

Universität Stuttgart

IER Institut für Energiewirtschaft
und Rationelle Energieanwendung

18. Symposium Energieinnovation

14.-16.02.2024, Graz/Austria

SESSION F4:

WÄRMEPUMPEN(-SYSTEME)

15.02.2024, 16:30-18:30

**Gebäudesanierung und
hybride Wärmepumpen-
systeme –
Bündel von Modernisierungs-
maßnahmen für öffentliche
Nichtwohngebäude**

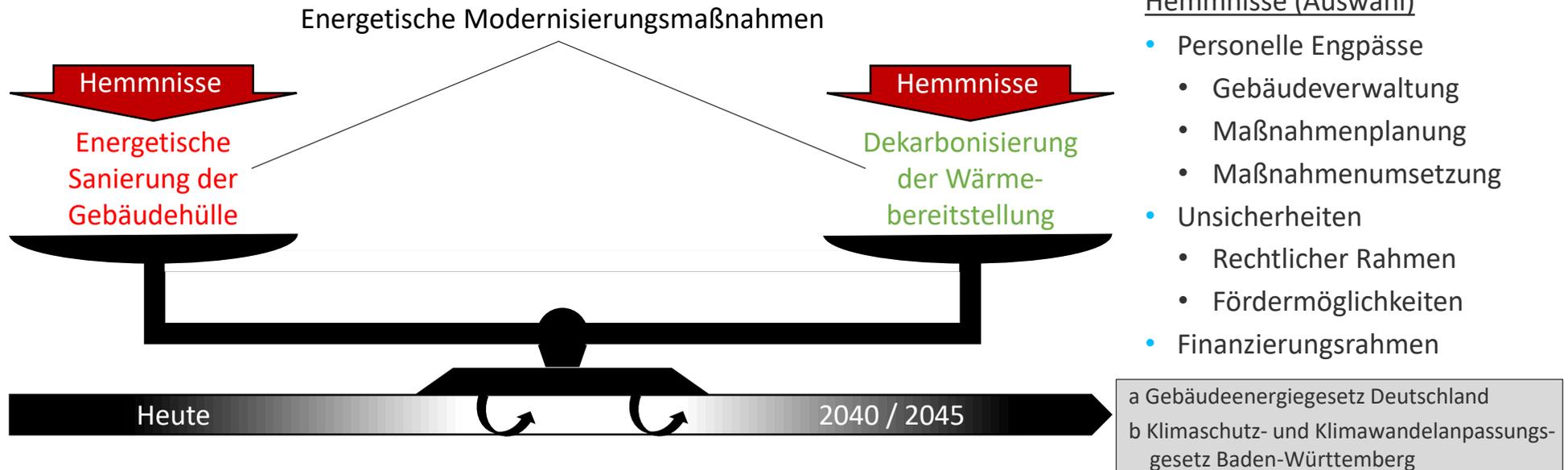
**Tim
Schaffitzel**

Agenda

- Motivation
- Forschungsfragen und Ziel
- Methodik - Überblick
- Fallstudie
 - Beispielgebäude
 - Szenarien für den Umsetzungsfahrplan der Modernisierungsmaßnahmen
- Ergebnisse I
 - Gebäudeperspektive
- Methodik – Gestehungskosten von Modernisierungsmaßnahmen
- Ergebnisse II
 - Perspektive Modernisierungsmaßnahme(n)
- Fazit

Motivation

- Treibhausgasneutralität ist für den heterogenen Nichtwohngebäudebestand ist eine große Herausforderung.
- Ca. 9 % der Nichtwohngebäude in Deutschland sind kommunale Nichtwohngebäude [1].
- Vorbildfunktion der öffentlichen Hand (§4^a GEG, Baden-Württemberg: §5 KlimaG BW^b, Klimaschutzpakt)
- Notwendigkeit zur Umsetzung von Modernisierungsmaßnahmen, die von Hemmnissen geprägt ist



Forschungsfragen und Ziel

? Welche Auswirkung haben unterschiedliche Umsetzungszeitpunkte und -reihenfolgen von Modernisierungsmaßnahmen im Bündel auf die wirtschaftliche Bewertung?

?

Wie stark beeinflussen Gleichzeitigkeit und Reihenfolge von mehreren Sanierungsmaßnahmen die Nutzeneinsparung der einzelnen Sanierungsmaßnahme?

?

