

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

CO_2 im Griff – Mit wirkungsvollen Sanierungskonzepten in die klimaneutrale Zukunft

VFU Real Estate Forum - 18.März.2025

VFU

Hochschule für Technik Stuttgart

DGNB
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
German Sustainable Building Council

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Ansprechpartner:innen / Mitwirkende

Hochschule für Technik Stuttgart



Prof. Dr. Tobias Popovic´

Projektleiter
Professor für
Corporate & Sustainable Finance |
Financial Markets & Services | CSR



Andreas Schmitt

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Nachhaltige Gebäude, Urbane Energiekonzepte, nachhaltige Finanzierung



Joachim Jörg

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Akzeptanzforschung &
Design Thinking



Benedikte Sandbaek

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Regulatorik,Finanzdienstleister,
Finanzprodukte

VFU



Patrick Weltin

Referent
Sustainable Finance



Jessica Reichard-Chahine

Projektmanagerin
Sustainable Finance

DGNB



Dr. Anne Braune

Abteilungsleiterin
Forschung & Entwicklung



Seema Issar

Senior Referentin
Sustainable Finance



Simone Schäfer

Mitarbeiterin
Forschungsprojekte,
Sustainable Finance / EU-Taxonomie



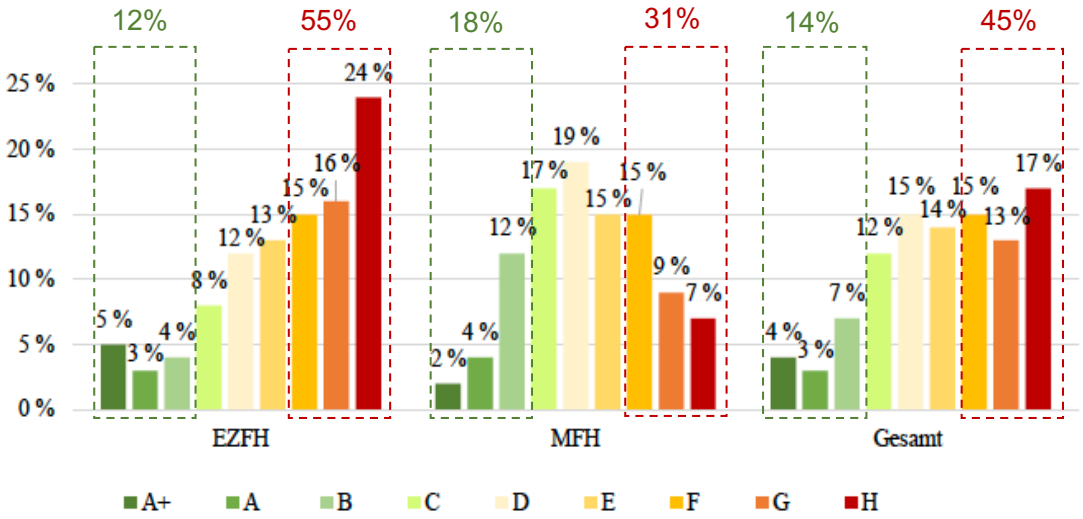
Eva Maria Stumpp

Mitarbeiterin
Forschungsprojekte

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Wohngebäude mit dem höchsten CO2-Reduktionspotenzial

- Ein- und Zweifamilienhäuser deutlich stärker in den „schlechten“ Energieeffizienzklassen vertreten
- Rund 85% der Wohngebäude in Privatbesitz (ca. 59% bei MFH)
- Wohnfläche pro Kopf bei Ein-Personenhaushalten am höchsten (Wohnfläche pro Kopf steigt weiterhin)
- Taxonomie-Konformität (indikativ)
- EBPD (Trilog-Verfahren):
- Primärenergiebedarf muss für den gesamten Wohngebäudebestand bis 2030 um 16 % und bis 2035 um 20-22 % reduziert werden
- Mind. 55 Prozent der erforderlichen Energieeinsparung sollen aus WPB stammen



Häufigkeitsverteilung der Energieeffizienzklassen im Wohngebäudebestand (Stand: März 2022)

➢Zudem: Wertverlustrisiko und Stranded Asset-Problematik bei einem Großteil des Wohngebäudebestandes

Quelle: CREATE basierend auf https://www.gdw.de/media/2022/03/studie_klimaneutralitaet-vermieteter-mehrfamilienhaeuser_irebs-gdw-vdpm_maerz-2022.pdf, S. 45; https://de.statista.com/statistik/daten/studie/319468/umfrage/wohngebaeude-und-wohnungen-in-deutschland-nach-eigentuemer/; https://www.kreditwesen.de/immobilien-finanzierung/ergaenzende-informationen/i-f-meldungen/taxonomie-orientierungshilfe-vdp-drees%E2%80%89%E2%80%89sommer-id78882.html; https://www.institutional-investment.de/content/real-assets/eu-taxonomie-und-immobilien-stranded-assets-verhindern.html

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Sanierungsvarianten für Ein- und Zweifamilienhäuser

Für Ein- und Zweifamilienhäuser wurden vier Sanierungsvarianten identifiziert. Je nach Sanierungsanlass, verfügbares Investitionsvolumen und Rahmenbedingungen des Eigentümers, gilt es die Variante auszuwählen, die die höchste transformative Wirkung in der Dekarbonisierung erzielt.

(Tiefe) Energetische Sanierung	Sanierung mit individuellen Sanierungsfahrplan oder Klimaschutzfahrplan	Umsetzung von Einzelmaßnahmen	Sanierung mit definierten Maßnahmenpaketen
Basierend auf qualifizierter Energieberatung werden die gesetzlichen Anforderungen des GEG eingehalten, um nach der Sanierung eine möglich hohe Effizienzklasse zu erreichen.	Basierend auf einem individuellen Sanierungsfahrplan, der von einem qualifizierten Energieberater erstellt wird, wird basierend auf den gesetzlichen Anforderungen des GEG die individuell definierte Energieklasse erreicht. Im Klimaschutzfahrplan werden dabei die Maßnahmen nach Treibhausgaseffektivität priorisiert.	Basierend auf den Förderprogrammen, werden Einzelmaßnahmen umgesetzt, um entweder die Energieeffizienz zu erhöhen oder um die Treibhausgasemissionen des Betriebs zu senken.	Im Rahmen vom Forschungsprojekt CREATE wurden Einzelmaßnahmen gruppiert, deren Umsetzung nachweislich Treibhausgasemissionen reduziert, mit einem guten Preis und Wirkungsverhältnis.

