

WR2NR2 SUBM .

Sanieren nach Maß

Dr. Stefanie Weidner  
Werner Sobek AG

Online, 10 02 2026

Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

Kostenansatz

Hochskalierung

Fazit & Empfehlung

# Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

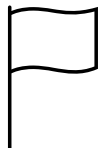
Kostenansatz

Hochskalierung

Fazit & Empfehlung

# Einleitung

## Ausgangslage und Zielbild



Klimaneutraler Wohn-  
gebäudebestand bis 2045



Investitionen von deutlich  
über 30-40 Mrd. € im  
Hamburger Bestand



Wie setzen wir begrenzte Mittel  
so ein, dass CO<sub>2</sub>-Reduktion,  
Ressourcenverbrauch und  
Wohnkosten zusammen sinnvoll  
optimiert werden?

# Einleitung

## Studiengrundlage



WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT  
WIEN

Einbeziehung der CO<sub>2</sub>-Amortisationsdauern von  
Energieeffizienzmaßnahmen in die Hamburger Machbarkeitsstudie

Abschlussbericht

Einleitung

## Grundlagen

Handlungsfelder

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

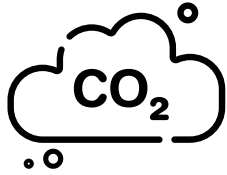
Kostenansatz

Hochskalierung

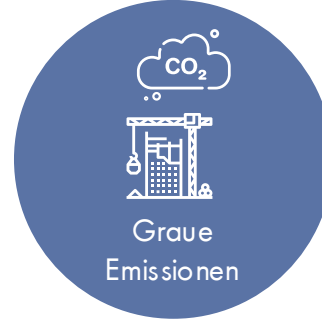
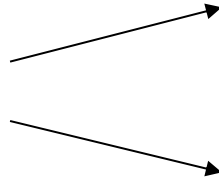
Fazit & Empfehlung

# Grundlagen

## Glossar



Treibhausgasemissionen  
CO<sub>2</sub>-Äquivalente



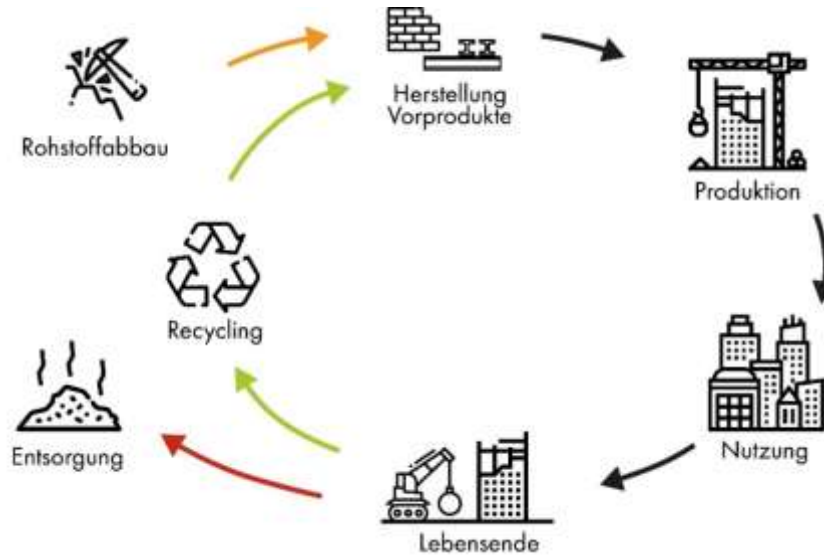
= Graue Energie  
= „embodied carbon“



Gebäudenutzungsphase

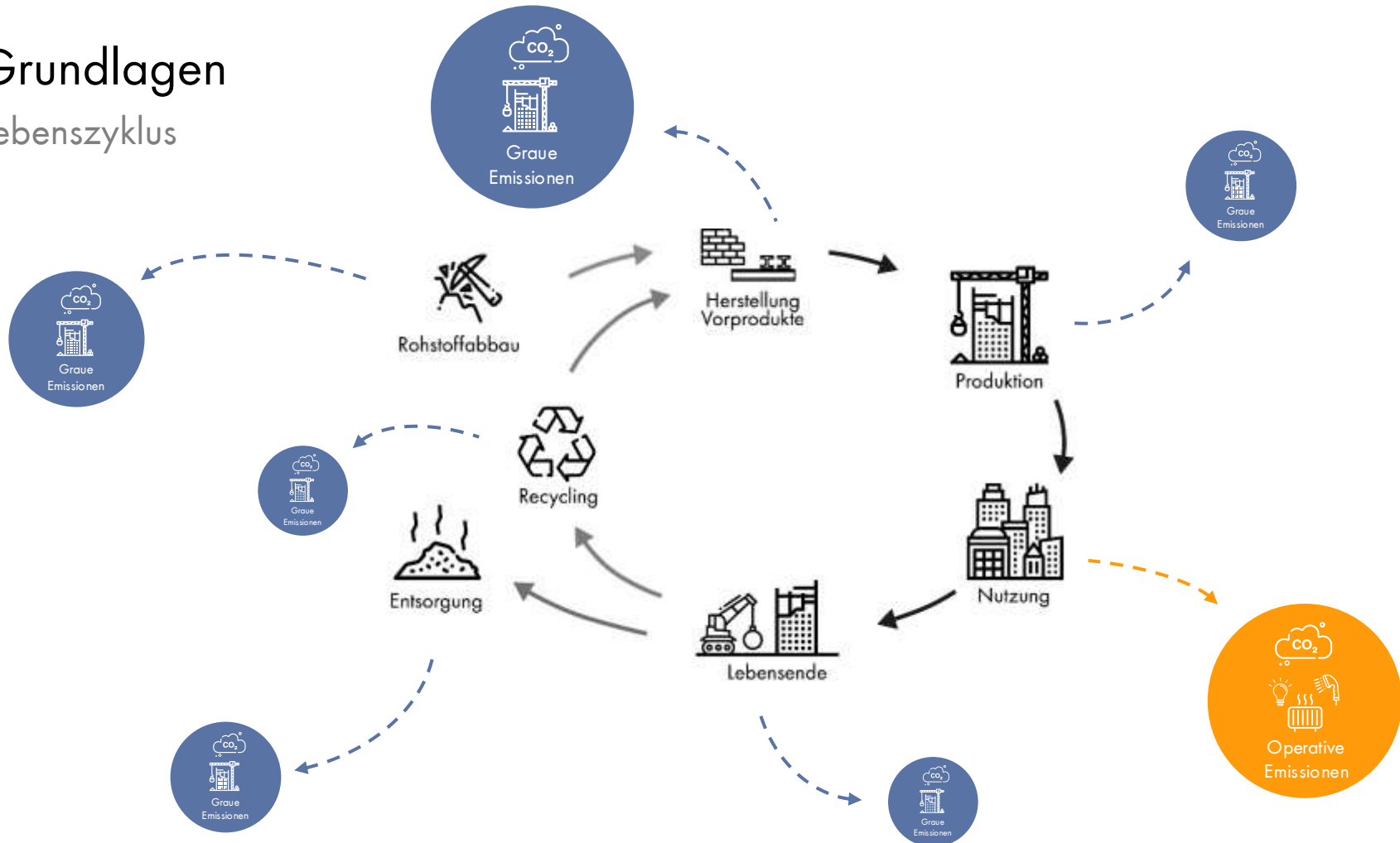
# Grundlagen

## Lebenszyklus



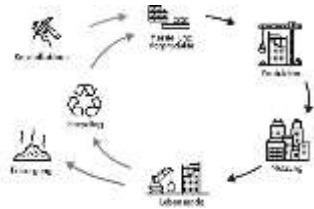
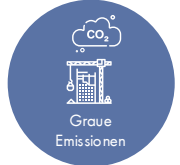
# Grundlagen

## Lebenszyklus



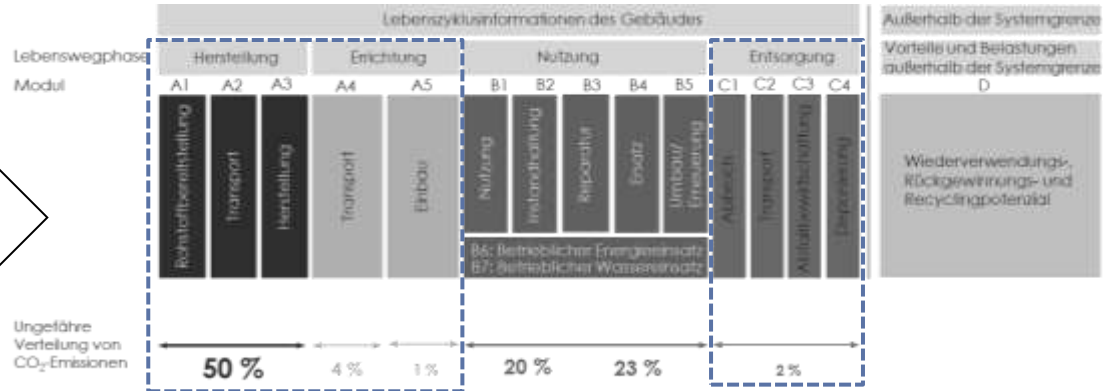
# Grundlagen

## Glossar



Lebenszyklusstadien

DIN EN 15978



Anteil Graue Emissionen am Beispiel konventioneller Massiv-Neubau : 57%

Grauen Emissionen haben eine besondere Relevanz in Hinblick auf **Schädigungswirkung der Erdatmosphäre**, da diese Emissionen durch den Herstellungsprozess zum größten Teil **direkt am Anfang des Lebenszyklus** emittiert werden.

