



## **KALKSANDSTEIN Bauseminar 2023**

### **TAGUNGSHANDBUCH**

Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045.  
Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Wohngebäuden.

## **Kalksandstein Bauseminar 2023**

Stand: Januar 2023

Herausgeber:

Kalksandsteinindustrie Nord e.V.

Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen  
jedoch ohne Gewähr.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045 .....</b>	<b>05</b>
Dr. Wolfgang Eden Forschungsvereinigung Kalk Sand e.V., Hannover	
<b>Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Wohngebäuden .....</b>	<b>25</b>
Dr. Burkhard Schulze Darup Schulze Darup & Partner Architekten, Berlin - Nürnberg	
<b>Anhang:</b>	
<b>Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025 und EN 15804+A2 .....</b>	<b>75</b>
Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)	
<b>Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland .....</b>	<b>89</b>
Kalksandstein-Dienstleistung GmbH, Hannover	



## **Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045**

**Dr. Wolfgang Eden**

Forschungsvereinigung Kalk Sand e.V., Hannover

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

# BAUSEMINAR 2023

**KS Nord e.V.**

Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur  
Klimaneutralität bis 2045

**Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V.**

Dr. Wolfgang Eden



Bildquelle: BV KSI

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Inhaltsübersicht

1. Roadmap der Kalksandsteinindustrie
2. Umweltproduktdeklaration
3. Recarbonatisierung von Kalksandstein in der Nutzungsphase
4. Recycling

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

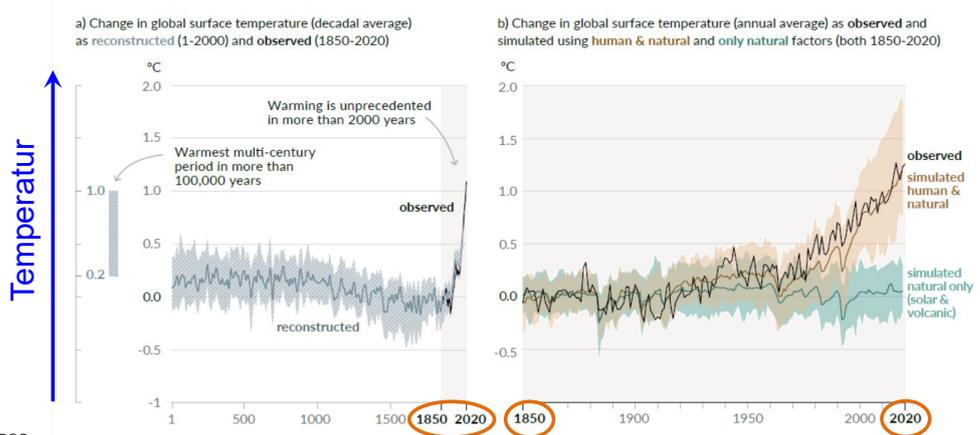
### 1. Roadmap der Kalksandsteinindustrie

Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität in Deutschland bis 2045



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

**Einfluss des Menschen auf die Klimaerwärmung während der vergangenen 2000 (linkes Diagramm) bzw. 100 Jahre (rechtes Diagramm)**

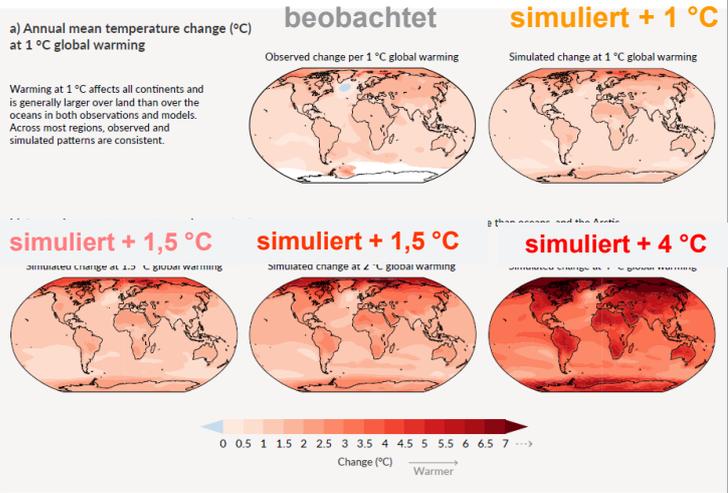


Bildquelle: IPCC

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

Jeder Zuwachs an Klimaerwärmung führt zu einer höheren regionalen Mitteltemperaturen, zu größeren Niederschlägen einer zu einer Zunahme der Bodenfeuchte.

With every increment of global warming, changes get larger in regional mean temperature, precipitation and soil moisture

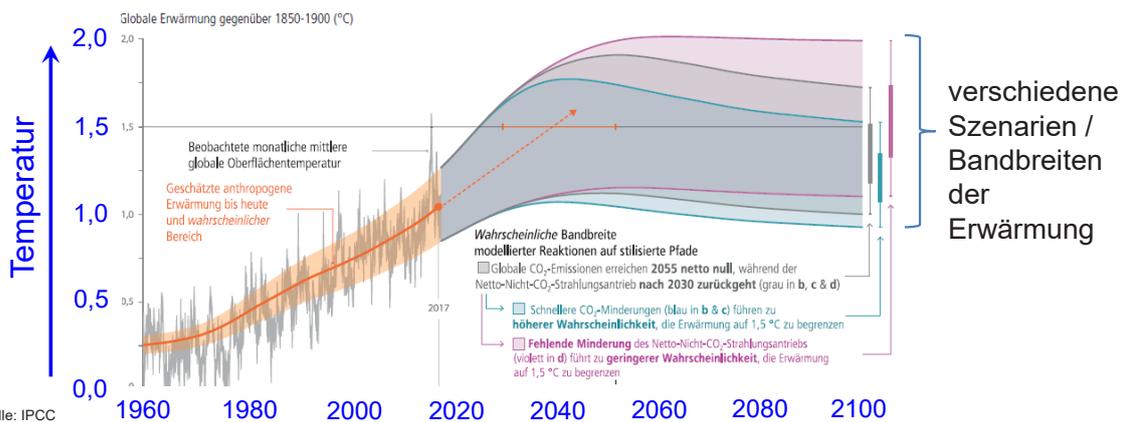


Bildquelle: IPCC

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Berechnete Bandbreiten der globalen Oberflächentemperatur der Erde

a) Beobachtete globale Temperaturänderung und modellierte Reaktionen auf stilisierte anthropogene Emissions- und Strahlungsantriebspfade



Bildquelle: IPCC

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

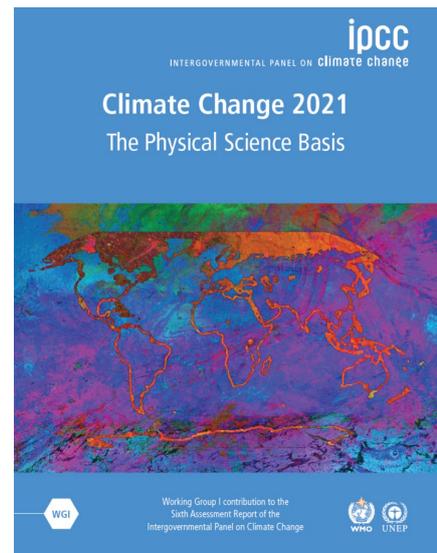
### Woher kommen diese Daten?

Der **International Panel of Climate Change** (IPCC), Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (**Weltklimarat**) befasst sich fortlaufend mit Fragen der Klimaentwicklung.

Aktueller Bericht: Klimawandel 2021

Diese Berichte gelten als „Goldstandard der Klimaforschung“.

Bildquelle: IPCC

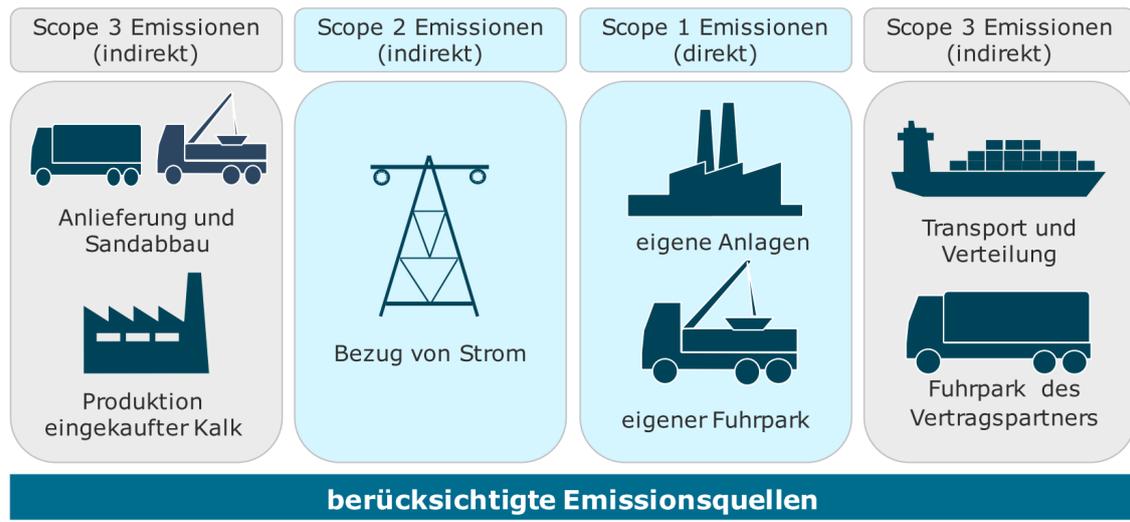


## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



Bildquelle: EU

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



Bildquelle: FutureCamp Climate GmbH

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Was wird bei der Berechnung der Roadmap rechnerisch berücksichtigt?

1. Energieverbräuche, -kosten (Erdgas, Heizöl, Diesel, Strom, Energiepreisentwicklung)
2. CO<sub>2</sub>-Ausstoß und CO<sub>2</sub>-Kosten durch das BEHG - während und nach der Festpreisphase
3. Technologien zur CO<sub>2</sub>-Reduktion (Technik, Verfügbarkeit, Kosten, etc.)
4. Effizienzmaßnahmen, Instandhaltung, Querschnittstechnologien (Pumpen, Motoren, etc.)
5. Optimierung der Produktionsabläufe, AiF-Forschung, Kalk, alternative Bindemittel
6. Investitions- und Betriebskostenberechnung, aktuell und für Zukunft
7. **Mögliche Maßnahmen zur Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen**
  - Wärmerückgewinnung, Elektrostapler, Digitalisierung, erneuerbare Energien
  - Umstellung auf Elektrokessel, Wasserstoff H<sub>2</sub>, Elektrolyse, alternative Bindemittel

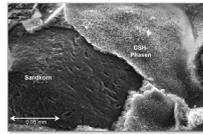
Bildquelle: Pixabay  
MASA Group



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Bestandsaufnahme → Was haben wir uns bei der Erarbeitung der Roadmap angeschaut?

1. Rohstoffe: Gesteinskörnungen, Bindemittel, Wasser, Zusatzmittel
2. Verfahrenstechnik: Rezeptur, Dosierung, Mischen, Verdichtung, Härtung, Transport
3. Eigenschaftswerte der Kalksandsteine: Festigkeit und Rohdichte, etc.
4. Technische Ausstattung Kalksandsteinwerke: Maschinenpark, Digitalisierungsgrad
5. Energieverbräuche: Zustand und Optionen des Wärme-Management-Systems
6. CO<sub>2</sub>-Emissionen: aus dem Kalk und der KS-Produktion
7. Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen: organisatorische und technische Maßnahmen, Priorisierung nach Kosten und Effizienz

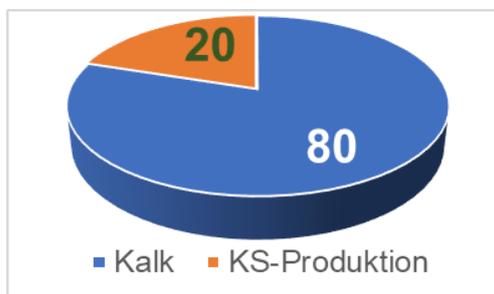


Bildquellen: Prof. Middendorf, BV Kalk, Radmacher Kalksandsteinwerke, MASA

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Eines der Hauptergebnisse

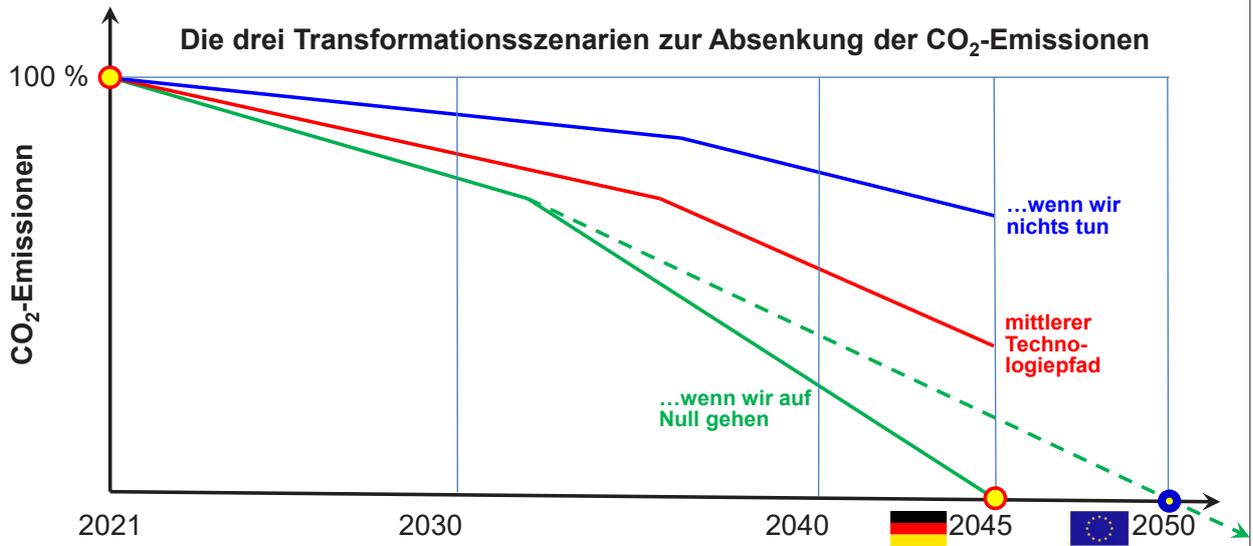
- Der größte Anteil von rund **80 Prozent** der Treibhausgasemissionen fällt in der Kalksandsteinindustrie durch die Produktionsprozesse der Rohstoffe hauptsächlich durch den **Branntkalk** an.
- Die restlichen rund **20 Prozent** Treibhausgasemissionen fallen zum größten Teil durch den Energieverbrauch (Brennstoffe, Strom) während der **Herstellungsprozesse** an.



Bildquelle: BV KSI



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

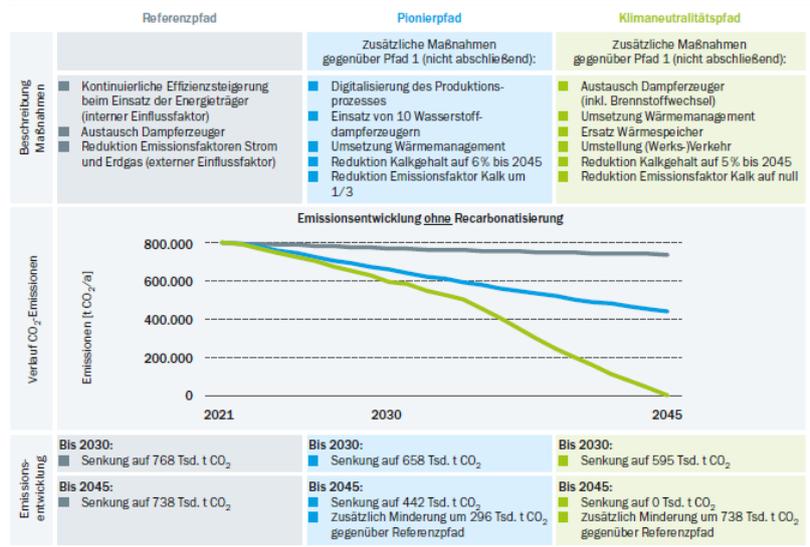


BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

- 13 -

Bundesverband  
**KALKSANDSTEIN**  
Industrie eV

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



Bildquelle: BOSCH

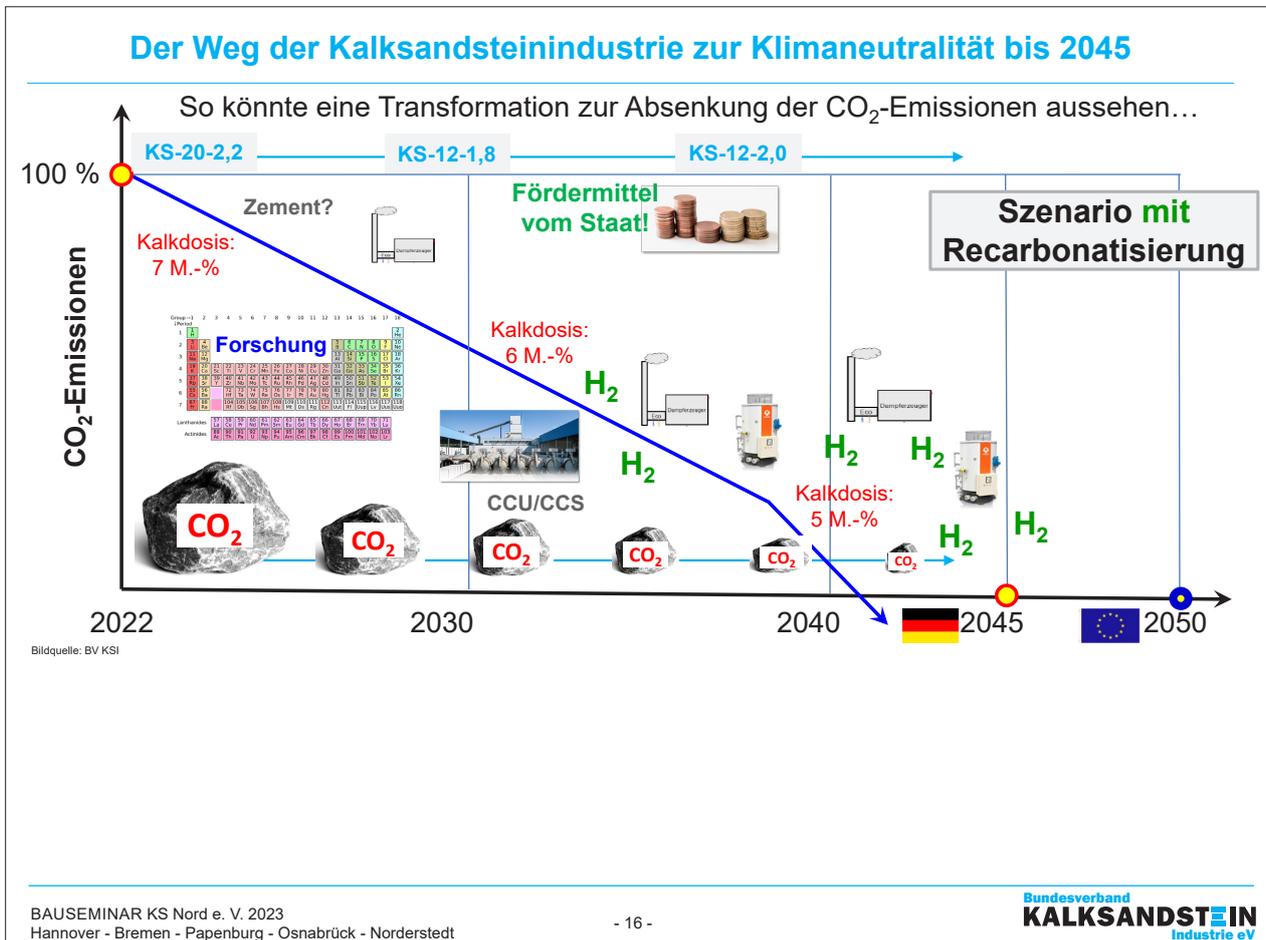
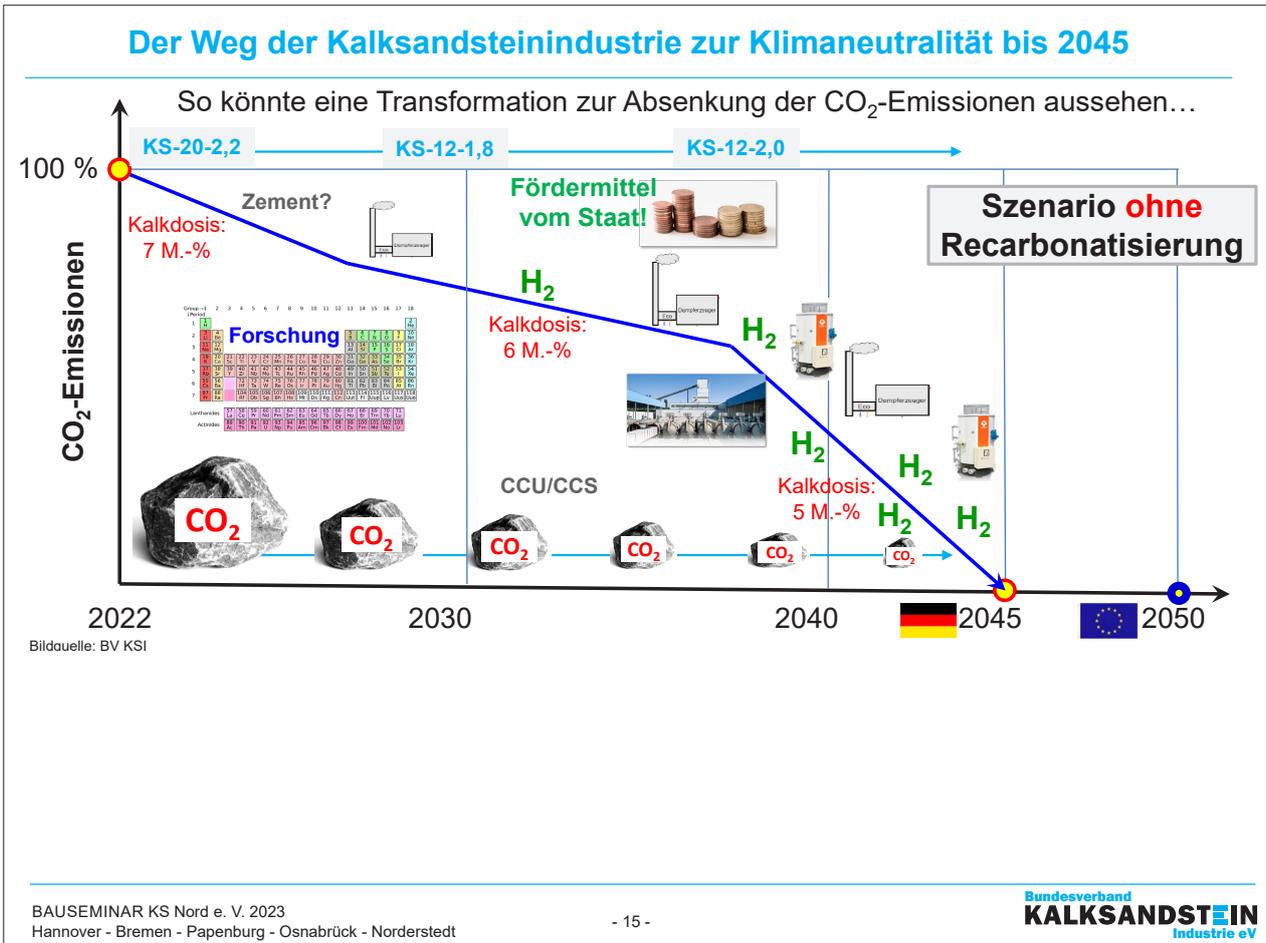


Bildquelle: BV KSI

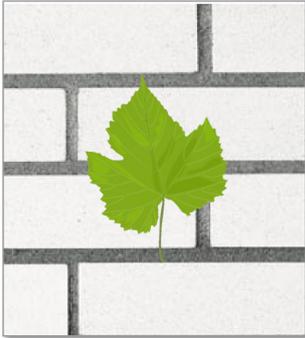
BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

- 14 -

Bundesverband  
**KALKSANDSTEIN**  
Industrie eV



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



Bildquelle: BV KSI

### Eigenschaften und Funktionen von Kalksandstein müssen erhalten bleiben

- hohe Festigkeit
- hoher E-Modul
- nicht brennbar (Baustoffklasse A1)
- hohe Wärmespeicherkapazität
- hohe Rohdichte → hoher Schallschutz
- hohe Wärmeleitfähigkeit
- Reinheitsgebot – natürliche Rohstoffe

BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

- 17 -

Bundesverband  
**KALKSANDSTEIN**  
Industrie eV

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### 2. Umweltproduktdeklaration EPD

#### Die Umweltdaten zum Kalksandstein

Bildquelle: IBU, BV KSI



BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

- 18 -

Bundesverband  
**KALKSANDSTEIN**  
Industrie eV

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Was ist eine EPD und wofür wird sie verwendet?