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Variante 4: Sanierungen mit Maßnahmenpaketen

- 1949-1957
- 1958-1968
- 1969-1978
- 1979-1983
- 1983-1993

Betrachtung von insgesamt 28 Varianten pro Baualtersklasse (BEG + GEG)

Dachsanierung	Fassaden-sanierung	Fenstersanierung	Kellerdecken-sanierung
Dachsanierung & PV	Fassaden-sanierung & Fenstersanierung	Fassaden-sanierung & Kellerdeckensanierung	Dachsanierung & Fassaden-sanierung & PV
Dachsanierung & Wärmepumpe	Fassaden-sanierung & Wärmepumpe	Fenstersanierung & Wärmepumpe	Kellerdecken-sanierung & Wärmepumpe
Dach, Wärmepumpe & PV	Keller & Fernwärme	Fenster & Fernwärme	Fassade & Fernwärme
Dach & Fernwärme	...	...	...

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Auswahl der Sanierungsvariante mit der größten transformativen Wirkung

Berechnung des integralen CO2-Impacts (absolute Treibhausgasemissions-einsparung)

- Energieträger und CO2-Emissionsfaktoren aus der ÖKOBAUDAT
- Energieeinsparung durch Sanierungsmaßnahme
- Restnutzungsdauer des Gebäudes

Berechnung der Sanierungsmaßnahmen-bedingten Treibhausgasemissionen

- Massen und CO2-Emissionen der neu eingebrachten Materialien

Berechnung des ROCI (Return on Climate Investment)

- Prognostizierte Kosten der Sanierungsmaßnahme(n)

Berechnung integraler CO_2-Impact im Bilanzrahmen Betrieb

Dabei wird die kumulierte Reduktion der CO_2-Emissionen über die Restnutzungsdauer des Gebäudes/ der Investition betrachtet. Diese lässt sich berechnen:

$$\text{Int. } CO_2\text{-Impact}_{abs,B} = \sum_{t_1}^{t_n} THG_{abs,\,B,\,oS} - \sum_{t_1}^{t_n} THG_{abs,\,B,\,nS}$$

Int. CO_2-$Impact_{abs,B}$:= integraler CO_2-Impact = absolute CO_2-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme im Bilanzrahmen Betrieb
$THG_{abs,\,B,\,oS}$: = Absolute Jahres-Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs ohne Sanierungsmaßnahme(n) (Business-As-Usual-Szenario)
$THG_{abs,\,B,\,nS}$: = Absolute Jahres-Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs nach Sanierungsmaßnahme(n) (Sanierungsszenario)
t_1 := Zeitpunkt der Sanierungsmaßnahme(n)
t_n:= Restnutzungsdauer

Berechnung integraler CO_2-Impact im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion

$$\text{Int. } CO_2\text{-Impact}_{abs,BK} = \sum_{t_1}^{t_n} THG_{abs,\,B,\,oS} - \sum_{t_1}^{t_n} THG_{abs,\,B,\,nS} + THG_{abs,\,SanKon}$$

Int. CO_2-$Impact_{abs,BK}$:= integraler CO_2-Impact gesamt, absolute CO_2-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion
$THG_{abs,\,B,\,oS}$: = Absolute Jahres-Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs ohne Sanierungsmaßnahme(n)
$THG_{abs,\,B,\,nS}$: = Absolute Jahres-Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs nach Sanierungsmaßnahme(n)
t_1 := Zeitpunkt der Sanierungsmaßnahme(n)
t_n:= Restnutzungsdauer
$THG_{abs,\,SanKon}$: = Absolute, sanierungsbedingte Treibhausgasemissionen

(1) Berechnung der transformativen Wirkung ROCI im Bilanzrahmen Betrieb

$$ROCI_{B,\,n} = {}^{Int.CO_2-Impact_{\,abs,B,n,}}\!/_{Investition_n}$$

$ROCI_{B,\,n}$:=Return on Climate Investment der Sanierungsvariante n im Bilanzrahmen Betrieb
Int. CO_2-$Impact_{abs,B,n}$:= integraler CO_2-Impact = absolute CO_2-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme n im Bilanzrahmen Betrieb
$Investition_n$:= Investitionsbetrag für Sanierungsvariante n