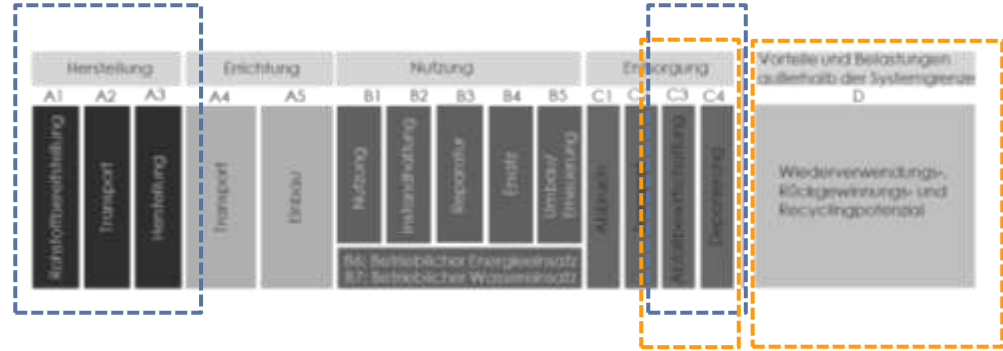
Emissionsmengenbilanzierung  $\neq$  Emissionswirkungsbilanzierung

# Grundlagen

## Glossar

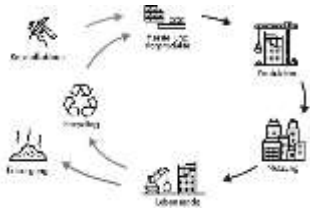


### Bilanzgrenze bei Neueinsatz



### Bilanzgrenze bei vorfälliger Entsorgung

Festlegung der Bilanzgrenzen entsprechend des Studienaufbaus



Lebenszyklusstadien

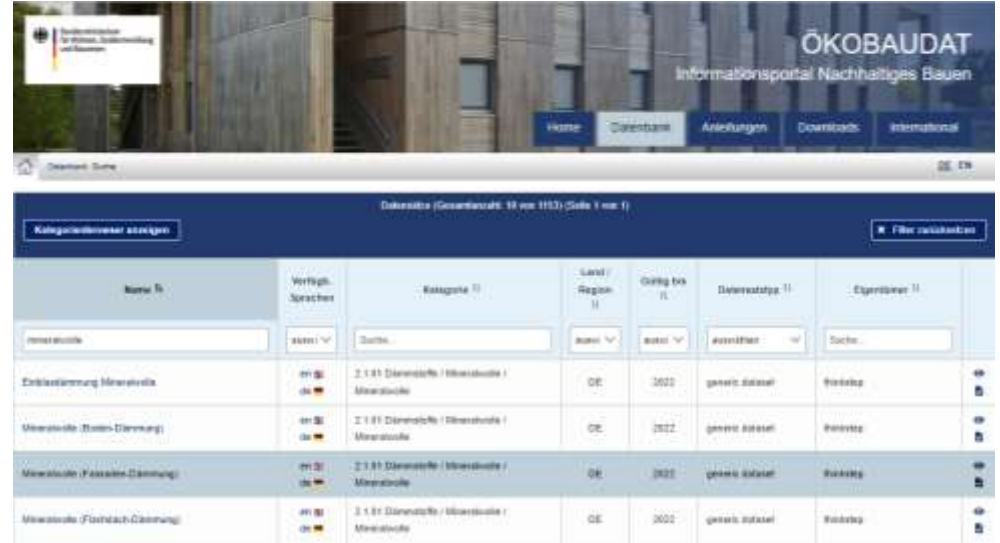
DIN EN 15978

# Grundlagen

## Datengrundlage

### Datengrundlage: Ökobau.dat

| Ökobilanzdaten            |                                                                       | kgCO <sub>2</sub> -eq/ [ ]           |                                                 | Datengrundlage             |                                                                                            |                                             |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kurzbeschreibung          |                                                                       | Summe:<br>Neueinsatz<br>A1-A3, C3/C4 | Summe:<br>Vorflüge<br>Entsorgung<br>C3 - C4 + D | Nutzung                    | Beschreibung                                                                               | Quelle                                      |
| Modelle gem. DIN EN 15978 |                                                                       | kgCO <sub>2</sub> -eq/ [ ]           | kgCO <sub>2</sub> -eq/ [ ]                      | kgCO <sub>2</sub> -eq/ [ ] |                                                                                            | Datensatztyp                                |
| Fassade                   | EPS                                                                   | 134,700                              | 35,600                                          | m3                         | EPS-Hartschaum (Sympor) für Wände, Dächer                                                  | Industrieverband Hartschaum e.V.            |
|                           | Mineralfolle                                                          | 72,363                               | 2,121                                           | m3                         | Mineralfolle (Fassaden-Dämmung)                                                            | Ökobaudat                                   |
|                           | Holzflaser                                                            | 81,884                               | 114,638                                         | m3                         | Holzfaserdämmstoff Trockeneffahren (Durchschnitt DE)                                       | Ökobaudat                                   |
|                           | WDVS Befestigung, mineral. Putz                                       | 9,185                                | 0,315                                           | m2                         | WDVS Befestigung, inkl. Verklebung, inkl. Verübelung, exkl. Dämmstoff                      | Eigene Berechnung                           |
|                           | Fensterglas einfach                                                   | 13,494                               | 0,164                                           | m2                         | Fensterglas einfach, ohne Rahmen                                                           | Ökobaudat                                   |
|                           | 2-Scheiben Isolierglas                                                | 38,834                               | 1,213                                           | m2                         | 2-Scheiben Isolierverglasung, ohne Rahmen                                                  | Ökobaudat                                   |
|                           | 3-Scheiben Isolierglas                                                | 41,230                               | 3,790                                           | m2                         | Mehrscheibenisoliertes 3-fach Aufbau, ohne Rahmen                                          | Ökobaudat                                   |
|                           | Fensterahmen PVCU > m2 Bezug, inkl. 10% Sicherheit für Beschläge etc. | 54,738                               | 5,418                                           | m2                         | PVCU Fensterahmen, Geometrieannahme: ~3,54 m / m2 – Durchschn. Fenstergröße 1,30m * 1m     | Eigene Berechnung                           |
|                           | Fensterahmen Holz > m2 Bezug, inkl. 10% Sicherheit für Beschläge etc. | 15,140                               | 9,443                                           | m2                         | Holz Fensterahmen, Geometrieannahme: ~3,54 m / m2 – Durchschnittliche Fenstergröße 1,30m * | Eigene Berechnung                           |
|                           | Klinkerriemen inkl. Befestigung                                       | 6,528                                | 0,039                                           | m2                         | Klinkerriemen, Kleber, Armmierung, Verfügung, Verübelung Dämmung                           | Eigene Berechnung                           |
| Dach                      | Ziegeleindeckung Schrägdach                                           | 36,573                               | 2,081                                           | m2                         | Ziegeleindeckung Schrägdach, inkl. Lattung und Unterspannbahn                              | Eigene Berechnung                           |
|                           | Flachdachaufbau Kiesdach                                              | 16,837                               | 4,110                                           | m2                         | EPDM Dachbahn + 10 Kiesdichte                                                              | Eigene Berechnung                           |
| Decken                    | Mineralfolle (Boden-Dämmung)                                          | 137,522                              |                                                 | m3                         | Mineralfolle (Boden-Dämmung)                                                               | Ökobaudat                                   |
|                           | PU Dämmplatte                                                         | 187,167                              | 32,000                                          | m3                         | PU Dämmplatten mit 50 mm Aluminium-Deckschicht, Umrechnung auf 1m3, s. Hilfsrechnung       | Industrieverband Polystyrol-Hartschaum e.V. |
|                           | Bodenbelag Fliesen                                                    | 12,989                               | 0,047                                           | m2                         | Keramische Fliesen und Platten                                                             | Ökobaudat                                   |
|                           | Bodenbelag Laminat                                                    | 8,228                                | 9,851                                           | m2                         | Laminat Fußbodenbeläge                                                                     | Ökobaudat                                   |



Ergänzt durch Hilfsrechnungen

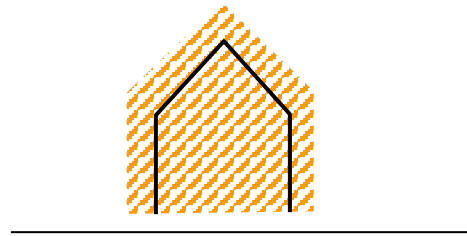
Bsp. Ziegeleindeckung Schrägdach =  
Dachziegel + Unterspannbahn + KVH + Lattung + Dachbahn



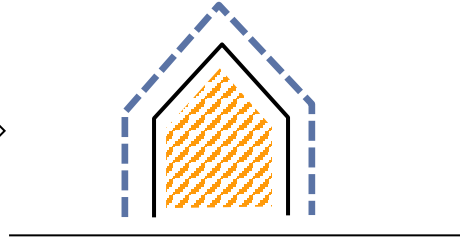
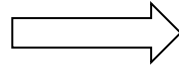
|                                    |        |       |    |                                                                    |                   |               |
|------------------------------------|--------|-------|----|--------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------|
| Dachziegel (inkl. Zubehör)         | 35,823 | 2,247 | m2 | Dachziegel (inkl. Zubehör) / m2                                    | Ökobaudat         | Durchschnitt  |
| Unterspannbahn PP                  | 0,741  | 0,169 | m2 | Unterspannbahn PP, Dicke 0,00015m                                  | Ökobaudat         | Gemisch       |
| Konstruktionvollholz               | 0,766  | 0,264 | m3 | Vollholz / Konstruktionvollholz                                    | Ökobaudat         | Repräsentativ |
| Lattung / Konterlattung für Ziegel | 0,009  | 0,003 | m2 | Lattung + Konterlattung für Ziegeleindeckung (5 x 0,06 x 0,04 x 1) | Eigene Berechnung |               |
| Dachbahn EPDM                      | 15,400 | 3,409 | m2 | Dachbahn EPDM                                                      | Ökobaudat         | Gemisch       |

# Grundlagen

## Studienumfang

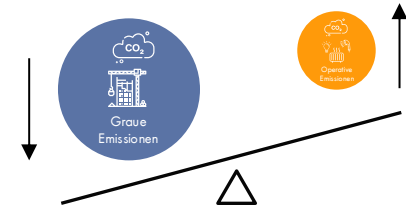


Gebäudebestand



Energetische Sanierung

Prinzip: Durch den Einsatz von Grauen Emissionen die Operativen Emissionen senken.