- Definition: Environmental Product Declaration = Umwelt-Produktdeklaration.
- Inhalt: Umweltrelevanten Eigenschaften in Form von neutralen und objektiven Daten
- Umfang: Berücksichtigung des gesamten Lebenswegs
- Zielgruppe: Fachleute, wie Architekten und Planer, Ministerien
- Anwendungszweck: Grundlage für ganzheitlich Planung und Bewertung von Gebäuden
- Hinweis: EPDs eignen sich in der Regel nicht dazu, Produkte direkt miteinander zu vergleichen, denn wie umweltfreundlich, ressourcenschonend oder nachhaltig ein Bauprodukt ist, hängt maßgeblich davon ab, in welchem (Gebäude-)Kontext es genutzt wird.



Bildquelle: IBU, BV KSI

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



- Ziel: Aktualisierung alle 5 Jahre
- Alte EPD 2016  
→ nur Module A1-A3: Herstellung
- Neue EPD 2021  
→ jetzt alle Module
  - Modul A: Herstellung und Bau
  - Modul B: Nutzungsphase (**CO<sub>2</sub> ↓**)
  - Modul C: Entsorgung
  - Modul D: Recycling (**Gutschriften**)

Bildquelle: IBU, BV KSI

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBLANZ ENTHALTEN; ND = MODUL ODER INDIKATOR NICHT DEKLARIERT; MNR = MODUL NICHT RELEVANT)

Produktionsstadium	Stadium der Errichtung des Bauwerks					Nutzungsstadium							Entsorgungsstadium			Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze	
	Rohstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport vom Hersteller zum Verwendungsort	Montage	Nutzung/Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Rückbau/Abriß	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendungs- Rückgewinnungs- oder Recyclingpotenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D
X	X	X	X	X	X	ND	MNR	MNR	MNR	ND	ND	X	X	X	X	X	X

ERGEBNISSE DER ÖKOBLANZ – UMWELTAUSWIRKUNGEN nach EN 15804+A2: 1 Tonne Kalksandstein

Kernindikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3/1	C3/2	C4/2	D	D/1
GWP-total	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	1,26E+2	3,99E+0	3,04E+0	-4,75E+1	6,12E-1	1,64E+0	2,51E+0	0,00E+0	1,40E+1	-9,32E-1	-2,71E+0
GWP-fossil	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	1,26E+2	3,99E+0	3,04E+0	0,00E+0	6,36E-1	1,62E+0	2,60E+0	0,00E+0	1,40E+1	-9,32E-1	-2,71E+0
GWP-biogenic	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	6,65E-3	1,57E-3	-7,81E-3	0,00E+0	-2,70E-2	6,56E-4	4,77E-3	0,00E+0	-1,20E+0	-3,32E-3	1,69E-2
GWP-Juluc	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	8,63E-2	1,64E-2	4,51E-3	0,00E+0	2,95E-3	6,83E-3	9,20E-3	0,00E+0	4,37E-2	-1,18E-3	-8,98E-3
ODP	[kg CFC11-Äq.]	4,09E-13	9,61E-16	1,24E-15	0,00E+0	1,59E-16	4,00E-16	1,09E-14	0,00E+0	5,89E-14	-1,32E-14	-3,89E-14
AP	[mol H <sup>+</sup> -Äq.]	1,04E-1	3,83E-3	1,05E-2	0,00E+0	3,01E-3	1,51E-3	2,35E-2	0,00E+0	1,09E-1	-1,94E-1	-8,54E-3
EP-freshwater	[kg PO <sub>4</sub> -Äq.]	1,24E-4	8,52E-6	2,46E-6	0,00E+0	1,33E-6	3,59E-6	5,97E-6	0,00E+0	2,61E-15	-1,89E-6	-8,17E-6
EP-marine	[kg N-Äq.]	3,92E-2	1,13E-3	1,52E-3	0,00E+0	1,42E-3	4,71E-4	1,16E-2	0,00E+0	2,80E-2	-3,94E-4	-3,24E-3
EP-terrestrial	[mol N-Äq.]	4,32E-1	1,37E-2	1,71E-2	0,00E+0	1,57E-2	5,71E-3	1,27E-1	0,00E+0	3,08E-1	-4,24E-3	-3,56E-2
POCP	[kg NMVOC-Äq.]	1,09E-1	2,99E-3	4,61E-3	0,00E+0	3,97E-3	1,29E-3	3,39E-2	0,00E+0	8,48E-2	-1,10E-3	-7,67E-3
ADPE	[kg St-Äq.]	1,05E-5	3,25E-7	2,48E-6	0,00E+0	5,07E-6	1,36E-7	2,79E-6	0,00E+0	1,37E-6	-7,07E-6	-5,82E-7
ADPF	[MJ]	9,35E+2	5,20E+1	2,08E+1	0,00E+0	8,11E+0	2,17E+1	4,71E+1	0,00E+0	1,98E+2	-1,30E+1	-3,54E+1
WDP	[m³ Welt-Äq. entzogen]	8,22E+0	1,69E-2	8,12E-1	0,00E+0	2,63E-3	7,03E-3	4,22E-1	0,00E+0	1,58E+0	-3,81E-2	-6,59E-2

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen – nicht fossile Ressourcen (ADP – Stoffe); ADPF = Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen – fossile Brennstoffe (ADP – fossile Energieträger); WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)

BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### 3. Recarbonatisierung von Kalksandstein

Kalksandsteine nehmen in der Nutzungsphase (und auch später beim Recycling) fast die Hälfte des emittierten CO<sub>2</sub> wieder auf.

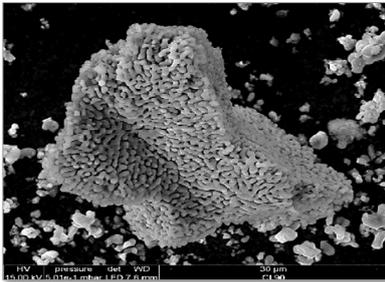


Bildquelle: BV KSI

BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

Woraus besteht Kalksandstein? → Kalk, Sand und Wasser



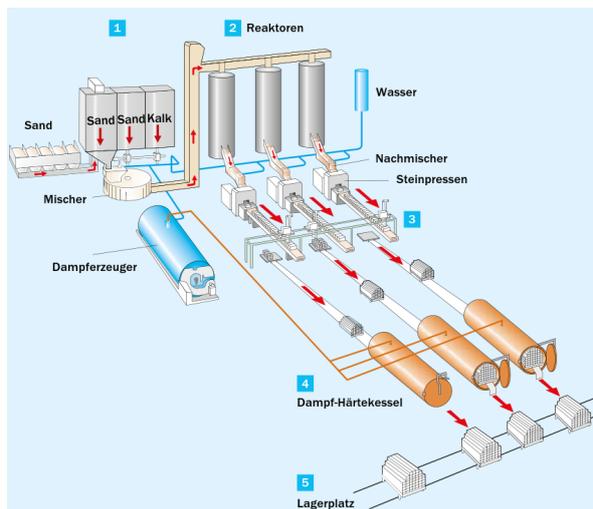
Bildquelle: BV Kalk, Prof. Middendorf, Pixabay

BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

- 23 -

Bundesverband  
**KALKSANDSTEIN**  
Industrie eV

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



Bildquelle: BV KSI

- **Sandsorten** werden vermischt, **Wasser** zugesetzt und zuletzt **Branntkalk** im Verhältnis **1:12** hinzugefügt
- Im Reaktionsbehälter löscht der **Branntkalk** zu **Kalkhydrat** ab
- Hydraulische **Pressen** formen die Steinrohlinge in die benötigten Formate
- **Das Härten der Rohlinge** erfolgt in **Dampf-Härtekesseln**, den **Autoklaven**, unter **geringem Energieaufwand** bei
  - Temperaturen von **rd. 200 °C**
  - Dauer von **ca. 6 – 12 Stunden**
  - Dampfdruck von **ca. 16 bar**

BAUSEMINAR KS Nord e. V. 2023  
Hannover - Bremen - Papenburg - Osnabrück - Norderstedt

- 24 -

Bundesverband  
**KALKSANDSTEIN**  
Industrie eV

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Härtung der Kalksandstein-Rohlinge in Autoklaven

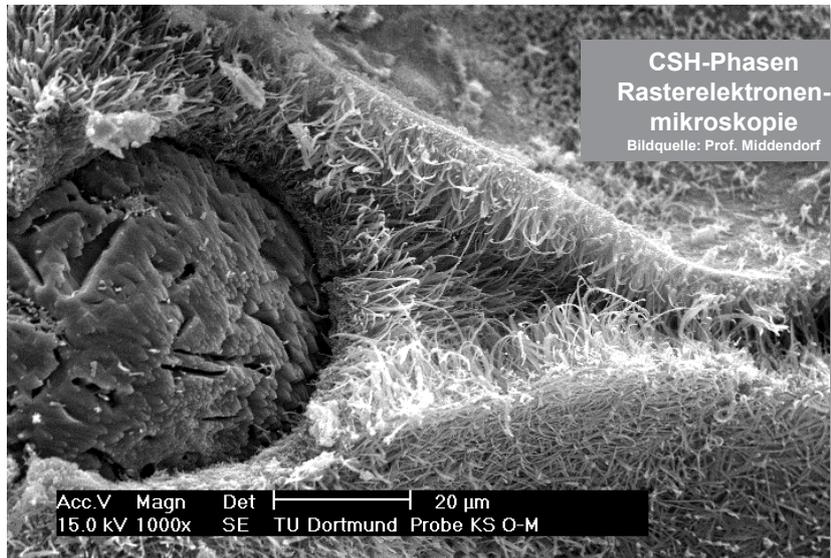


Bildquelle: Theo Günther. Lhoist

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

Beim Autoklaven  
(Härten mit  
Wasserdampf)  
entstehen aus Kalk,  
Sand und Wasser die  
CSH-Phasen.

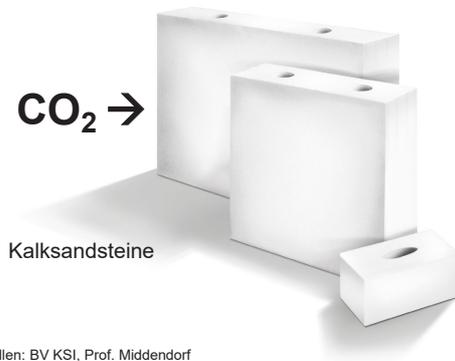
Diese nehmen später  
CO<sub>2</sub> aus der  
Umgebungsluft auf,  
d.h. sie  
**rearbonatisieren.**



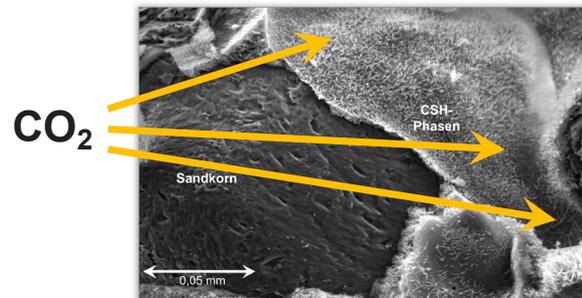
## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Natürliche Recarbonatisierung von Kalksandstein

Kalksandsteine nehmen in rd. 50 Jahren rd. 50 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne aus der Umgebungsluft auf und binden dieses dauerhaft und fest in ihr Bindemittel (CSH-Phasen) ein. Auch nach dem Recycling bleibt es fest und vollständig im Gefüge erhalten.



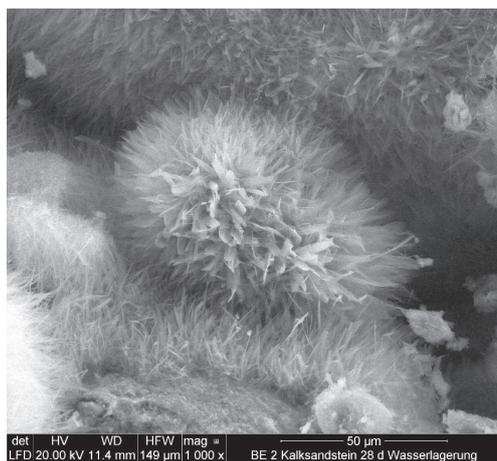
Bildquellen: BV KSI, Prof. Middendorf



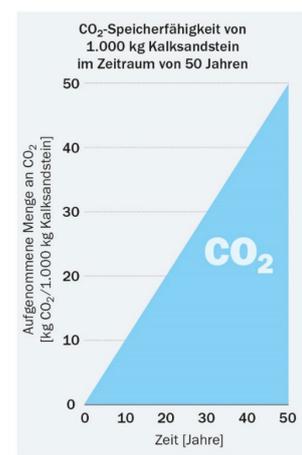
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme:  
Recarbonatisierung = Wiederaufnahme des  
CO<sub>2</sub> aus der Umgebungsluft

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### CSH-Phasen als mineralische CO<sub>2</sub>-Speicher



Bildquelle: BV KSI



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Auszug aus der Kalksandstein-EPD 2021: → Anerkennung der Recarbonatisierung



#### Nutzung/Anwendung (B1)

Während der Nutzungsphase (Modul B1) nehmen Kalksandsteine CO<sub>2</sub> aus der Luft auf und bauen dies dauerhaft und fest in ihr Gefüge ein. Dabei reagiert das CO<sub>2</sub> mit den bei der Dampfhärtung entstandenen CSH (Calcium-Silikat-Hydrat) -Phasen zu Calciumcarbonat.

Die Menge an aufnehmbarem CO<sub>2</sub> beträgt rd. 50 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Kalksandsteinmaterial (*Carbonatisierungsbericht*). Es wird ein konservativer Ansatz gewählt: 95 % von 50 kg CO<sub>2</sub> pro t Kalksandstein = 47,5 kg CO<sub>2</sub>/ t KS werden (als Gutschrift) für das Modul B1 angesetzt.

ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBLANZ ENHALTEN; ND = MODUL ODER INDIKATOR NICHT DEKLARIERT; MNR = MODUL NICHT RELEVANT)

Produktionsstadium		Stadium der Errichtung des Bauwerks					Nutzungsstadium					Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze	
Rostoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport vom Hersteller zum Verwendungsort	Montage	Nutzung/Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Erneuerungsersatz für das Betreiben des Gebäudes	Wiederherstellung des Gebäudes	Rückbau/Abrieb	Transport	Ablaufbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendungs- Rückgewinnungs- oder Recyclingpotential	D
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	X	X	ND	MNR	MNR	MNR	ND	ND	X	X	X	X	X	X

ERGEBNISSE DER ÖKOBLANZ – UMWELTAUSTRIKUNGEN nach EN 15804+A2: 1 Tonne Kalksandstein

Kennindikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3/1	C3/2	C4/2	D	D/1
GWP-total	log CO <sub>2</sub> -Äq	1,26E+2	3,93E+0	3,04E+1	-4,75E+1	3,12E-1	1,64E+0	2,51E+0	0,00E+0	1,40E+1	-9,32E-1	-2,71E+0

Bildquelle: IBU, BV KSI

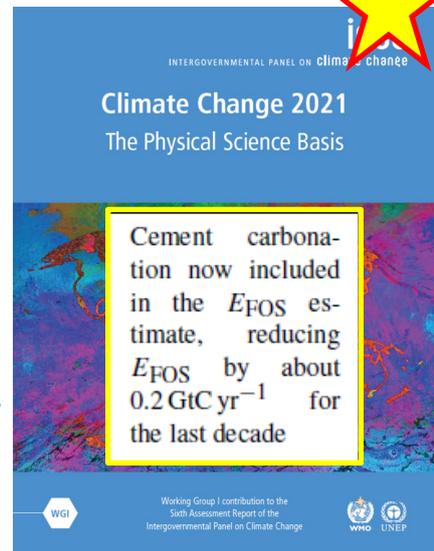
## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

Der **International Panel of Climate Change (IPCC)**, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (**Weltklimarat**)

- In der aktuellen Fassung wurde bereits die Recarbonatisierung von Baustoffen erwähnt!
- **Die Anerkennung der Recarbonatisierung (50 %) in Europa hat oberste Priorität!!**

„The physical science basis des IPCC Intergovernmental panel on climate change vom 7.8.21 im Kapitel 5 erstmalig Aussagen zur Carbonatisierung von Beton als CO<sub>2</sub>-Senke in der Klimamodellierung. Nutzung der Carbonatisierung als CO<sub>2</sub>-Senke für die Klimamodellierung (EFOS-Wert, aus FRIEDLINGSTEIN 2020, S. 3276, 3290, EFOS – Fossil CO<sub>2</sub>-Emission Component)“

Bildquelle: IPCC



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

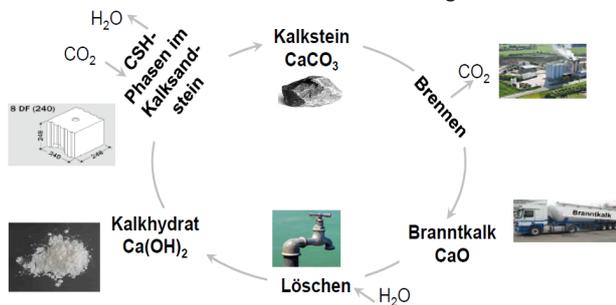
**Recarbonatisierung** ist quasi die Umkehr der bei der Branntkalkherstellung ablaufenden Calcinierung. Wie haben wir diesen Vorgang nachgewiesen?

- In **Zeitraffer-Versuchen** an der Universität Kassel und im Chemischen Labor Dr. Graser wurde 2021 das **Recarbonisierungspotenzial von Kalksandsteinen quantifiziert**. Demnach speichern 1.000 Kilogramm Kalksandstein innerhalb von 50 Jahren rund 50 Kilogramm CO<sub>2</sub>.
- Bei einem ökologischen Fußabdruck, der laut aktueller Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie bei **rund 116 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro Tonne** liegt, nehmen Kalksandsteine rund 50 Prozent des bei ihrer Herstellung entstehenden CO<sub>2</sub> im Laufe der Nutzungsphase (und auch beim Recycling) wieder auf.
- Hochgerechnet auf die Produktionsmenge, die 2021 bei 7,66 Millionen Tonnen lag, entspricht dies **442.000 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr**. Somit wird rd. die Hälfte des gesamten, während der Produktion von Kalksandsteinen und seinen Vorprodukten ausgestoßene CO<sub>2</sub> wieder aufgenommen.

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### CSH-PHASEN ALS MINERALISCHE CO<sub>2</sub>-SPEICHER

- Zur Herstellung von Kalksandsteinen werden Branntkalk und Sand im Verhältnis 1:12 gemischt und mit Wasser vermengt. Dabei löscht der Branntkalk zu Kalkhydrat ab. Während der Hydrothermalhärtung in Autoklaven reagiert das Kalkhydrat mit der gelösten Kieselsäure des Sandes zu **Calciumsilikathydraten**, sogenannten **CSH-Phasen**.
- Das in der Umgebungsluft vorhandene CO<sub>2</sub> dringt während der Nutzungsdauer des Kalksandsteins nach und nach in den Porenraum ein, reagiert mit den CSH-Phasen zu Calciumcarbonat, dem Ausgangsstoff von Branntkalk. Der Kalkkreislauf ist damit wieder geschlossen.



Bildquelle: BV KSI e.V.



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

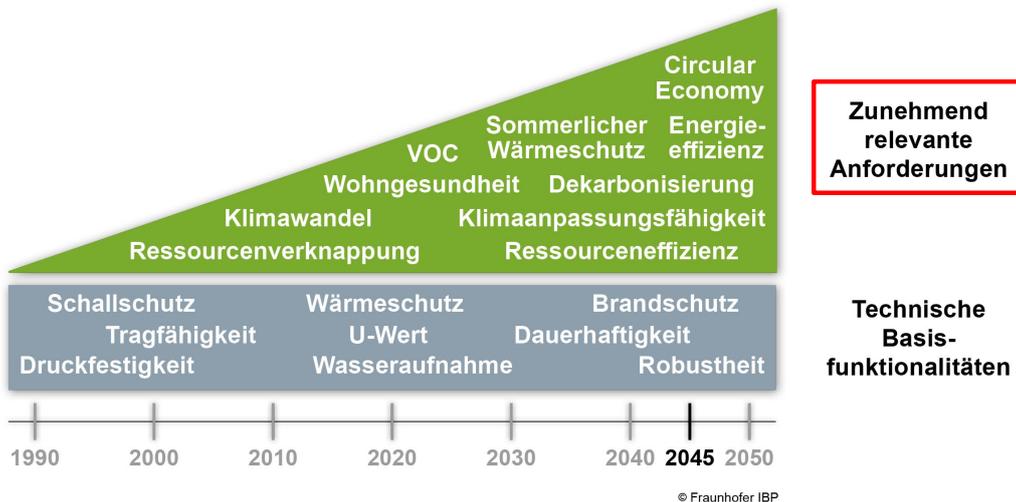
### Was tun wir? → Dekarbonisierung der Energieerzeugung und der Produktionsprozesse

- Kontinuierliche Effizienzsteigerung beim Einsatz aller Energieträger
- Reduktion des Energieverbrauchs (Strom, Erdgas, Diesel)
- Umstellung auf erneuerbare Energien (Windkraft, Photovoltaik etc.)
- Reduktion Bindemittelmenge (Brantkalk) und Ausschau nach alternativen Bindemitteln



Bildquelle: Pixabay

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045



## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### 4. Recycling

#### Recyclingoptionen der Kalksandsteinindustrie



Bildquelle: BV KSI

## Der Weg der Kalksandsteinindustrie zur Klimaneutralität bis 2045

### Recycling von Kalksandstein-Material → Forschungsergebnisse FVKS e.V. + Partner

1. Sortenreines KS-Material für eine erneute KS-Produktion
2. Einfluss anhaftender Reste anderer Baustoffe
3. Verwertungspfade Beton und Wegebau
4. Verwertungspfad Straßenbau ToB
5. Recycling-Steine aus Mauerwerkabbruch
6. Deponiebau „Methanox“ → KS- und PB-RC-Material
7. Vegetationssubstrate (Bäume, Sträucher, Dachbegrünungen)
8. Füller aus Kalksandstein-Recycling-Material

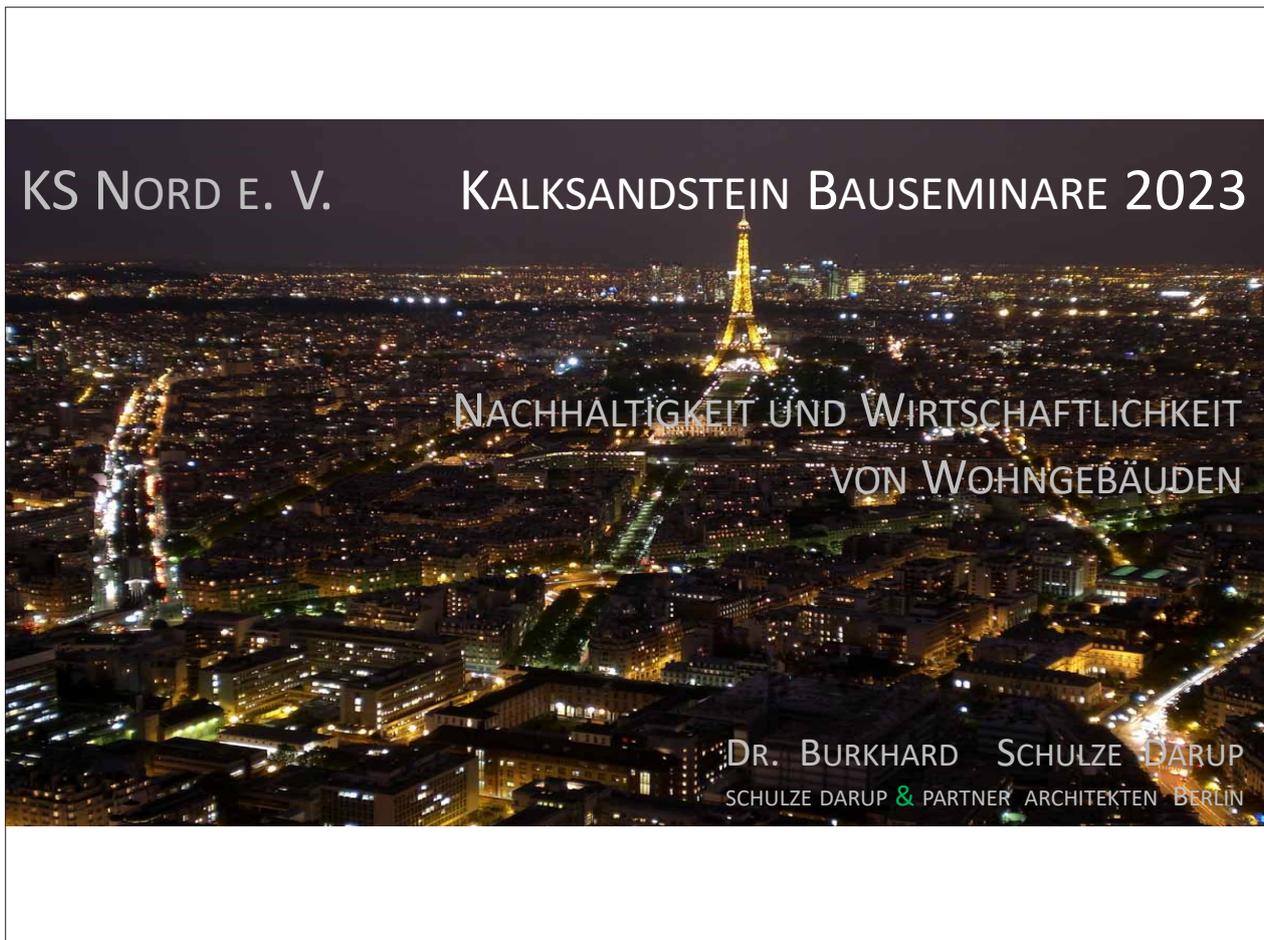


Bildquelle: BV KSI, AIF



## **Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Wohngebäuden**

**Dr. Burkhard Schulze Darup**  
**Schulze Darup & Partner Architekten, Berlin - Nürnberg**



KS NORD E. V.      KALKSANDSTEIN BAUSEMINARE 2023

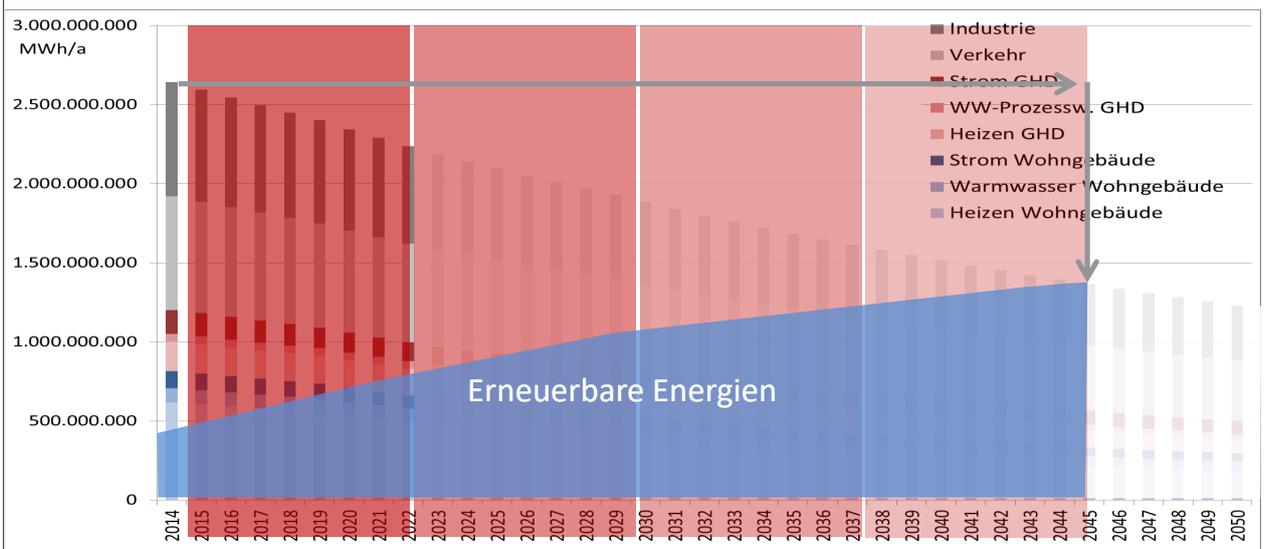
NACHHALTIGKEIT UND WIRTSCHAFTLICHKEIT VON WOHNGEBAUDEN

1. Klimaschutz – Zusammenhänge & Lösungswege zur Klimaneutralität
2. GEG und Förderung
3. Entwurf und Gebäudehülle
4. Lüftungstechnik - Raumluftqualität als Grundlage gesunden Wohnens
5. Erneuerbare Versorgungskonzepte
6. Kostenoptimierung und Lebenszyklusbilanzierung
7. Klimaneutralität bis 2045 – wie geht das?