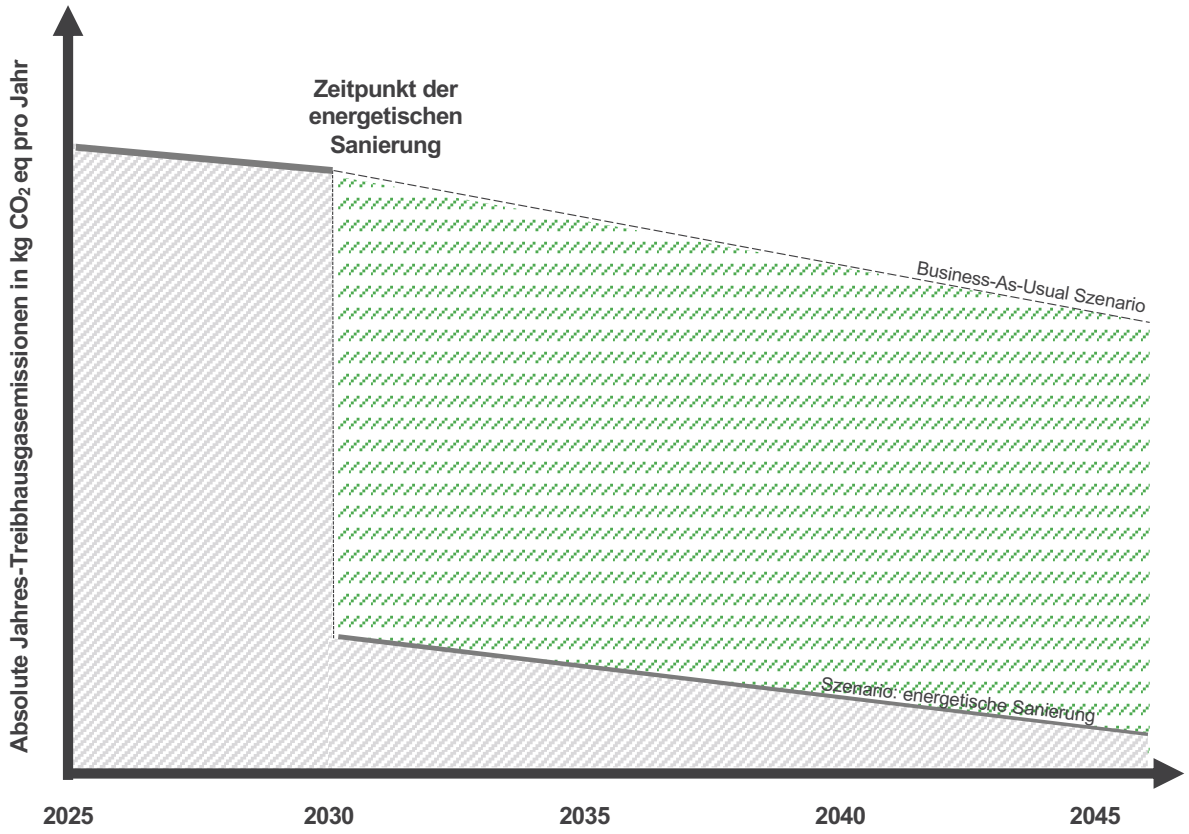
(2) Berechnung der transformativen Wirkung ROCI im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion

$$ROCI_{BK,\,n} = {}^{Int.CO_2-Impact_{\,,abs,BK\,n}}\!/_{Investition_n}$$

$ROCI_{BK,\,n}$:=Return on Climate Investment der Sanierungsvariante n im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion
Int. CO_2-$Impact_{abs,BKt,n}$:= integraler CO_2-Impact gesamt, absolute CO_2-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme n im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion
$Investition_n$:= Investitionsbetrag für Sanierungsvariante n

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Schritt 1: Integraler CO_2-Impact bei energetischer Sanierung



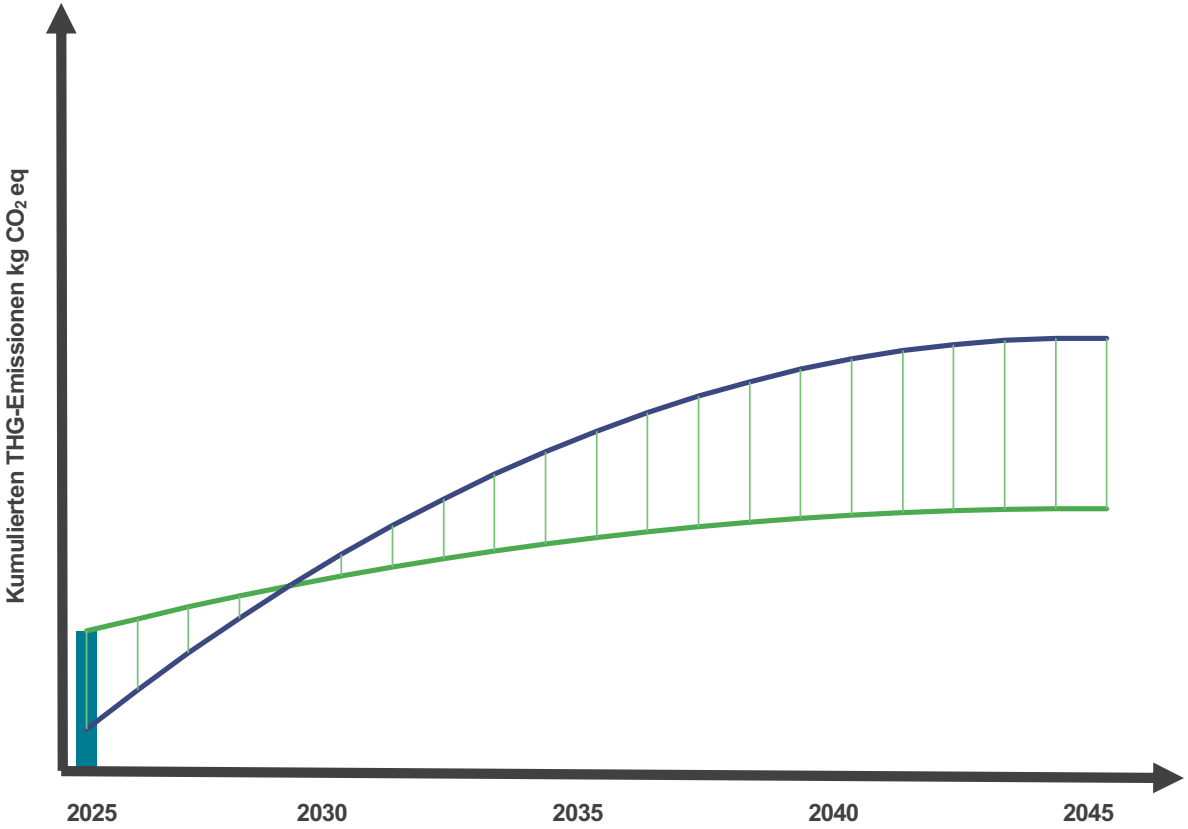
Mithilfe der Business-As-Usual Szenario Betrachtung des Gebäudebetriebs und mit der Betrachtung der Maßnahmen, die der Energie-Effizienz-Experte für eine tiefe energetische Sanierung definiert kann der integrale CO2-Impact berechnet werden. Hierfür sollten idealerweise die reellen Energieverbräuche des laufenden Betriebs mit den jeweiligen CO2-Faktoren der verwendeten Energieträger genutzt werden, um die kumulierten absoluten Jahres-Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs im Business-As-Usual Szenarios für die Restnutzungsdauer zu berechnen. Die Prognosen zum zukünftigen Energieverbrauch im Gebäude aus den Berechnungen des Energie-Effizienz-Experten kann herangezogen werden, um die kumulierten, absoluten Jahres-Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs nach der Sanierung für die Restnutzungsdauer zu berechnen.