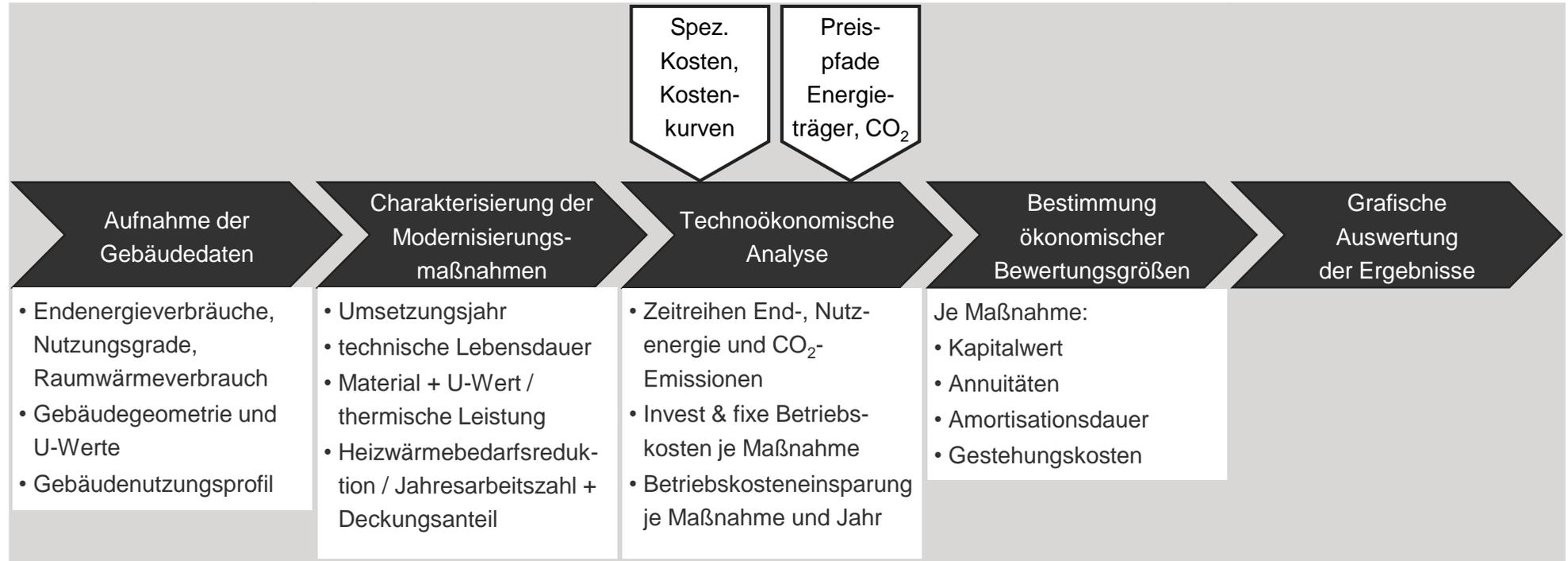
Wie kann ein sogenanntes hybrides Wärmepumpensystem zur schrittweisen Transformation eines Nichtwohngebäudes hin zur Treibhausgasneutralität beitragen?

Technoökonomische Bewertung von Modernisierungsmaßnahmen,

- einzeln und im Bündel,
- für unterschiedliche Szenarien
- mit anschließendem Szenarienvergleich

Methodik

Überblick



Fallstudie

Beispielgebäude

Merkmale	Beschreibung / Wert, Einheit
Gebäudetyp nach [2]	Büro-, Verwaltungs- oder Amtsgebäude
Baujahr	1964
Energiebezugsfläche	391 m ²
Wärmebereitstellung Status Quo	Öl-Niedertemperaturkessel
Spez. Raumwärmebedarf	154,5 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$ *
Anteil Raumwärme am Endenergieverbrauch	95 % *

* aus Daten und Annahmen bestimmt



Quelle: Google Maps

Fallstudie

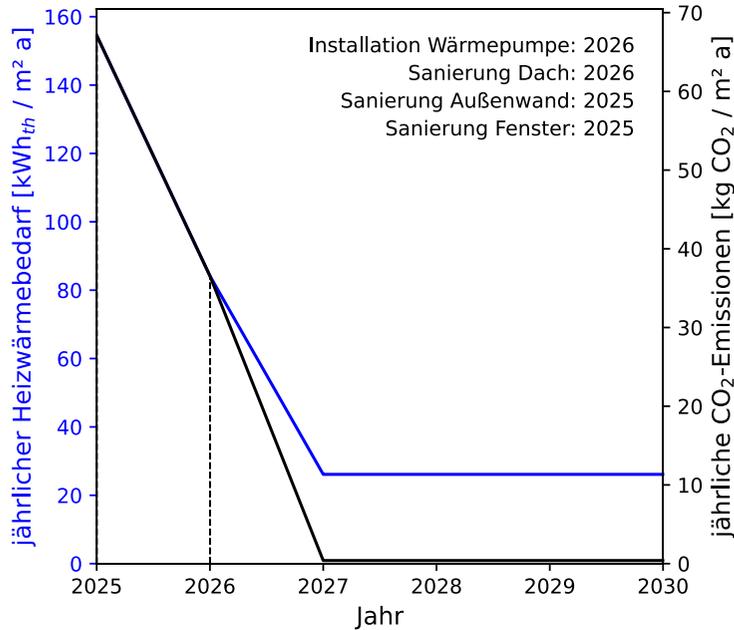
Szenarien für den Umsetzungsfahrplan der Modernisierungsmaßnahmen