Bundes-Klimaschutzgesetz 2021 - Jahresemissionsmengen nach § 4											
	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Jährliche Minderungsziele gegenüber 1990	67 %	70 %	72 %	74 %	77 %	79 %	81 %	83 %	86 %	88 %	
Jahresemmissionsmenge in Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalent	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Energiewirtschaft	280		257								108
Industrie	186	182	177	172	165	157	149	140	132	125	118
Gebäude	118	113	108	102	97	92	87	82	77	72	67
Verkehr	150	145	139	134	128	123	117	112	105	96	85
Landwirtschaft	70	68	67	66	65	63	62	61	59	57	56
Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4

Quelle: KSG – Anlage 2 – Jahresemissionsmengen nach § 4, BGBl. I 2021, 3907

### Klimaschutzziel BRD: Reduktion des Energiebedarfs durch Energieeinsparung und erneuerbare Energien



Quelle: DGS / Schulze Darup: Gebäudetypologie und Energieeffizienzstrategie BRD, Berlin 2015 & Schulze Darup 2022

## Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier



ABG FRANKFURT HOLDING  
Niddastraße 107  
60329 Frankfurt am Main

BGW Bielefeld  
Carlmeierstr. 1  
33613 Bielefeld

GEWOBAU Erlangen  
Nägelsbachstraße 55a  
91052 Erlangen

Gundlach GmbH & Co.KG  
Am Holzgraben 1  
30161 Hannover

HOWOGE Wohnungsbauges. mbH  
Ferdinand-Schultze-Str. 71  
13055 Berlin



**Beiräte:**

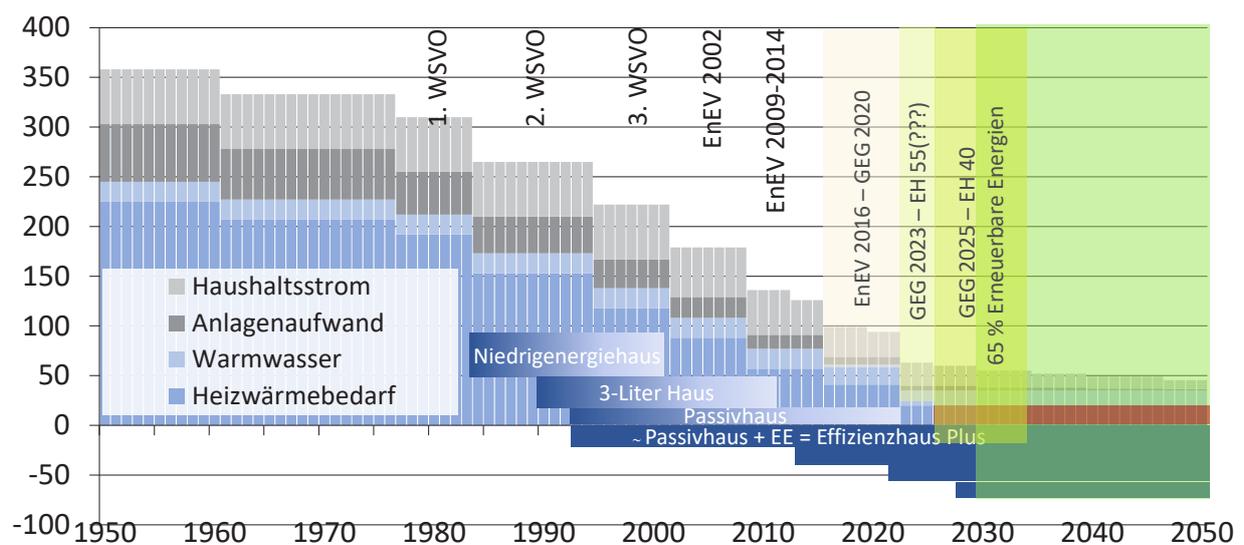
KfW: Dirk Markfort  
BMW: Alexander Renner  
GdW: Ingrid Vogler  
Wohnungswirtschaft: Frank Junker  
ABG FRANKFURT HOLDING  
DENEFF: Christian Noll

**Industriepartner**

Mainova – Versorgungstechnik & Erneuerbare Energien  
Rockwool – Dämmung  
Xella – Wandbaustoffe & Dämmung  
Zehnder – Gebäudetechnik / Lüftung  
Züblin – Elementiertes Bauen mit Holz  
Viessmann – Versorgungskonzepte für Quartiere

Download des Forschungsberichts: [https://www.dbu.de/projekt\\_33119/01\\_db\\_2848.htm](https://www.dbu.de/projekt_33119/01_db_2848.htm) oder <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/aktuelles-1/nachlese-kostenguenstiger-und-nachhaltiger-geschosswohnungsbau-im-quartier.html>

## Entwicklung von der WSWO via EnEV zum GEG 2.0



Quelle: Dr. Burkhard Schulze Darup, Architekt

Klimaneutralität bis 2045? – Entwicklung WSVO / EnEV / GEG: U-Werte und Dämmdicken

Verordnung, Förderstufe, Effizienzstandard		Außenwände	Dämmdicke	Außenwände gegen Erdreich	Decken gegen Außenluft	Dächer	Dämmdicke	Kellerdecke & Bodenplatte	Dämmdicke	Fenster	
		W/m <sup>2</sup> K	cm	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K	
WSVO 1977	Mindestwerte	1,45-1,75 <sup>1)</sup>		0,90	0,45	0,45		0,8-0,9			
WSVO 1984	Mindestwerte	0,60	5	0,70	0,45	0,45	8	0,70	4	2,6 <sup>2)</sup>	
WSVO 1995	Mindestwerte	0,50	7		0,22	0,22	22	0,35	10	2,6/0,7 <sup>3)</sup>	
EnEV 2002 <sup>4)</sup>	Mindestwerte	0,45	8	0,40	0,30	0,25	17	0,40	8	1,70	Dämmdicke: schwarz (bis 2014): λ=0,040 W/(mK) rot λ=0,035 W/(mK)
EnEV 2007	Mindestwerte	0,45	8		0,30	0,25	17	0,40	8	1,70	
EnEV 2009	Referenzwerte	0,28	13	0,35	0,20	0,20	22	0,35	10	1,30	
EnEV 2014	Referenzwerte	0,28	13	0,35	0,20	0,20	22	0,35	10	1,30	
EnEV 2016 <sup>5)</sup>	Referenzwerte	0,28	12	0,35	0,20	0,20	20	0,35	9	1,30	
GEG 2020	Referenzwerte	0,28	12	0,35	0,20	0,20	20	0,35	9	1,30	
KfW EH 55	U-Wert-Anforderungen	0,20	16	0,25	0,14	0,14	28	0,25	12	0,90	
KfW EH 40	Projektierungswerte ∅	0,18	18	0,20	0,14	0,14	28	0,20	16	0,85	
Passivhaus	PH-Kriterien	0,15	22	0,15	0,15	0,15	27	0,15	21	0,80	
Passivhaus kompakt	A/V=0,5	0,16	20	0,18	0,15	0,15	27	0,20	16	0,75	
Passivh. sehr komp.	A/V=0,3	0,18	18	0,20	0,16	0,15	27	0,20	16	0,75	
Passivh. optimiert <sup>7)</sup>	hochwertige Compon.	0,20	16	0,16	0,16	0,16	25	0,20	16	0,70	Zusammen- stellung: Schulze Darup

GEG - auf 3 Seiten (ein provokative Antwort auf den Referententwurf 2017)

Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Gebäuden (GEG)

**§ 1 Ziel und Zweck**  
 (1) Das Gesetz soll im Interesse des Klimaschutzes und der Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten dazu beitragen, die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung, insbesondere einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 zu ermöglichen.  
 (2) Zweck dieses Gesetzes ist es, unter möglichst wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dafür die erforderlichen Energiestandards, Gebäudetechnik und Versorgungssystem unter Nutzung Erneuerbarer Energien zu erreichen.

**§ 2 Anwendungsbereich**  
 (1) Dieses Gesetz ist anzuwenden auf Gebäude, soweit sie nach ihrer Zweckbestimmung unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden, sowie deren Anlagen und Einrichtungen der Heizungs-, Kühl-, Raumluft- und Beleuchtungstechnik sowie der Warmwasserversorgung.  
 (2) Gebäude oder Ensembleteile, die als „Baudenkmal“ nach Landesrecht geschützt sind oder dem Ensemblechutz unterliegen, sind von dem Anwendungsbereich nicht ausgenommen. Die Aspekte der Baukultur genießen jedoch Priorität. Weitere Angaben dazu befinden sich in § 7.

**§ 3 Grundsatz der Wirtschaftlichkeit**  
 (1) Die Anforderungen und Pflichten, die in diesem Gesetz oder in den auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen aufgestellt werden, müssen nach dem Stand der Technik erfüllbar sowie für Gebäude gleicher Art und Nutzung und für Anlagen oder Einrichtungen wirtschaftlich vertretbar sein. Anforderungen und Pflichten gelten als wirtschaftlich vertretbar, wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können. Im Sinn der Nachhaltigkeit ist dafür ein Zeitraum von 50 Jahren inkl. erforderlicher Erneuerungszyklen und Restwertansätze zu betrachten. Ferner sind bei der Kostenbetrachtung die gesamtgesellschaftlichen Auswirkungen zu monetarisieren und in die Berechnung einzubeziehen. Dazu gehört der Kostensatz für die CO<sub>2</sub>-Zertifikate über diesen Zeitraum.  
 (2) Maßnahmen, die entsprechend den obigen Grundsätzen nicht wirtschaftlich sind, müssen nicht umgesetzt werden. Die Unwirtschaftlichkeit ist nachzuweisen.

**§ 4 Verantwortliche**  
 (1) Für die Einhaltung der Vorschriften dieses Gesetzes ist der Bauherr oder Eigentümer verantwortlich.  
 (2) Für die Einhaltung der Vorschriften dieses Gesetzes sind im Rahmen ihres jeweiligen Wirkungskreises auch die Personen verantwortlich, die im Auftrag des Eigentümers oder des Bauherrn bei der Errichtung oder Änderung von Gebäuden oder der Anlagentechnik von Gebäuden tätig werden.

**§ 5 Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude**  
 (1) Wer ein Gebäude errichtet, das nach seiner Zweckbestimmung beheizt oder gekühlt werden muss, hat das Gebäude so zu errichten, dass dieses die Kennwerte für Nutzenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen/Primärenergiebedarf gemäß Anlage 1 nicht überschreitet.  
 (2) Wird die CO<sub>2</sub>-Emission bzw. der Primärenergiebedarf überschritten, muss eine Investition in Maßnahmen zur Gewinnung erneuerbaren Stromes oder zur CO<sub>2</sub>/PE-Vermeidung in Höhe von 150 % der Überschreitung kompensiert werden, wenn dies auf dem Grundstück erfolgt, andernfalls in Höhe von 200 %. Die Kompensation erfolgt gegen ein GUD-Kraftwerk mit einem CO<sub>2</sub>-Faktor von 380 gCO<sub>2</sub>/kWh bzw. einem PE-Faktor gemäß Anlage 1.

**§ 6 Anforderungen an bestehende Gebäude**  
 (1) Für bestehende Gebäude ist ein Sanierungsfahrplan zu erstellen. Darin werden die Sanierungsschritte dargestellt, mit denen das Gebäude die Klimaschutzziele auf einem möglichst wirtschaftlichen Weg erzielt.  
 (2) Der Sanierungsfahrplan zeigt den Weg auf, die Kennwerte für Nutzenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen/PE-Bedarf gemäß Anlage 1 zu erreichen. § 5 Satz 2 findet Anwendung.  
 (3) Im Falle der Erneuerung/Erstichtung bestehender Gebäude oder ihrer Bauteile sind diese so auszuführen, dass sie die Referenz-U-Werte der entsprechenden Bauteile nach Anlage 2 im flächengewichteten Mittel nicht überschreiten.

**§ 7 Anforderungen an Gebäude mit Denkmal- und Ensemblechutz**  
 (1) Bei Gebäuden, die dem Denkmal- und Ensemblechutz unterliegen (bedingt sanierbarer Bestand), genießen Aspekte der Baukultur und architektonischen Gestaltung Priorität. Dennoch sind die Anforderungen nach Anlagen 1 und 2 möglichst zu erfüllen.  
 (2) Sprechende Aspekte des Denkmalschutzes dasigen, sind begründete Ausnahmen für die entsprechenden Bauteile möglich. Entsprechend erhöhen sich die Anforderungswerte gemäß Anlage 1. Es gilt, eine denkmalgerechte Ausföhrung mit möglichst optimierter energetischer Effizienz auszuführen. Handelt es sich um Gebäude mit dauerhaftem Aufenthalt von Menschen, sind dabei Bauphysik, Behaglichkeit und Gesundheitsschutz priorität zu beachten.  
 (3) § 5 Satz 2 findet Anwendung.

**§ 8 Sommerlicher Energiebedarf**  
 (1) Die Gebäudeplanung muss so erfolgen, dass Behaglichkeit für den Sommerfall gegeben ist. Details sind geregelt in einer gesonderten Verordnung.  
 (2) Die zum Zwecke der Kühlung benötigte Energie ist nach Monatsbilanz auf dem Grundstück zu erzeugen. Die CO<sub>2</sub>-Emission nach Anlage 1 darf auch mit Kühlung nicht überschritten werden. § 5 Satz 2 findet Anwendung.

**§ 9 Sommerlicher Energiebedarf**  
 (1) Die Gebäudeplanung muss so erfolgen, dass Behaglichkeit für den Sommerfall gegeben ist. Details sind geregelt in einer gesonderten Verordnung.  
 (2) Die zum Zwecke der Kühlung benötigte Energie ist nach Monatsbilanz auf dem Grundstück zu erzeugen. Die CO<sub>2</sub>-Emission nach Anlage 1 darf auch mit Kühlung nicht überschritten werden. § 5 Satz 2 findet Anwendung.

**§ 10 Erneuerbare Energien und Netzdienlichkeit**  
 (1) Auf dem Grundstück sind Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie in Höhe von 60 kWh/(m<sup>2</sup>a) überbauter Fläche zu errichten. Der Betrieb ist über die gesamte Nutzungsdauer des Gebäudes sicher zu stellen. Wird die geforderte Energieerzeugung unterschritten, ist in begründeten Ausnahmefällen eine Kompensation durch Investition in die Neuerrichtung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie in Höhe von 150 % des Fehlbeitrages möglich, bei Gebäuden mit Denkmalschutz in Höhe von 100 %.  
 (2) Netzdienlichkeitsklausel: Die Leistungsaufnahme der Gebäude wird mit Blick auf die Besonderheiten der erneuerbaren Energieversorgung begrenzt (z. B. Anforderungen bei Dunkelflaute gem. gesonderter Verordnung). In Situationen mit Überschuss an regenerativem Strom gilt diese Regelung nicht, sodass Lastmanagement und Pufferung unterstützt werden.

**§ 11 Berechnungsgrundlagen und Energieausweise**  
 (1) Berechnungsgrundlage für die Ermittlung des Energiebedarfs zu ermittelnder und bestehender Gebäude sowie der Energieeffizienzklassen ist die DIN 18559. Sie wird dahingehend ergänzt, dass alternative, in der Praxis validierte Verfahren sowie ein vereinfachtes Rechenverfahren für Wohngebäude und einfachere Nichtwohngebäude angewandt werden können. Ein wichtiges Ziel liegt darin, dass mit dem Rechenwerkzeug sowohl der GEG-Nachweis erbracht werden kann als auch eine energetische Optimierung des Gebäudes möglich ist in einer für die Nutzer verständlichen Form.  
 (2) Das vereinfachte Rechenverfahren beinhaltet den Nachweis des Nutzenergiebedarfes in disaggregierter Form. Es erfolgt die Bilanzierung der Transmissionswärmeverluste und Lüftungswärmeverluste gegenüber den Wärmegewinnen aus der Solarstrahlung und internen Wärmequellen und berücksichtigt die Rahmenbedingungen hochqualifizierter Gebäude. Darauf basierend werden die Anforderungsgrößen des Endenergiebedarfs, der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergiebedarfs ermittelt. Dazu sind drei Verfahren zulässig:  
 a. Standardisierte Verfahren für gängige Gebäudetechniksysteme  
 b. Ingenieurmäßige Verfahren durch fachlich anerkannte Ingenieurbüros  
 c. Zertifizierte Verfahren z. B. für Systemlösungen von Herstellern.  
 (3) Grundsätzlich kann für alle Gebäude ein Nachweis nach dem Rechenverfahren gemäß DIN 18559 erstellt werden. Für komplexe Gebäude mit sehr unterschiedlicher Zonierung wird das Verfahren empfohlen.  
 (4) Andere Rechenverfahren können angewandt werden, wenn sie die Maßgaben des vereinfachten Verfahrens aus (2) erfüllen.  
 (5) Die Energiebezugsfläche entspricht der beheizten Wohn-/Nutzfläche. Verkehrsflächen und Kellerräume werden zu 60 % angerechnet.  
 (6) Die Berechnungsergebnisse sind in einem Energieausweis zu dokumentieren.

**§ 12 Nachweis der zugesicherten Kennwerte**  
 (1) Der Endenergieverbrauch und Ertrag der Erneuerbaren Energieträger ist jährlich zu erfassen (Energieanalyse aus dem Verbrauch). Entspricht der klimabereinigte Verbrauchswert des dritten und vierten Jahres nicht den zugesicherten Bedarfswerten, ist der Eigentümer verpflichtet, nachzubessern oder einen Ausgleich zu schaffen.  
 (2) Die Art des Ausgleichs wird gesondert geregelt. Dazu gibt es folgende Optionen, die im weiteren Verfahren festzulegen sind:  
 - Regelung über gemeindliche Steuern (Modell Frankreich)  
 - Steuerlicher Ausgleich: Einreichung des Energieausweises und der jährlichen Energieverbrauchswerte mit der Steuererklärung. Ein Minderverbrauch wird mit Steuernachlässen begünstigt, ein Mehrverbrauch ab dem Jahr 2030 mit einem steuerlichen Malus belegt.  
 - Regelung über eine progressive CO<sub>2</sub>-Steuer.

**§ 13 CO<sub>2</sub>-Abgabe**  
 (1) Durch eine CO<sub>2</sub>-Abgabe auf die Brennstoffe wird der Prozess zur Klimaneutralität unterstützt. Sie wird zur Finanzierung der Förderung genutzt und alle fünf Jahre durch eine Erhöhung an die Erfordernisse angepasst.

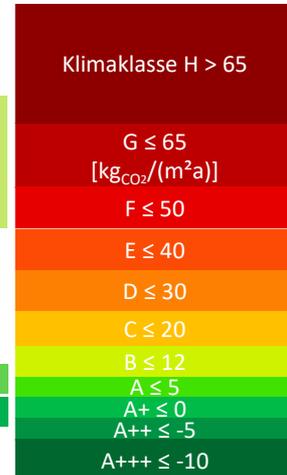
Quelle: Schulze Darup 2017 ff in Diskussion mit Rolf Lükling, Stefan Oehler, Benjamin Krick, Winfried Schöffel und anderen

## GEG 2.0 Neubau-Anforderung 1: THG-Emissionen



Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung, Hilfsenergie und (bei Nichtwohngebäuden) Beleuchtungsstrom:

**Klimaklasse A:** Gebäude, die ab dem 1.1.2023 errichtet werden  
**Klimaklasse A+:** Gebäude, die ab dem 1.1.2026 errichtet werden



Quelle: ifeu, Schulze-Darup, EEI: Diskussionsimpuls GEG 2.0 | im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg  
 Vorstellung der Projektergebnisse: Berliner Energietage, 29.4.2021

## GEG 2.0 Neubau-Anforderung 1: Effizienz/Nutzenergie



**Max. Heizwärmebedarf ≤ 20 kWh/(m<sup>2</sup>a)\***  
 \* Vor der ersten Iteration

**Ersatzweise: Einhaltung von Tabellenwerten**  
 Voraussetzung für Wohngebäude  
 – Fensterflächenanteil ≤ 30 % der Energiebezugsfläche  
 NWG: keine Einschränkung, Regulierung über somm. Wärmeschutz

Bauteil		Neubau	Sanierung
Außenwand	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,16	0,18**
Dach	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,12	0,14
Kellerdecke, Boden geg. Erdreich Außenwand gegen Erdr./unbeh.	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,18	0,25
Fenster	U <sub>w</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,80	0,80
Außentüren	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	1,00	1,00
Oberlichter und Dachflächenfenster	U-Wert [W/(m <sup>2</sup> K)]	1,00	1,00
Wärmebrücken	ΔU <sub>WB</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,03	0,05
Luftdichtheit, gemessen nach DIN EN ISO 9972	n <sub>50</sub> ≤	0,6 h <sup>-1</sup>	1,0 h <sup>-1</sup>
Zu/Abluft mit WRG, Grundlüftung, effektiver WBG		≥75%	≥75%

\*\* U = 0,3 W/(m<sup>2</sup>a) bei Außenwänden mit Innendämmung

Quelle: ifeu, Schulze-Darup, EEI: Diskussionsimpuls GEG 2.0 | im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg  
 Vorstellung der Projektergebnisse: Berliner Energietage, 29.4.2021

## GEG–Novelle (Wichtige Punkte ab 1.1.2023)

Der Bundestag hat am 7.7.2022 das „Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor“ beschlossen. Mit dem **Gesetzespaket** wurde in **Artikel 18 a** auch eine **Änderung des geltenden Gebäudeenergiegesetzes (GEG)** beschlossen.