Integraler CO_2-Impact = **absolute** CO_2-**Einsparung durch** Sanierungsmaßnahme im Bilanzrahmen Betrieb

Kumulierte, absolute Jahres-Treibhausgasemissionen des laufenden Betriebs in Restnutzungsdauer

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Schritt 2: Integraler CO_2-Impact gesamt: absolute CO_2-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion



Um innerhalb der Finanzierung der Sanierung die Ganzheitlichkeit der Maßnahme zu betrachten, sollten neben den betrieblichen Treibhausgasemissionen zusätzlich die konstruktiven Emissionen der Sanierungsmaßnahmen integriert werden. Dabei sollte bei der Planung der Maßnahmen sichergestellt werden, dass trotz der Treibhausgasemissionen der Sanierung der integrale CO_2-Impact größer 0 ist.

- Integraler CO_2-Impact
- Sanierungsmaßnahmenbedingten Treibhausgasemissionen
- Betrieb im Sanierungsszenario
- Betrieb im Business-As-Usual Szenario

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Schritt 3: Berechnung der transformativen Wirkung ROCI

(1) Transformative Wirkung ROCI im Bilanzrahmen Betrieb
in $kgCO_2eq/ €$:

Absolute CO_2-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme im Bilanzrahmen Betrieb / Investition für Sanierungsmaßnahme

(2) Transformative Wirkung ROCI im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion
in $kgCO_2eq/ €$:

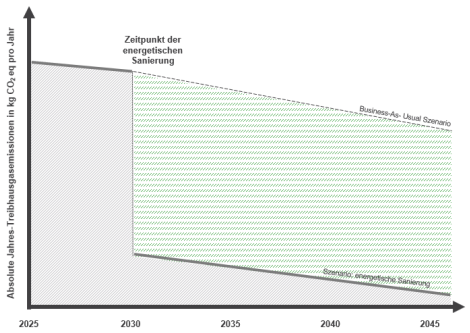
Absolute CO_2-Einsparung durch Sanierungsmaßnahme im Bilanzrahmen Betrieb und Konstruktion / Investition für Sanierungsmaßnahme

Auswahl der Sanierungsvariante:
Je größer der ROCI, desto höher die CO_2-Einsparungen pro investierten Euro

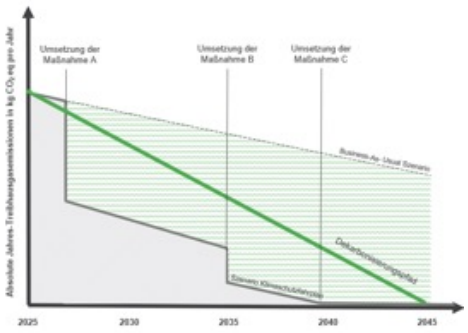
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Sanierungsvarianten & Betrachtung des integralen CO2-Impacts

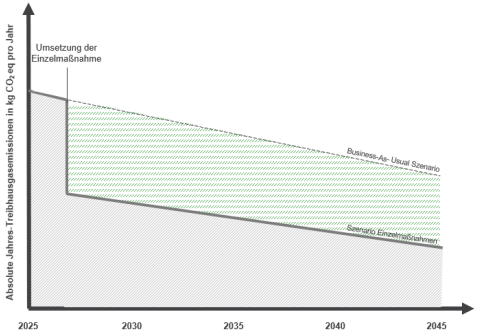
(Tiefe) Energetische Sanierung



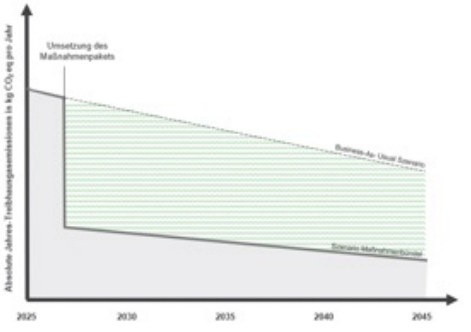
Sanierung mit individuellen Sanierungsfahrplan oder Klimaschutzfahrplan



Umsetzung von Einzelmaßnahmen



Sanierung mit definierten Maßnahmenpaketen



GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Sanierungen mit Maßnahmenpaketen: Detaildarstellung BAK 1958 – 1968

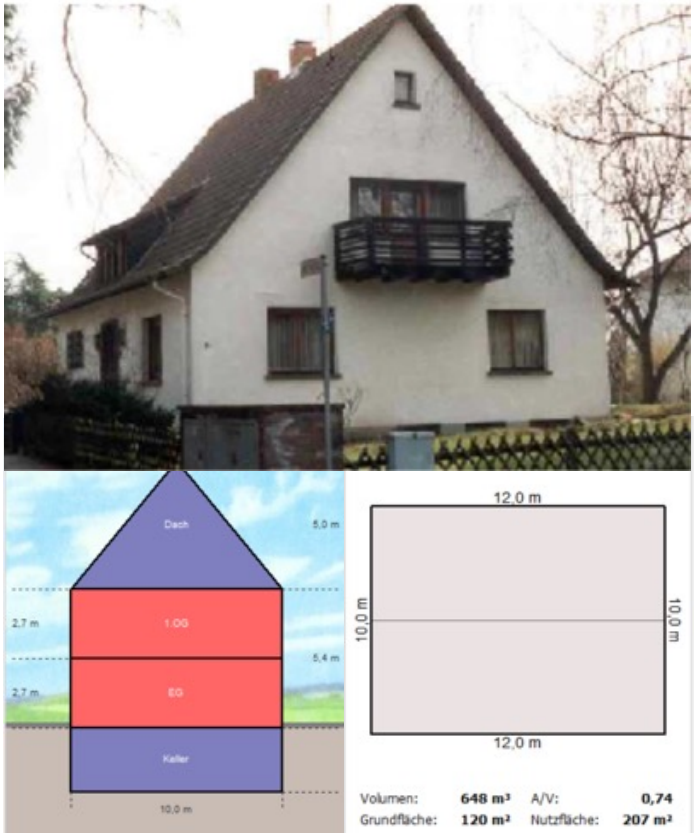
- 1949-1957
- **1958-1968**
- 1969-1978
- 1979-1983
- 1983-1993