Szenario 1	2025	2026	2027	2028	2029	2030	...	2040
Luft-Wasser-Wärmepumpe ($P_{th} = 10 \text{ kW}$, JAZ =3,5)		[Red bar]						
Öl-Niedertemperaturkessel (Bestand)	[Red bar]							
Sanierung Fenster	[Dark Green bar]							
Sanierung Außenwand	[Light Green bar]							
Sanierung Dach		[Light Green bar]						
Deckungsanteil Luft-Wasser-Wärmepumpe	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vorlauf-/Rücklauftemperatur	56/46	38/28						

Szenario 2	2025	2026	2027	2028	2029	2030	...	2040
Luft-Wasser-Wärmepumpe ($P_{th} = 10 \text{ kW}$, JAZ =3,5)	[Red bar]							
Öl-Niedertemperaturkessel (Bestand)	[Red bar]							
Sanierung Fenster			[Dark Green bar]					
Sanierung Außenwand			[Light Green bar]					
Sanierung Dach		[Light Green bar]						
Deckungsanteil Wärmepumpe	0,62	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vorlauf-/Rücklauftemperatur	75/65	58/48	46/36	38/28				

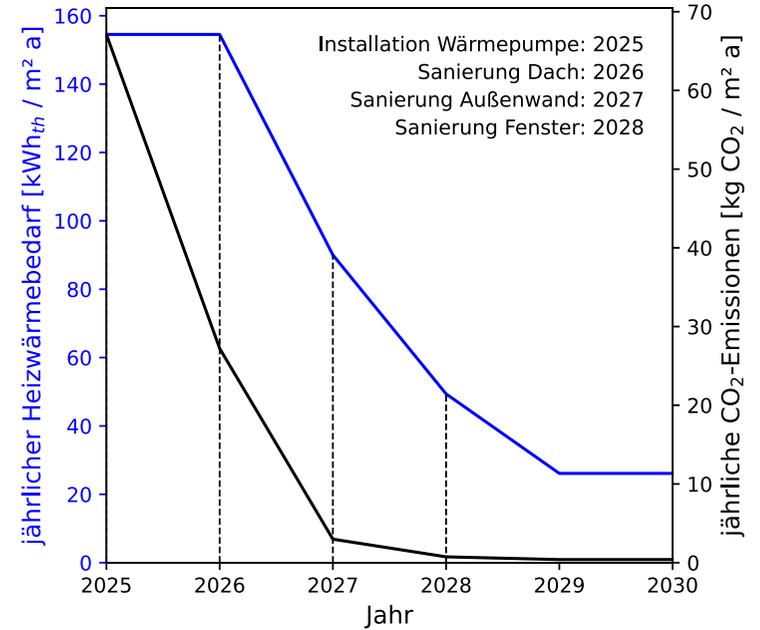
Ergebnisse I

Gebäudeperspektive: Spezifischer Heizwärmebedarf und spezifische CO₂-Emissionen



← Szenario 1

Szenario 2 →



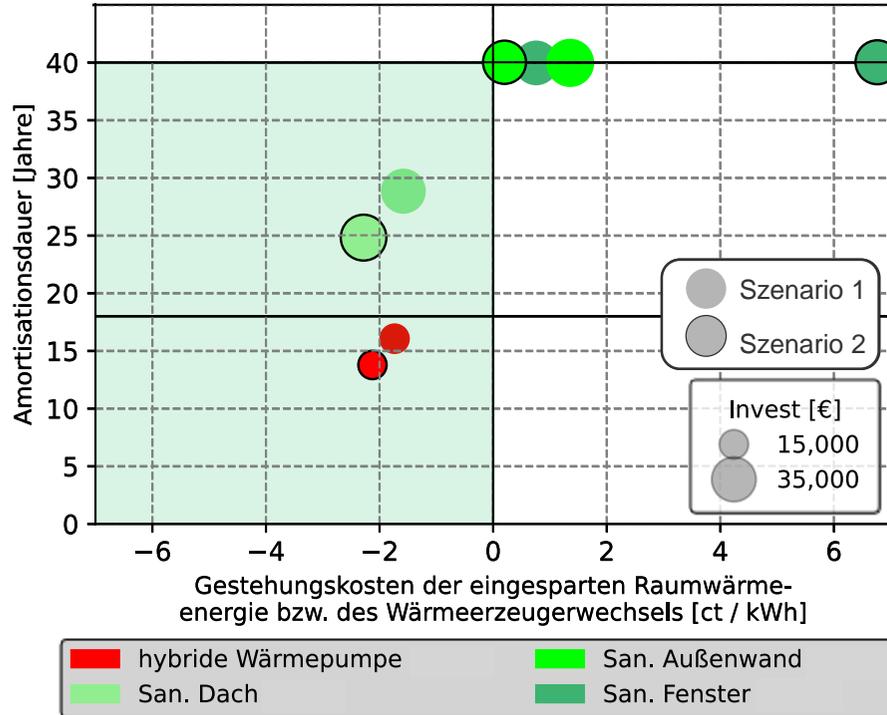
- Sanierung: Senkung von Heizwärmebedarf und CO₂-Emissionen
Energieträgerwechsel: „nur“ Senkung der CO₂-Emissionen
- Unterschiedliche Pfade zwischen Status Quo und Zielzustand (szenariounabhängig) des Gebäudes

Szenario 1	2025	2026	2027	2028	2029	2030	...	2040