- Der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf wird von bisher 75% auf 55% des Referenzgebäudes reduziert
- Vereinfachtes Nachweisverfahren für Wohngebäude nach § 31 & Anlage 5 GEG (Modellgebäudeverfahren) orientiert sich am früheren „KfW-Effizienzhaus 55“.
- Die Anrechnung von EE-Strom nach § 23 GEG erfolgt künftig in allen Fällen über eine monatsweise Gegenüberstellung von gebäudebezogenem Strombedarf im Rahmen der Energiebilanz des GEG und dem dazu nutzbaren Stromertrag. Der vorrangige Eigenverbrauch des Stromertrags wird als Voraussetzung zur Anrechnung innerhalb der GEG-Bilanz aufgehoben.
- PE-Faktoren für gasförmige Biomasse (§ 22 GEG) in Gasgemischen nur für den biogenen Anteil ansetzbar.
- Strom aus Großwärmepumpen in Wärmenetzen: neuer Primärenergiefaktor 1,2.

Quelle nach: [https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Aktuelles/Ablage\\_Meldungen/InfozumGEG2023.html](https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Aktuelles/Ablage_Meldungen/InfozumGEG2023.html)

## Vereinfachtes Nachweisverfahren für Wohngebäude nach § 31 & Anlage 5 GEG

Dachflächen, oberste Geschossdecke, Dachgauben:	$U \leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Fenster und sonstige transparente Bauteile:	$U_w \leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Außenwände:	$U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Geschossdecken nach unten gegen Außenluft:	$U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Kellerdecken, Wände/Decken zu unbeheizt & Erdreich:	$U \leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Vermeidung von Wärmebrücken	$\Delta U_{WB} \leq 0,035 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

### Anlagentechnik:

- Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Flächenheizsystem zur Wärmeübergabe, zentrale Abluftanlage
- Wasser-Wasser-WP, Flächenheizsystem, zentrale Abluftanlage
- Luft-Wasser-WP, Flächenheizsystem, zentr. Lüftungsanl. mit WRG (Wärmebereitstellungsgrad  $\geq 80 \%$ )
- Fernwärme, zertif. PE-Faktor  $f_p \leq 0,7$ , zentr. Lüftungsanl. mit WRG (Wärmebereitstellungsgrad  $\geq 80 \%$ )
- Zentrale Biomasse-Heizungsanlage auf Basis von Holzpellets, Hackschnitzel oder Scheitholz, zentrale Abluftanlage, solarthermische Anlage zur Trinkwarmwasser-Bereitung

**BEG 2023 – Förderung Bestand (Quelle: Bundesanzeiger)**

	Standard		Klassen (nicht untereinander kumulierbar)		Boni (zusammen Deckelung auf 20 %, kumulierbar mit Klassen)	
	Tilgungszuschuss	Zuschuss (nur Kommunen)	EE	NH	WPB	SerSan
EH Denkmal	5 %	20 %	5 %	5 %	Worst Performing Buildings	Serielle Sanierung
EH 85	5 %	20 %	5 %	5 %		
EH 70	10 %	25 %	5 %	5 %	10 % (nur EE-Klasse)	
EH 55	15 %	30 %	5 %	5 %	10 %	15 %
EH 40	20 %	35 %	5 %	5 %	10 %	15 %

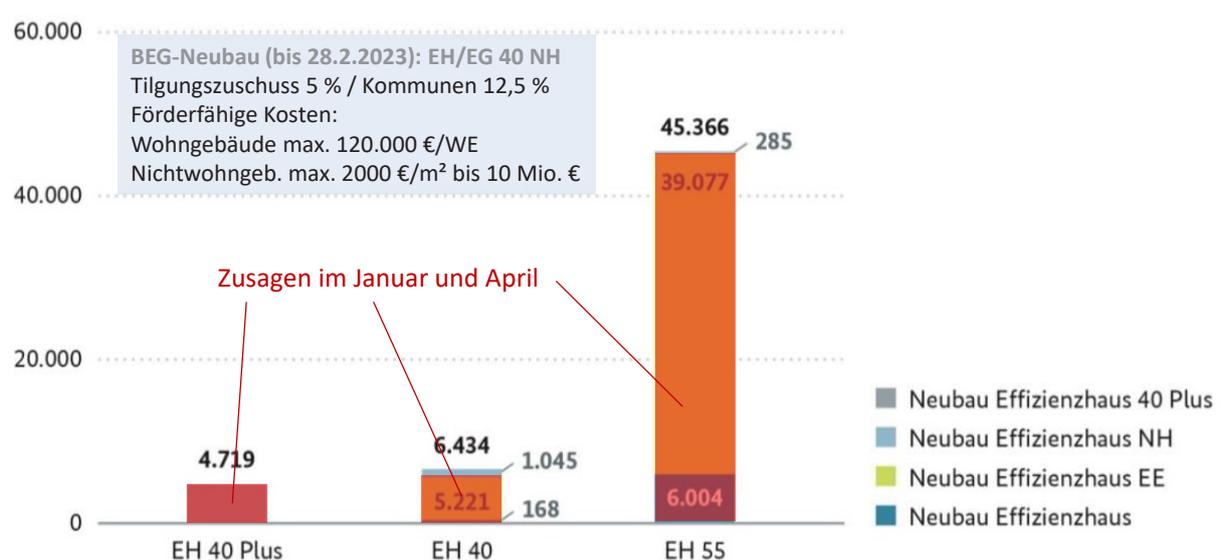
zzgl. Zinsverbilligung des Kredits

Alternativ: Förderung Einzelmaßnahmen

**Bundesanzeiger**  
Herausgegeben vom Bundesministerium der Justiz

**Bekanntmachung**  
Veröffentlicht am Freitag, 30. Dezember 2022  
BAnz AT 30.12.2022 BZ

**BEG-Neubauförderung (bis 28.2.2023) und Förderzusagen Wohngebäude Neubau nach Effizienzhaus-Stufen (01.01. bis 30.09.2022)**



Quelle: BMWK 30.9.2022

## QNG – Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude - Voraussetzung für die BEG-Neubauförderung

### Bewertungssysteme und Zertifizierungsstellen der QNG-Siegelvarianten für Wohngebäude

QNG-Voraussetzung: Nachhaltigkeitsbewertung auf der Grundlage eines bei der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkKS) registrierten Nachhaltigkeitsbewertungssystems

- Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnbau (BNK\_V1.0)
- DGNB System, Version 2013
- DGNB System, Version 2018
- Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh V3.1)

Quelle: <https://www.nachhaltigesbauen.de>

Quelle: BMI / Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, Neubau von Wohnbauten. – Berlin 2021



## QNG – Allgemeine Anforderungen

**Allgemeine Anforderungen** mit definierten und freien Kriterien aus registrierten Systemen

### Beschreibung

- funktionales Äquivalent der Merkmale von Grundstück und Standort

### Bewertung der

- Prozessqualität
- soziokulturellen Qualität
- ökologischen Qualität
- ökonomischen Qualität

### Bewertung der

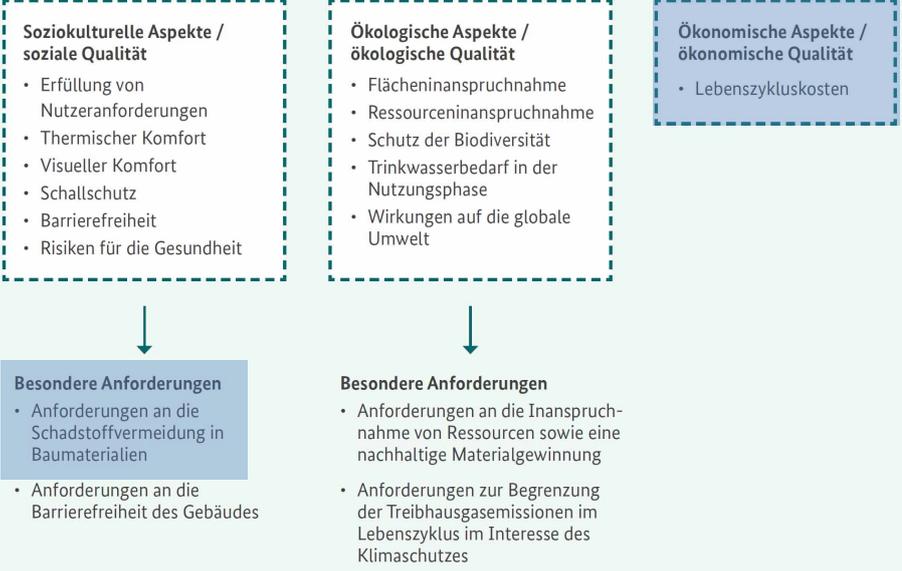
- optionalen Aspekte



**generelle Voraussetzung:** Erfüllung von Grundanforderungen an die technische und funktionale Qualität

Quelle: BMI / Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, Neubau von Wohnbauten. – Berlin 2021

## QNG – Allgemeine Anforderungen



Quelle: BMI / Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, Neubau von Wohnbauten. – Berlin 2021

## QNG – Schadstoffvermeidung in Baumaterialien & nachhaltige Materialgewinnung

### Schadstoffvermeidung in Baumaterialien

Anforderungen für: **QNG-KN21 / QNG-WN 21**

Dem Gebäude darf QNG-PLUS zuerkannt werden, wenn

- der Bauherr alle bauausführenden Firmen vertraglich zur Einhaltung der QNG-Qualitätsanforderungen an die Schadstoffvermeidung verpflichtet hat und die Firmen nach Fertigstellung ihrer Leistungen deren Erfüllung erklären.

**+ 0 – 5 % Baukosten**

Dem Gebäude darf QNG-PREMIUM zuerkannt werden, wenn

- die Erfüllung der QNG-Qualitätsanforderungen an die Schadstoffvermeidung für alle verbauten Materialien und Produkte nachgewiesen wurde.

**+ 2 – 10 % Baukosten  
+ 10 % Planungskosten**

### Nachhaltige Materialgewinnung

Anforderungen für: **QNG-KN21 / QNG-WN 21**

Dem Neubau eines Einfamilienhauses oder Mehrfamilienhauses darf das QNG-Zertifikat zuerkannt werden, wenn

- mindestens 50 % (QNG-PLUS) / 80 % (QNG-PREMIUM) der verbauten Hölzer, Holzprodukte und/oder Holzwerkstoffe nachweislich aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen.

**+ 0,5 – 5 % Baukosten**

Quelle: BMI / Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, Neubau von Wohnbauten. – Berlin 2021

## QNG – Barrierefreiheit

### Barrierefreiheit – Altersgerecht Bauen

Anforderungen aus **ready-Leitkriterium A1** „Absatzfreie Zugänge“

- A1.1 Der Aufzugseinbau zur Erschließung aller nutzbaren Geschosse muss nachweislich vorbereitet sein, insbesondere bezüglich Raum- und Flächenbedarf, Statik und Gründung.
- A1.2 Die Erschließung bis zu den Wohnungseingangstüren muss stufen- und schwellenlos sein.

Anforderungen aus **ready-Leitkriterium A2** „Ausreichende Größen“

- A2.2 Wege, Flure – nutzbare Breite
- A2.4 Haus-, Wohnungseingangs-, Fahrschachttüren
- A2.5 Türen – nutzbare Durchgangsbreite
- A2.6 Wendeflächen außerhalb der Wohnung
- A2.7 Bewegungsflächen innerhalb der Wohnung Anforderungen aus ready-Leitkriterium A4 „Attraktivität und Sicherheit“
- A4.4 Treppensteigung (max. Stufenhöhe/min. Stufenauftritt)

Quelle: BMI / Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, Neubau von Wohnbauten. – Berlin 2021

**Erhöhter Flächenbedarf & sonstige Aufwendungen: zzgl. 2 bis 8 % Baukosten**

## QNG – Treibhausgas und Primärenergie

### Treibhausgas und Primärenergie

Anforderungen für: **QNG-KN21 / QNG-WN 21**

Dem Gebäude darf das QNG-Zertifikat zuerkannt werden, wenn die gemäß der Methodik der Anlage „LCA-Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude“ ermittelten

- Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus maximal ~~28 kg CO<sub>2</sub> Äqu./m<sup>2</sup> a~~ (QNG-PLUS) / maximal **20 kg CO<sub>2</sub> Äqu./m<sup>2</sup> a** (QNG-PREMIUM) betragen

**Ab 1.1.2023: 24 kg CO<sub>2</sub>Äqu./(m<sup>2</sup>a)**

und

- der ermittelte Primärenergiebedarf nicht erneuerbar im Gebäudelebenszyklus maximal 96 kWh/m<sup>2</sup> a (QNG-PLUS) / maximal 64 kWh/m<sup>2</sup> a (QNG-PREMIUM) beträgt.

Quelle: BMI / Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude, Neubau von Wohnbauten. – Berlin 2021

## ÖKOBAUDAT



### Aktuelles

03.04.2020

#### ÖKOBAUDAT-Release 2020-II

Die ÖKOBAUDAT-Version 2020-II mit aktualisierten Daten ist nun veröffentlicht.

Die ÖKOBAUDAT bietet generische und firmen- oder verbandsspezifische Datensätze (EPD's) aus Umweltproduktdeklarationen an (über die Anforderungen der EN 15804 hinausgehend)



ecoworks

Quelle: <https://www.oekobaudat.de/>

## KS-EPD: Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025 und EN 15804+A2

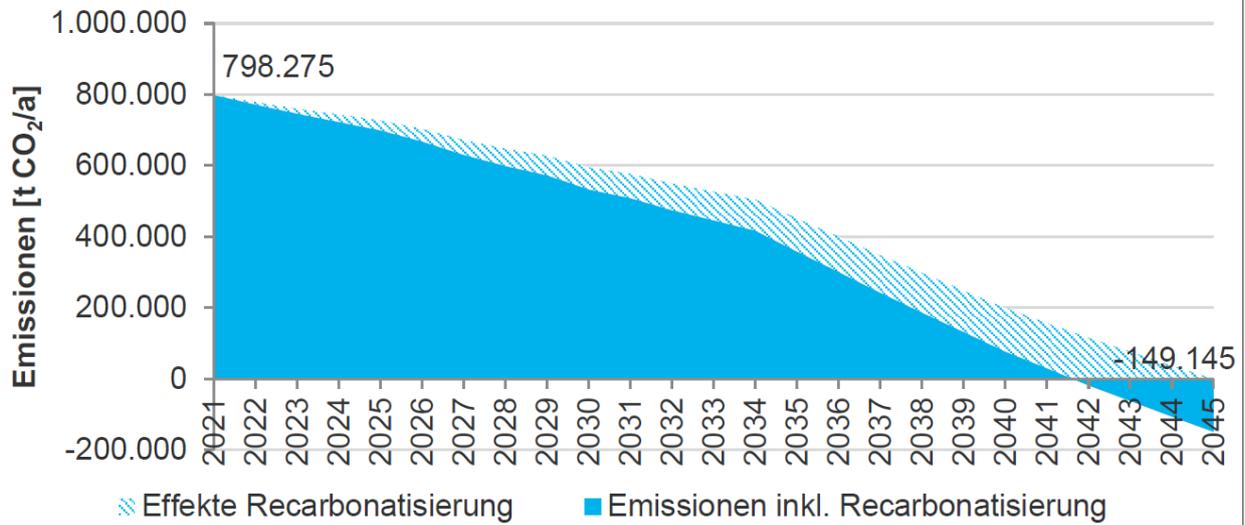
Kemindikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3/1	C3/2	C4/2	D	D/1
GWP-total	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	1,26E+2	3,93E+0	3,04E+0	-4,75E+1	6,12E-1	1,64E+0	2,51E+0	0,00E+0	1,40E+1	-9,32E-1	-2,71E+0
GWP-fossil	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	1,26E+2	3,92E+0	3,04E+0	0,00E+0	6,36E-1	1,63E+0	2,50E+0	0,00E+0	1,52E+1	-9,28E-1	-2,72E+0
GWP-biogenic	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	6,65E-3	1,57E-3	-7,81E-3	0,00E+0	-2,70E-2	6,56E-4	4,77E-3	0,00E+0	-1,20E+0	-3,32E-3	1,69E-2
GWP-luluc	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	8,63E-2	1,64E-2	4,51E-3	0,00E+0	2,55E-3	6,83E-3	9,20E-3	0,00E+0	4,37E-2	-1,18E-3	-8,98E-3
ODP	[kg CFC11-Äq.]	4,09E-13	9,61E-16	1,24E-15	0,00E+0	1,50E-16	4,00E-16	1,06E-14	0,00E+0	5,68E-14	-1,32E-14	-3,85E-14
AP	[mol H <sup>+</sup> -Äq.]	1,04E-1	3,63E-3	1,06E-2	0,00E+0	3,01E-3	1,51E-3	2,35E-2	0,00E+0	1,09E-1	-1,94E-3	-8,54E-3
EP-freshwater	[kg PO <sub>4</sub> -Äq.]	1,24E-4	8,52E-6	2,46E-6	0,00E+0	1,33E-6	3,55E-6	5,97E-6	0,00E+0	2,61E-15	-1,89E-6	-8,17E-6
EP-marine	[kg N-Äq.]	3,92E-2	1,13E-3	1,52E-3	0,00E+0	1,42E-3	4,71E-4	1,16E-2	0,00E+0	2,80E-2	-3,94E-4	-3,24E-3
EP-terrestrial	[mol N-Äq.]	4,32E-1	1,37E-2	1,71E-2	0,00E+0	1,57E-2	5,71E-3	1,27E-1	0,00E+0	3,08E-1	-4,24E-3	-3,56E-2
POCP	[kg NMVOC-Äq.]	1,09E-1	2,99E-3	4,61E-3	0,00E+0	3,97E-3	1,25E-3	3,35E-2	0,00E+0	8,48E-2	-1,10E-3	-7,67E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	1,05E-5	3,25E-7	2,48E-6	0,00E+0	5,07E-8	1,36E-7	2,75E-6	0,00E+0	1,37E-6	-7,07E-6	-5,82E-7
ADPF	[MJ]	9,35E+2	5,20E+1	2,08E+1	0,00E+0	8,11E+0	2,17E+1	4,71E+1	0,00E+0	1,99E+2	-1,30E+1	-3,54E+1
WDP	[m <sup>3</sup> Welt-Aq. entzogen]	8,22E+0	1,69E-2	8,12E-1	0,00E+0	2,63E-3	7,03E-3	4,22E-1	0,00E+0	1,58E+0	-3,81E-2	-6,59E-2

**Legende** GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen – nicht fossile Ressourcen (ADP – Stoffe); ADPF = Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen – fossile Brennstoffe (ADP – fossile Energieträger); WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)

Quelle: Institut Bauen und Umwelt: UMWELT-PRODUKTDEKLARATION nach ISO 14025 und EN 15804+A2 /

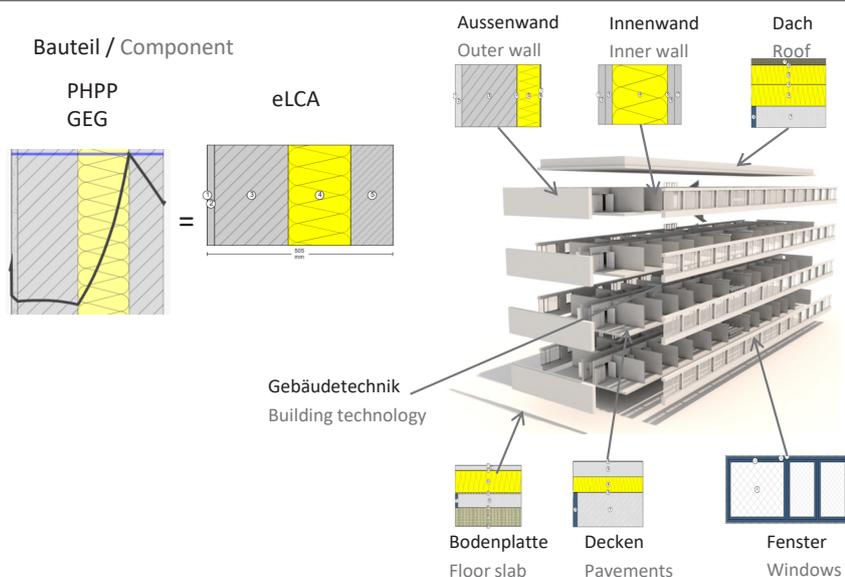
EPD-Deklarationsnummer: EPDBKS20210205IBE2DE. – Hrsg. Bundesverband Kalksandsteinindustrie, Hannover Nov. 2021

### Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die KS-Produktion inkl. Decarbonisierung



Quelle: Geres, Lausen, Weigert: Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland. – Hrsg. Bundesverband Kalksandsteinindustrie, Hannover Nov. 2021

### Ökobilanzierung & Lebenszykluskosten: eLCA Energetische Berechnung



Quelle/Source: Stephan Rössig, BBSR Referat II6 / <https://www.bauteileditor.de/> (Bearbeitung: Schulze Darup)

## LCA - Integration der Lebenszyklusanalyse in die energetische Berechnung

### Stufenplan/Optionen

#### LCA\_kompakt

Ansätze unterschiedlichen Aufwandes

1. Bilanz der thermischen Gebäudehülle (detaillierter Bauteilnachweis), Pauschalfaktor für „Rest“

- + Automatisierbarkeit
- + Synergienutzung
- sehr ungenau
- „ungerecht“

2. Bilanz der erweiterten Gebäudehülle  
zzgl. einiger Material- u. Mengenangaben v.a. aus der TGA  
Nutzung von Kennwerte und Pauschalen

- + alles Wichtige drin
- + überschaubarer Aufwand
- + hohe Automatisierung mögl.
- nicht alles drin

wie 2. mit der Möglichkeit, jeden Wert zu konkretisieren (verbessert die Entscheidungsgrundlage und das Ergebnis)

- + alles möglich, Planungsfreiheit
- + hohe Genauigkeit
- + Spielraum für weitergehende Tools
- großer Aufwand

Quelle: Winfried Schöffel, Volker Drusche, Stefan Oehler, Burkhard Schulze Darup

## Lebenszyklus eines Gebäudes & Einflussfaktoren

Rohstoffgewinnung	Produktion	Verarbeitung	Nutzung	Verwertung
Herkunft	Produktionsverfahren	Besonderheiten des Arbeitsablaufs	Innenraumluft:	Rückbaumöglichkeit (Kosten)
Gewinnung	Recycling	Emissionen	Schadstoffe/Partikel/Fasern	Transport / Volumina
Eingriff in die Umwelt	Zwischen- und Koppelprodukte	Arbeitsplatzbel.	Giftklassen	LAGA-Einstufung
Transportart / Entfernung	Abfallstoffe	Abfallstoffe	Kanzerogenität	Wiederverwertbarkeit:
Rohstoffe / Vorräte	Emissionen	Verpackungsmüll	Allergene Eigensch.	- Wiederverwendung
Emissionen bei Rohstoffgew.	Auflagen BImSchG	Baustellenabfälle	Mutagenität	- Recycling / Verwertungsgrad
Zwischenstoffe / Abfallstoffe	Wasserverbrauch	Arbeitswege	Embryotoxizität	- Restabfälle, Abfallstoffe, Emissionen
Verpackung für den Transport	Arbeitsplatzbelast.	Transport	Brandverhalten/Emiss.	Deponierung/Verbrennung:
	Störfallrisiken		Nutzungszeitraum	Abgabe von Schadstoffen
	Transport		Lebenserwartung	Folgeprodukte, Emissionen,
	Verpackung für den Transport		Reparaturanfälligkeit	Schlackenstoffe,
			Kosten im Betrieb	Sonderabfallbehandlung

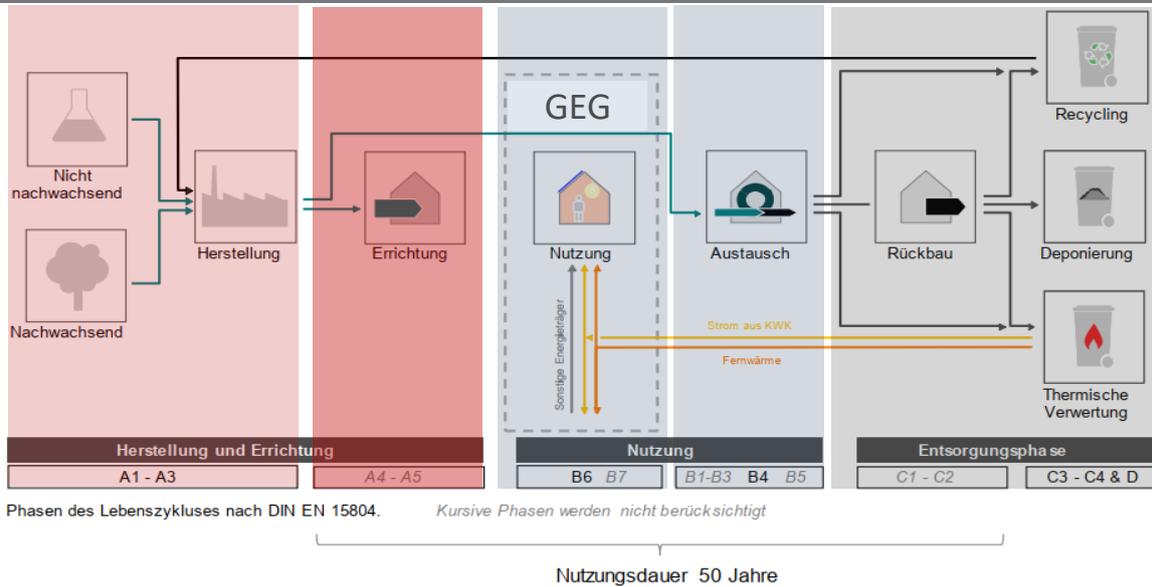
Produktlinienanalysen – WECOBIS  
(<https://www.wecobis.de>)