## Studienumfang:

Untersuchung des **Einflusses der Grauen Emissionen** für verschiedene Sanierungsvarianten bei Wohngebäuden.

# Studienumfang

Untersuchung des Einflusses der Grauen Emissionen für verschiedene Sanierungsvarianten bei Wohngebäuden

## Ausgangssituation:

10 Gebäudetypen Cluster mit  
4 versch. Modernisierungszuständen

x 10



x 4

|                |
|----------------|
| nicht mod.     |
| gering mod.    |
| größtent. mod. |
| E115           |

| V0     | V2                             | V3                        | V4        |
|--------|--------------------------------|---------------------------|-----------|
| Erdgas | Wärmepumpe<br>(Erdsonden) + PV | Wärmepumpe (Luft) +<br>PV | Fernwärme |

x 4

## Zielzustand:

4 Sanierungsvarianten

unterschiedlicher Energieträger mit

5 versch. energetischen Zielzuständen

x 5

| Sanierungstiefe |
|-----------------|
| E115            |
| E100            |
| E70             |
| E55             |
| E40             |

# Studienumfang

Untersuchung des Einflusses der Grauen Emissionen für verschiedene Sanierungsvarianten bei Wohngebäuden

Untersuchungsrahmen:

Je untersuchtem Parameter: 800 Kombinationen

| Voraussetz. | Sanierungsvarianten | Ergebnisse                          |
|-------------|---------------------|-------------------------------------|
| Typ 1       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 2       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 3       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 4       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 5       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 6       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 7       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 8       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 9       | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 10      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 11      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 12      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 13      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 14      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 15      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 16      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 17      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 18      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 19      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 20      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 21      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 22      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 23      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 24      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 25      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 26      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 27      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 28      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 29      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 30      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 31      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 32      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 33      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 34      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 35      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 36      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 37      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 38      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 39      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 40      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 41      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 42      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 43      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 44      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 45      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 46      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 47      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 48      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 49      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 50      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 51      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 52      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 53      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 54      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 55      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 56      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 57      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 58      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 59      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 60      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 61      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 62      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 63      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 64      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 65      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 66      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 67      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 68      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 69      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 70      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 71      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 72      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 73      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 74      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 75      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 76      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 77      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 78      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 79      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 80      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 81      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 82      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 83      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 84      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 85      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 86      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 87      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 88      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 89      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 90      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 91      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 92      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 93      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 94      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 95      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 96      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 97      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 98      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 99      | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |
| Typ 100     | 10-40-1075          | 2.4 m <sup>2</sup> / m <sup>2</sup> |

Ergebnisdarstellung:

In Übersichtsmatrizen



Einleitung

Grundlagen

**Handlungsfelder**

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

Kostenansatz

Hochskalierung

Fazit & Empfehlung

# Handlungsfelder

Ergebnisse der Untersuchung des Einflusses der Grauen Emissionen für verschiedene Sanierungsvarianten bei Wohngebäuden



Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

- **Priorisierung der Sanierungsobjekte**
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

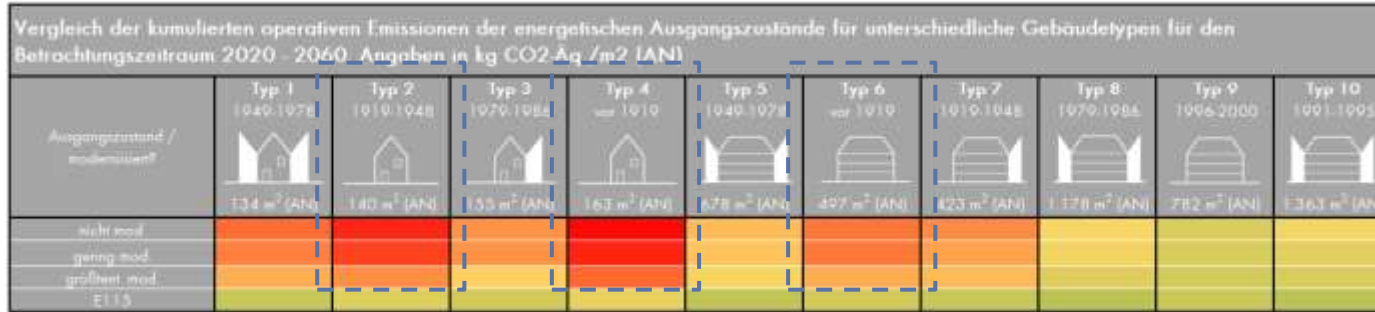
Kostenansatz

Hochskalierung

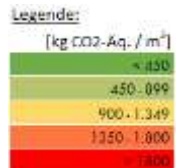
Fazit & Empfehlung

# Handlungsfeld: Priorisierung

Kumulierte operative Emissionen 2020 – 2060 des Ausgangszustandes ohne Sanierung, Energieträger Erdgas

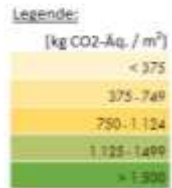
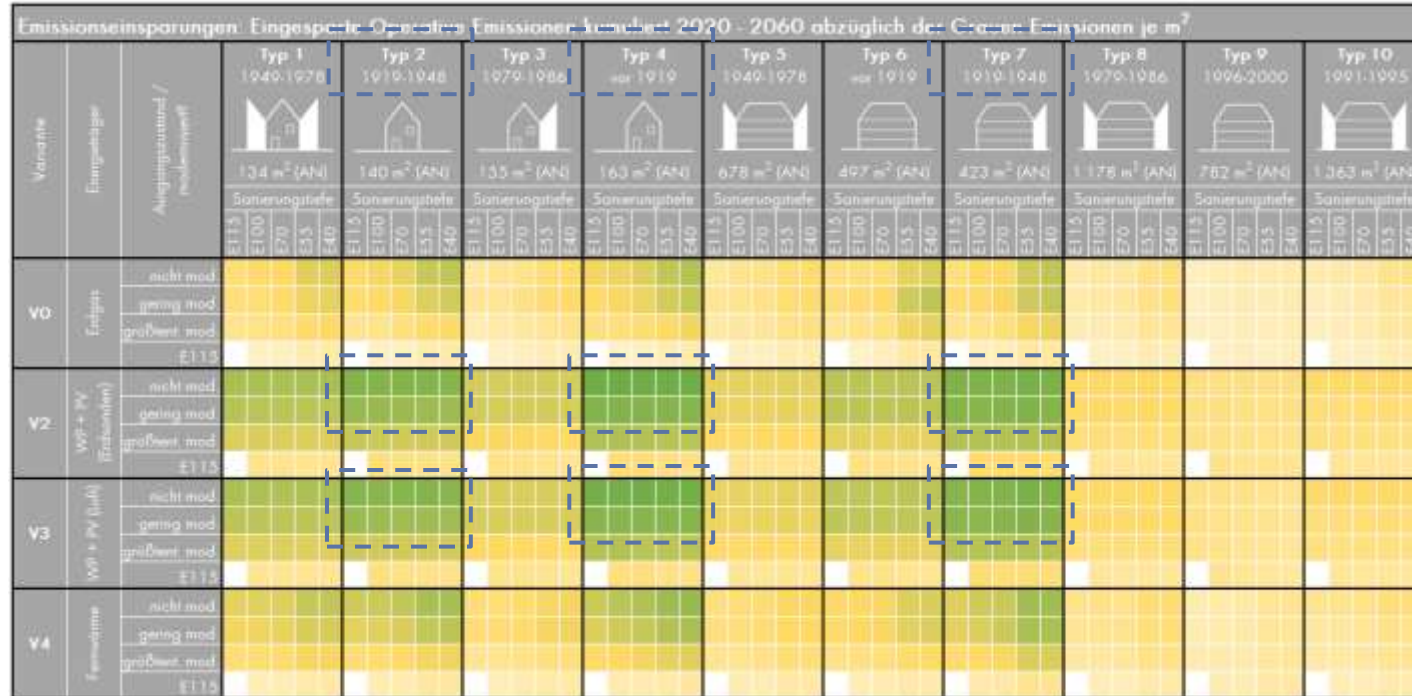
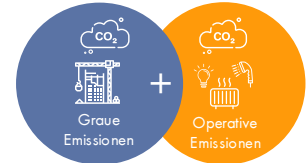


> Ältere Baualtersklassen & schlechte Energetische Ausgangszustände verursachen die höchsten Emissionen



# Handlungsfeld: Priorisierung

Eingesparte Operative Emissionen kumuliert 2020 – 2060  
abzüglich der Grauen Emissionen je m<sup>2</sup>



> Vorfällige Sanierungen vermeiden.

Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- **Wahl des Energieträgers**
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

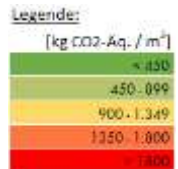
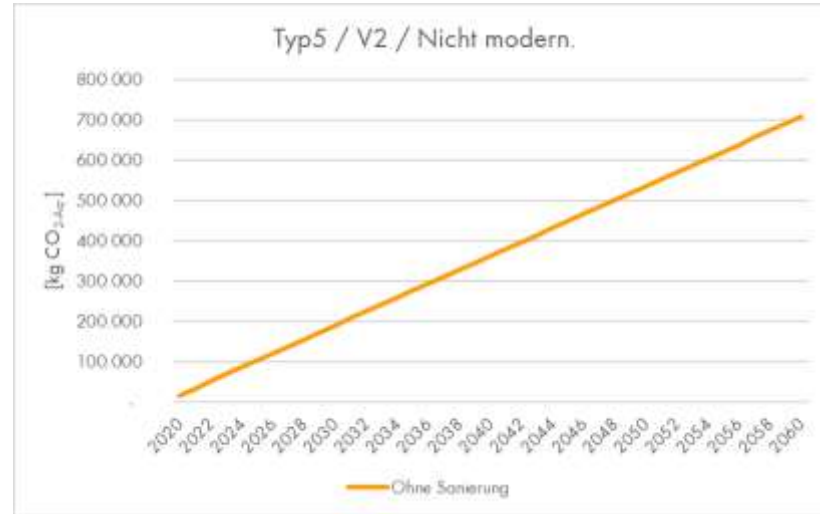
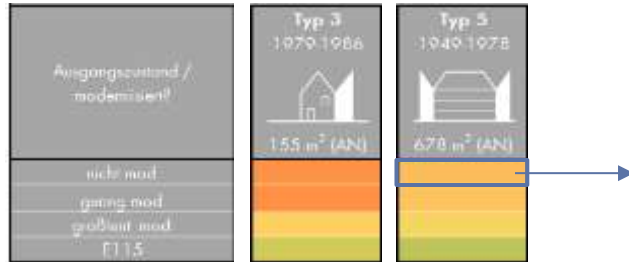
Kostenansatz

Hochskalierung

Fazit & Empfehlung

# Handlungsfeld: Energieträger

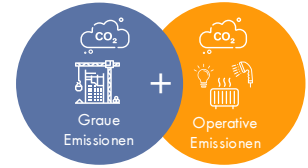
Kumulierte operative Emissionen 2020 – 2060 des Ausgangszustandes ohne Sanierung, Energieträger Erdgas



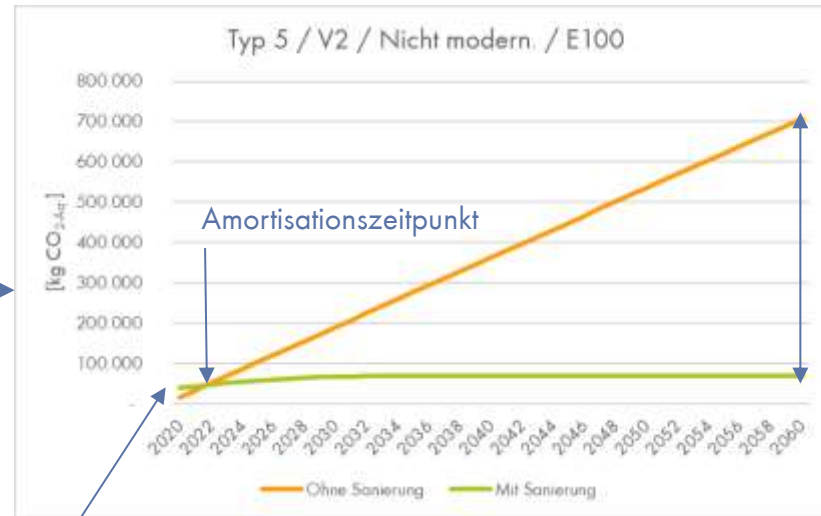
# Handlungsfeld: Energieträger

Gesamtemissionen bis 2060

Graue Emissionen + operative Emissionen nach Sanierung



| Variante | Energieträger             | Ausgangszustand /<br>mod. emissions              |
|----------|---------------------------|--------------------------------------------------|
| V0       | Erdgas                    | nicht mod.<br>gering mod.<br>größt. mod.<br>E115 |
| V2       | WP + PV<br>(Erdförderung) | nicht mod.<br>gering mod.<br>größt. mod.<br>E115 |
| V3       | WP + PV (Luft)            | nicht mod.<br>gering mod.<br>größt. mod.<br>E115 |
| V4       | Festbrennstoffe           | nicht mod.<br>gering mod.<br>größt. mod.<br>E115 |



Differenz =  
Emissionseinsparung

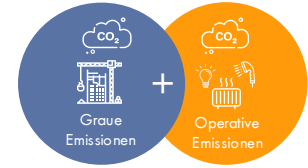
Legende:

| [kg CO <sub>2</sub> -Äq. / m <sup>2</sup> ] |
|---------------------------------------------|
| < 450                                       |
| 450 - 899                                   |
| 900 - 1.349                                 |
| 1.350 - 1.800                               |
| > 1.800                                     |

# Handlungsfeld: Energieträger

Gesamtemissionen bis 2060

Graue Emissionen + operative Emissionen nach Sanierung

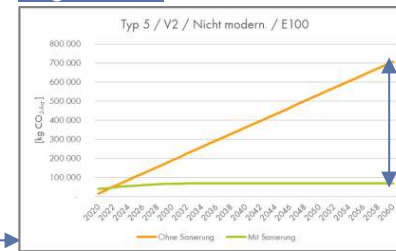


| Variante | Energieträger       | Ausgangssituation / modernisiert |
|----------|---------------------|----------------------------------|
|          |                     |                                  |
| V0       | Erdgas              | nicht mod.                       |
|          |                     | gering mod.                      |
|          |                     | gründl. mod.                     |
|          |                     | E115                             |
| V2       | WP + PV (Erdbecken) | nicht mod.                       |
|          |                     | gering mod.                      |
|          |                     | gründl. mod.                     |
|          |                     | E115                             |
| V3       | WP + PV (Luft)      | nicht mod.                       |
|          |                     | gering mod.                      |
|          |                     | gründl. mod.                     |
|          |                     | E115                             |
| V4       | Festbrennstoffe     | nicht mod.                       |
|          |                     | gering mod.                      |
|          |                     | gründl. mod.                     |
|          |                     | E115                             |

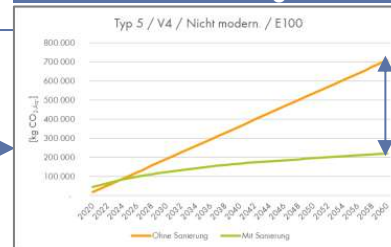
Fossil



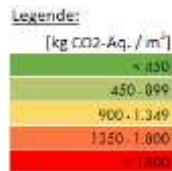
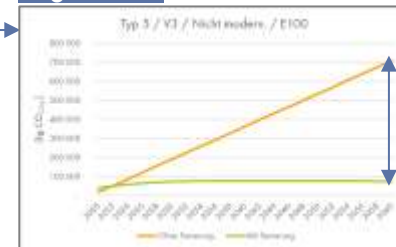
Regenerativ



Teilweise verbrennungsbasiert\*



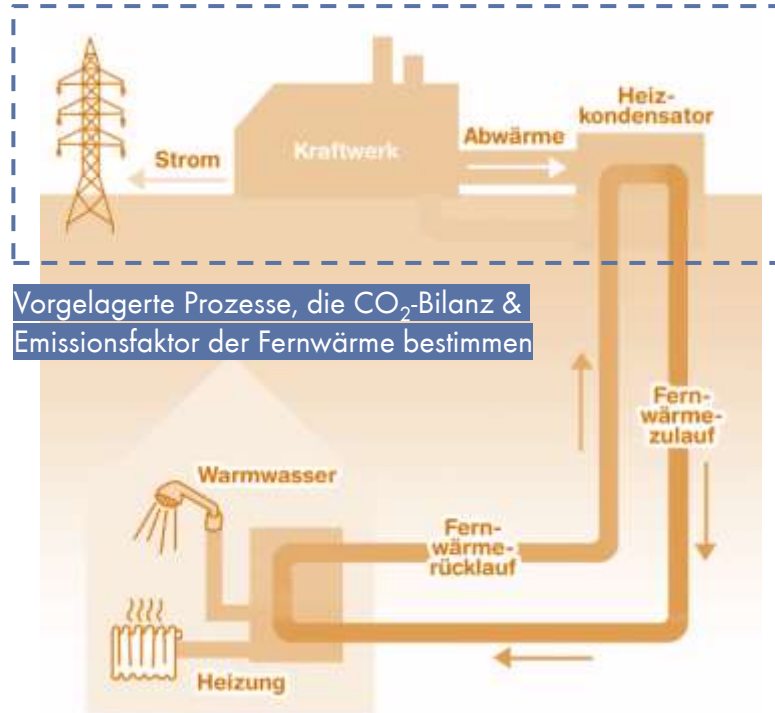
Regenerativ



\* vgl. Exkurs Fernwärme

# Handlungsfeld: Energieträger

## \* Exkurs Fernwärme



## \* Exkurs Fernwärme



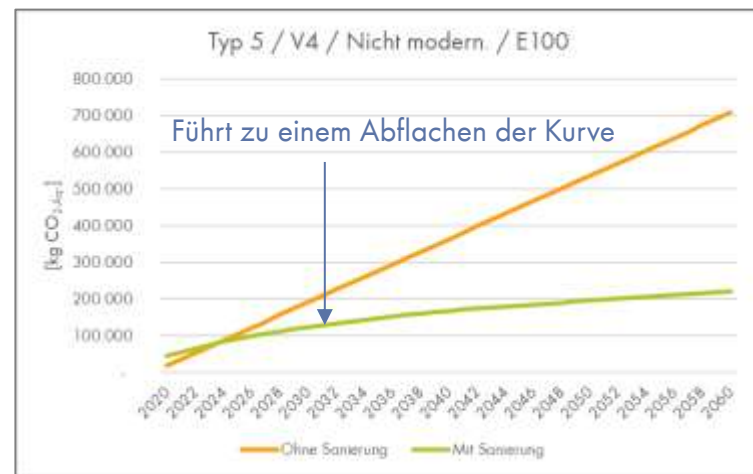
## Dekarbonisierungspfad auf Grundlage Bukea Prognose

The diagram illustrates the calculation of the Break-Even Point for CO2 emissions. It consists of three main parts:

- Table 1: Emissions Data** (Left): A table with columns 'Emissions (t CO2e)' and 'Emissions (t CO2e)'. It lists data for years 2010 to 2030. The values for 2010 are 0,201 and 0,318. The values for 2030 are 0,201 and 0,152.
- Table 2: Factors** (Middle): A table with columns 'Erdgas Faktor HH' and 'Fernwärme Faktor HH'. It lists data for years 2010 to 2030. The values for 2010 are 0,201 and 0,318. The values for 2030 are 0,201 and 0,152.
- Comparison** (Right): A comparison of the two tables. It shows the values for 2010 and 2030 for both factors. The values for 2010 are 0,201 and 0,318. The values for 2030 are 0,201 and 0,152. A blue arrow points to the year 2025, which is labeled 'Break-Even Point'.

