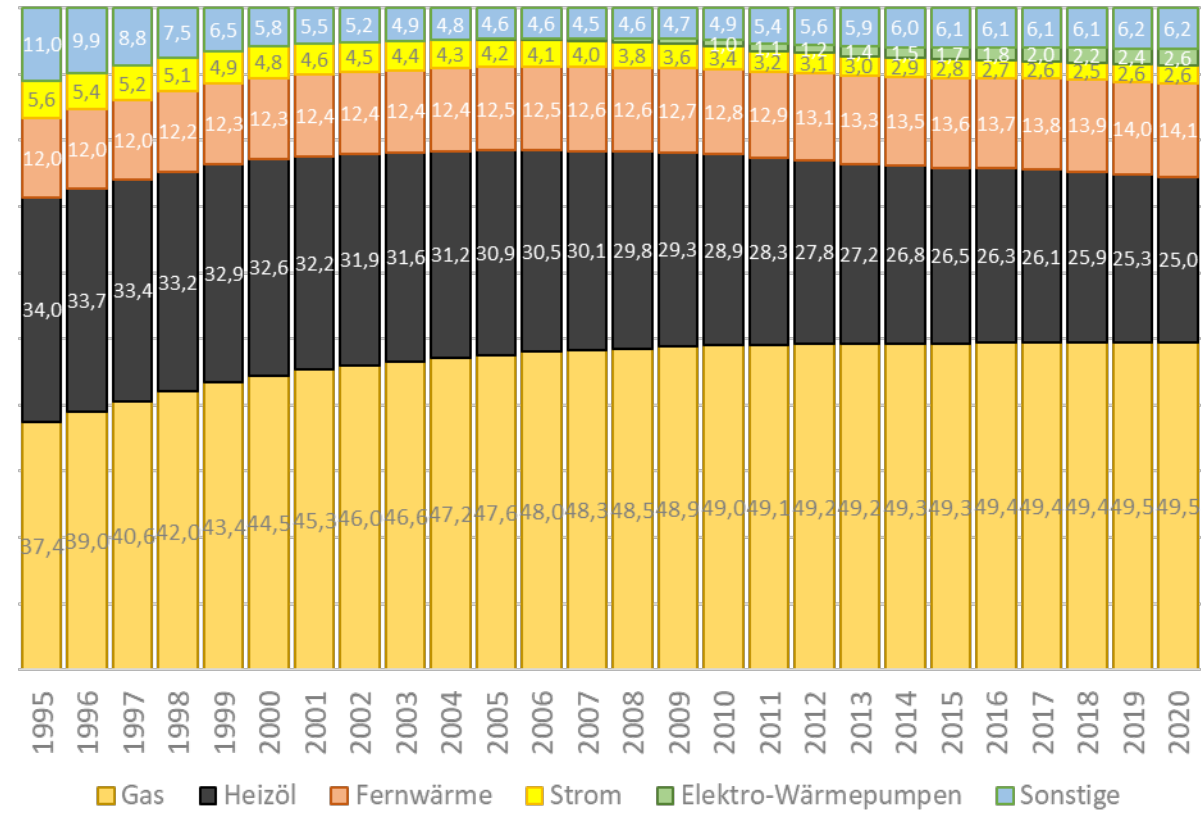
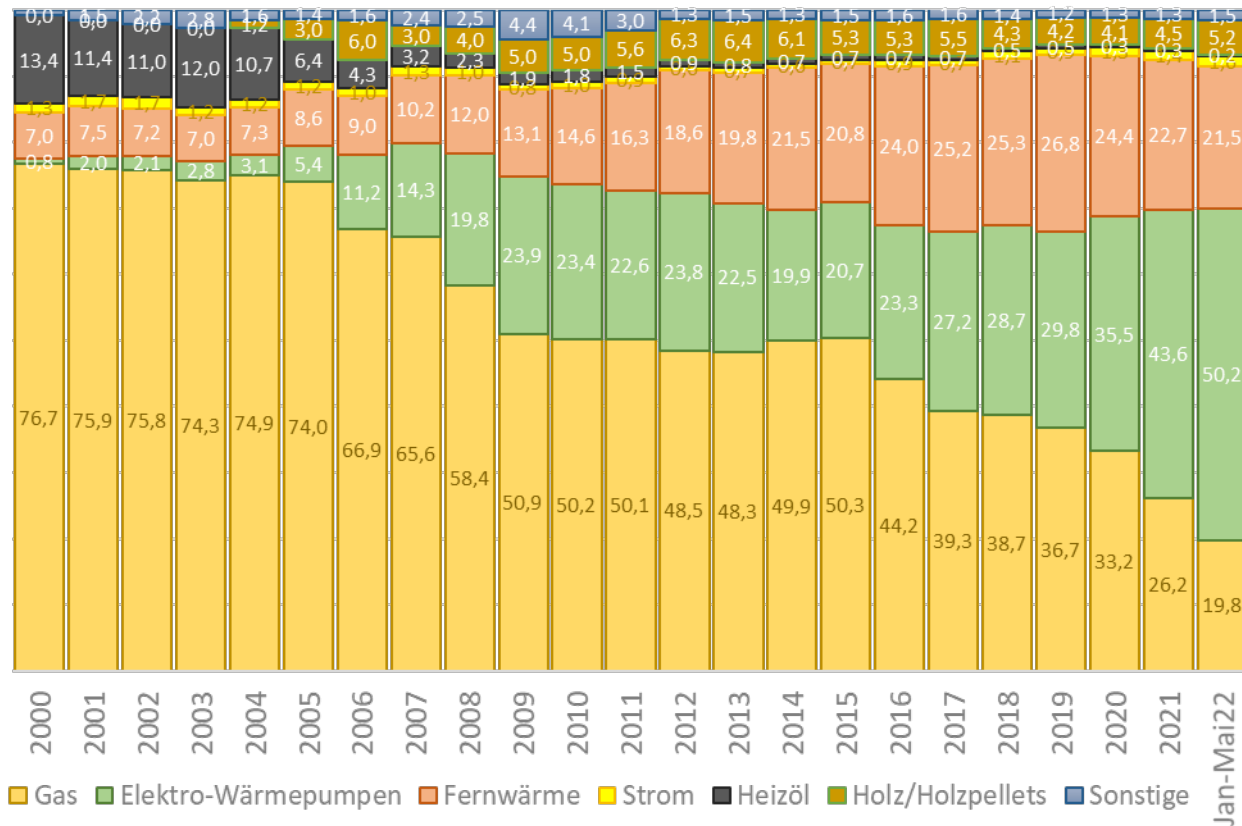


Resultat: Sofortprogramm Gebäude (13.07.2022) → GEG (EPBD)