Quelle: Burkhard Schulze Darup: Bauökologie. – ISBN 3-7625-3301-6  
Bauverlag 1996, Seite 161 ff

#### ÖKOBAUDAT:

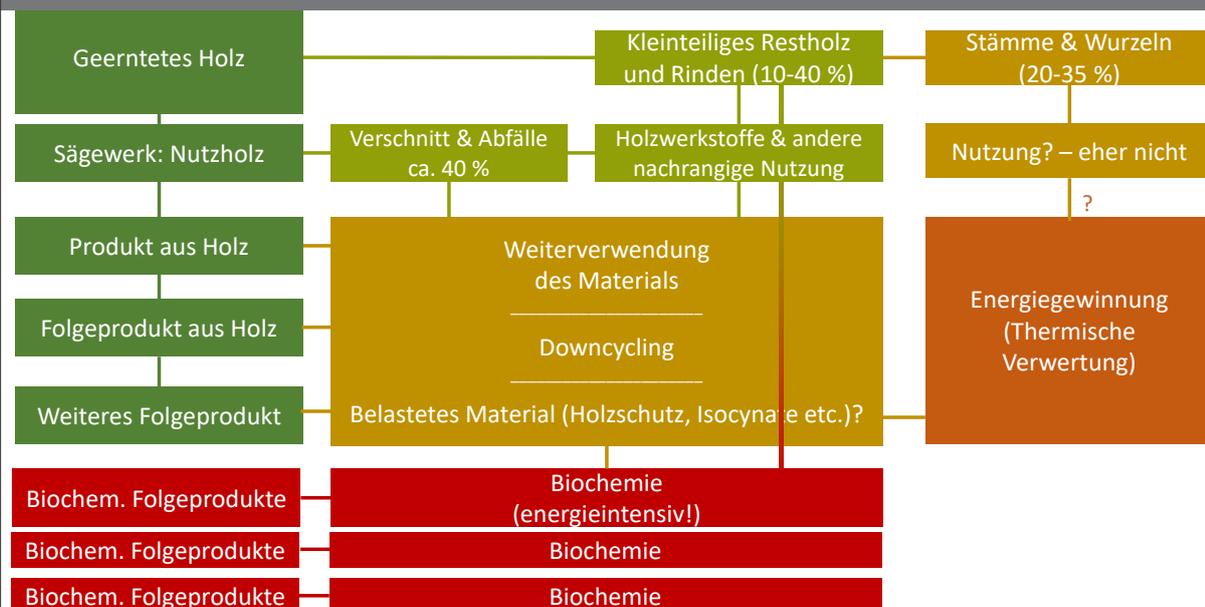
- Generische Datensätze (allgemeingültig für Materialien/Konstruktionen/Anlagen)
- firmen- oder verbandsspezifische Datensätze (EPD's) aus Umweltproduktdeklarationen

## Vereinfachte Darstellung des Lebenszyklus eines Gebäudes

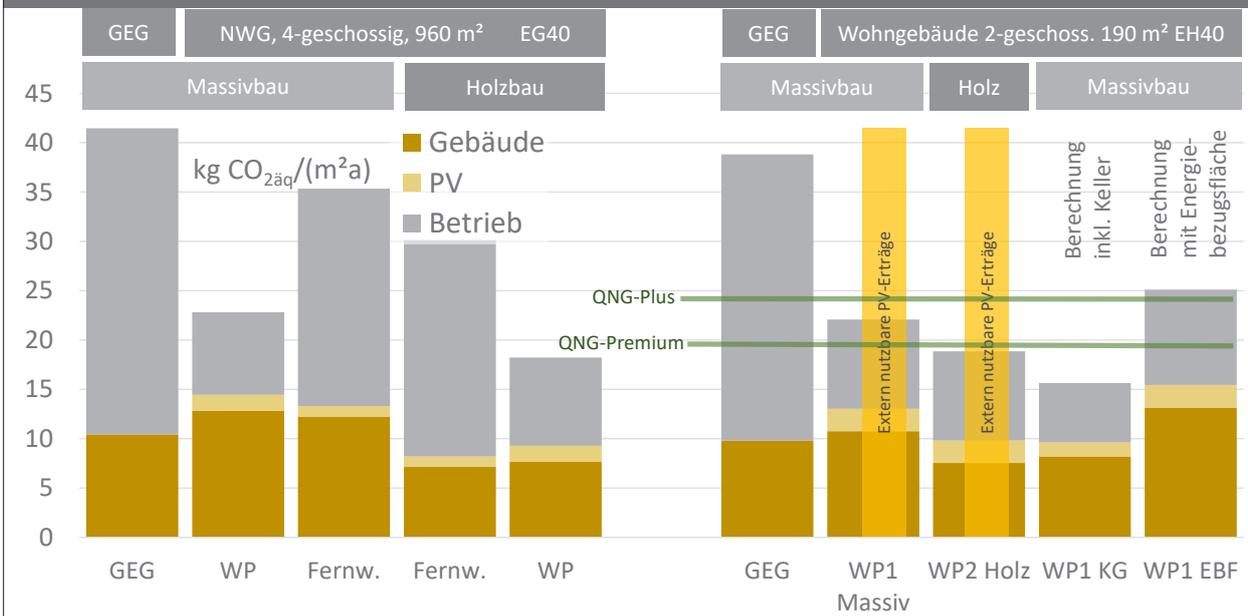


Quelle: Hausladen GmbH: Endbericht Gutachten über erschließbare Umweltpotenziale von Effizienzhaus Plus Gebäuden (BBSR SWD -10.08.17.7-16.28 2017)

## Einbindung von Holz (& weiterer Biomasse) in eine Kaskaden-Kreislaufwirtschaft

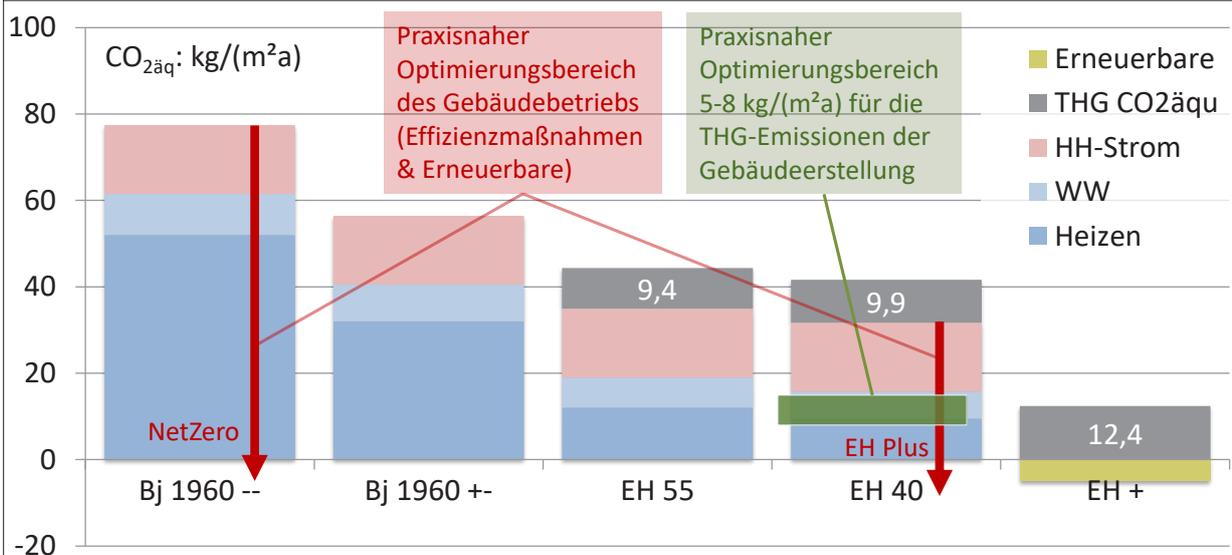


Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus – Neubau: GEG vs. EG/EH 40 [kg CO<sub>2äq</sub>/(m<sup>2</sup>a)]



Quelle: Schöffel, Schulze Darup: Gebäudestudie zur Nachhaltigkeit von Gebäuden. – Im Auftrag der Energieagentur Rheinland-Pfalz GmbH 2022

THG-Emissionen: Gebäudeerstellung (Module A1-3/C3-4) vs. Gebäudebetrieb (B6)  
Gebäudebetrieb dominiert deutlich – (außer Plusenergiegebäude)



### 3. Entwurf & Gebäudehülle

Ein Gebäudeentwurf stellt immer eine Optimierung zahlreicher Parameter dar, nie können alle Aspekte gleichermaßen perfekt gelöst sein. Dabei erfordert jede Entwurfsaufgabe und jedes Umfeld in individueller Form besondere Lösungsansätze.



Foto: © Olaf Mahlstedt

### 3. Entwurf & Gebäudehülle

Kostenloser Download unter:

<https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/service/Publikationen.php>



**Neues Bauen  
für bezahlbares  
Wohnen**

Planungsanregungen für die energieeffizienten und kostenoptimierten Neubauten der 2020er Jahre

Quelle: Planung THOMA Architekten / Bauherr: HOWOGE Berlin / Forschungsvorhaben mit 5 Wohnungsunternehmen  
Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – DBU-gefördert AZ 33119/01-25

## Gebäudegeometrie – hohe Kompaktheit



- Je kompakter ein Gebäude, je höher die Wohnfläche im Vergleich zur Umfassungsfläche, desto günstiger liegen die Investitionskosten und die energetischen Kennwerte.

## Ausrichtung

- Optimierte Ausrichtung erhöht Komfort, Belichtung und auch die passiven solaren Gewinne
- Vorrangig südliche Ausrichtungen der Aufenthaltsräume sind optimal für winterlichen Energieertrag und sommerlichen Wärmeschutz (Ost- und Westseite weisen niedrige Einstrahlwinkel auf, die zu hohem Wärmeeintrag im Sommer führen)
- Simulation zur Optimierung der Fensterflächenanteile in der Fassade ist essentiell, um angemessene Fenstergrößen zu erhalten: zu hoch ist teuer, zu niedrig beeinträchtigt Tageslichtnutzung, energetisch liegt das Optimum auf Südseiten oft zwischen 30 und gut 50 Prozent der Fassadenfläche
- Je kompakter ein Gebäude, desto unwichtiger wird die Ausrichtung aus energetischer Sicht



## Verschattung & Belichtung

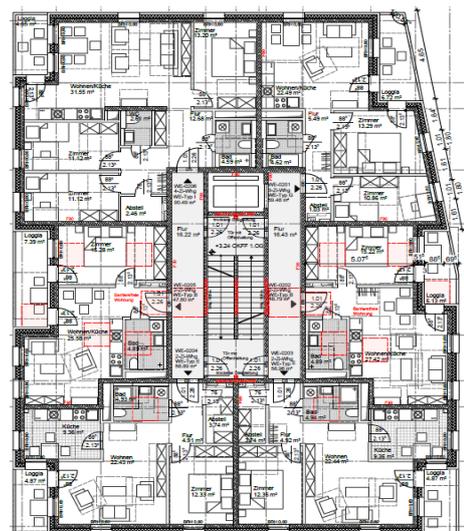
- Verschattung durch Gebäude und Bäume minimieren
- Möglichst geringe Eigenverschattung  
z. B. durch Überstände, Balkons/Loggien und Versprünge
- Minimiere Laibungstiefen und geringe Rahmenanteile der Fenster bringen Effizienz und Tageslicht
- Minimiere Sturzhöhen der Fenster verbessern Belichtung und Tageslichtkomfort in der Raumtiefe.



Foto: © Olaf Mahlstedt

## Gebäudetiefe

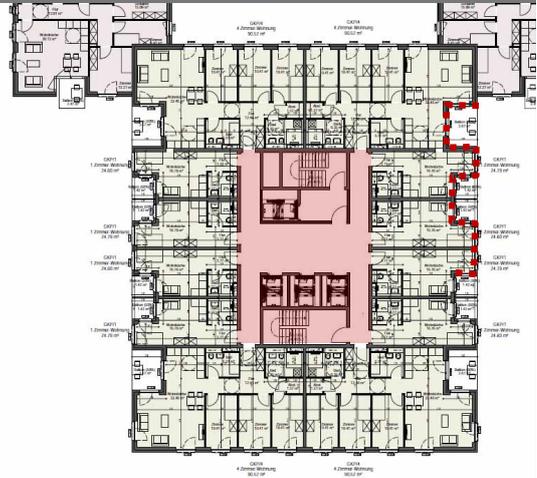
- Hohe Gebäudetiefe ermöglicht effiziente Entwürfe.
- Hauptaufenthaltsbereiche in Fensternähe
- Nebenräume / Sanitärbereiche im Gebäudekern
- Funktionalität und Raumluftqualität ist durch ohnehin erforderliche Lüftungstechnik gesichert
- Der Nachteil fehlender natürlicher Belichtung kann durch gezielte Planung & Technik reduziert werden



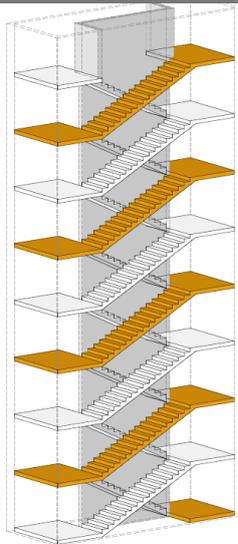
THOMA Architekten. – In: Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – gefördert durch DBU AZ 33119/01-25

## Versatz und Versprünge

- Eine besondere Kunst des Entwurfs liegt in hoher Gestaltungsqualität ohne unnötige Versatz- oder Versprüngelemente in der Gebäudehülle, die zu aufwendigen konstruktiven Anschlüssen und erhöhten Transmissionsflächen führen
- Das gilt für Gestaltungselemente in der Vertikalen und Horizontalen, für Balkons und Loggien, Übergänge zu unbeheizten Kellerräumen und z. B. auch für Staffelgeschosse, die zu deutlichen Mehrkosten führen

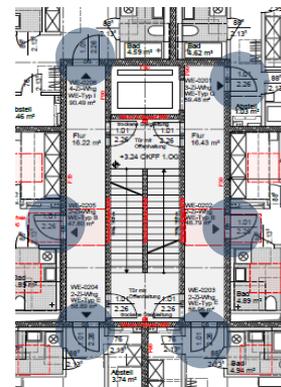


## Erschließung



Fluchttreppenhaus 1

Fluchttreppenhaus 2

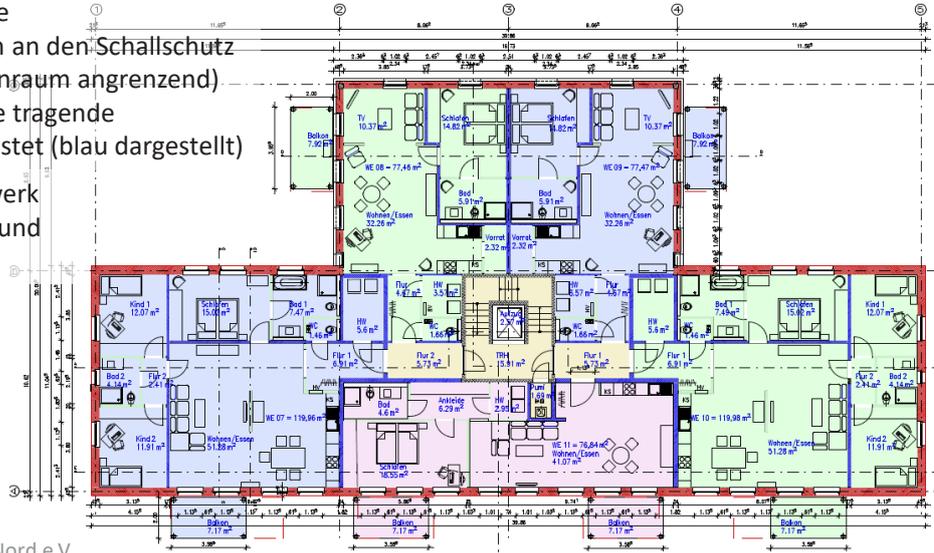


- Je mehr Wohnungen von einem Erschließungssystem erschlossen werden, desto günstiger
- Erschließungen im Gebäudekern mit fünf bis sieben Wohnungen funktionieren gut. Nachteil: keine Querlüftung und Einschränkung bei der Ausrichtung
- Laubengängerschließungen ermöglichen eine hohe Wohnungsanzahl pro Treppenhaus und Aufzug. Nachteile ergeben sich für Grundrisse größerer Wohnungen und für die Bewirtschaftungskosten.

THOMA Architekten. – In: Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – gefördert durch DBU AZ 33119/01-25

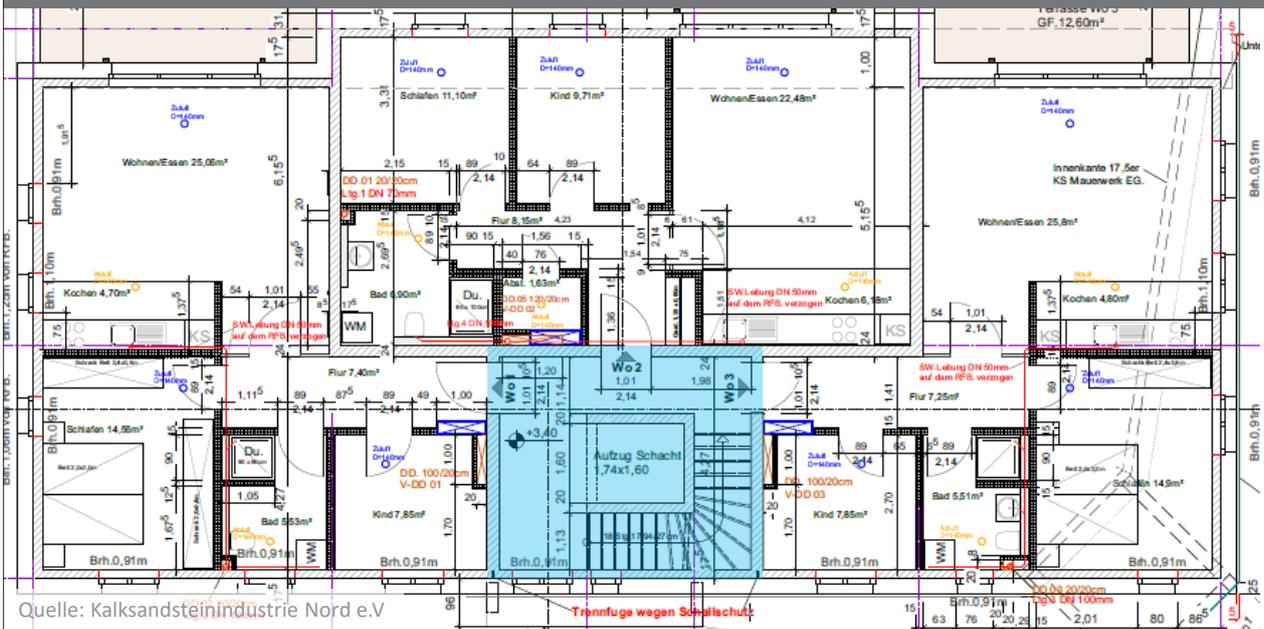
## Konstruktionsbeispiel: Treppenhaus

- MFH mit 3 Geschossen
- Aufzug im Treppenauge
- geringe Anforderungen an den Schallschutz (günstig, nicht an Wohnraum angrenzend)
- Aussteifung durch viele tragende Innenwände gewährleistet (blau dargestellt)
- Ausführung in Mauerwerk Rohdichte 2,0 sinnvoll und kostengünstig möglich



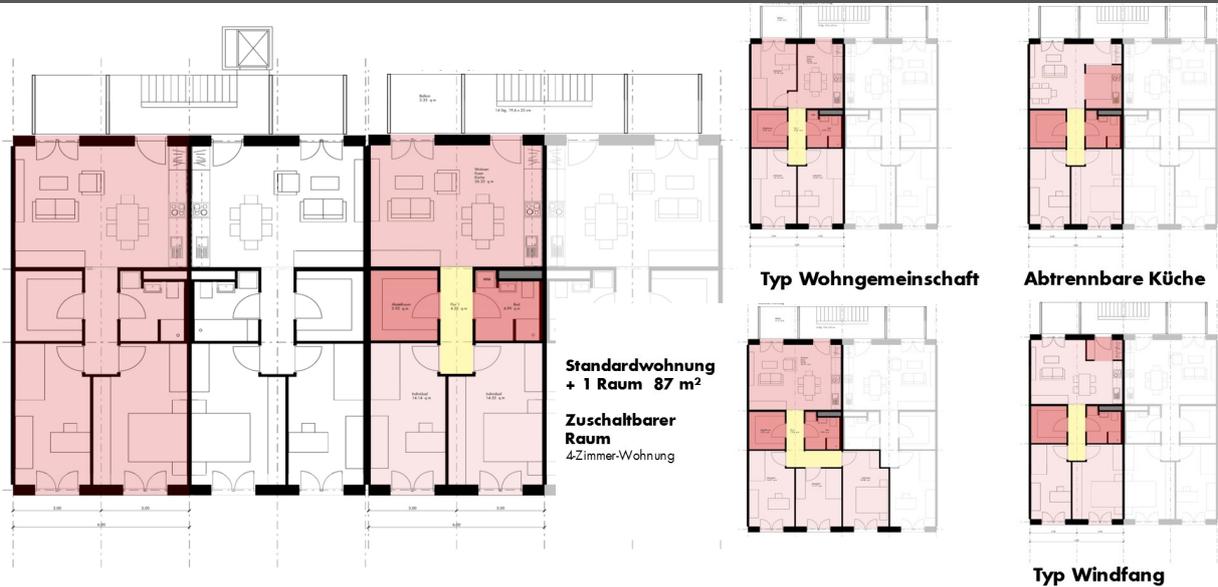
Quelle: Kalksandsteinindustrie Nord e.V

## Konstruktionsbeispiel: Treppenhaus-Ausführung mit Mauerwerk



Quelle: Kalksandsteinindustrie Nord e.V

## Modulare Planung & Variabilität



Quelle: ABG Frankfurt Holding / schneider+schumacher - In: Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – DBU AZ 33119

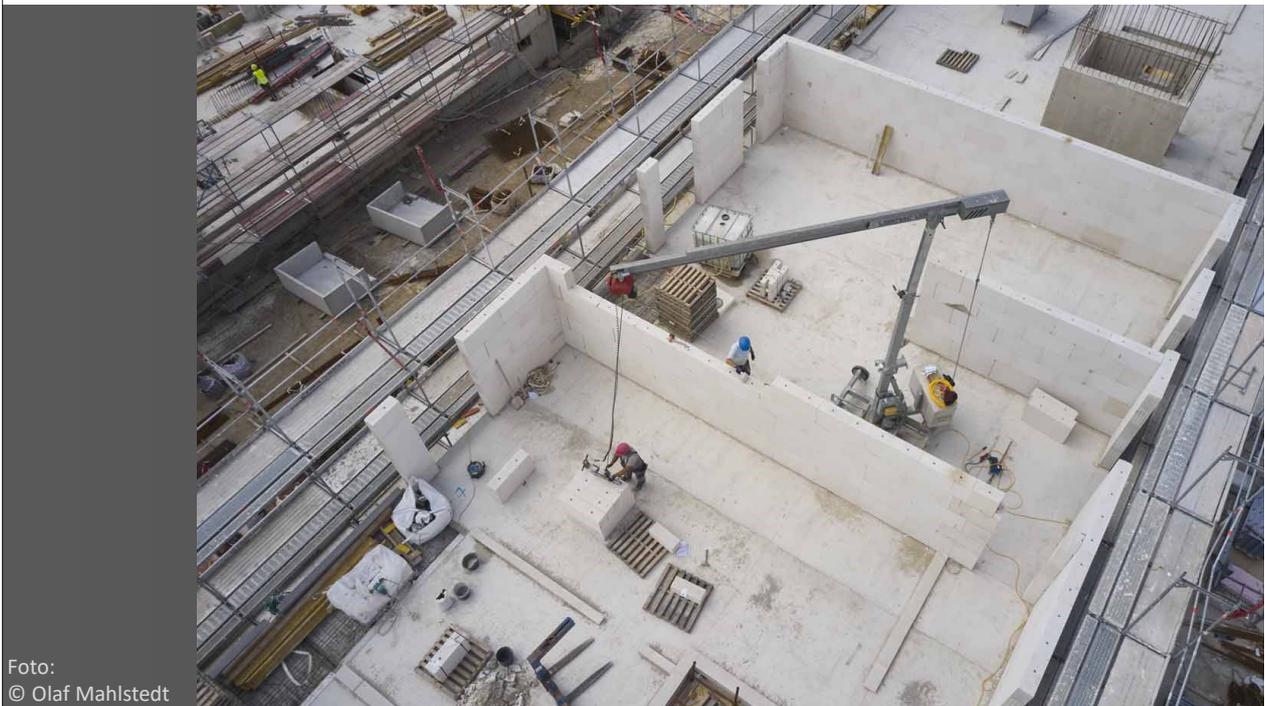
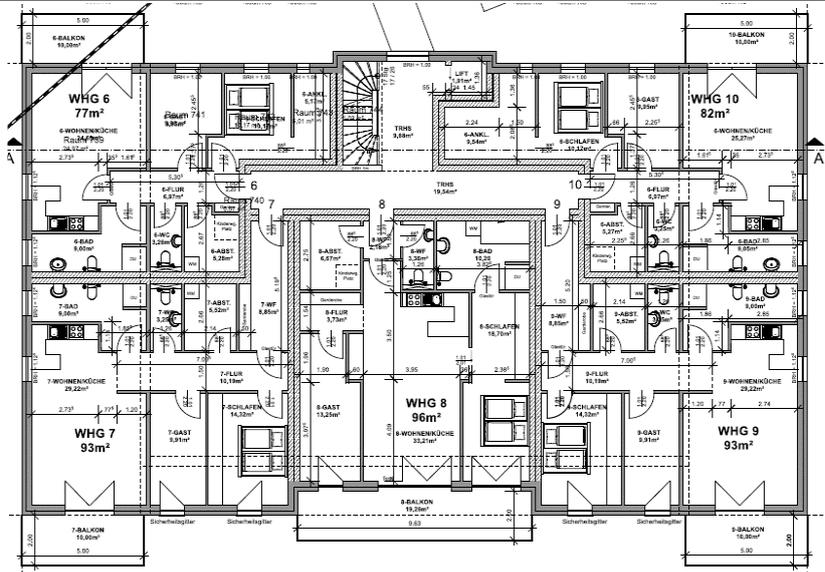