Betrachtung von insgesamt 28 Varianten pro Baualtersklasse (BEG + GEG)

Dachsanierung	Fassaden-sanierung	Fenstersanierung	Kellerdecken-sanierung
Dachsanierung & PV	Fassaden-sanierung & Fenstersanierung	Fassaden-sanierung & Kellerdeckensanierung	Dachsanierung & Fassaden-sanierung & PV
Dachsanierung & Wärmepumpe	Fassaden-sanierung & Wärmepumpe	Fenstersanierung & Wärmepumpe	Kellerdecken-sanierung & Wärmepumpe
Dach, Wärmepumpe & PV	Keller & Fernwärme	Fenster & Fernwärme	Fassade & Fernwärme
Dach & Fernwärme	...	...	...

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BAK 1958 bis 1968: Ist-Zustand



Ist-Zustand

- Energiebedarf: 71.300 kWh/a
- CO2-Emissionen: 15,06 Tonnen / Jahr
- Brennstoffkosten: 8.463 Euro / Jahr

Fläche [m²]

- Dach: ca. 170 m²
- Außenwand: 178 m²
- Kellerdecke: 120 m²
- Fenster: 30 m²

U-Werte [W/m²K]

- Dach: 0,80
- Außenwand: 1,20
- Kellerdecke: 1,08
- Fenster: 2,80

Quellen: tabula webtool (iwu) – Link:https://webtool.building-typology.eu/#bm; hottgenroth GmbH

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Rahmenbedingungen: Maßnahmenpakete BAK 1958 bis 1968

Rahmenbedingungen

- Berechnung nach DIN 18599
- Berechnung mit marktüblicher Software (Praxischeck)
- GEG und BEG Niveau
- Kosten über Kostenfunktionen (Unsicherheit)
- Nutzungsdauer von 30 Jahren angesetzt
- Kalk. Zinssatz 4%, Preissteigerung 2%, Wartung und Instandhaltung, etc.

Brennstoffdaten (statista)

Erdgas:	11,87 ct/kWh
Strom (WP-Tarif):	25 ct/kWh
Fernwärme:	14,19 ct/kWh

CO2-Äquivalente (ÖKOBAUDAT / DGNB)

Erdgas:	234 g/kWh
Strom (Mix):	321,6 g/kWh
Fernwärme:	219 g/kWh (KWK-Anteil)

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

BAK 1958 bis 1968: Energiebedarf und Einsparungen (relativ)

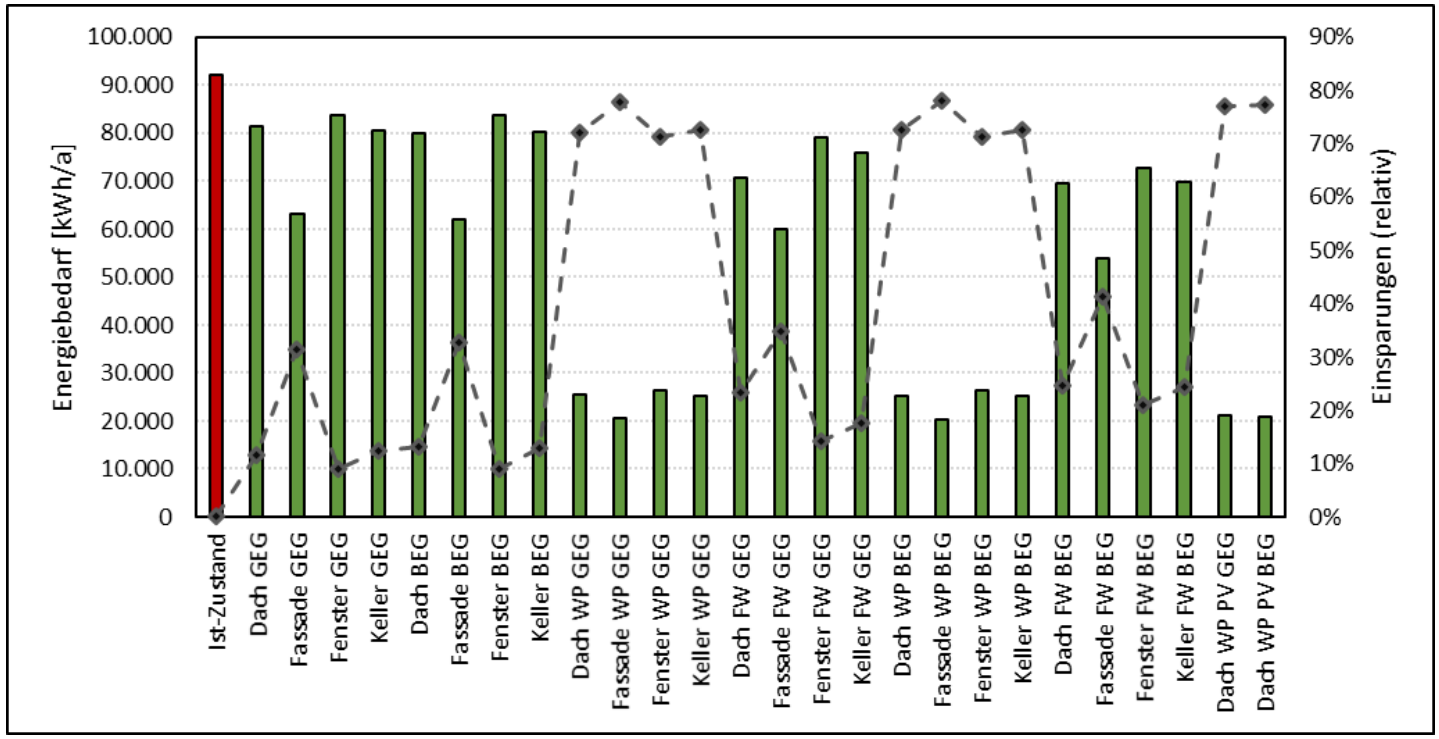


Abb. 1: Energiebedarf und Einsparungen (relativ) der untersuchten Varianten. Quelle: Eigene Darstellung HFT/DGNB