The Break-Even Point is identified as the year 2025, where the emissions factor for Erdgas (0,201) equals the emissions factor for Fernwärme (0,201).

Abnahme des Emissionsfaktors, aufgrund fortschreitender Dekarbonisierung der Fernwärme.



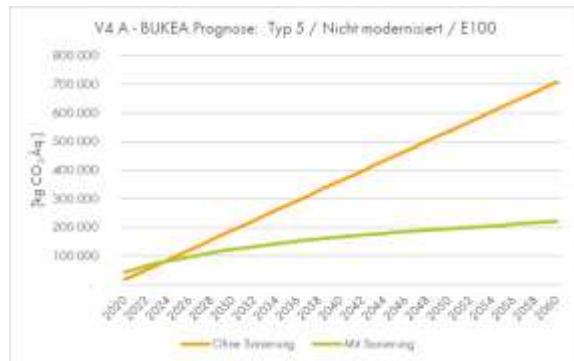
# Handlungsfeld: Energieträger

## BUKEA Prognose vs. Fiktives Fernwärmenetz und Östliche HafenCity

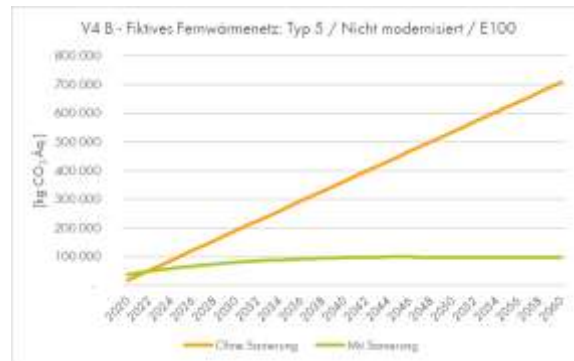


[kgCO<sub>2</sub>-äq./kWh]

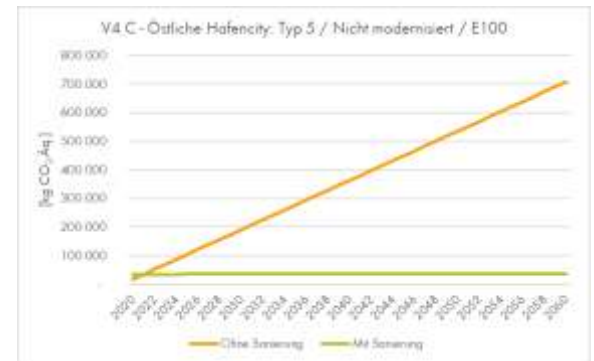
| Jahr | A) BUKEA Prognose | B) Fiktives Fernwärmenetz | C) Östliche HafenCity |
|------|-------------------|---------------------------|-----------------------|
| 2020 | 0,318             | 0,152                     | 0                     |
| 2030 | 0,152             | 0,075                     | 0                     |
| 2045 | 0,075             | 0                         | 0                     |



V4 A - Amortisationszeit: 4,44 Jahre



V4 B - Amortisationszeit: 2,79 Jahre



V4 C - Amortisationszeit: 1,94 Jahre

# Handlungsfeld: Energieträger

BUKEA Prognose vs. Fiktives Fernwärmenetz und Östliche HafenCity



- BUKEA Prognose: CO<sub>2</sub>-Faktor teilweise höher als Erdgas
  - Frühe Umstellung bilanziell für kurzen Zeitraum Verschlechterung gegen ursprüngliche Energieversorgung (Effekt wird durch prognostizierte Dekarbonisierung innerhalb kurzer Zeit aufgehoben)
- Je niedriger der CO<sub>2</sub>-Faktor des Fernwärmenetzes, desto positiver ist die Umstellung für Gesamtbilanz

- I. Sanierungstiefe sollte auch bei einem CO<sub>2</sub>-neutralen Fernwärmenetz in Abwägung mit der begrenzten Verfügbarkeit der Fernwärme gewählt werden, da der Wärmeenergiebedarf mit zunehmender Sanierungstiefe sinkt.
- II. Bei einer geplanten Sanierung kann kein Einfluss auf das zur Verfügung stehende Fernwärmenetz genommen werden kann. Hierzu müssen die energetischen Potenziale gesamtstädtisch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung analysiert, geplant und gesteuert werden.

Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- **Festlegung der Sanierungstiefe**
- Materialwahl & Konstruktionsweise

Kostenansatz

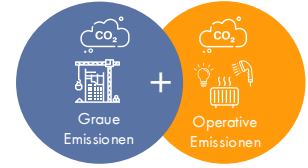
Hochskalierung

Fazit & Empfehlung

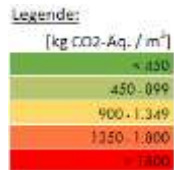
# Handlungsfeld: Sanierungstiefe

Gesamtemissionen bis 2060

Graue Emissionen + operative Emissionen nach Sanierung



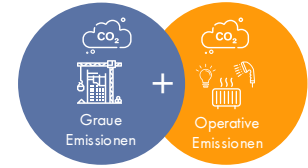
Nur bei (teilweise) fossilen Energieträgern verbessert sich mit zunehmender Sanierungstiefe die Gesamtbilanz



# Handlungsfeld: Energieträger

Amortisationszeit

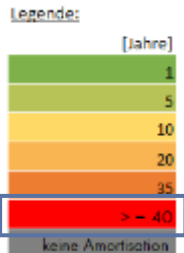
CO<sub>2</sub>-Kennwerte von 2030



Die längste Amortisationszeiten entstehen bei hohen energetischen Ausgangszuständen.

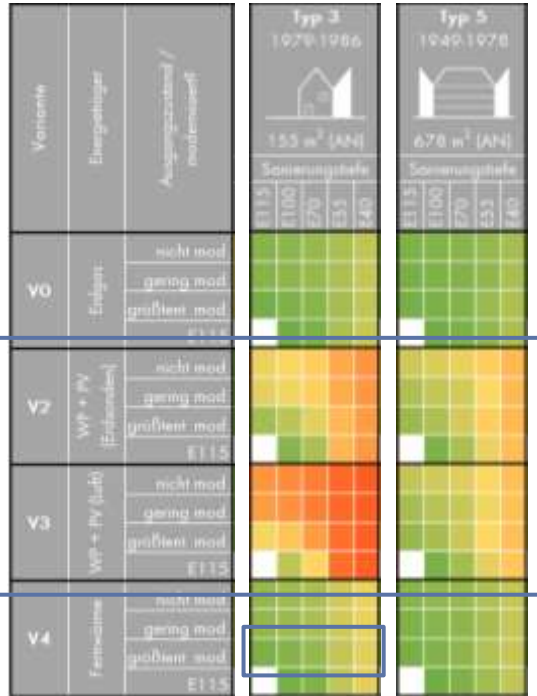
Kritische Amortisationszeit wird nicht überschritten.

Materiallebensdauer = 40 Jahre



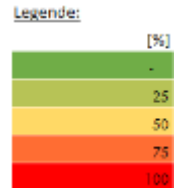
# Handlungsfeld: Sanierungstiefe

Anteil Grauen Emissionen an Gesamtemissionen kumuliert bis 2060



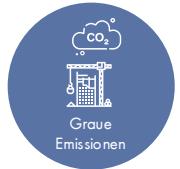
Bei nicht-fossilen Energieträgern sind die Grauen Emissionen der entscheidende Faktor

Mit steigender Sanierungstiefe, steigt der Anteil der Grauen Emissionen



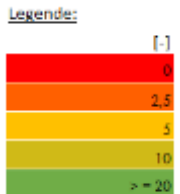
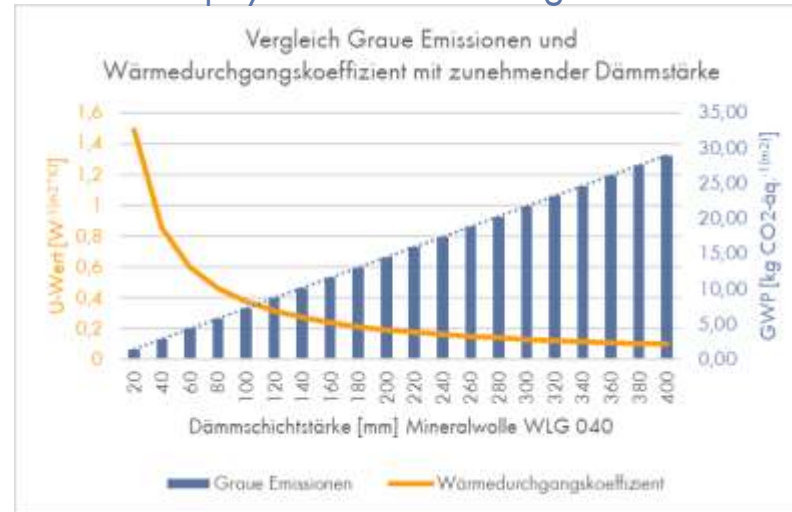
# Handlungsfeld: Sanierungstiefe