Beheizungsstruktur in Deutschland

Entwicklung Beheizungsstruktur Wohnungsneubau in DE

Entwicklung Beheizungsstruktur Wohnungsbestand in DE



Eigene Darstellung (nach BDEW Stand 08/2022)

Eigene Darstellung (nach BDEW Stand 07/2022)

Gesamt: 0,28 Mio. Wohnungen

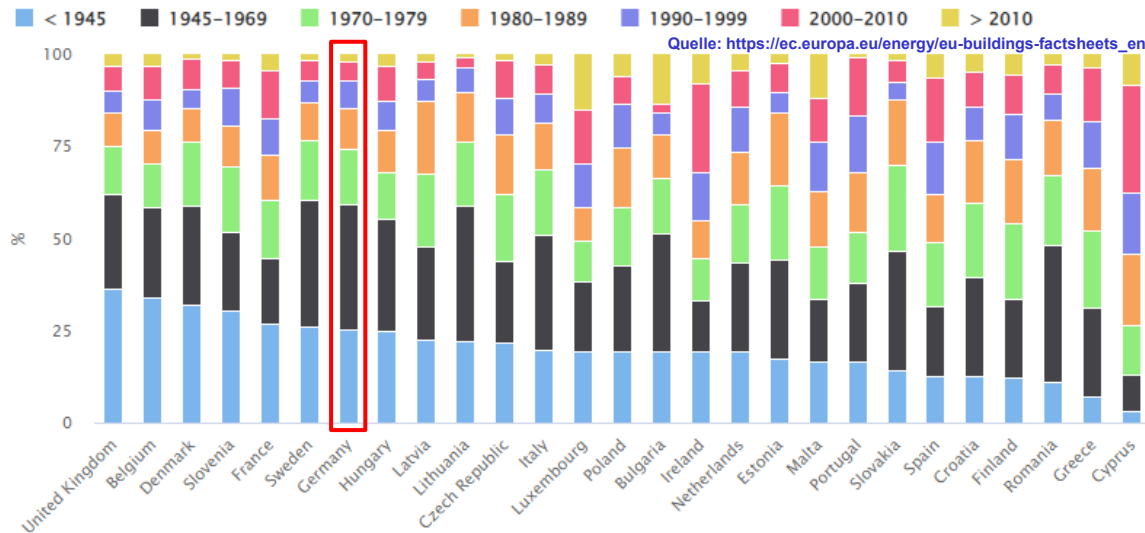
Gesamt: 43,1 Mio. Wohnungen

Die Wärmebereitstellung im Bestand muss angefasst werden

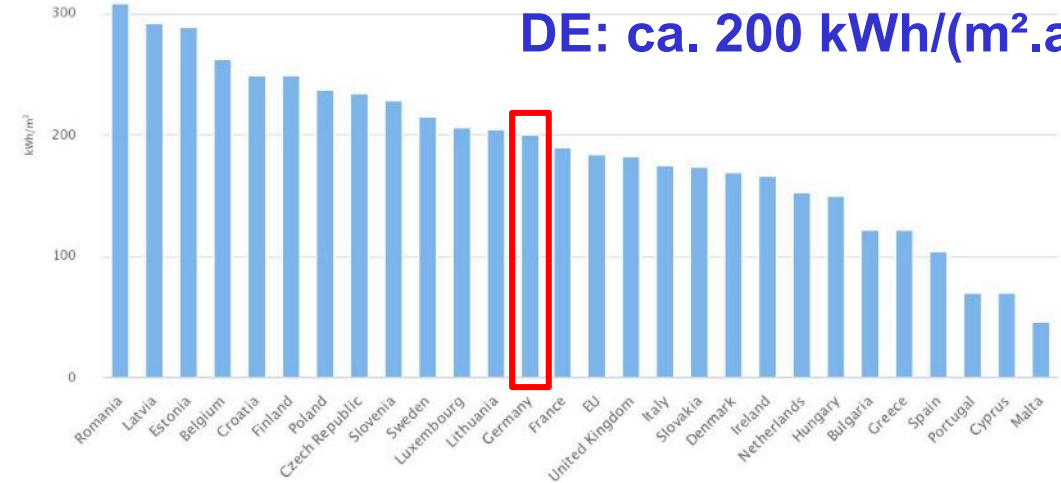
Energieeffizienz – Politischer Rahmen

Grundsatz in EU: „Worst-Performing Buildings First“

Baualtersklassen in der EU



Durchschnittlicher Endenergiebedarf der Gebäude der EU



EU: Energy Performance of Buildings Directive („Fit for 55“, Stand Februar 2022)

Gesetzte Zielstellung EPBD: „Renovation Wave for Europe“

„Worst-First“-Strategie: -55 % GHG Reduktion bis 2030 (Basis 1990)

- Öffentliche und Nicht-Wohngebäude: G → F bis 2027 und → E bis 2030 (EPC „energy performance certificate“)
- Wohngebäude: G → F bis 2030 und → E bis 2033

Mitgliedsstaaten müssen **mindestens 15 %** ihrer Gebäude der Klasse G zuordnen um vergleichbare Kraftanstrengungen aller Mitgliedsländer zu erreichen

Hinweis: Studie des UM BW: Diskussionsimpuls für nationale Umsetzung: GEG 2.0 (ifeu, Schulze-Darup und EEI)

Exkurs: Steigerung Energieeffizienz durch Einsatz von Smart Home Produkten

Mehr als **30 % Heizenergie** gespart
 Hohe Energieeinsparung mit Pilotprojekt zum
 smarten Heizen
 Leer, 05.04.2022 Quelle: HomeMatic

Nr. 17 vom 16. April 2018 Quelle: PM der TH Köln
**Forschungsprojekt: Energieersparnis durch Smart Home-
 Systeme**

Kunden wünschen sich bedienungsfreundlicheres Smart Home
**Mit modernen Smart Home-Systemen lässt sich der Gasverbrauch um bis zu
 30 Prozent reduzieren – unabhängig von der Größe des Hauses und dem Alter der**

Norm und Praxisbeispiele

DIN EN 15232 GA-Energieklassen A: -19 % | B: -12 % | C: Referenz

Borderstep Praxisbeispiele B: in Sanierung: 13 ... 30 %
 (Energieeinsparung durch Gebäudeautomation, 2021) 26 % im Altbau von 1906 erreicht

- Einsparung durch Smart Home: hohe Variation
- Energieeinsparung stark abhängig von:
 - Gebäude und Nutzung (Dämmstandard, Belegung)
 - ➔ Smarte Thermostate in **alten** Gebäuden mit wechselnder Belegung = große Einsparungen möglich
 - Nutzerverhalten und Nutzerakzeptanz (Schulung, Mitmachen, Tüftler)

Hemmnisse:

- Schwierige Nachrüstung SmartHome Applikationen im Altbau
- Fachhandwerk bevorzugt zentrale Lösungen wg. Installation und Wartungsaufwand statt dezentral mit Funk
- Viele proprietäre Lösungen (Vorstellung des offenen Standards „Matter 1.0“ am 05.10.2022 als Enabler?)