Luft-Wasser-Wärmepumpe								
Öl-Niedertemperaturkessel (Bestand)								
Sanierung Fenster								
Sanierung Außenwand								
Sanierung Dach								
Deckungsanteil Luft-Wasser-Wärmepumpe	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vorlauf-/Rücklauftemperatur	56/46							38/28

Szenario 2	2025	2026	2027	2028	2029	2030	...	2040
Luft-Wasser-Wärmepumpe								
Öl-Niedertemperaturkessel (Bestand)								
Sanierung Fenster								
Sanierung Außenwand								
Sanierung Dach								
Deckungsanteil Wärmepumpe	0,62	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vorlauf-/Rücklauftemperatur	75/65	58/48	46/36					38/28

Ergebnisse II

Perspektive Modernisierungsmaßnahme: Amortisationsdauer und Gestehekungskosten



- Wirtschaftliche Maßnahmen liegen im grünen Bereich
- Darstellung Amortisationsdauern ≥ 40 Jahre $\hat{=}$ 40 Jahre

Szenario 1

- Fenster- und Außenwandsanierung unwirtschaftlich
- Dachsanierung und hybride Wärmepumpe wirtschaftlich

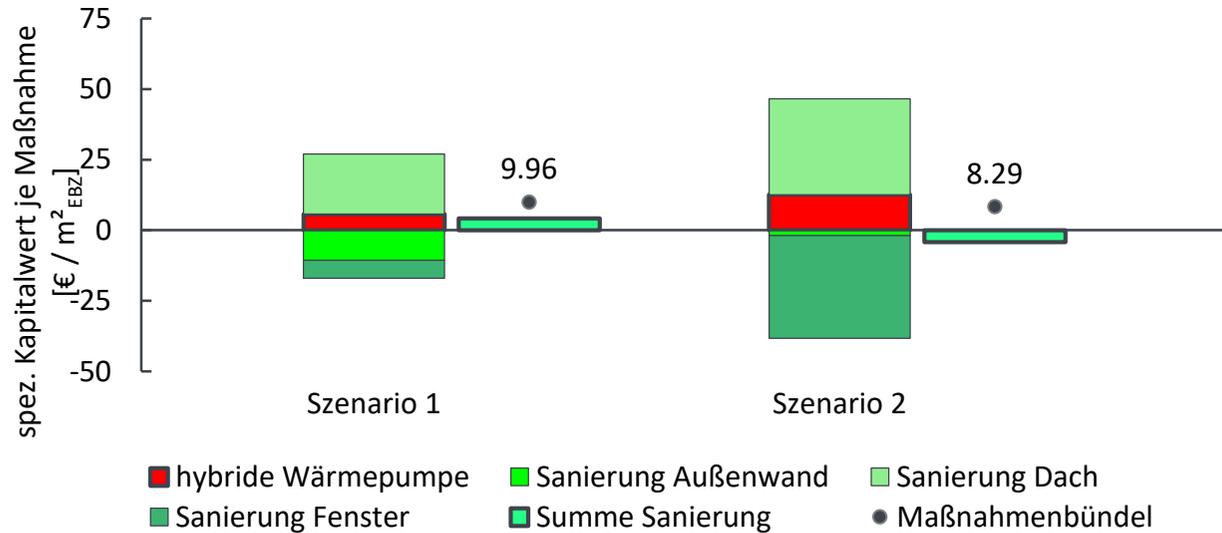
Szenario 2

- Fenstersanierung als letzte Maßnahme unwirtschaftlicher
- Außenwandsanierung verbessert sich ohne den grünen Bereich zu erreichen
Hintergrund: Umsetzung einzeln, nicht in Kombination
→ höhere Nutzenergieeinsparung
- Dachsanierung verbessert sich, da es die erste Maßnahme ist mit einzelner Umsetzung