Effektivität:  $\frac{\text{THG-Einsparungen [kg CO}_2\text{-äq.]}}{\text{Investierte Graue Emissionen [kg CO}_2\text{-äq.]}}$



| Variante | Energieerzeuger     | Ausgangszustand /<br>Maßnahmen                        | Typ 3<br>1979-1986                | Typ 5<br>1949-1978                |
|----------|---------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|          |                     |                                                       | 155 m <sup>2</sup> (AN)           | 678 m <sup>2</sup> (AN)           |
|          |                     |                                                       | Sanierungstiefe                   | Sanierungstiefe                   |
|          |                     |                                                       | E115<br>E100<br>E70<br>E55<br>E40 | E115<br>E100<br>E70<br>E55<br>E40 |
| V0       | Erdgas              | nicht mod.<br>gering mod.<br>größtenteil mod.<br>E115 |                                   |                                   |
| V2       | WP + PV<br>(Erdgas) | nicht mod.<br>gering mod.<br>größtenteil mod.<br>E115 |                                   |                                   |
| V3       | WP + PV (Lufte)     | nicht mod.<br>gering mod.<br>größtenteil mod.<br>E115 |                                   |                                   |
| V4       | Festbrennstoffe     | nicht mod.<br>gering mod.<br>größtenteil mod.<br>E115 |                                   |                                   |

## Exkurs: Bauphysikalischer Hintergrund



Mit steigender Sanierungstiefe, sinkt die „Effektivität“ des Einsatzes der Grauen Emissionen

Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- **Materialwahl & Konstruktionsweise**

Kostenansatz

Hochskalierung

Fazit & Empfehlung

# Handlungsfeld: Materialwahl & Konstruktionsweise

Dämmstoffe: EPS/Mineralwolle/Holzfaser

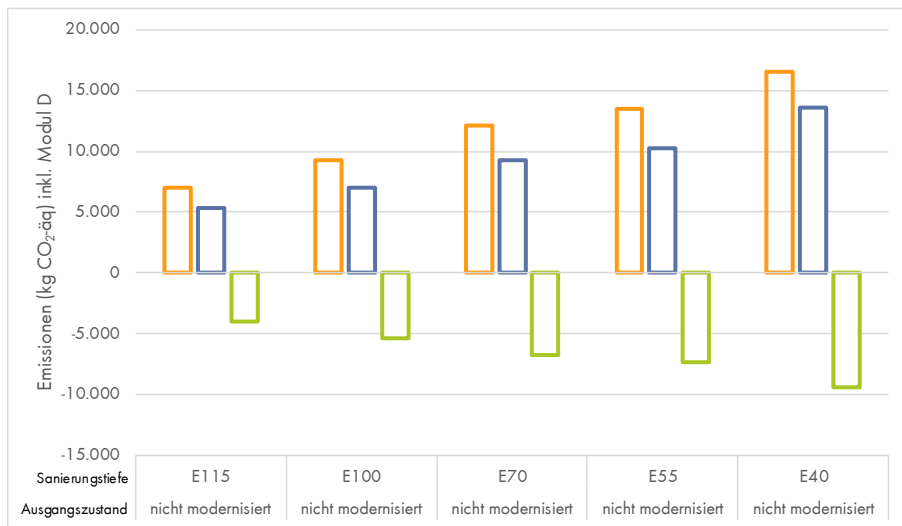


# Handlungsfeld: Materialwahl & Konstruktionsweise

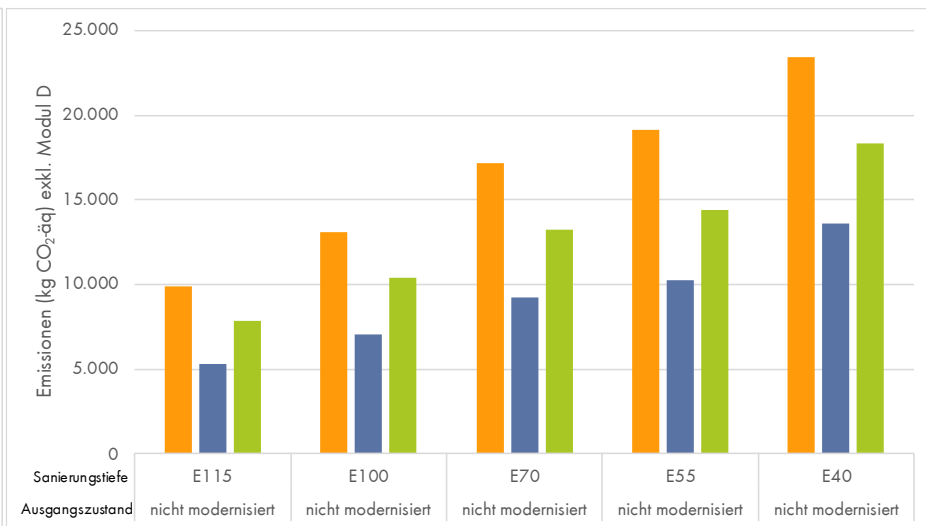
Dämmstoffe: EPS/Mineralwolle/Holzfaser

Auswertung der Treibhausgasemissionen (Beispiel Typ 5-MFH 1949-1978)

- Emissionen V1: EPS
- Emissionen V2: MiWo
- Emissionen V3: HoFa



inkl. Modul D (energetische Verwertung)



exkl. Modul D (stoffliche Verwertung)

# Handlungsfeld: Materialwahl & Konstruktionsweise

Dämmstoffe: EPS/Mineralwolle/Holzfaser

Vorgehängte hinterlüftete Fassade

|   | technisch                     |                                 |                 |            |        |              | ökologisch                            |                                      |                                 |                          |           |               | ökonomisch                 |          |
|---|-------------------------------|---------------------------------|-----------------|------------|--------|--------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------|---------------|----------------------------|----------|
|   | Wärmeleitfähigkeit<br>[W/m²K] | Baustoffklasse<br>(Brandschutz) | Lebensdauer [a] | Ausführung | Risiko | Trennbarkeit | Recyclingfähigkeit<br>(Materialebene) | Recyclingfähigkeit<br>(Bauteilebene) | GWP<br>[kg CO <sub>2</sub> äq.] | Eingesetzte<br>Rohstoffe | Lokalität | Verfügbarkeit | Preis [€/m²]<br>(Material) | GESAMT   |
| 1 | gut                           | mäßig                           | gut             | gut        | mäßig  | gut          | schlecht                              | mäßig                                | mäßig                           | schlecht                 | schlecht  | gut           | gut                        | schlecht |
| 2 | gut                           | gut                             | gut             | gut        | mäßig  | gut          | mäßig                                 | mäßig                                | mäßig                           | mäßig                    | gut       | gut           | mäßig                      | mäßig    |
| 3 | gut                           | mäßig                           | gut             | gut        | mäßig  | gut          | gut                                   | mäßig                                | gut                             | gut                      | gut       | gut           | schlecht                   | gut      |