Was ist Smart Home?

Komponenten, Inhalte:

- Wärme, Kälte, Lüftung
- Beleuchtung
- Weiße Ware
- Sicherheitstechnik
- Türen, Zugangskontrolle
- Unterhaltungselektronik
- Computer, IT, Telefon
- Garten, Außenanlagen
- BEV, PHEV, Wallbox

Wann ist es smart?

- Die Nutzung von Apps macht per se noch kein SmartHome!
- Smart ist die (auch eigenständige) intelligente Steuerung vernetzter Geräte mit und ohne Nutzerinteraktion



Trends und Anforderungen an zukünftige smarte Gebäude

Effizient und gleichzeitig
„wohngesund“

- Efficiency First – Gesamteffizienz des Gebäudes erhöhen
- Wärme- und ggf. Kältebedarf muss gedeckt werden
- gesundes Wohn- bzw. Arbeitsumfeld schaffen (CO₂, Mindestluftwechsel, Feuchtigkeit...)

Aufnahmefähigkeit
Erneuerbarer Energien

- Anteil an Erneuerbaren Energien maximieren
- PV-Eigenverbrauch anregen
- Temperaturniveaus reduzieren (LowEx)
- Effiziente Wärmebereitstellung und Wärmeübertragung

Intelligente
Gebäudesteuerung

- Energiemanagementsysteme
- Gebäudeautomation

Gebäude als reaktive
Komponente im
Energiesystem

- Dynamische Interfaces / Kommunikationsfähigkeit (Smart Meter Gateways)
- Netzdienlichkeit, Anpassungsfähigkeit im flexiblen Stromnetz
- Pufferung durch lokale Speicher, Gebäudemasse sowie Vehicle-2-Building/Grid

Innovationen zur Erhöhung der Gebäudeeffizienz

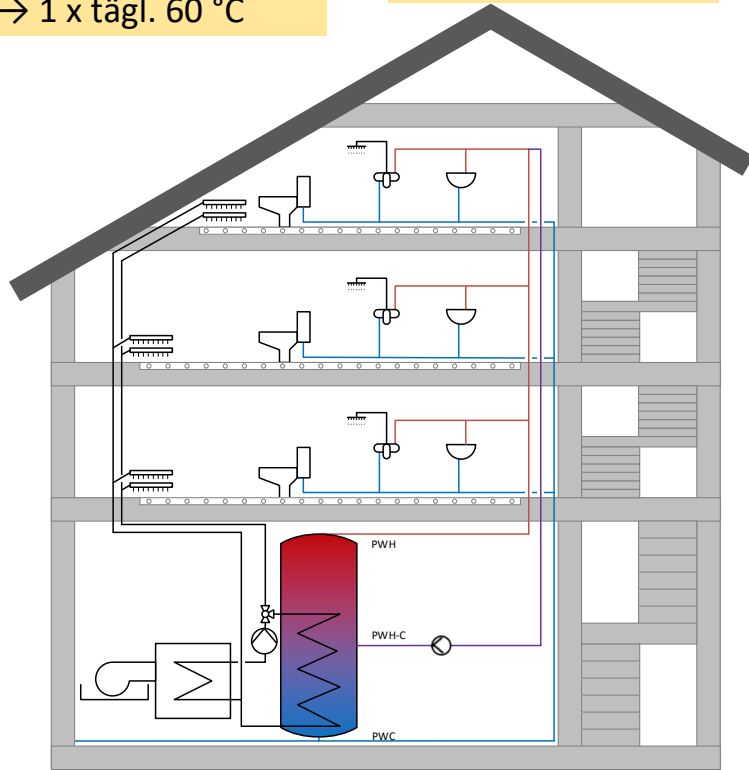
Entwicklung smarterer Wohnungsstationen WoSta4.0 (FKZ 03EN1061A)



TWW-Regelung nach DVGW W551 in Großanlage bei zentraler TWW-Bereitung

> 400 Liter
→ PWH > 60 °C
→ 1 x tägl. 60 °C

> 3 Liter
→ Zirkulation nötig

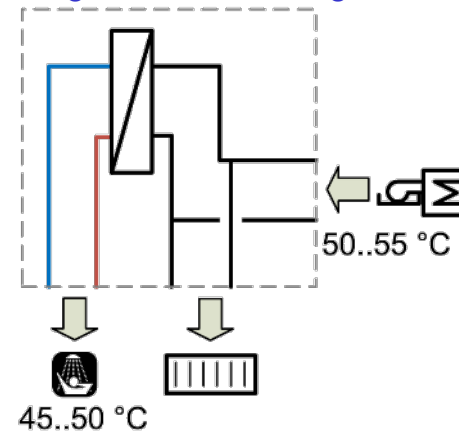


Referenzsystem „Zentrale TWW-Bereitung“

Ist-Zustand der Wärmeversorgung in Mehrfamilienhäusern

- Trinkwasserhygiene (55... 60 °C PWH*) bestimmt Temperaturniveau der Wärmezentralen
- Verteilverluste vergrößern den Wärmebedarf um ca. 30-50 %
- Wohnungsstationen erlauben reduziertes Temperaturniveau

* PWH: „potable hot water“ englische Abkürzung für Trinkwarmwasser



Wohnungsstation als dezentrale Wärmeversorgung für Heizung und Warmwasser

WoSta4.0 (FKZ 03EN1061A)