Foto:  
© Olaf Mahlstedt

## Konstruktionsbeispiel: zweischalige Wohnungstrennwände

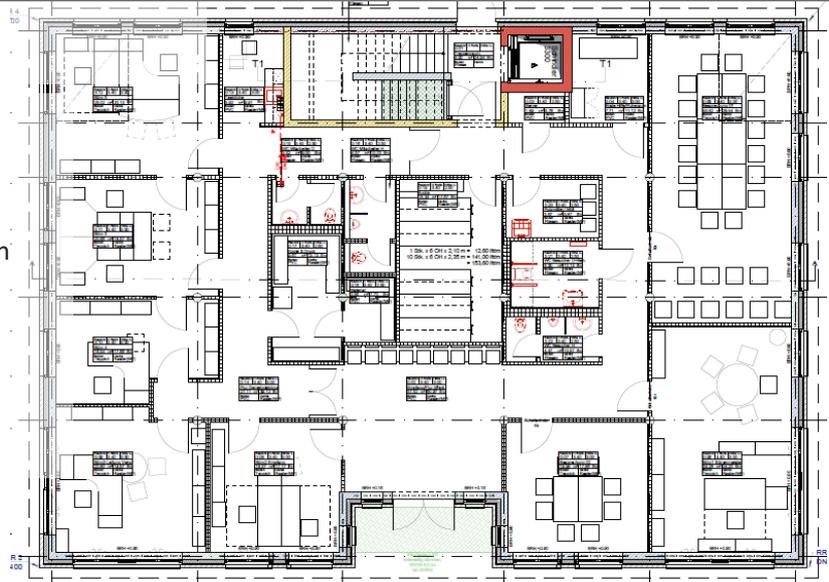
- zweischalige Wohntrennwände bei MFH unnötig
- viel Material und Konstruktionsfläche
- Schalltechnisch nur vorteilhaft, wenn auch die Decken getrennt werden (wie im RH-Bau)
- Konsequenz:
  - Deckenfelder als Einfeldkonstruktionen ohne Durchlaufwirkung
  - Deckendicken  $\geq 25$  cm (statt 20 cm bei Durchlaufwirkung)
  - hoher Bewehrungsanteil
- = hohe Kosten, hoher Ressourcenverbrauch



Quelle: Kalksandsteinindustrie Nord e.V

## Konstruktionsbeispiel: statisches System mit hoher Deckendicke

- EG Nutzung als Büroräume
  - OG und DG Wohnräume
- Konstruktion im EG
- keine tragende Wände nur Trockenbau
  - 12 Stahlbetonstützen mit aufwändigen Einzelfundamenten
  - Lastabfangung durch Unterzüge
  - Deckendicke 35 cm
  - dadurch viel Beton und Stahl
  - zudem Aussteifung durch Stahlbeton-Treppenhaus



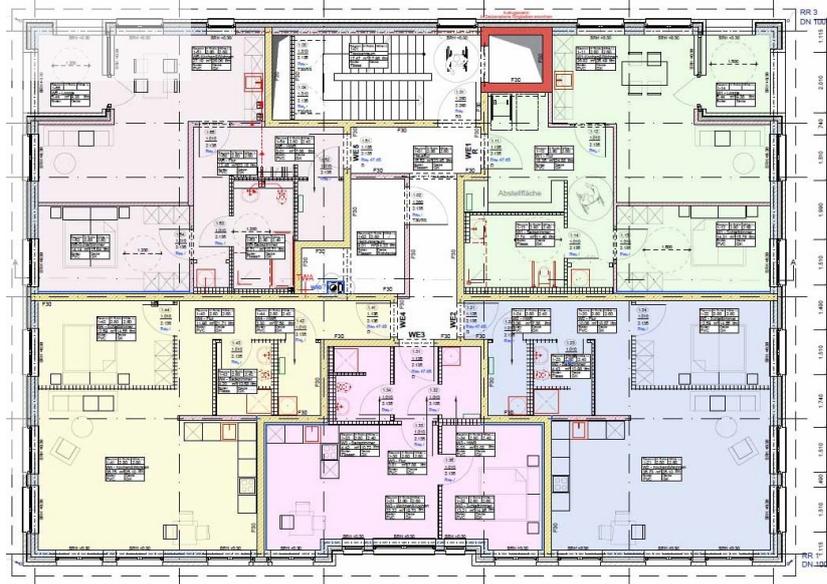
Quelle: Kalksandsteinindustrie Nord e.V

## Konstruktionsbeispiel: statisches System mit hoher Deckendicke

- EG Nutzung als Büroräume
- OG und DG Wohnräume

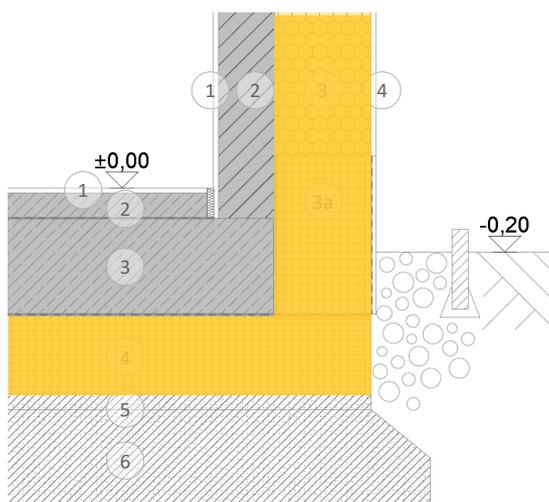
### Konstruktion im OG

- Tragende und schwere Wohnungstrennwände (Schallschutz), die nicht auf den Unterzügen stehen, sondern auf dem Deckenfeld, gelb dargestellt
- Folge: Deckendicken 35 cm & hoher Stahlanteil
- = **hohe Kosten und hoher Ressourcenverbrauch**



Quelle: Kalksandsteinindustrie Nord e.V

## Sockeldetail – Gebäude ohne Keller



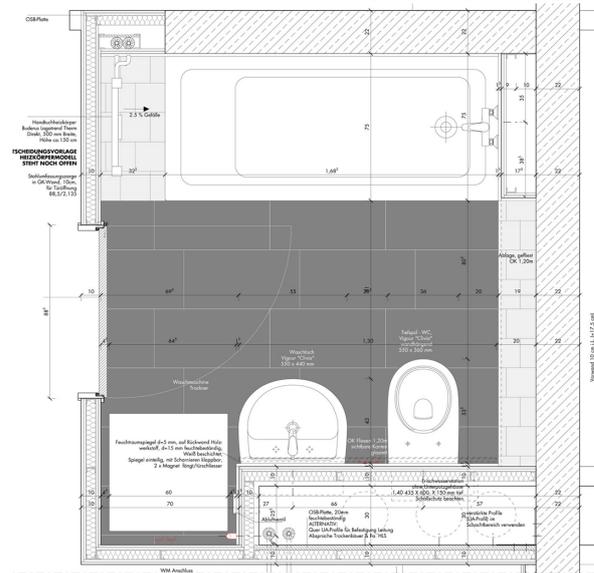
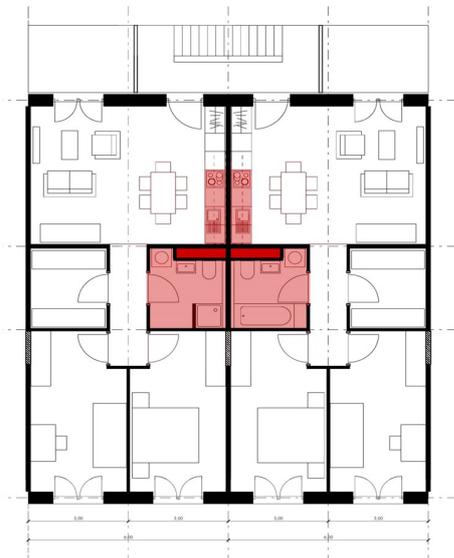
**1** Außenwand |  $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

- 1 Innenputz
- 2 Mauerwerk 17,5 cm
- 3 Dämmung 30 cm,  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$
- 3a Perimeterdämmung
- 4 Außenputz

**14** Bodenplatte |  $U = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

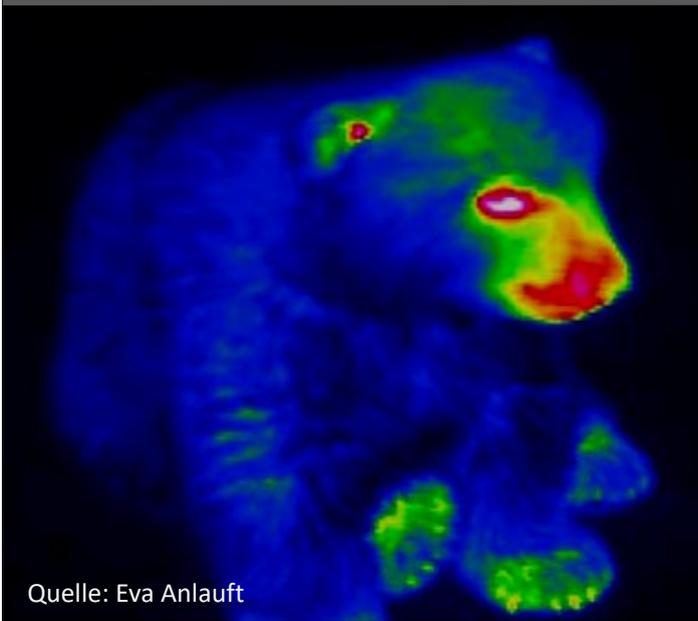
- 1 Parkett
- 2 Verbundestrich (alt. Glättung)
- 3 Stahlbetonbodenplatte 25-30 cm
- 4 Dämmung 25 cm,  $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$
- 5 Sauberkeitsschicht
- 6 Schotter (Frosttiefe im Randbereich)

## Optimierte und einfache Haustechnik



Quelle: ABG Frankfurt Holding / schneider+schumacher - In: Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – DBU AZ 33119

## Qualitätssicherung Wärmebrücken & Luftdichtheit

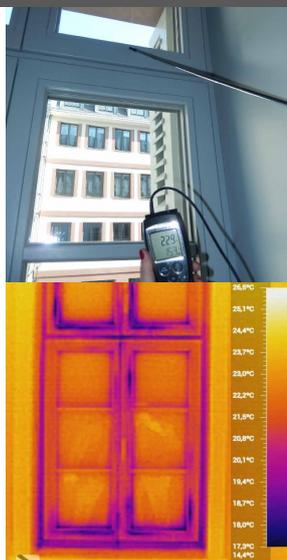


Quelle: Eva Anlauf

Zielwerte für Wärmebrücken:  
hocheffiziente Gebäude müssen nahezu wärmebrückenfrei sein und eine hohe Luftdichtheit aufweisen. Die Summe der Wärmebrücken sollte  $\Delta U_{WB} \leq 0,035$   $W/(m^2K)$  betragen, bei optimierten Gebäuden  $\Delta U_{WB} \leq 0,02$  bis  $0,00$   $W/(m^2K)$ .

Zielwerte für Luftdichtheit:  
Qualitätssicherung mittels Luftdichtheitsprüfung (Blower-Door-Test), Zielwert für energieeffiziente Gebäude:  
 $n_{50} \leq 0,6$   $h^{-1}$

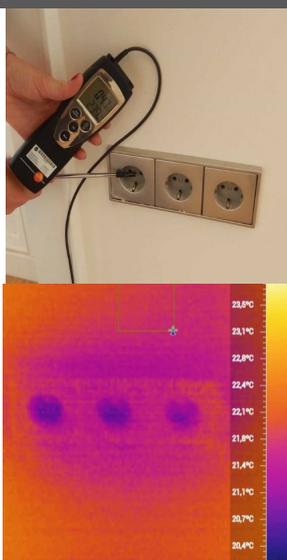
## Luftdichtheit: Verfahren zur Leckageortung (Thermografie bei Unterdruck)



Leckage in der Glasleiste (Bild links),  
deutlich zu erkennen sowohl bei der  
Anemometer-Untersuchung als auch auf  
der Thermografie-Aufnahme

Foto und Infrarot-Thermografie: Schulze Darup

## Luftdichtheit: Verfahren zur Leckageortung (Thermografie bei Unterdruck)



Luft eintrag durch Leerrohre; alternativ  
Vorwandkonstruktion vor einer  
unzureichend abgedichteten Außenhülle,  
sodass Leckagen zur Installationsebene  
bestehen.

Foto und Infrarot-Thermografie: Schulze Darup

## Entwurfsaspekte Fenster

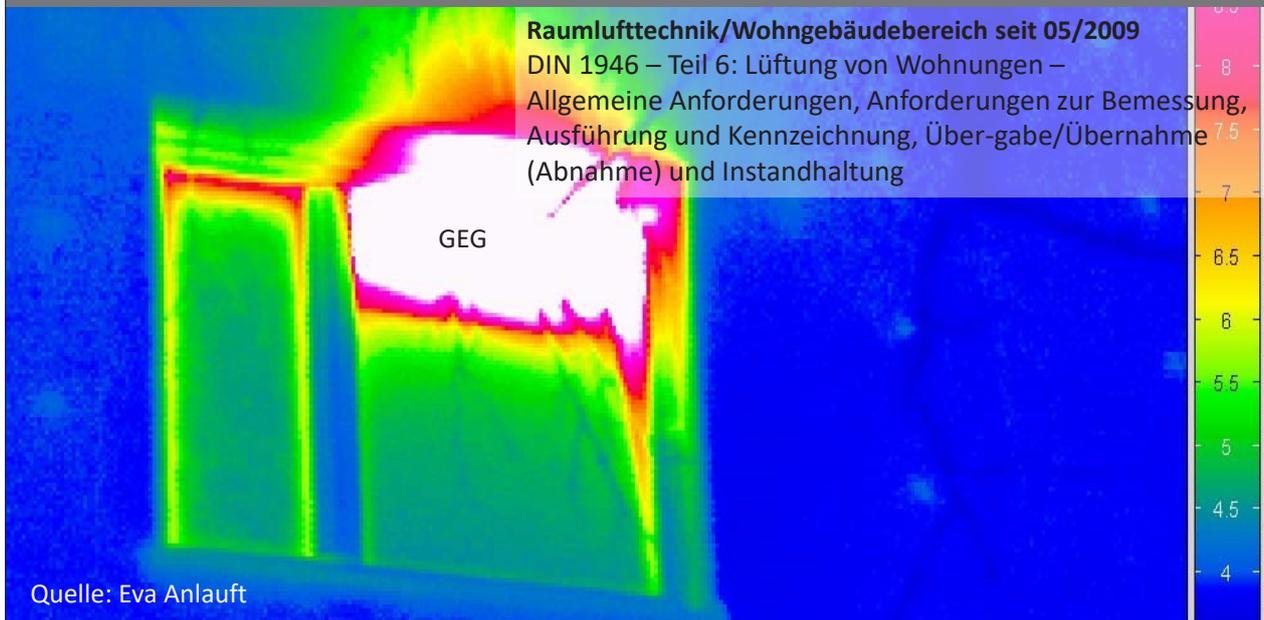
- Fensterplanung sehr wichtig für Gestaltung(!!!), Qualität, Komfort und Kosten
- Zurückhaltender Fensterflächenanteil sinnvoll:
  - Fenster teurer als Außenwand
  - Für sommerlichen Wärmeschutz
  - ... und winterlichen Wärmeschutz
- Optimierte Ausrichtung
- Sinnvoller & optimierter passiver solarer Ertrag
- Minimierter Rahmenanteil der Fenster: kostengünstiger und energetisch effizienter
- Einflügelige Formate mit 1,00 – 1,20 m Breite sind wirtschaftlich
- Raumhohe Fenster: gestalterisch wichtiges Element (Statikanforderungen beachten!)
- Brüstungen sinnvoll z. B. bei Bädern, Schlaf-, Kinderzimmern (z. B. 65 cm Brüstung, Querstab als Sicherung)
- Unnötige Fensterteilungen und hohe Rahmenanteile vermeiden
- Schlanke Fensterrahmen zur Erzielung eines hohen Glasanteils am Fenster
- Fensterebene weit nach außen planen (Einbauwärmehürde, solare Gewinne), dadurch bei raumhohen Fenstern ab 14 cm Fensternischentiefe als Wohnfläche anrechenbar
- Kellerfenster weglassen oder festverglast (Abluftanlage mit Regelung nach absoluter Feuchte)
- Energetische Zielwerte: Fenster mit Dreischiebenverglasung und gedämmtem Rahmen  $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  /  $U_f = 0,6 - 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  /  $U_g = 0,5 - 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , Wärmehürde des Glasrands  $\Psi < 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$  / Wärmehürde Einbau  $\Psi < 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ .

## Investitionskosten für Fenster (€) pro m<sup>2</sup> Fensterfläche



Quelle: Ecofys, Schulze Darup: Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz. – Im Auftrag der DENEFF Berlin 2014

## 4. Raumluftqualität als Grundlage gesunden Wohnens



## 4. Raumluftqualität als Grundlage gesunden Wohnens

### Vorteile von ventilatorgestützten Lüftungsanlagen

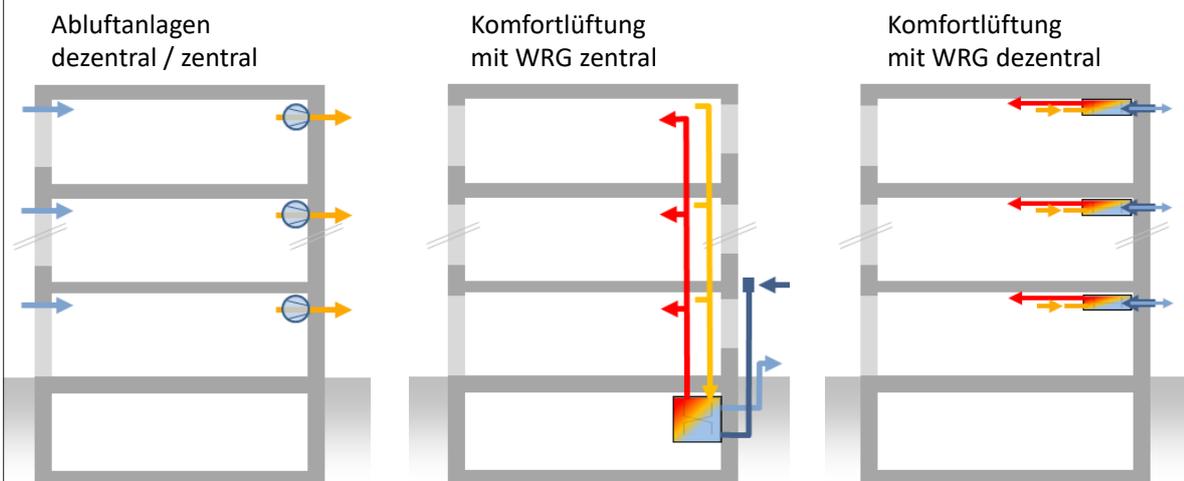
- Frische Luft in der Wohnung – kein Zwang zum Lüften
- Schallschutz – kontinuierliche frische Außenluft bei geschlossenen Fenstern
- Raumlufthygiene – gezielter Luftwechsel zur Sicherung der Raumluftqualität
- Pollenfilter – Entlastung für Allergiker
- Feuchteschutz – Ausgleich der Wohnfeuchte
- Hoher Komfort – automatisch gute Luftqualität
- Energieeinsparung – Heizwärmeeinsparung von 15 bis 30 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Werterhalt – Grundlage für eine dauerhaft hochwertige Immobilie

Vergleich manuelle Lüftung vs. Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung		
	Fensterlüftung (manuelle, „freie“ Lüftung)	Komfortlüftung (Zu-/Abluft mit Wärmerückgewinnung)
Funktion und Wirksamkeit	Abhängig von Witterung und Lüftungsverhalten	Kontinuierliche und bedarfsgerechte Lüftung
Abführen von Schadstoffen	Nur gesichert bei regelmäßiger Querlüftung ca. alle zwei Stunden	Regelmäßiges Abführen der Schadstoffe
Luftfeuchtigkeit & Schimmelrisiko	Abhängig vom Lüftungsverhalten; falsches Lüften & Baumängel führen zu Schimmelpilzbildung	Bereits durch eine Grundlüftung ist die Vermeidung von Schimmel durch den regelmäßigen Luftaustausch zu erzielen
Mögliche Bauschäden durch Feuchtigkeit	Feuchteschäden sind bei vielen unsanierten und schlecht sanierten Gebäuden zu beobachten	Keine Bauschäden durch Feuchtigkeit; nur bei deutlichen bauphysikalischen Mängeln; Lüftungstechnik zur Schadensbehebung möglich
Zeitaufwand für das Lüften	Ca. alle zwei Stunden Querlüftung für 5 bis 10 Minuten	Kein Zeitaufwand
Zugluft	Zugluft nur während des Lüftens	Keine Zugluft im Aufenthaltsbereich, wenn die Anlage richtig geplant ist
Gerüche	Beim Heimkommen oftmals Geruchsbelastungen wahrnehmbar, die zunächst fortgelüftet werden müssen	Frische Luft beim Heimkommen; zusätzliche Lüftung ggf. beim Kochen oder anderen geruchsintensiven Betätigungen
Wärme und Temperaturverteilung	Abkühlung durch das Lüften; die Temperaturverteilung im Raum ist vor allem vom Wärmeschutz des Gebäudes abhängig	Gleichmäßige Verteilung der Wärme in den Räumen, wenn die Bauphysik in Ordnung ist
Schallschutz	Außenlärmbelastung während des Stoßlüftens, vor allem aber bei Kipplüftung, wenn das Gebäude lärmexponiert steht	Beständiger Schallschutz gegen Außenlärm; hochwertige Anlagen haben nur minimalen Schallpegel von 20 bis 25 dB(A)
Einbruchrisiko	Kein Einbruchschutz bei Kipplüftung; keine Lüftung, wenn Bewohner unterwegs	Einbruchschutz bleibt auch beim Lüften erhalten
Pollen und Insekten	Beim Lüften gelangen Pollen und Insekten in die Wohnräume; Staubbelastung der Wohnräume eher hoch	Durch hochwertige F7/F8-Filter können Pollen und Staub zu großen Teilen ausgefiltert werden; Insekten bleiben außen
Komfort	Fensterlüftung erfordert Sachverstand und ständige Maßnahmen der Bewohner, um gute Raumluftqualität zu erzielen	Behaglichkeit ohne gesonderten Aufwand in Verbindung mit hohem Komfort hinsichtlich zahlreicher Aspekte
Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung	Fortlüften der warmen Raumluft und Auskühlung der Räume; Lüftungswärmeverluste ca. 40 kWh/(m²a)	Bis über 90 % Wärmerückgewinnung aus der Abluft; Lüftungswärmeverluste guter Anlagen ca. 5 kWh/(m²a)
Energie- & Wartungskosten	100 m²-Wohnung: etwa 300 € erhöhte Heizkosten pro Jahr im Vergleich zur Komfortlüftung	Dagegen stehen ca. 70 € Stromkosten zzgl. gut 60 € Wartungskosten. Davon sind 50 % dem erhöhten Komfort zuzurechnen