Einsparungen im Bereich von rund 1,5 % und 78 %

Einsatz von Wärme-pumpen zeigen deutliche Energiebedarfsreduktionen und Effizienzsteigerungen

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

BAK 1958 bis 1968: CO2-Emissionen und Einsparungen (relativ)

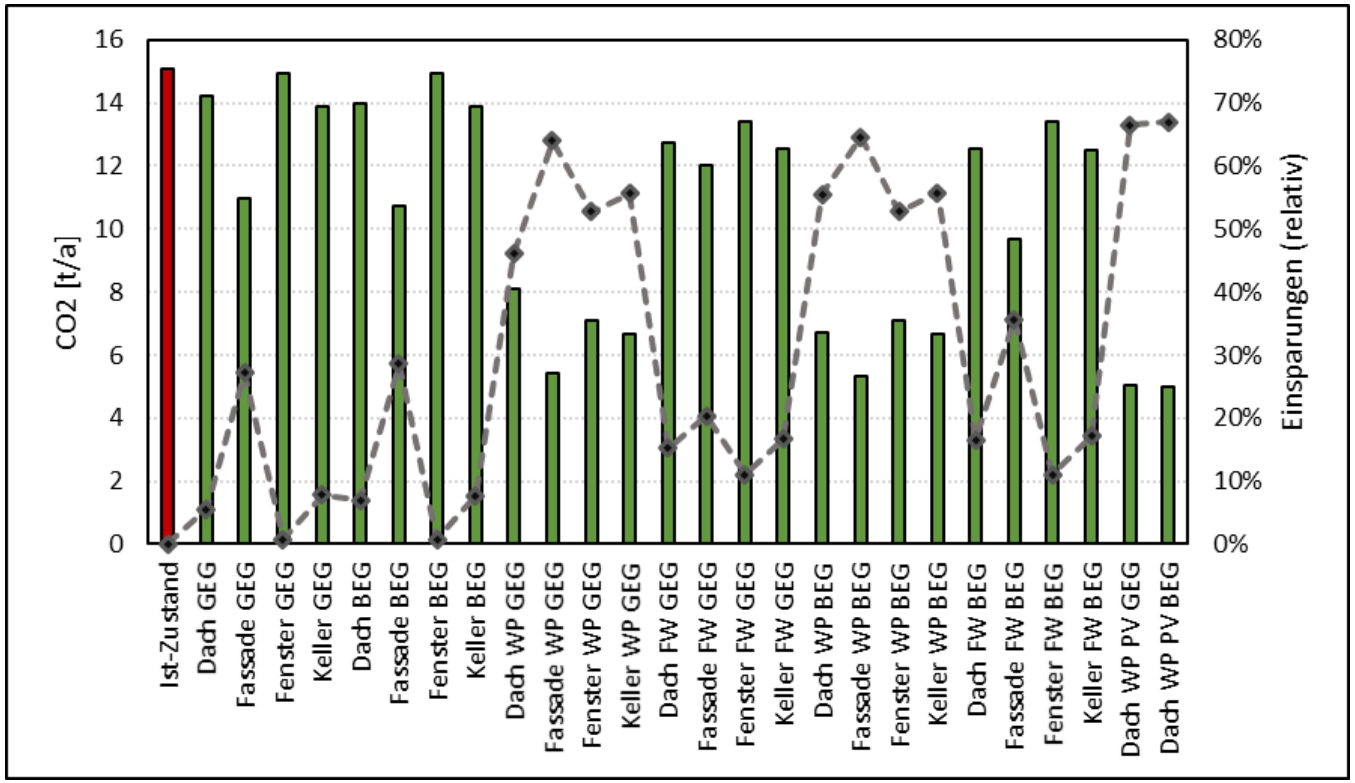


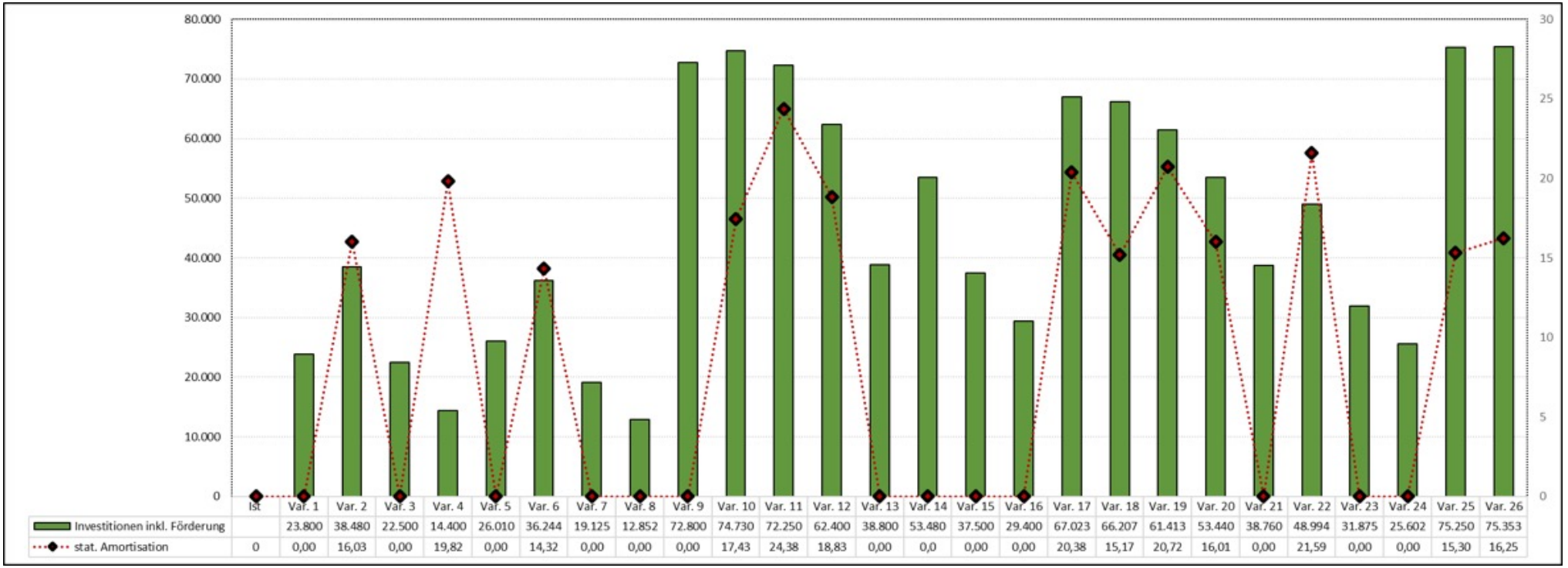
Abb. 2: CO2-Emissionenund Einsparungen (relativ) der untersuchten Varianten. Quelle: Eigene Darstellung HFT/DGNB