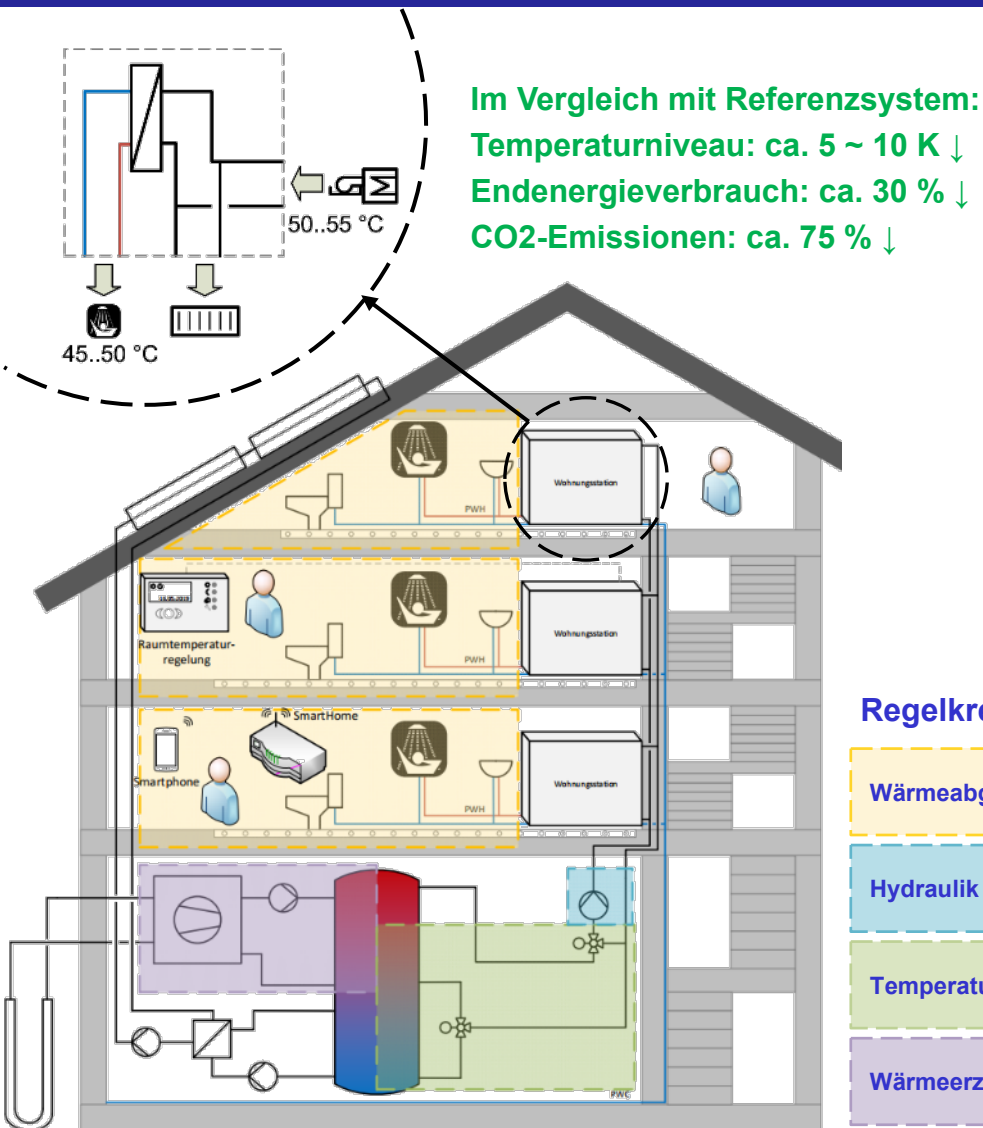


Projektziele:

- Senkung des Temperaturniveaus der Wärmezentralen in Mehrfamilienhäusern
- Vernetzung unterschiedlicher intelligenter Regelkreise → smarte Wohnungsstationen → Hocheffiziente bedarfsgeführte Betriebsweise
- Suffizientes Verbrauchsverhalten der Nutzer durch transparente Versorgung

Vorgehensweise:

- Laborprüfung smarterer Wohnungsstationen dreier Hersteller
- Optimierung der Betriebsführung durch dynamische Simulation
- Demonstration optimierter Wärmeversorgungssysteme im Feld

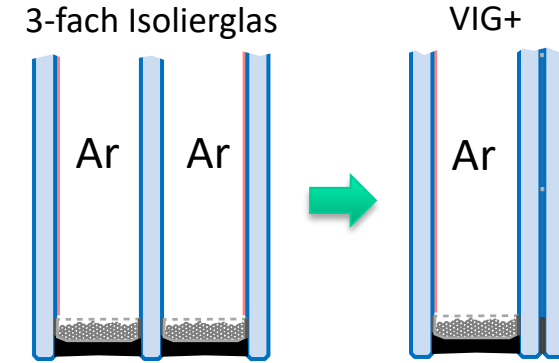


Dezentrale Durchfluss-Trinkwasser-Erwärmung mit smarten Wohnungsstationen

FFS-VIG+ - Hybride Vakuumisolierverglasungen für Neubau und Bestand (FKZ 03EGB0021A)

Stand der Technik:

- Die transparente Gebäudehülle stellt die thermische Schwachstelle dar
- Klimaneutraler Gebäudebestand 2045
→ Austausch von ca. 400 Mio. m² (Quelle: VFF)
- Aktuelles Limit für 3fach-Verglasung Ug: 0,6 W/m².K (Argon)

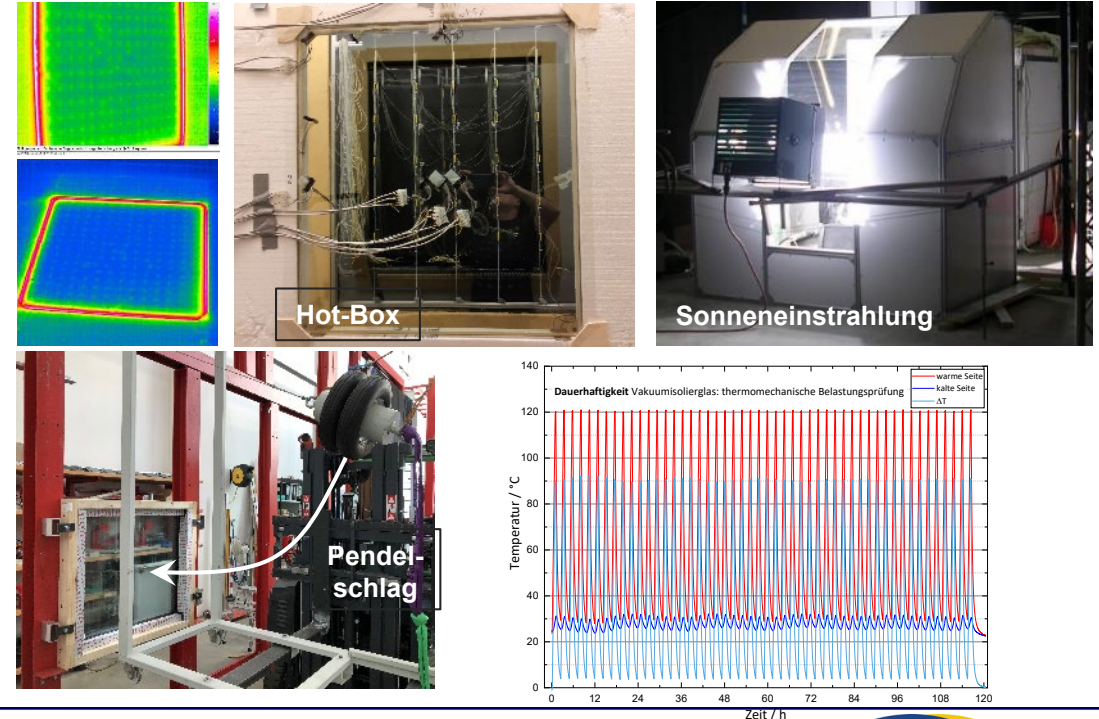


Technischer Lösungsansatz:

- Vakuumisolierverglasung VIG: Ug = 0,4 W/(m².K)
Aber: Wärmebrücke (Uw-Wert) und Lastfall Hagelschlag
- VIG+ (VIG mit Vorsatzscheibe):
Entschärfung der Wärmebrücke und Hagelschlaglastfall

Projektziele:

- Charakterisierung kommerziell verfügbarer VIG
- Herstellung und Charakterisierung von VIG+
- Erarbeitung eines Nachweiskonzeptes für den Einbau
- Großflächiger Einbau in einem Demogebäude (250 m²)
- Ökobilanzierung



FFS-VIG+ - Hybride Vakuumisolierverglasungen für Neubau und Bestand (FKZ 03EGB0021A)

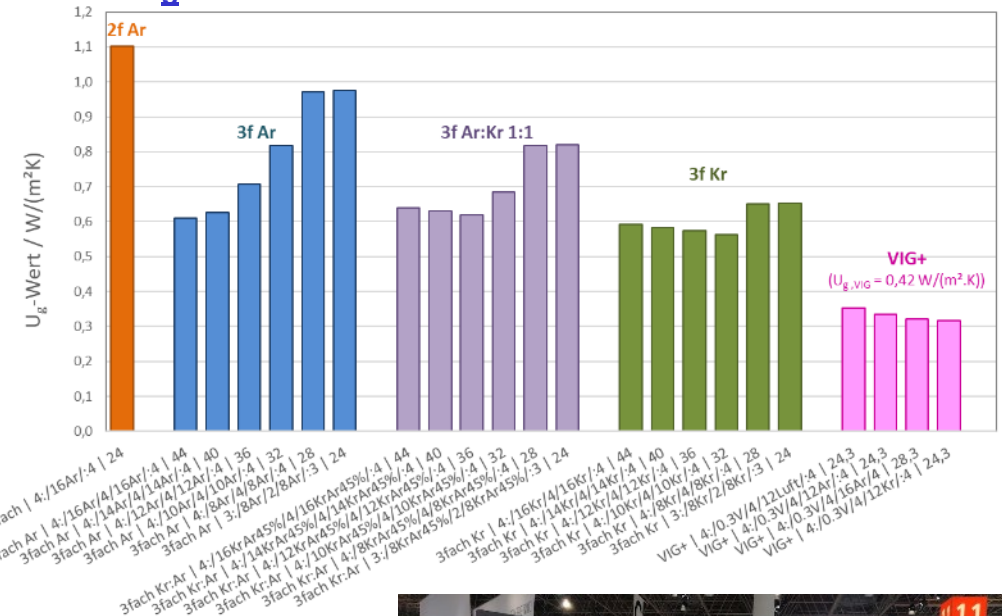


ZAE BAYERN

Projektergebnisse

- Guarded Hot Plate: Gemessene U_g -Werte von
 - VIG bis zu $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
 - VIG+ bis zu $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- FEM-Simulationsmodell für VIG entwickelt und validiert
→ Abbildung relevanter Lastfälle für beliebige Größen
- Nachweis Dauerhaftigkeit (thermomech. Belastungsprüfungen)
- Thermische Simulationen für neu entwickelte
 - Fensterflügel: U_w -Wert $< 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (sehr schlanker Aufbau)
 - Fassadensystem: U_{cw} -Wert $< 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
- Neuartiges Nachweiskonzept zur Erwirkung ZiE/vBg Demogebäude
- Einbau im Demogebäude in Q4/2022 angestrebt

U_g -Werte für Fenster- und Glastausch

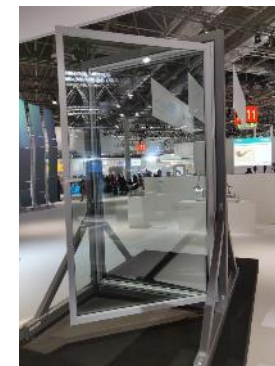


Einsatzbereich VIG+:

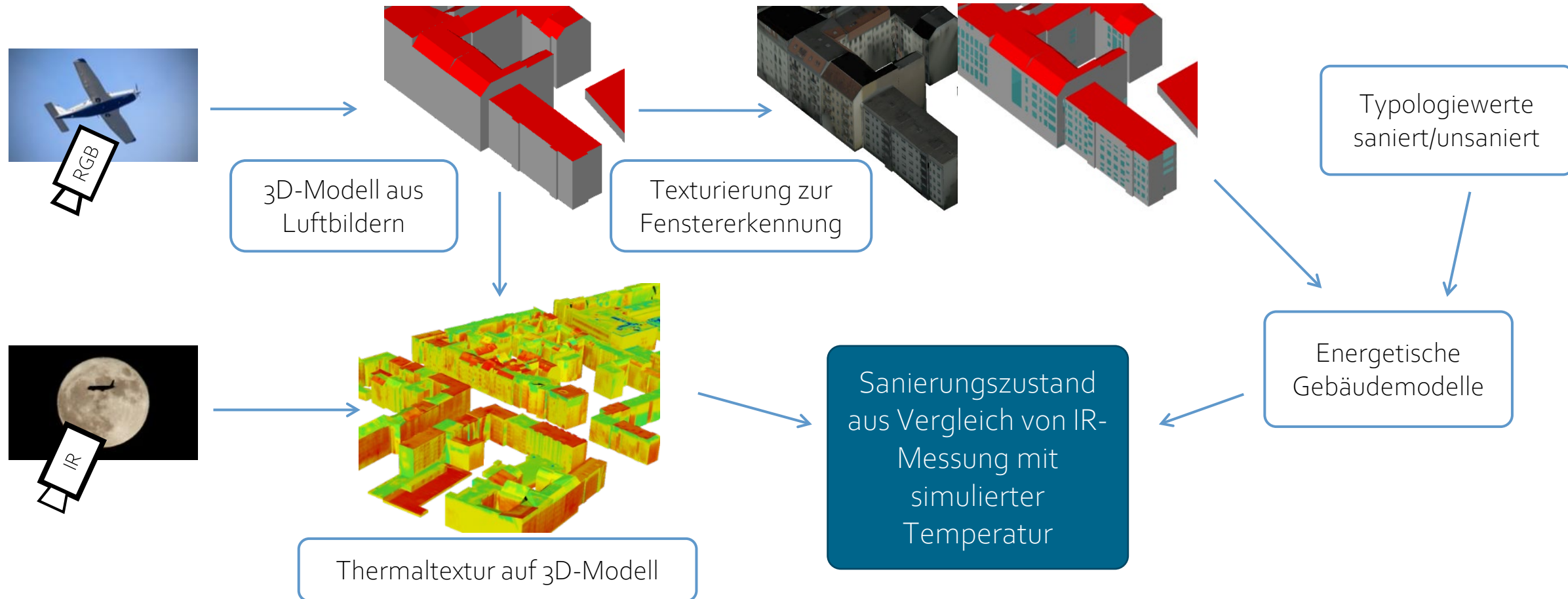
- Neubau
- Sanierung des Gebäudebestandes (Glastauch)