Quelle: Schulze Darup: Richtig lüften mit Komfortlüftungsanlagen. – Hrsg. Bayerisches Landesamt für Umwelt / Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

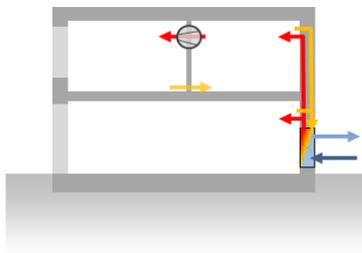
## Gebäudetechnik - Lüftung

### Lüftung nach DIN 1946-6 – Beispiele für ventilatorgestützte Lüftung



Quelle: Schulze Darup: Richtig lüften mit Komfortlüftungsanlagen. – im Auftrag des Bayer. Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie / Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00153.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00153.htm)

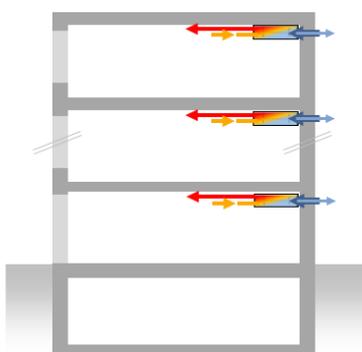
## Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) – optimierte Systeme



Quelle: BluMartin

Quelle: Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie / Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Text: Burkhard Schulze Darup; Redaktion: LfU, Alexandra Frisch, Stefan Kreidenweis / Download: [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00153.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00153.htm)

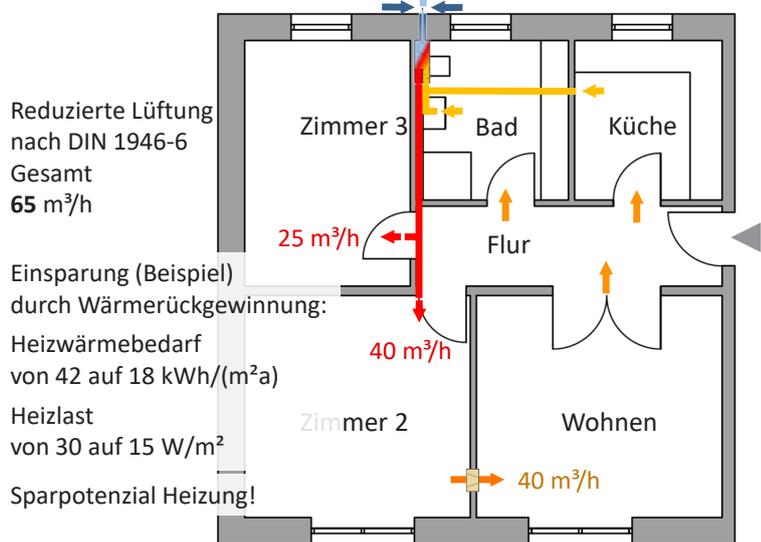
## Komfortlüftung – dezentrale Systeme für Mehrfamilienhäuser



Quelle / Source: Pluggit - PluggPlan

Quelle: Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie / Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Text: Burkhard Schulze Darup; Redaktion: LfU, Alexandra Frisch, Stefan Kreidenweis / Download: [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00153.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00153.htm)

**Komfortlüftung: Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung**  
**Variante 2: Kaskadenlüftung, Weiterleitung von Zimmer 2 in den Wohnbereich**



Reduzierte Lüftung nach DIN 1946-6  
 Gesamt **65 m³/h**

Einsparung (Beispiel) durch Wärmerückgewinnung:

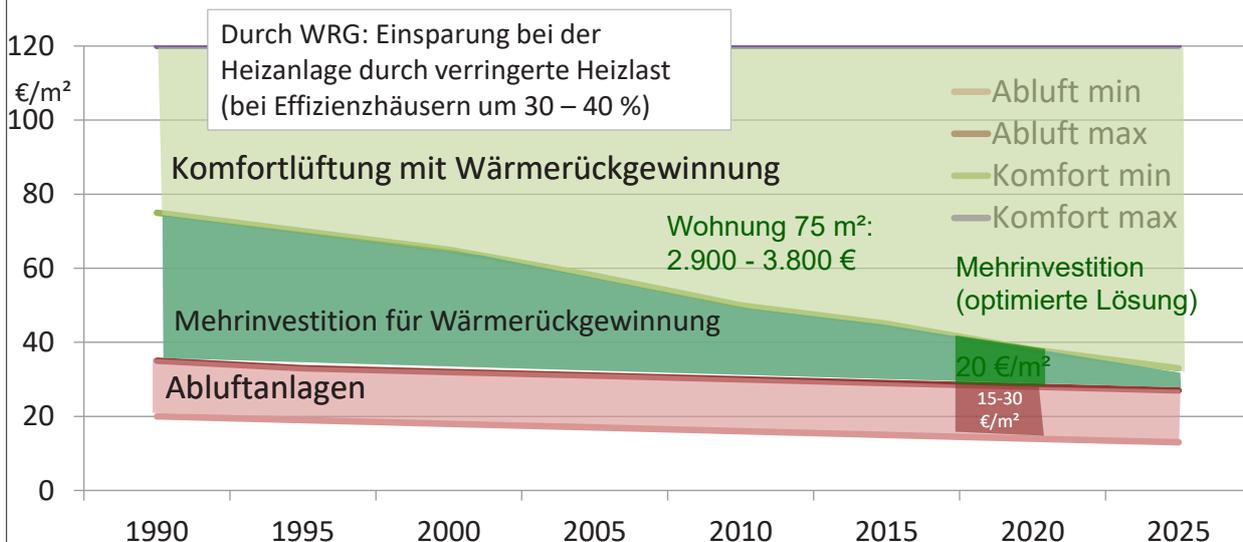
Heizwärmebedarf von 42 auf 18 kWh/(m²a)

Heizlast von 30 auf 15 W/m²

Sparpotenzial Heizung!

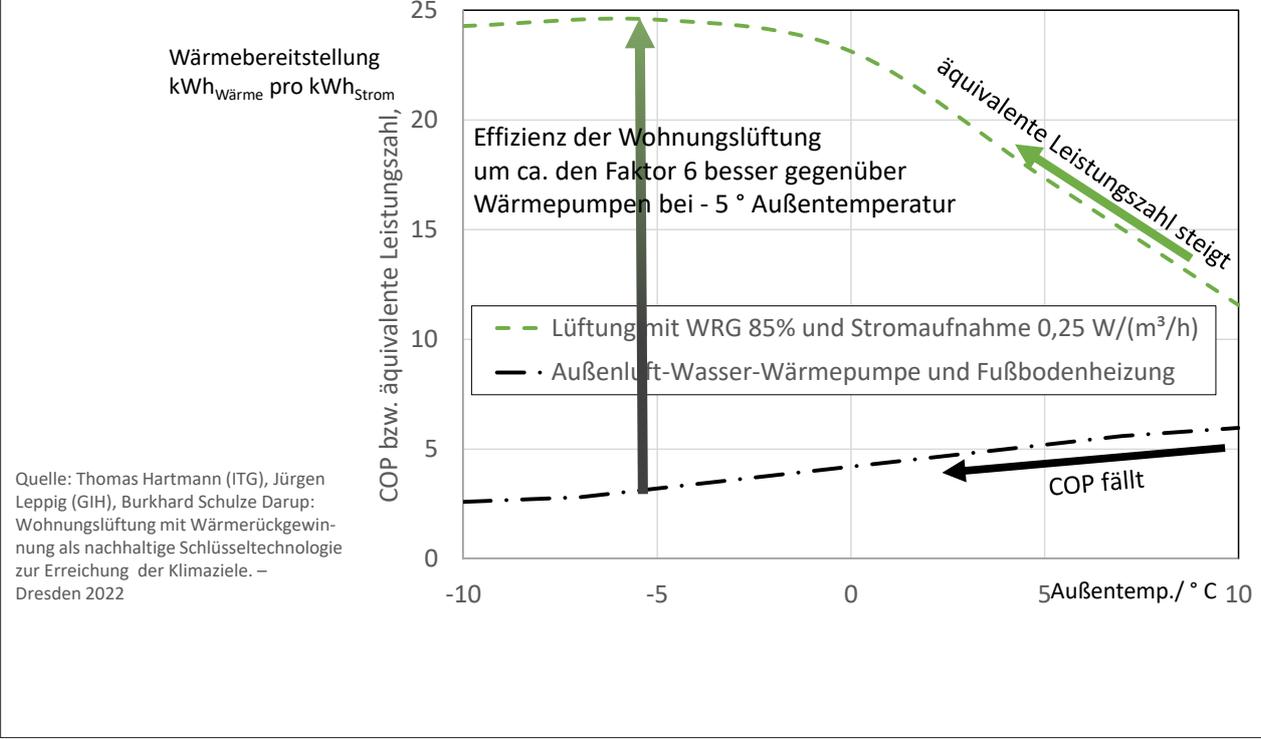
Schulze Darup (Hrsg.): Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbaubau im Quartier. – gefördert durch DBU AZ 33119/01-25

**Wohnungslüftung: Entwicklung der Investitionskosten (€/m²WF)**



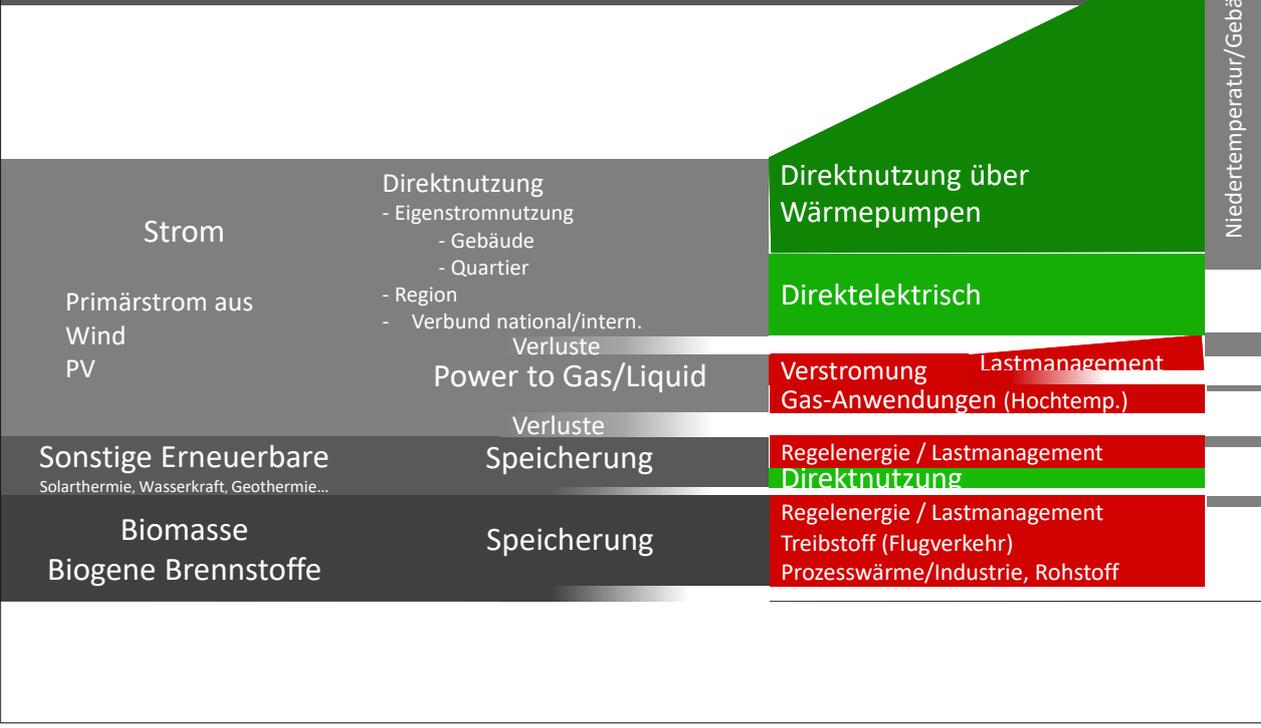
Quelle/Source: Ecofys, Schulze Darup: Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz. – Im Auftrag der DENEFF Berlin 2014  
 Schulze Darup 2018

### Vergleich äquivalenter Leistungszahlen der Wärmerückgewinnung mit Leistungszahlen (COP) von Wärmepumpen



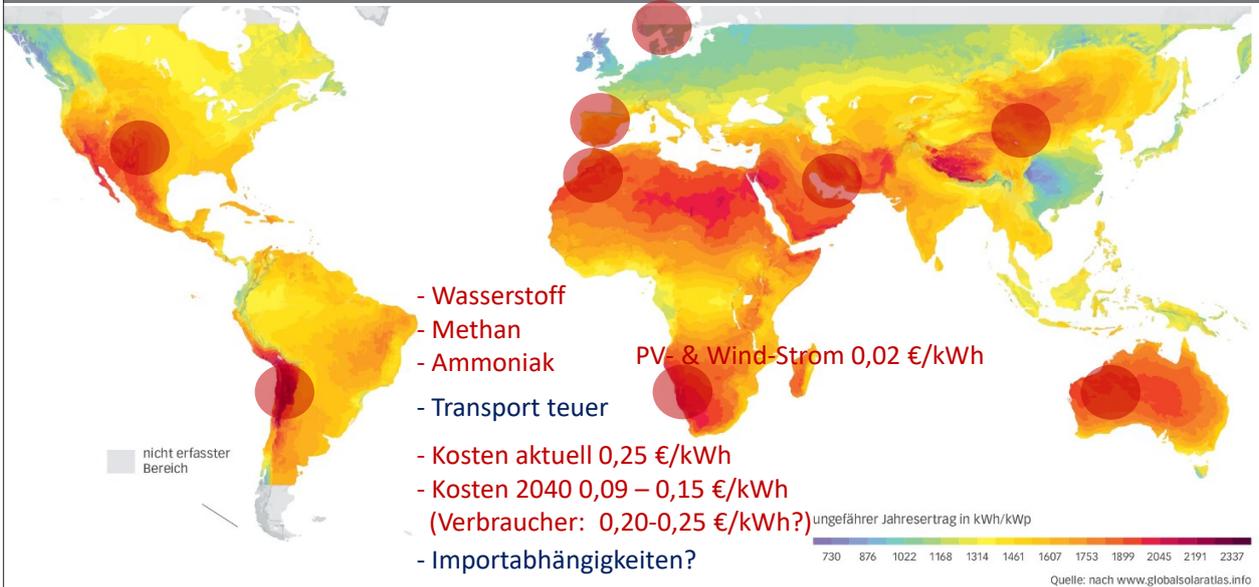
## 5. Erneuerbare Versorgungskonzepte

Wechsel von fossilen Brennstoffen zur erneuerbar-strombasierten Versorgung



### Ist Wasserstoff die Lösung?

- Energieertrag Photovoltaik bei optimierter Ausrichtung: kWh/a pro kW<sub>peak</sub>



Quelle: Grafiken - Machste dreckig - Machste sauber: Die Klimälösung (klimawandel-buch.de)

### Wann ist ein Gebäude & Quartier klimaneutral???

Endenergie < 0  
THG-Emissionen < 0

Erneuerbare Primärenergie  
so effizient wie möglich (PER)

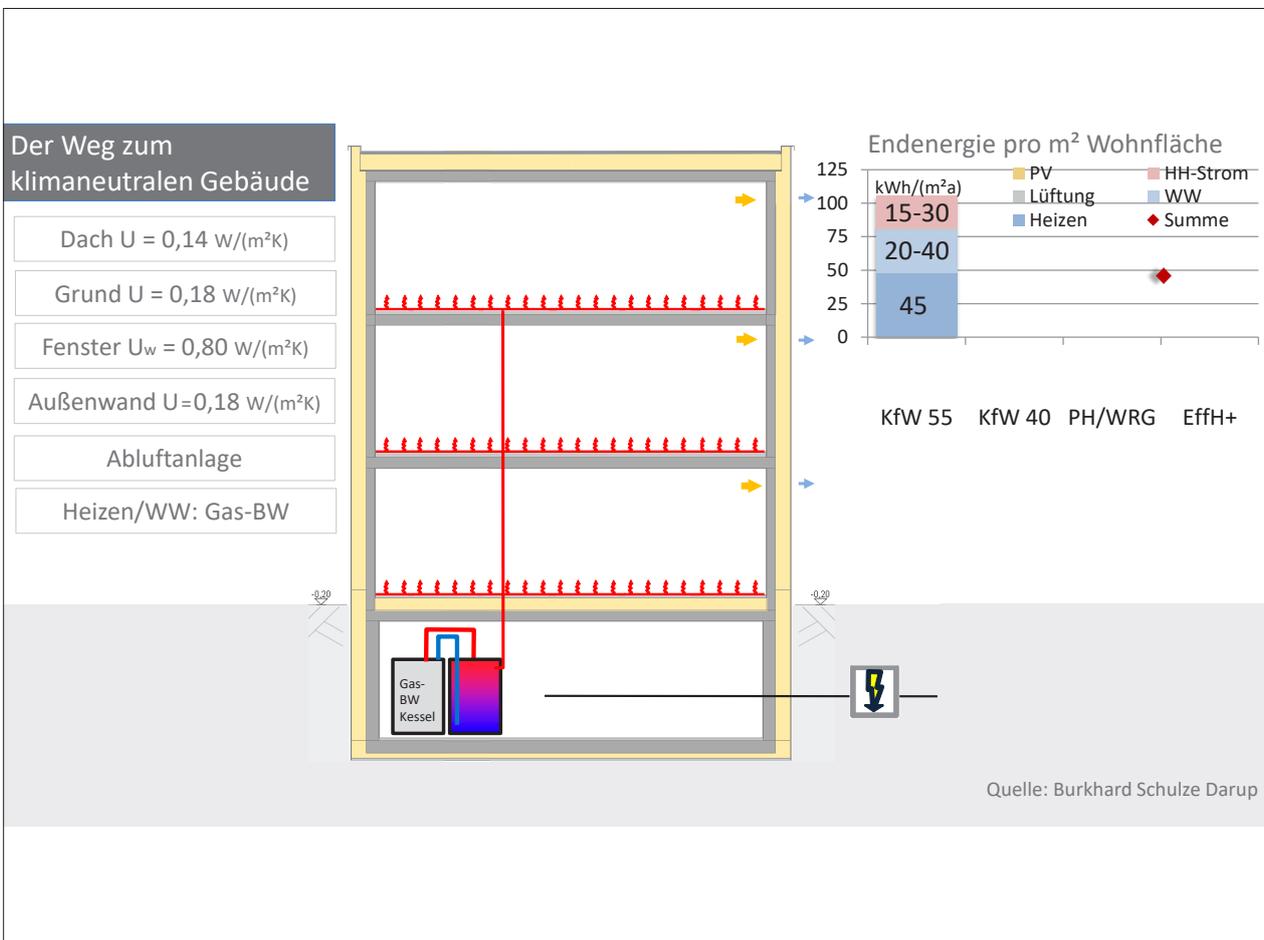
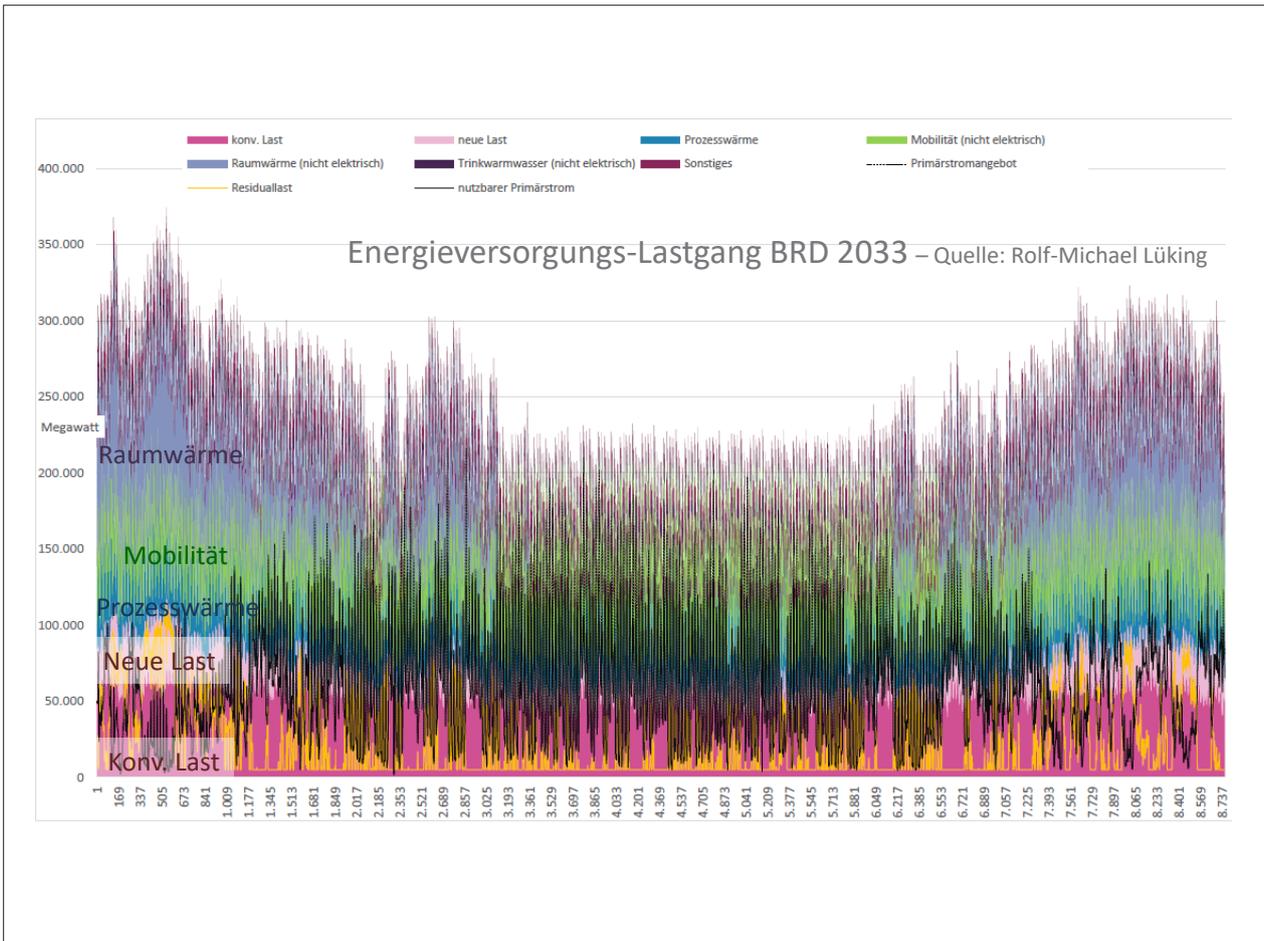
Erneuerbare  
Erträge (PV)

≥

Bedarf für:

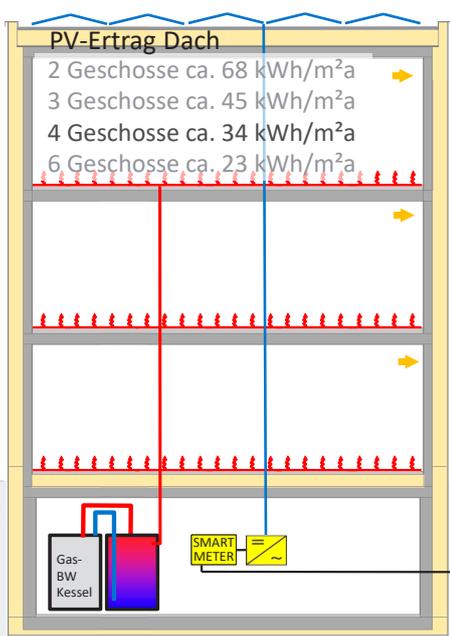
- Heizen / Kühlen
- Warmwasserbereitung
- Stromanwendungen  
(inkl. Haushaltsstrom)

- Mobilität
- Gebäudeerstellung

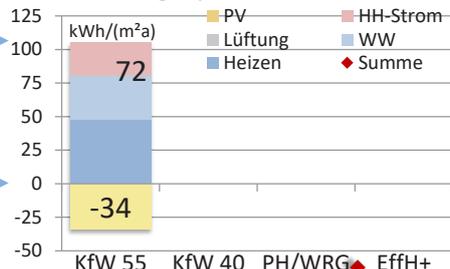


**Der Weg zum klimaneutralen Gebäude**

- Dach  $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Grund  $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fenster  $U_w = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Außenwand  $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Abluftanlage
- Heizen/WW: Gas-BW o. glw.
- Photovoltaik



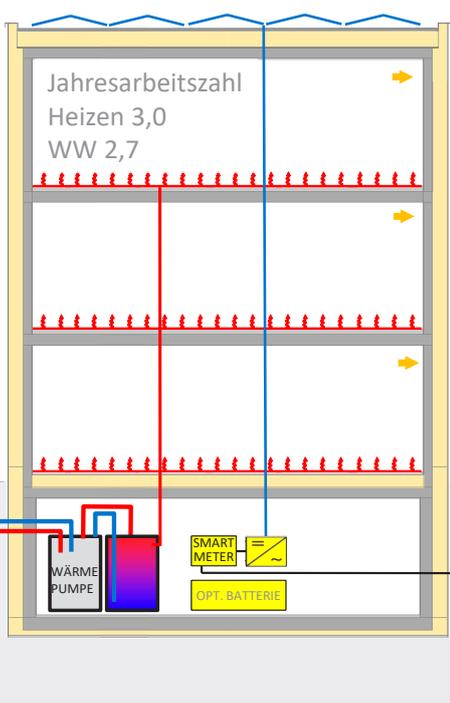
**Endenergie pro m<sup>2</sup> Wohnfläche**