Einsparungen im Bereich von rund 1 % und 67 %

Dachdämmung und Einsatz von Wärmepumpen und PV zeigen deutliche Energiebedarfsreduktionen und Effizienzsteigerungen

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

BAK 1958 bis 1968: Ökonomische Betrachtung



	Ist	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8	Var. 9	Var. 10	Var. 11	Var. 12	Var. 13	Var. 14	Var. 15	Var. 16	Var. 17	Var. 18	Var. 19	Var. 20	Var. 21	Var. 22	Var. 23	Var. 24	Var. 25	Var. 26
Investitionen inkl. Förderung		23.800	38.480	22.500	14.400	26.010	36.244	19.125	12.852	72.800	74.730	72.250	62.400	38.800	53.480	37.500	29.400	67.023	66.207	61.413	53.440	38.760	48.994	31.875	25.602	75.250	75.353
stat. Amortisation	0	0,00	16,03	0,00	19,82	0,00	14,32	0,00	0,00	0,00	17,43	24,38	18,83	0,00	0,0	0,00	0,00	20,38	15,17	20,72	16,01	0,00	21,59	0,00	0,00	15,30	16,25

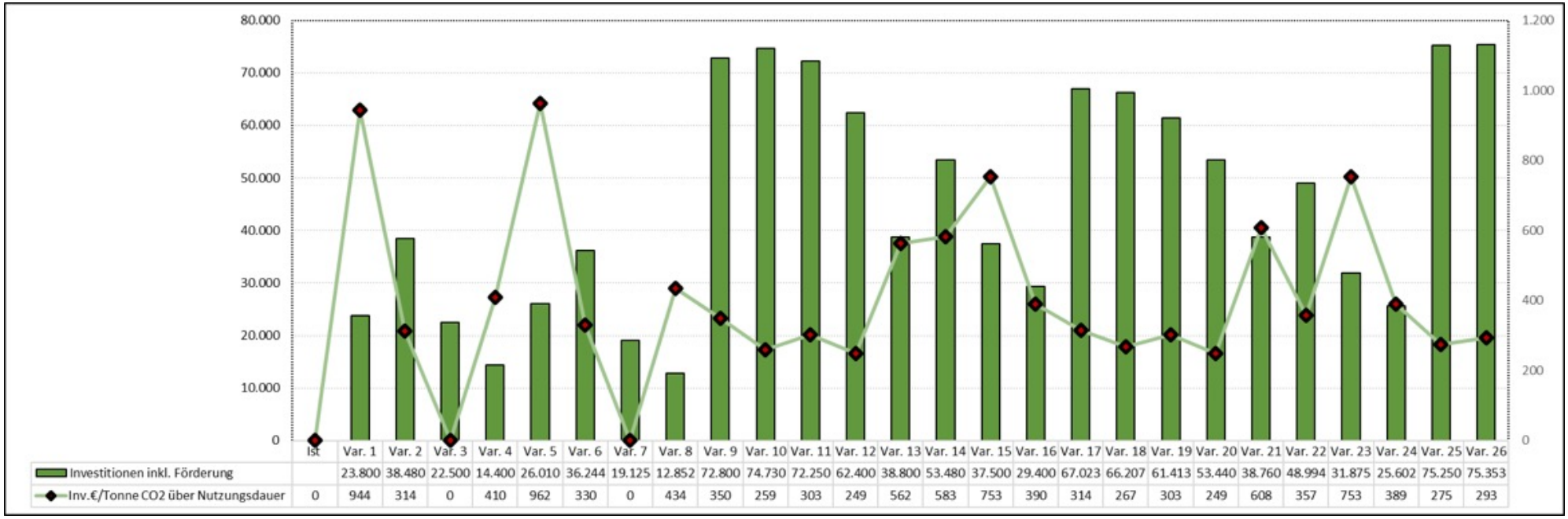
Abb. 3: Investitionen und Amortisation der untersuchten Varianten. Quelle: Eigene Darstellung HFT/DGNB

Amortisation von rund 13 Jahren bis rund 24 Jahre (Varianten teilweise wirtschaftlich nicht darstellbar)