Ermitteltes max. technisches Einsparpotential

- Endenergie: ca. 38 TWh/a
- GHG-Emissionen: ca. 10 Mio. $t_{\text{CO}_2,\text{äq}}/\text{a}$

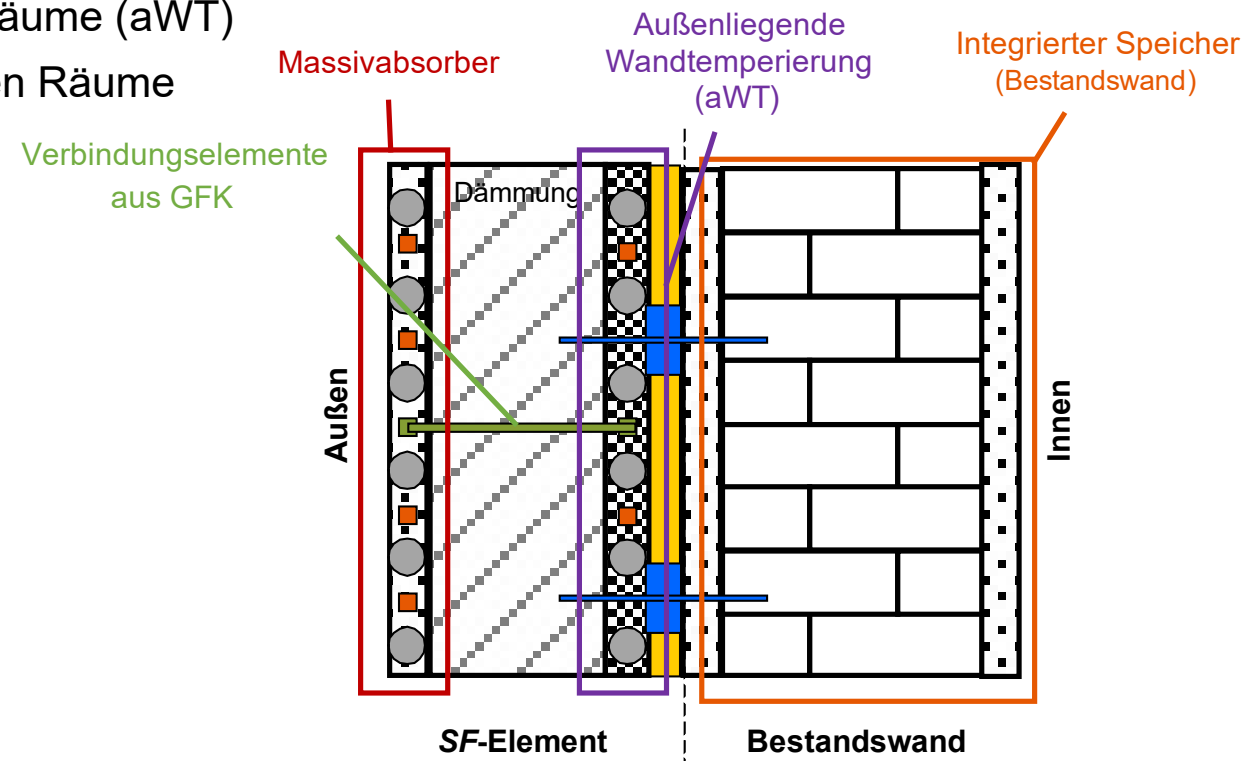


Ermittlung des Sanierungsbedarfes aus Überflügen und Quartiersanalysen im Projekt „Gebäudetomograph“ Gtom (FKZ 03ET1405A)



LEXU_PLUS: Innovative Sandwich Fassadenelemente (FKZ 03EN1041A)

- Entwicklung innovativer vorgefertigter aktiver Sandwich-Fassaden-Elemente für die Sanierung im Gebäudebestand
- Die Innovation der Sandwich-Fassaden-Elemente sind die integrierte außenliegenden Wandtemperierung sowie der Fassadenabsorber
 - Möglichkeit der niederexergetischen Temperierung der Räume (aWT)
 - Aktive Reduzierung der Wärmeverluste der angrenzenden Räume aufgrund der sanierten und aktivierten Außenwand
 - Gewinn von Umweltwärme über den Fassadenabsorber
 - Möglichkeit der Wärme- und Kältespeicherung
- Nutzung neuer (wärmebrückenreduzierter) Verbindungselemente aus GFK
- Integration in die überbetriebliche Ausbildung
- Umsetzung an einer Demonstrationsfassade und einem Demonstrator
- Untersuchung des praxisnahen Betriebsverhaltens im Testbetrieb