1 EPS

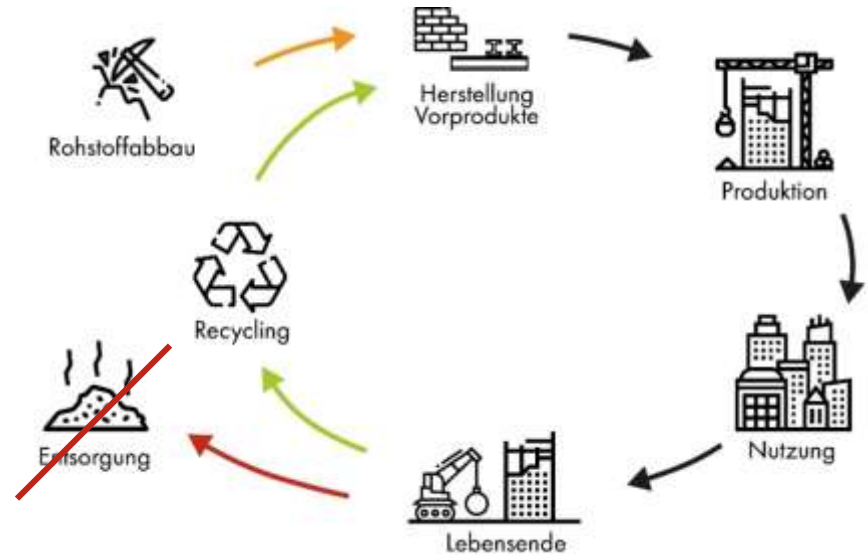
2 Mineralwolle

3 Holzfaser



# Handlungsfeld: Materialwahl & Konstruktionsweise

Trennbarkeit: Geschlossene Stoffkreisläufe ermöglichen



Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

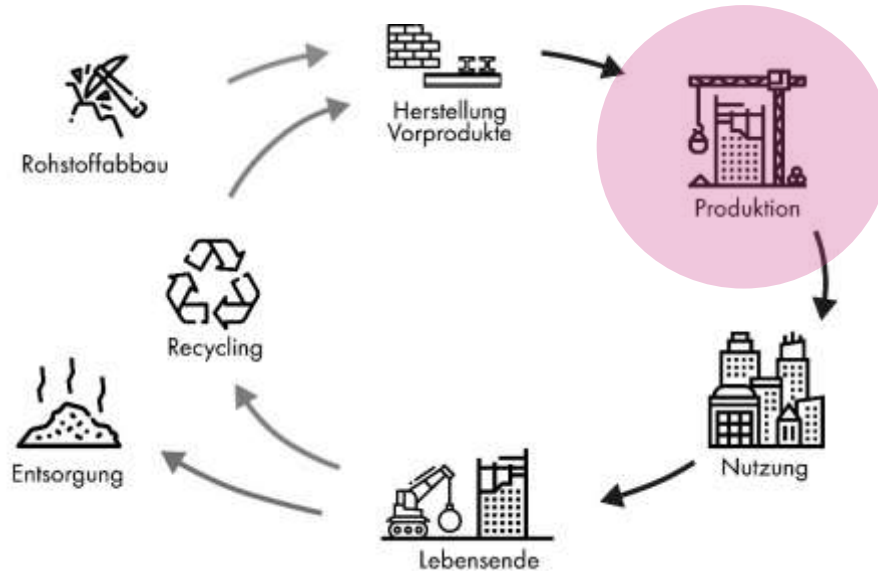
**Kostenansatz**

Hochskalierung

Fazit & Empfehlung

# Kostenansatz

Konventionell

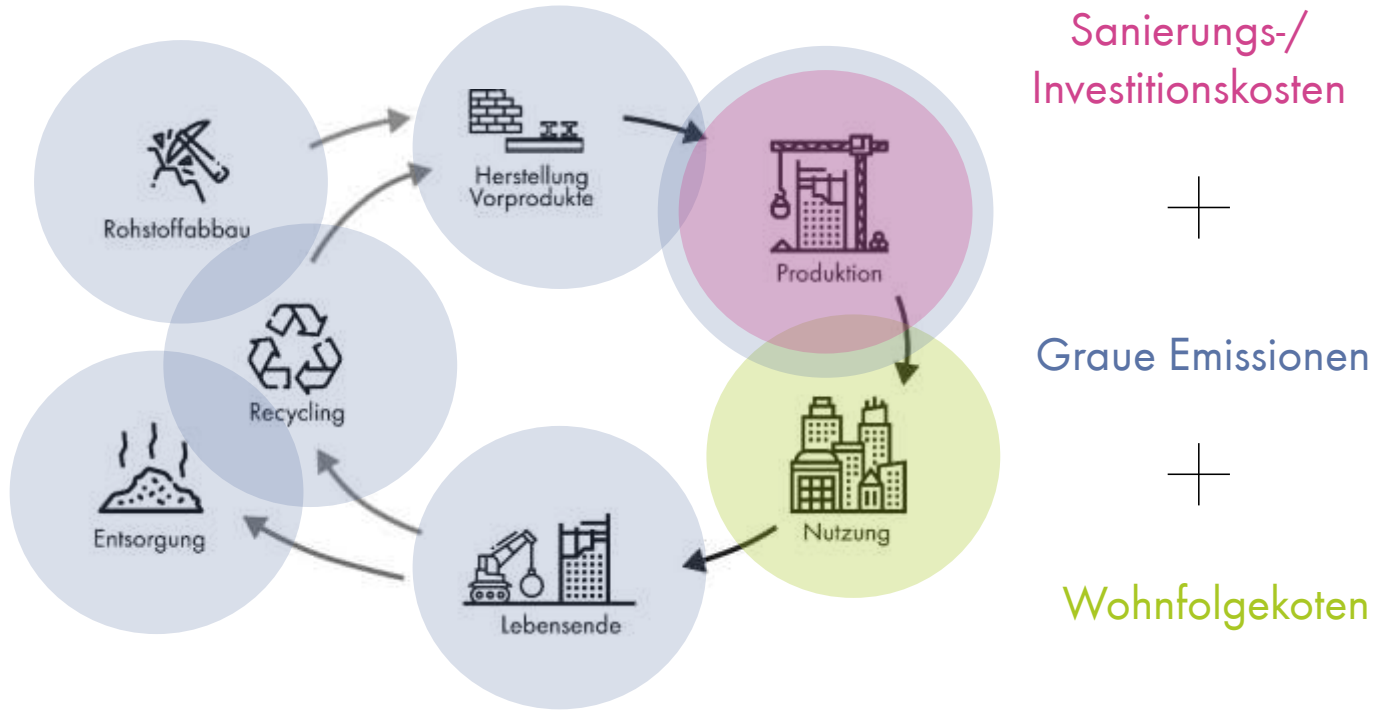


Sanierungs-/  
Investitionskosten

Betrachtung: rein maximale Energieeffizienz

# Kostenansatz

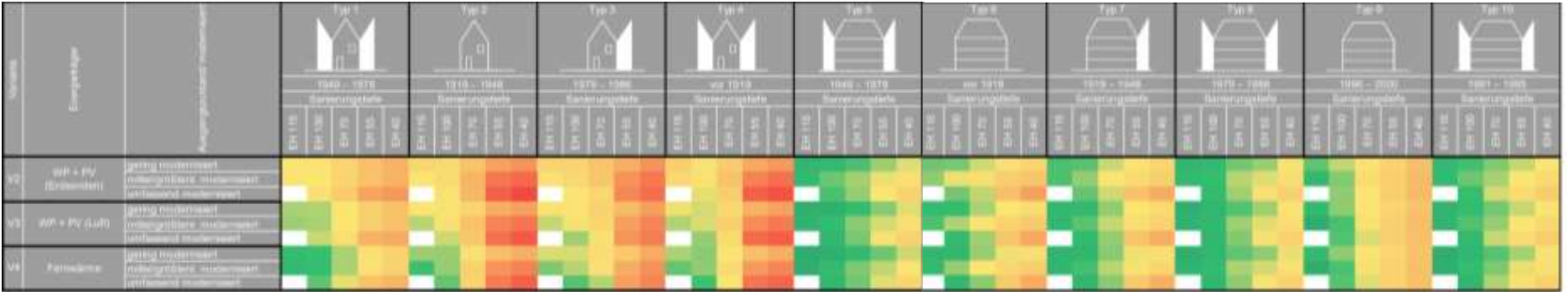
Lebenszyklusorientiert und sozialverträglich



Betrachtung: maximale CO<sub>2</sub>-Wirkung pro eingesetztem Euro

# Kostenansatz

## Auswirkungen auf Wohnkosten (ohne Förderung)

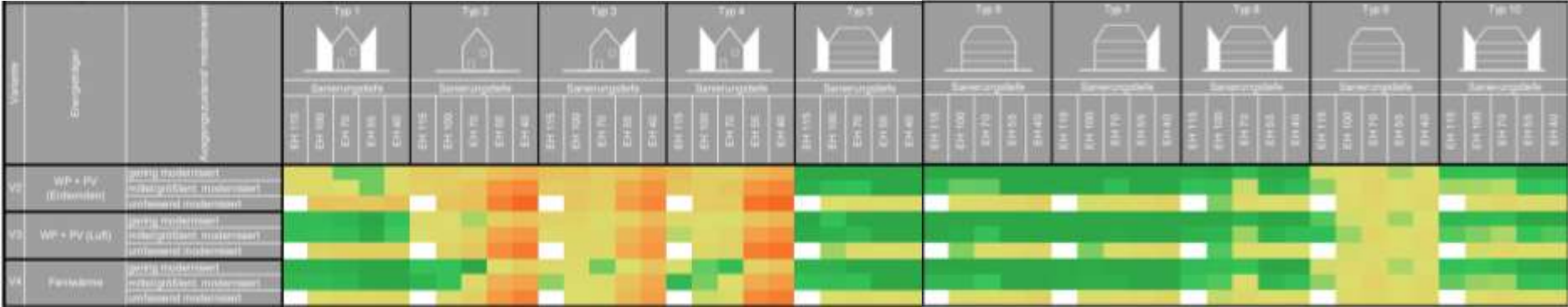


Mittelwert      3,10 EUR/m²  
(Mittelwert für die Konstellationen: V2-V4, gering bis umfassend modernisiert, EH 115-40)

|      |             |                               |                                 |
|------|-------------|-------------------------------|---------------------------------|
| min. | 0,81 EUR/m² | grün bis 2,56 EUR/m²          | orange von 3,47 bis 5,78 EUR/m² |
| max. | 9,99 EUR/m² | gelb von 2,57 bis 3,46 EUR/m² | rot ab 5,79 EUR/m²              |

# Kostenansatz

## Auswirkungen auf Wohnkosten (mit Förderung)



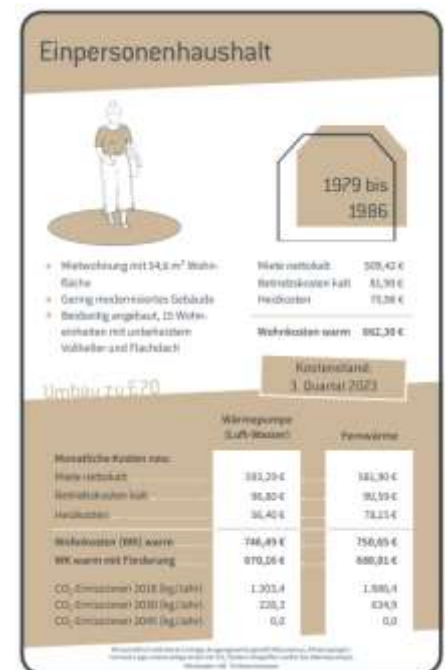
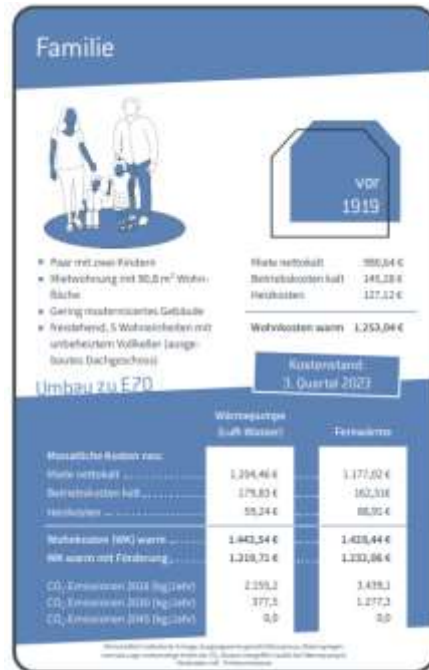
Mittelwert 0,90 EUR/m²  
(Mittelwert für die Konstellationen: V2-V4, gering bis umfassend modernisiert, EH 115-40)