- Hybrides Wärmepumpensystem: Amortisationsdauer verbessert sich etwas aufgrund höherer Betriebskosteneinsparungen, Gestehekungskosten sinken etwas, da der Kapitalwert stärker steigt (mehr Heizölverdrängung) als die erzeugte Wärmemenge (höhere Nachfrage in den ersten beiden Jahren)

Ergebnisse II

Perspektive Bündel der Modernisierungsmaßnahmen: Kapitalwert



Einzelne Modernisierungsmaßnahmen

- Kombinierte Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen mit wenig zeitlicher Streckung (Szenario 1) etwas besser als schrittweise Umsetzung einzelner Sanierungsmaßnahmen (Szenario 2).
- Wirtschaftlichkeit des hybriden Wärmepumpensystems korreliert mit der Menge an verdrängtem Heizöl. Höhere verdrängte Heizölmenge im un-/wenig sanierten Zustand mit Deckungsanteil <1 (Szenario 2) als im teil-/voll-sanierten Zustand mit Deckungsanteil 1 (Szenario 1).

Maßnahmenbündel

- Wirtschaftlichkeit eines hybriden Wärmepumpensystems höher bei nachgelagerter Sanierung
- Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen höher bei nachgelagertem Wärmeerzeugerwechsel (neue Luft-Wasser-Wärmepumpe ohne Hybridbetrieb)
- Szenario 1 weist eine etwas bessere wirtschaftliche Bewertung auf als Szenario 2

Fazit

- Die erste(n) Sanierungsmaßnahme(n) ziehen die größte Energie- und Kosteneinsparung nach sich. Eine Sanierungsmaßnahme hat ein höheres Energie- und Kosteneinsparpotenzial, wenn sie allein umgesetzt wird.
 - Sanierungsmaßnahmen, die nach der Umstellung auf eine hybride Wärmepumpe umgesetzt werden, haben ein deutlich geringeres Emissionseinsparpotenzial, da die flächenspezifischen Emissionen des Gebäudes v.a. durch den Energieträgerwechsel reduziert werden.
 - Ein hybrides Wärmepumpensystem kann auf den Zielgebäudezustand ausgelegt werden, was den Invest aufgrund einer geringeren thermischen Leistung senkt.
 - Eine negative wirtschaftliche Bewertung einer einzelnen Modernisierungsmaßnahme führt nicht zwangsläufig zu einer negativen wirtschaftlichen Bewertung des Maßnahmenbündels.
 - Szenarien für Umsetzungsfahrpläne können finanzielle Restriktionen und technische/bauliche Notwendigkeiten in Form eines Szenariovergleichs berücksichtigen.
- Aufzeigen möglichst effizienter Transformationspfade für kommunale Nichtwohngebäude hin zur Klimaneutralität

Quellennachweise

1. Deutsche Energie-Agentur (dena), „dena-Analyse: Kommunale Nichtwohngebäude: Rahmenbedingungen und Ausblick für klimafreundliche Gebäude in Städten und Gemeinden“, Berlin, 2018, verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9277_dena-Analyse_Kommunale_Nichtwohngebaeude.pdf
2. Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Nichtwohngebaeude-Typologie-Deutschland (Github), 2022, verfügbar unter: <https://github.com/IWUGERMANY/Nichtwohngebaeude-Typologie-Deutschland>
3. U. Filippi Oberegger, R. Perneti und R. Lollini, „Bottom-up building stock retrofit based on levelized cost of saved energy“, Energy and Buildings, vol. 210, p. 109757, 2020, DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.109757



Universität Stuttgart

IER Institut für Energiewirtschaft
und Rationelle Energieanwendung

Vielen Dank!



Tim Schaffitzel

E-Mail: tim.schaffitzel@ier.uni-stuttgart.de

Telefon: +49 (0) 711 685-87863

Universität Stuttgart

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)

Abteilung Systemanalytische Methoden und Wärmemarkt (SAM)

Heßbrühlstraße 49a

70565 Stuttgart