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Ökonomische Betrachtung

Die Kommunikation ist doch das A und O? Immer nur Kosten, Kosten, Kosten



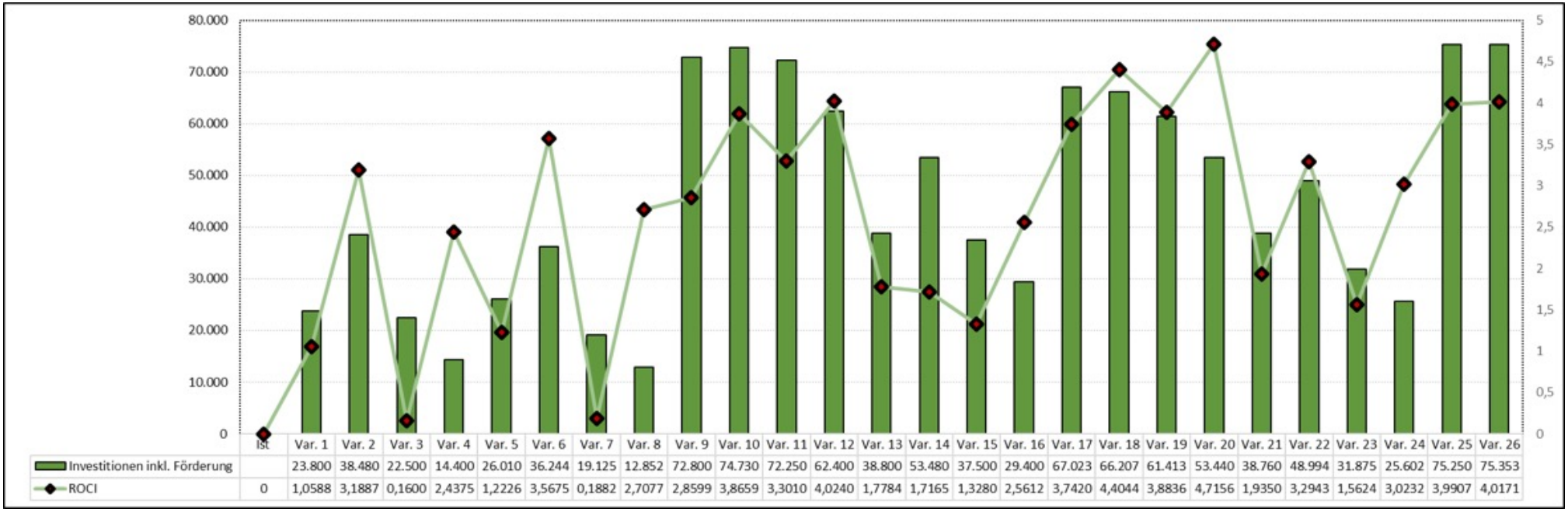
	Ist	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8	Var. 9	Var. 10	Var. 11	Var. 12	Var. 13	Var. 14	Var. 15	Var. 16	Var. 17	Var. 18	Var. 19	Var. 20	Var. 21	Var. 22	Var. 23	Var. 24	Var. 25	Var. 26
Investitionen inkl. Förderung		23.800	38.480	22.500	14.400	26.010	36.244	19.125	12.852	72.800	74.730	72.250	62.400	38.800	53.480	37.500	29.400	67.023	66.207	61.413	53.440	38.760	48.994	31.875	25.602	75.250	75.353
Inv.€/Tonne CO2 über Nutzungsdauer	0	944	314	0	410	962	330	0	434	350	259	303	249	562	583	753	390	314	267	303	249	608	357	753	389	275	293

Abb. 4: Investitionen und Invest/Tonne CO2 (spezifische Kennzahl) der untersuchten Varianten. Quelle: Eigene Darstellung HFT/DGNB

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

ROCI – alles im Griff?

Positive Kommunikation möglich, anstatt Abschreckung durch (hohe) Kosten



	Ist	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 4	Var. 5	Var. 6	Var. 7	Var. 8	Var. 9	Var. 10	Var. 11	Var. 12	Var. 13	Var. 14	Var. 15	Var. 16	Var. 17	Var. 18	Var. 19	Var. 20	Var. 21	Var. 22	Var. 23	Var. 24	Var. 25	Var. 26
Investitionen inkl. Förderung		23.800	38.480	22.500	14.400	26.010	36.244	19.125	12.852	72.800	74.730	72.250	62.400	38.800	53.480	37.500	29.400	67.023	66.207	61.413	53.440	38.760	48.994	31.875	25.602	75.250	75.353
ROCI	0	1,0588	3,1887	0,1600	2,4375	1,2226	3,5675	0,1882	2,7077	2,8599	3,8659	3,3010	4,0240	1,7784	1,7165	1,3280	2,5612	3,7420	4,4044	3,8836	4,7156	1,9350	3,2943	1,5624	3,0232	3,9907	4,0171

Abb. 5: ROCI der untersuchten Varianten. Quelle: Eigene Darstellung HFT/DGNB

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

ROCI – Ranking der Ergebnisse (the winner is..)

Vorteilhafteste Variante	**(Platz 1; 4,71 kg/€):**	**Keller + WP BEG (Variante 20)**
Vorteilhafte Variante	**(Platz 2; 4,41 kg/€):**	**Fassade + WP BEG (Variante 18)**
Vorteilhafte Variante	**(Platz 3; 4,02 kg/€):**	**Dach + WP + PV BEG (Variante 26) &**
		Keller WP GEG (Variante 12)

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Nächste Schritte

- Detailanpassungen der Varianten und Kennzahlen, bspw. ROI, dynam. Amortisation, etc.
- Aufbereitung der Ergebnisse der Variantenbetrachtung und Veröffentlichung
- Zusammenarbeit mit bestehenden Toolanbietern, um die Kenngröße ROCI in existierenden Tools zu integrieren
- Analyse welche Daten an welcher Stelle im Finanzierungsprozess erfasst werden sollten

SAVE THE DATE

Abschlusskonferenz
am 16.09.2025
im NEXT-Studio
in Frankfurt am Main

Anmeldelink:
https://eveeno.com/118813395

Bottom-Up Initiative: Sustainable Finance im Bauen

Zielsetzung:

- Förderung der Transformation im Gebäudesektor durch Zusammenarbeit von Banken
- Bottom-Up Aktivitäten die auf direkte operative Umsetzbarkeit fokussieren
- Schaffung einer Plattform zum Erfahrungsaustausch und gemeinsamen Erarbeitungen zwischen Banken aber auch unter Einbeziehung weiterer Wissensträger aus dem DGNB Netzwerk
- Kontakt: Seema Issar s.issar@dgnb.de

SUSTAINABLE FINANCE IM BAUEN

Eine Initiative der:

DGNB
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
German Sustainable Building Council

Strategischer Partner:

Wissenschaftliche Begleitung:

Technische Universität Braunschweig


Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Haben Sie Fragen?

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Bleiben Sie in Kontakt mit uns

Hochschule für Technik Stuttgart

VFU

DGNB



Andreas Schmitt

andreas.schmitt@hft-stuttgart.de



Jessica Reichard-Chahine

reichard@vfu.de



Seema Issar

s.issar@dgnb.de