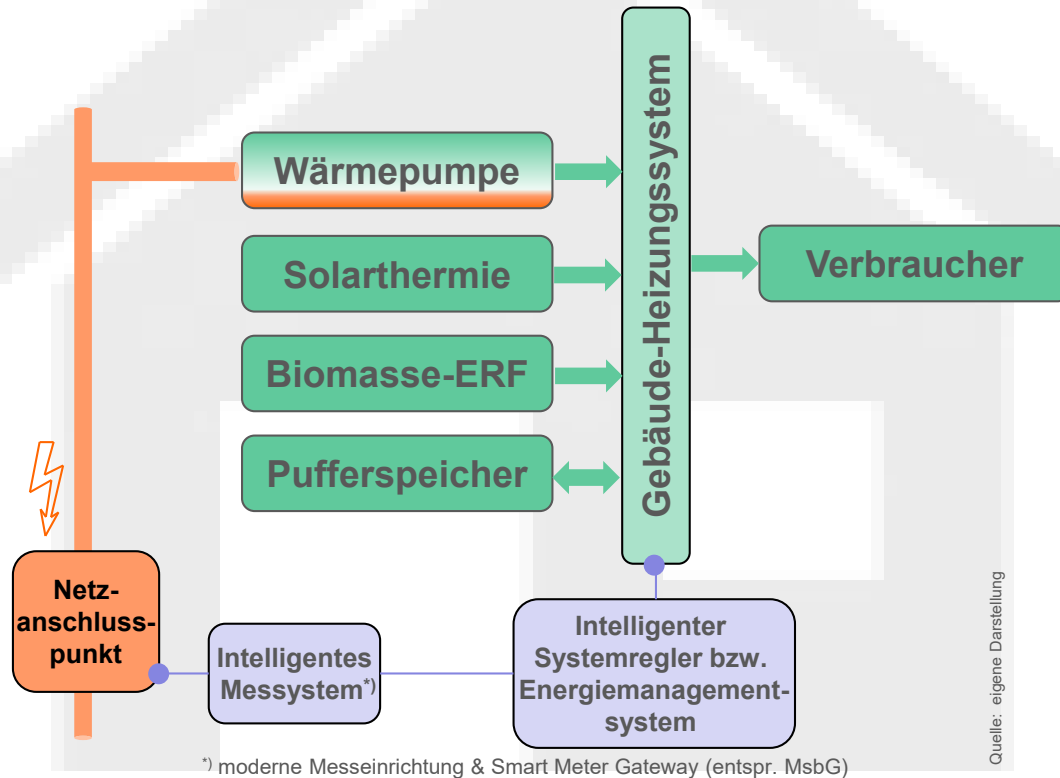


Das Gebäude als Teil des Energiesystems

Systemischer Effekt von Hybridsystemen in Wohngebäuden

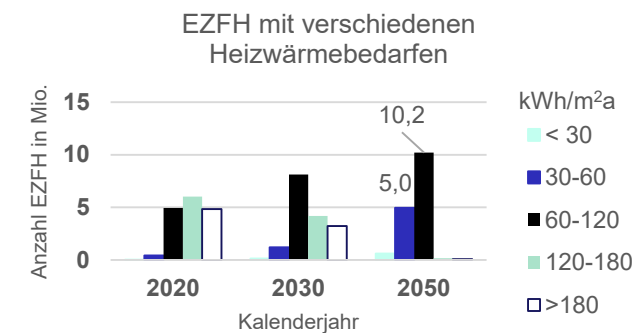


Intelligenter Einsatz von Biomasseerzeugern als sektorübergreifende Flexibilitätsoption



Schematische Darstellung des untersuchten Wärmeversorgungssystems

- Einzelraumfeuerungen (ERF):
 - geschätzter Bestand 2014 ^[1]: 9,97 Mio.
 - davon **~7,24 Mio.** ERF der Typen *Kamineinsatz/ Kaminkassette, Kaminofen, Offener Kamin*
- Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) in 2050 & im Klimaschutzszenario 95 ^{[2],[3]}:
 - ansteigende Anzahl EZFH mit mittlerem Dämmstandard (60-120 kWh/m²a): **~10,2 Mio.**
 - Zunahme bivalenter Heizsysteme zur Reduzierung des Strombedarfs bei niedrigen Temperaturen und/oder positiver Residuallast



[1] RÖNSCH, Cornelia: Entwicklung einer Methode zur Verwendung der Daten des Schornsteinfegerhandwerks für die energiewirtschaftliche Berichterstattung: Dissertationsschrift. Leipzig, 2019 (DBFZ-Report 34)

[2] KOCH, M.; HENNENBERG, K.; HÜNECKE, K.; HALLER, M.; HESSE, T.: Rolle der Bioenergie im Strom- und Wärmemarkt bis 2050 unter Einbeziehung des zukünftigen Gebäudebestandes: Wissenschaftlicher Endbericht. FKZ 03KB114. 2018

[3] THRÄN, D.; SZARKA, N.; HAUFE, H.; LENZ, V.; MAJER, S.; OEHMICHEN, K.; JORDAN, M.; MILLINGER, M.; SCHALDACH, R.; SCHÜNGEL, J.: BioplanW: Systemlösungen Bioenergie im Wärmesektor im Kontext zukünftiger Entwicklungen: Schlussbericht. Leipzig, 2020 (DBFZ-Report 36)

Systemischer Effekt von Hybridsystemen in Wohngebäuden



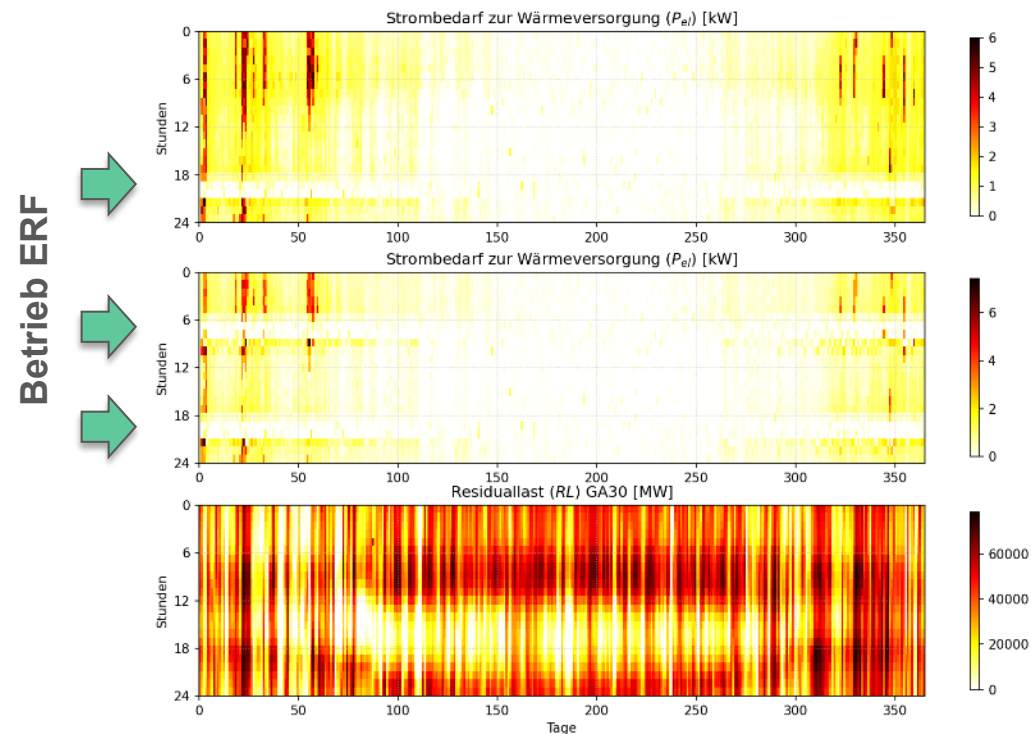
Intelligenter Einsatz von Biomasseerzeugern als sektorübergreifende Flexibilitätsoption