min. -0,61 EUR/m² grün bis 0,57 EUR/m² orange ab 2,19 EUR/m²

max. 6,24 EUR/m² gelb 0,58 bis 2,18 EUR/m²

# Kostenansatz

## Auswirkungen auf Wohnkosten (mit Förderung)



Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

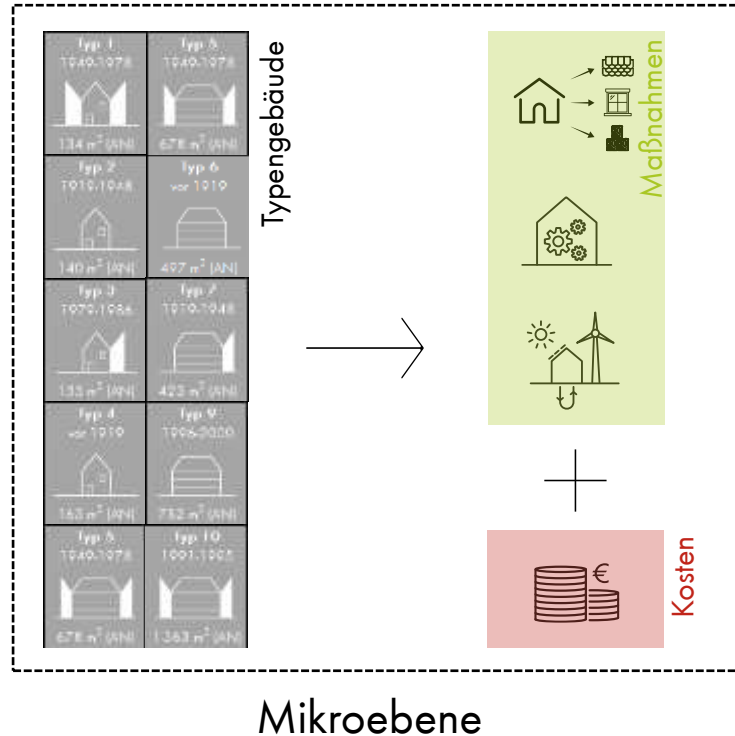
- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

Kostenansatz

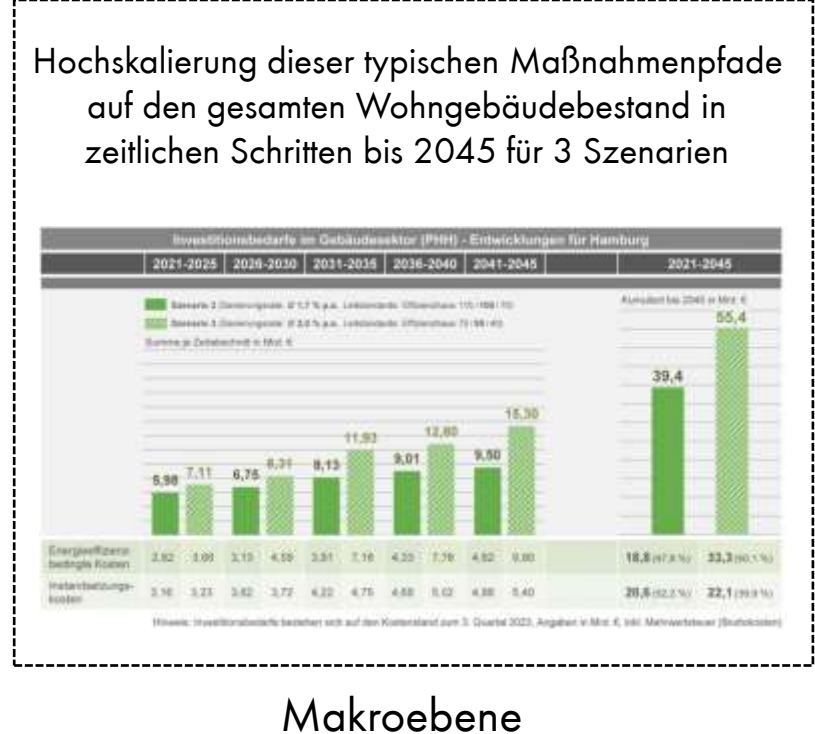
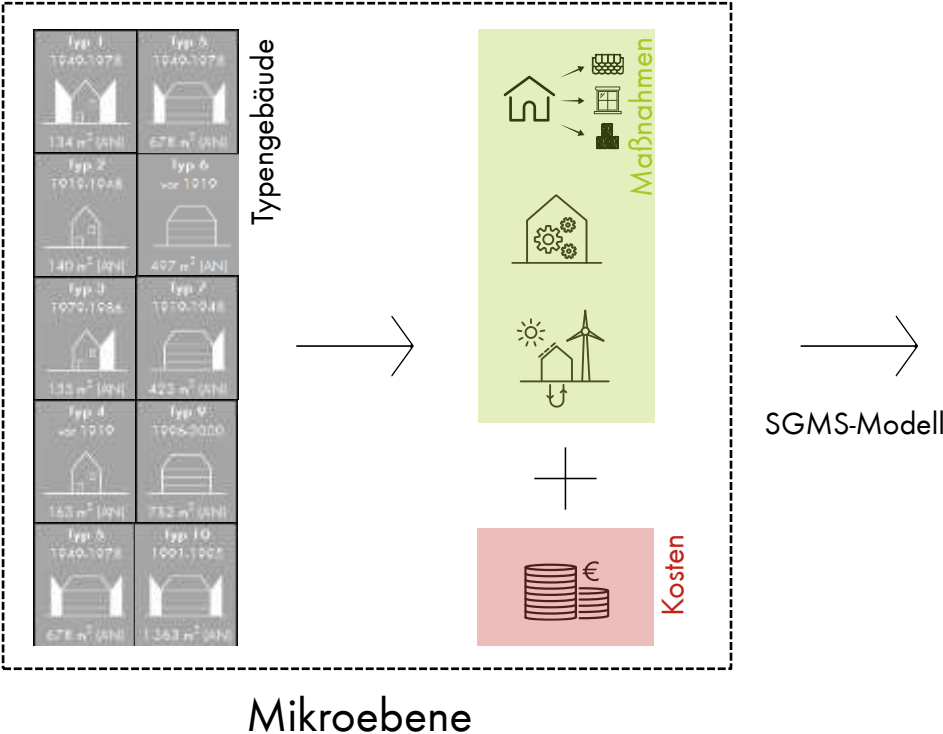
**Hochskalierung**

Fazit & Empfehlung

# Hochskalierung SGMS-Modell



# Hochskalierung SGMS-Modell



Einleitung

Grundlagen

Handlungsfelder

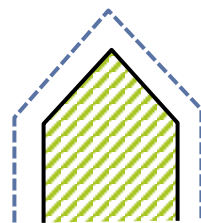
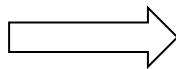
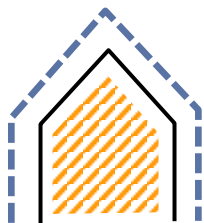
- Priorisierung der Sanierungsobjekte
- Wahl des Energieträgers
- Festlegung der Sanierungstiefe
- Materialwahl & Konstruktionsweise

Kostenansatz

Hochskalierung

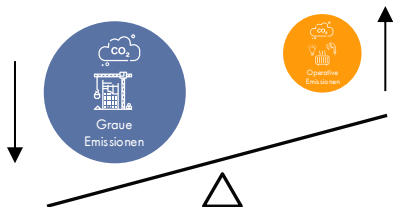
**Fazit & Empfehlung**

# Umdenken!



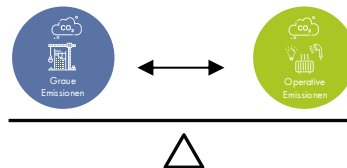
## Energetische Sanierung konventionell

Prinzip: Durch den *unreflektierten* Einsatz von Grauen Emissionen die Operativen Emissionen senken.



## Energetische Sanierung umdenken

Prinzip: Durch die Umstellung des Energieträgers die Operativen Emissionen senken und dies durch den moderaten Einsatz von Grauen Emissionen ermöglichen.



# Fazit



Priorisierung von älteren Baualterklassen & schlechten energetischen Ausgangszuständen mit großem Hüllflächenanteil. Vorfällige Sanierungen vermeiden.

Umstellung auf fossilfreie Energieträger sowie ambitionierte Dekarbonisierung der Fernwärme entscheidend zur Erreichung der Klimaziele.

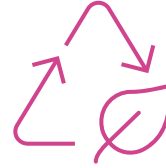
Bei fossilfreier Energieversorgung: moderate Sanierungstiefen aufgrund der großen Relevanz der Grauen Emissionen bevorzugen. Bei fossilen Energieträgern: Steigerung der Sanierungstiefe.

Gewährleistung der Kreislauffähigkeit der Materialien durch sortenreine Trennbarkeit der Konstruktion, Langlebigkeit sowie Schadstofffreiheit. Bevorzugung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen.

# Zusammenfassung



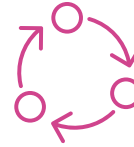
Keine fossile Energie



Materialökologie und  
Wiederverwertung



Moderater Material-  
aufwand



Paradigmenwechsel:  
Pareto-Optimierung



Energieeinsparung



CO<sub>2</sub>-Reduktion pro € statt  
pauschale Förderung



WERNER SOBEM .

[www.wernersobek.com](http://www.wernersobek.com)

Stuttgart

Berlin

Buenos Aires

Dubai

Frankfurt

Hamburg

Istanbul

Kopenhagen

New York

Wien