Simulationsergebnisse aus dem Projekt OptDienE (FKZ 03KB138) – ein potentieller Beitrag für das erneuerbare Energiesystem:

- Reduzierung maximaler elektrischer Leistungsbedarfe (Viertelstundenwerte) in Spitzenlastzeiten gegenüber Referenzgebäude um bis zu
 - 66 % (EZFH mit 25 bzw. 58 kWh/m²a)
 - 53 % (EZFH mit 107 kWh/m²a)

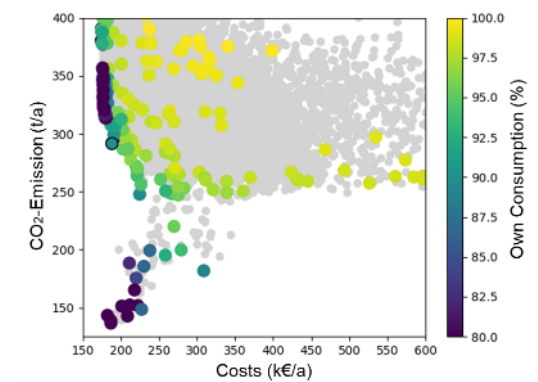
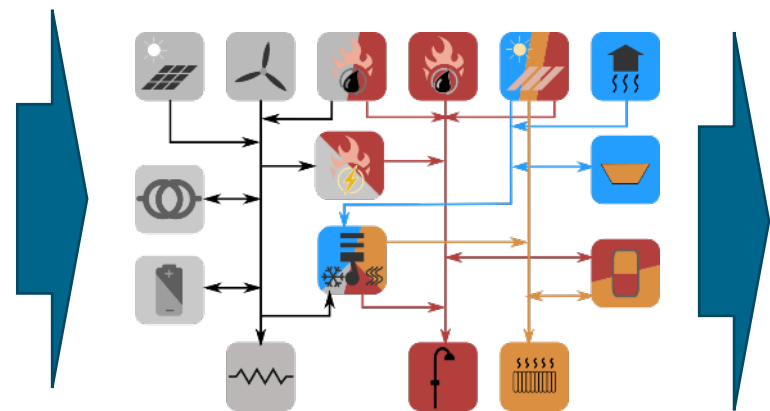
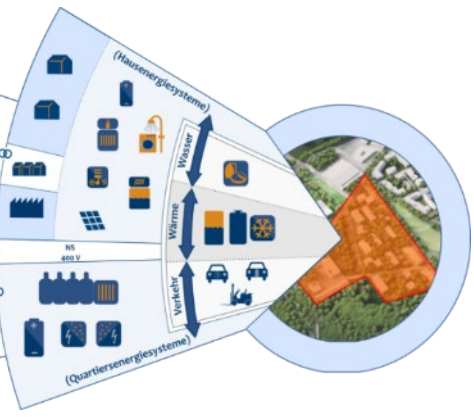
- Reduzierung des jährlichen Strombedarfs zur Wärmeversorgung eines EZFH gegenüber Referenzgebäude um bis zu
 - 88 % (EZFH mit 25 kWh/m²a)
 - 65 % (EZFH mit 58 kWh/m²a)
 - 46 % (EZFH mit 107 kWh/m²a)

- Maximale Reduzierung des jährlichen Strombedarfs in Spitzenlastzeiten zwischen 71 und 90 % (je nach Gebäudedämmung)



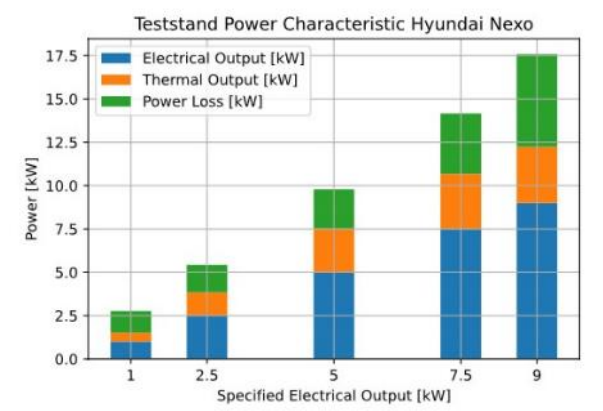
Systembeitrag der Heizungsanlage ohne Solarthermie in einem EZFH 60-120 kWh/m²a mit Wärmepumpe und 8 kW-Scheitholz-ERF
 Betriebsregime: 18-21 Uhr (Abb. oben), 6-9 Uhr und 18-21 Uhr (Abb. Mitte)
 Residuallast Stromnetz Deutschland in 2030 (Abb. unten)

Intelligente Betriebsführung für ein Erneuerbares Energiesystem im Projekt „Energetisches Nachbarschaftsquartier“ (ENaQ)



- Optimierung von Design und Betriebsführung von Energiesystemen (Quartiere und Gebäude) – mit dem Modellierungsframeworks MTRESS (Model Template for Renewable Energy Supply Systems)
- Sektorenkoppelnde Elemente für Gebäude, Gebäudehülle, Gastechnik, Schnittstellen zur Mobilität
- Erarbeitung von hochauflösenden Planungswerkzeugen: GIS-basierte Potenzialabschätzungen & tomographiebasierte Gebäudevermessung
- Entwicklung selbstoptimierender Betriebsführungen inkl. hochaufgelöster Prognosemethoden
- Verifizierung von der Betriebsführung im Labor sowie Übertragung in Reallaborumgebungen Energetisches Nachbarschaftsquartier in Oldenburg (ENaQ)

Test neuer energetischer Schnittstellen: Bsp. Auto - Gebäude



Zusammenfassung

Klimaneutraler Gebäudebestand durch synergetisches Zusammenwirken von

- Gebäudeeffizienz (Sanierungsrate ↑)
- Einsatz Erneuerbarer Energien (Schlüsseltechnologien Wärmenetze und Wärmepumpe)
- Intelligenter Betrieb der Gebäude und Quartiere
- Netzdienlichkeit im künftigen Energiesystem (Speicher nutzen))

Hemmnisse:

- Wie Intelligenz in den Altbau bringen (praktikable Nachrüstlösungen)
- Fachkräftemangel (Energieberater, Handwerker, ...)
- Stark gestiegene Investitionskosten in den letzten beiden Jahren schrecken ab
- Wechselnde Rahmenbedingungen in der Förderung

Technologien:

Bestehende Technologien umsetzen, weiterentwickeln und neue Innovationen erforschen