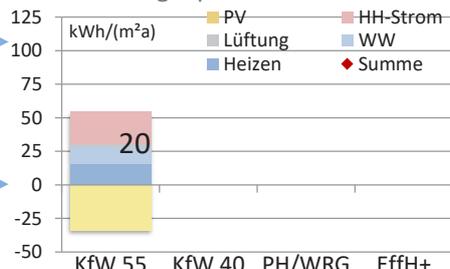
Quelle: Burkhard Schulze Darup

**Der Weg zum klimaneutralen Gebäude**

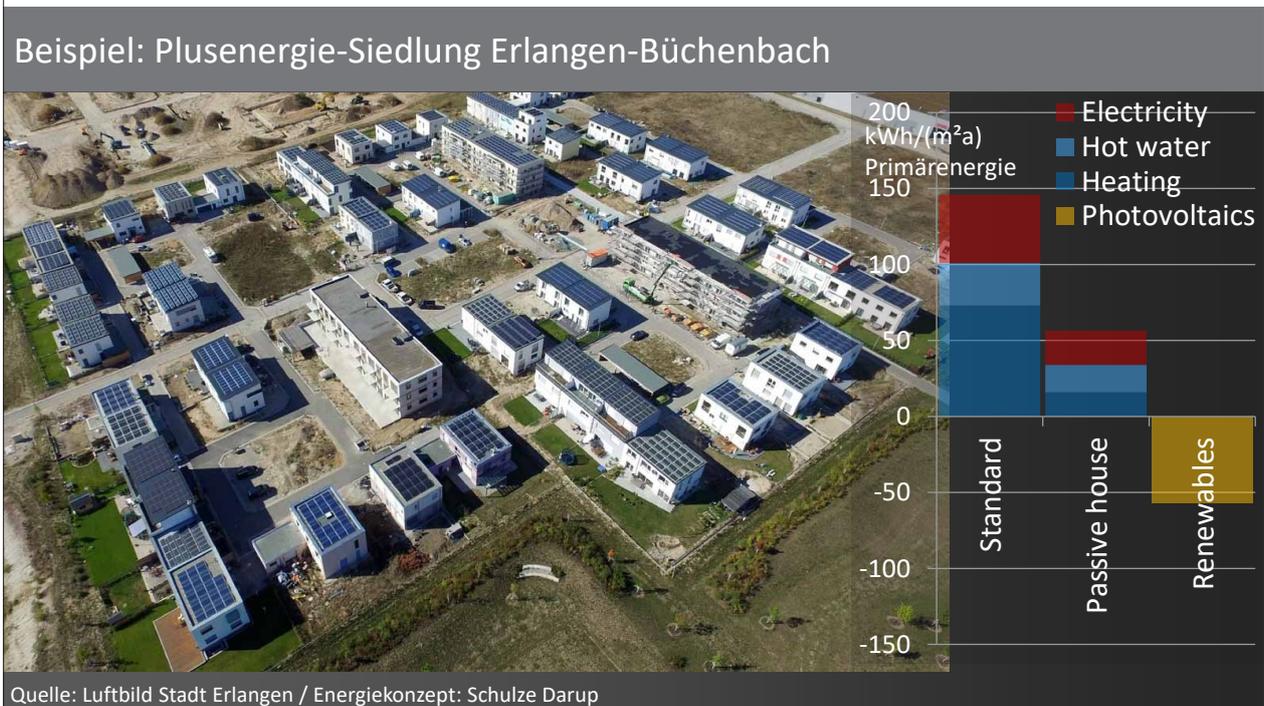
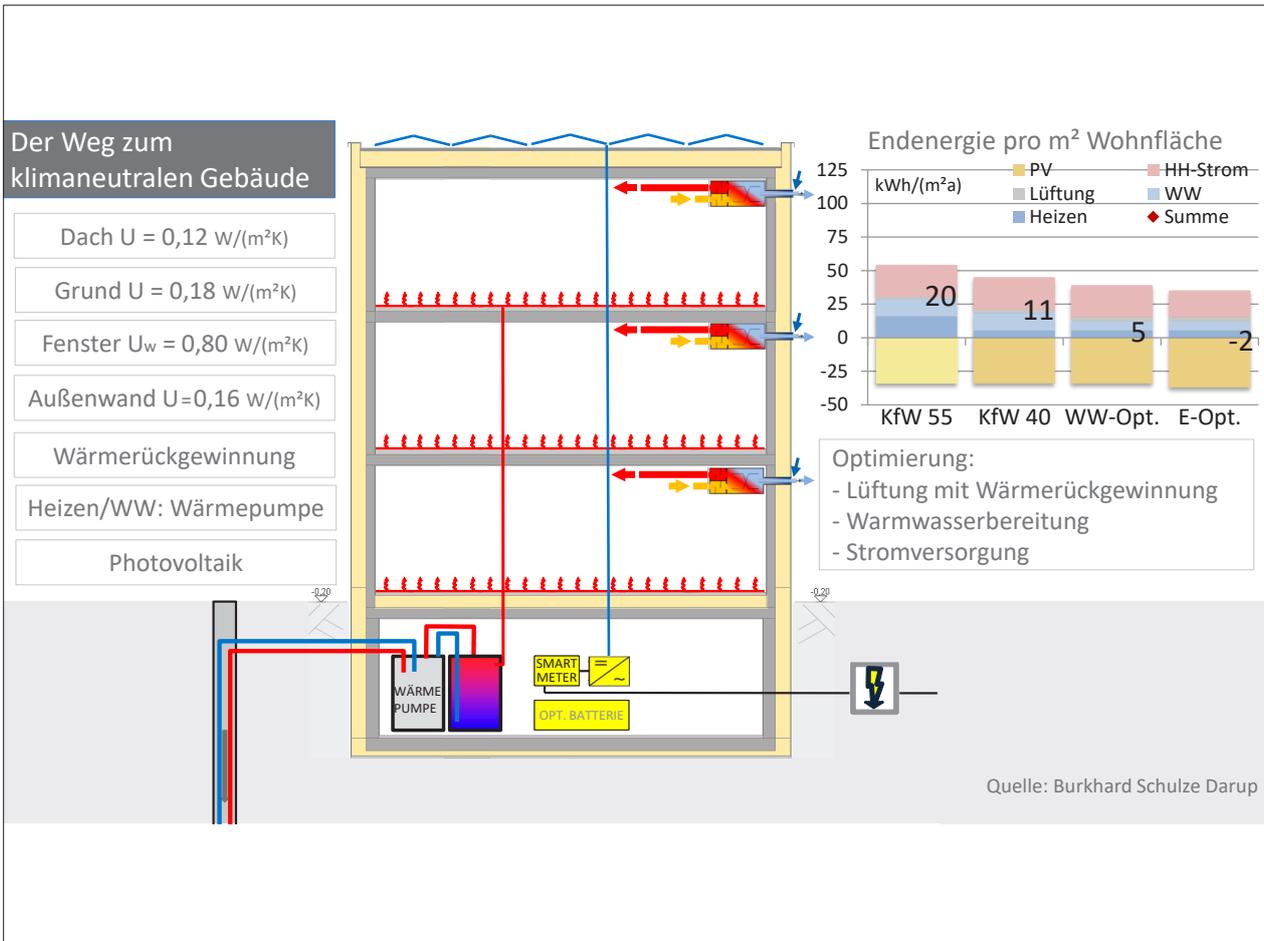
- Dach  $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Grund  $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Fenster  $U_w = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Außenwand  $U = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Abluftanlage
- Heizen/WW: Wärmepumpe
- Photovoltaik



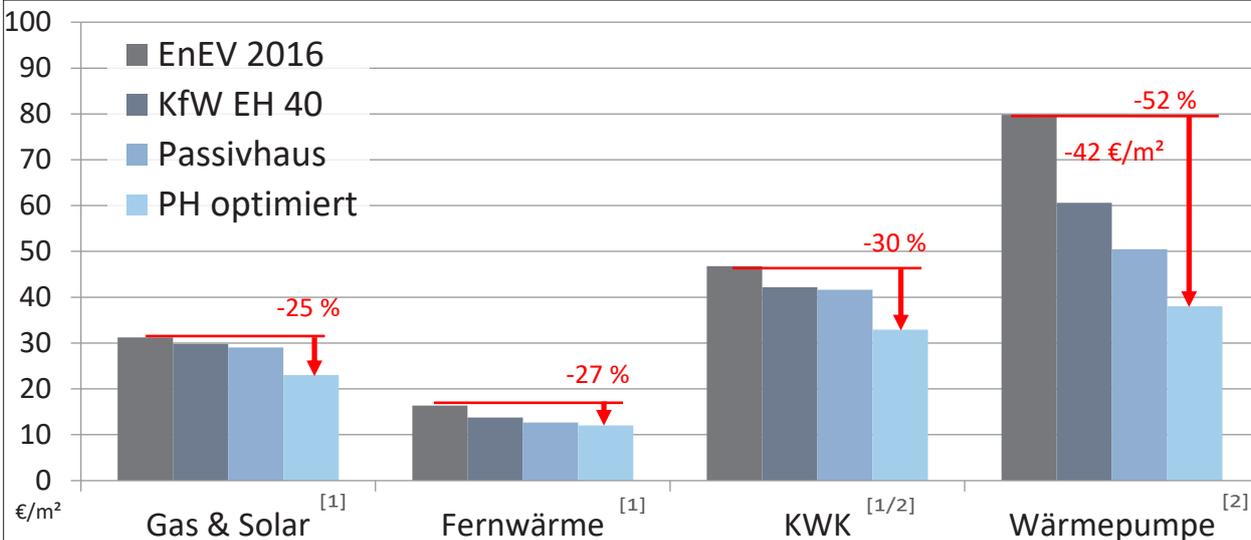
**Endenergie pro m<sup>2</sup> Wohnfläche**



Quelle: Burkhard Schulze Darup

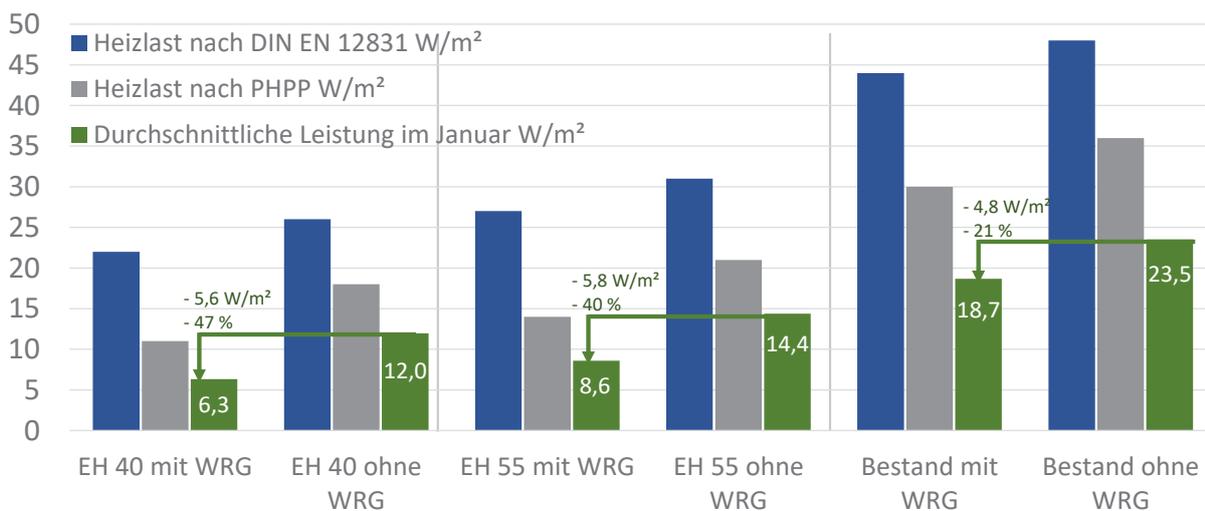


Geringe Heizlast als Voraussetzung für einfache & kostengünstige Versorgungssysteme

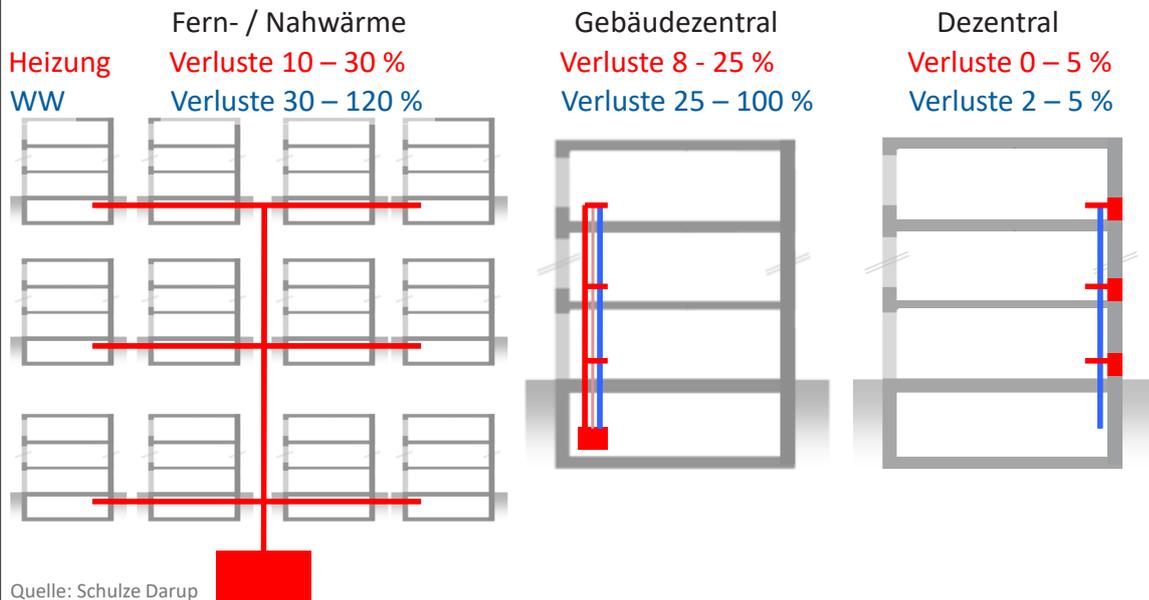


Quelle/Source: [1] EGS-Plan 2016 Beispielberechnung für ein MFH mit 1.800 m² Wohnfläche; Kosten ohne MWSt.  
 [2] Schulze Darup 2018 / Ecofys / Schulze Darup: Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz. – Berlin 11-2014

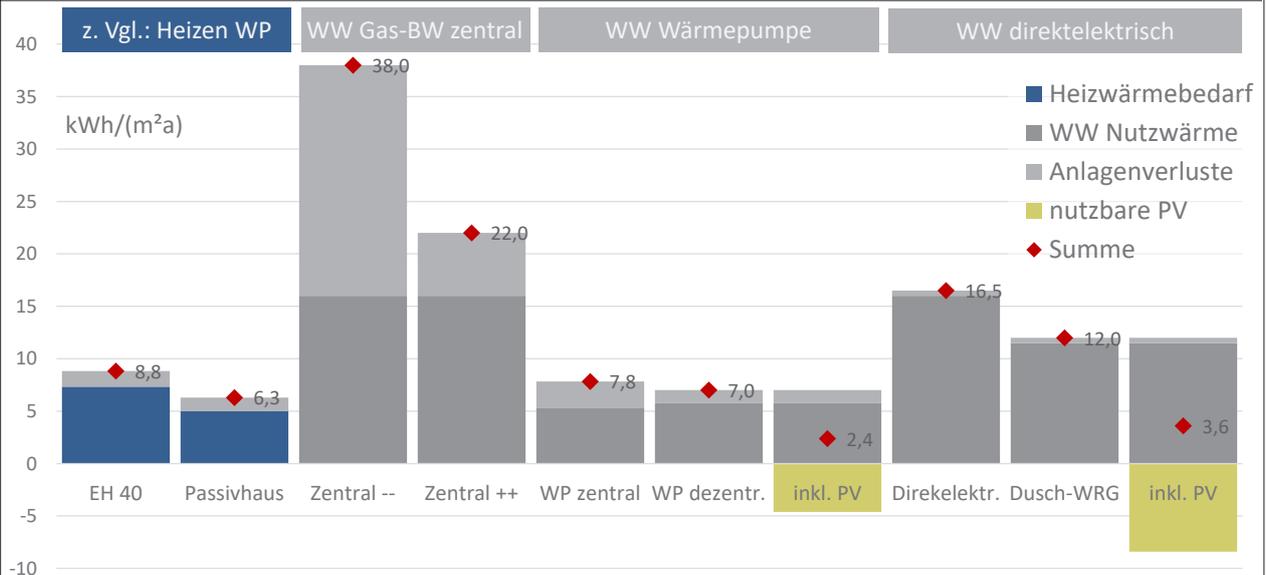
Vergleich (am Beispiel MFH, 1200 m² WF, 18 Wohneinheiten): Heizlast nach DIN EN 12831, PHPP und durchschnittlicher Leistung im Januar



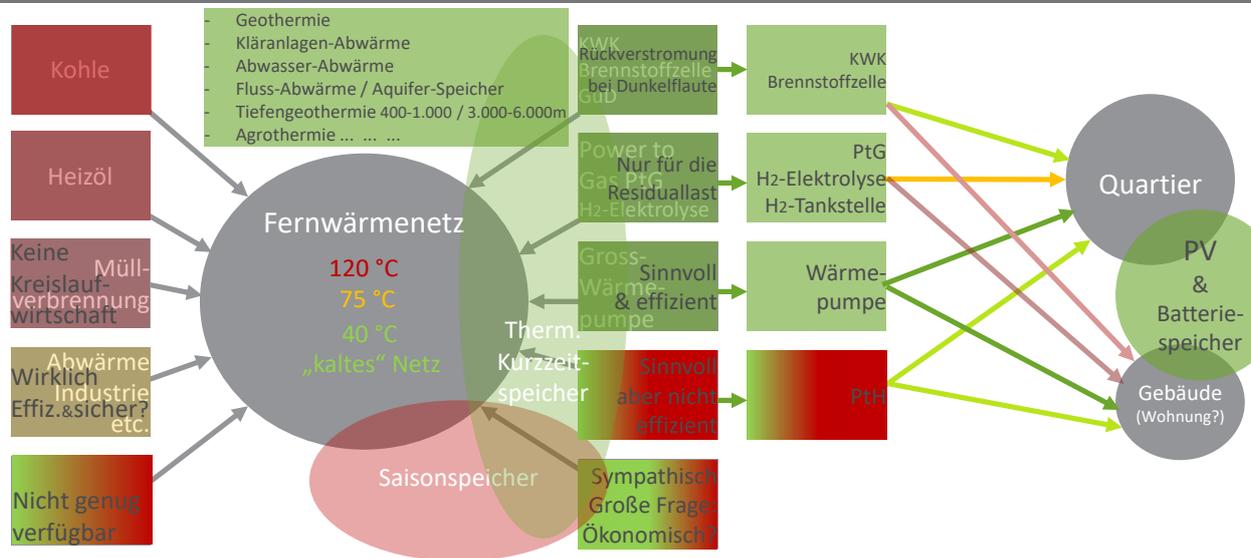
## Heizung & Warmwasserbereitung – Verteilverluste



## Warmwasserbereitung – Endenergiebedarf verschiedener Systemlösungen



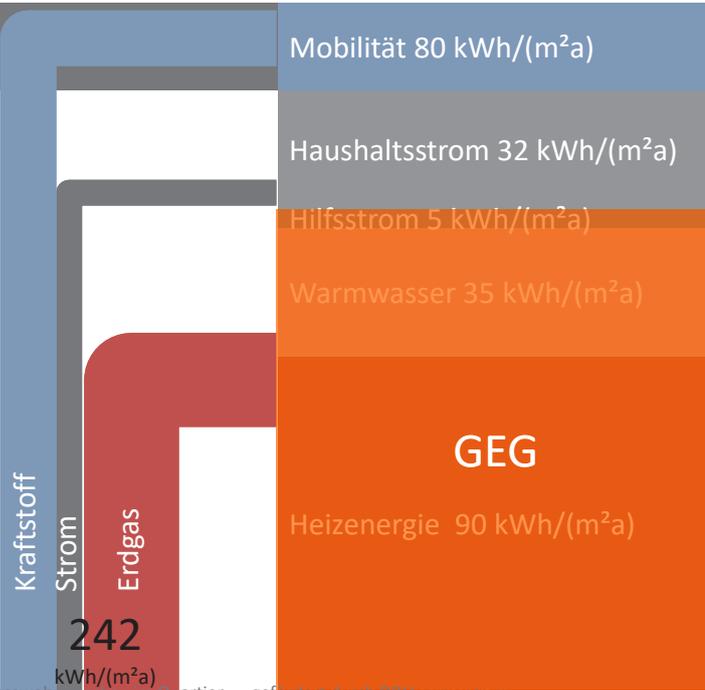
### Erneuerbare Fernwärme, erneuerbare Quartiere oder erneuerbare Gebäude?



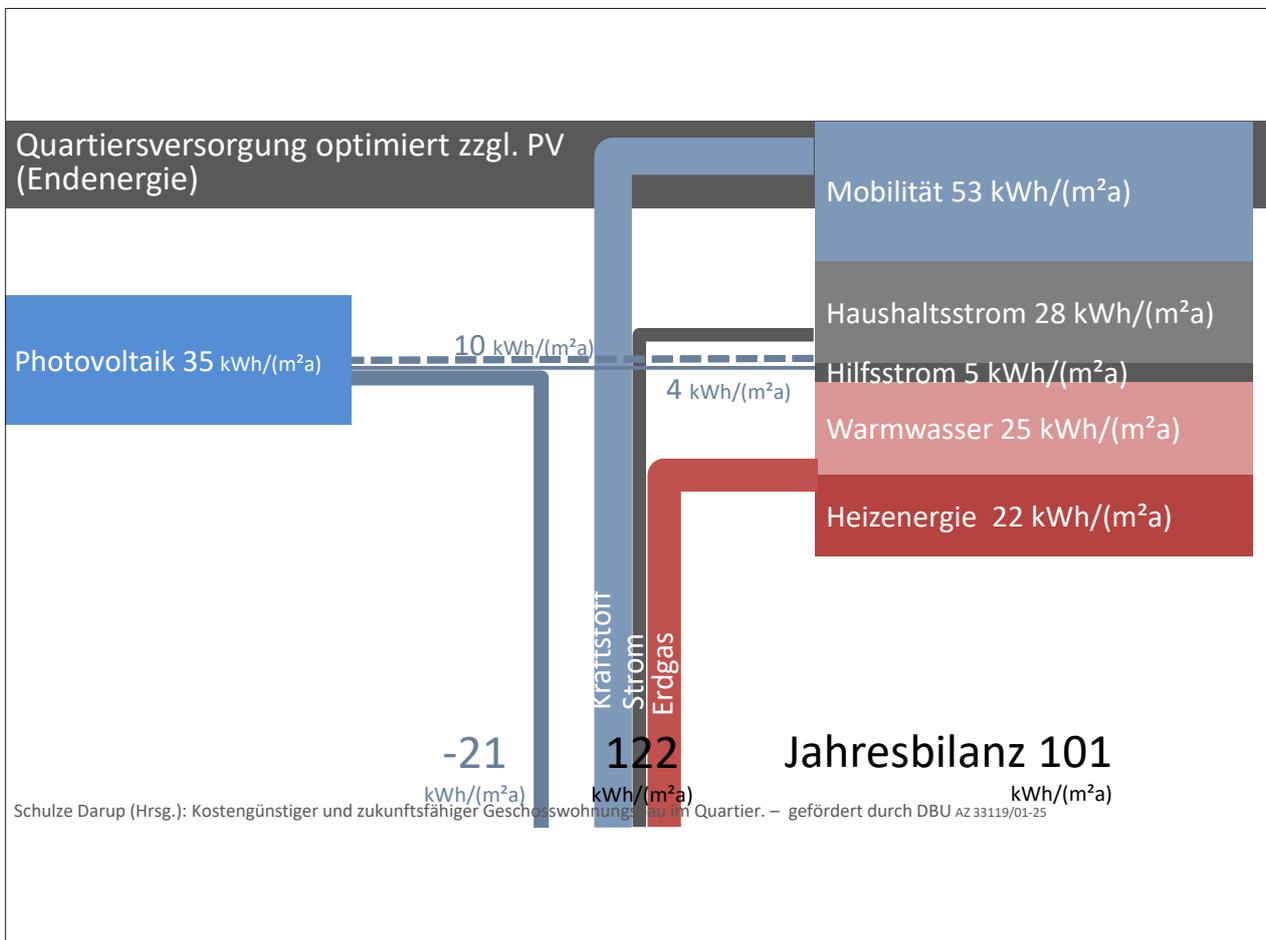
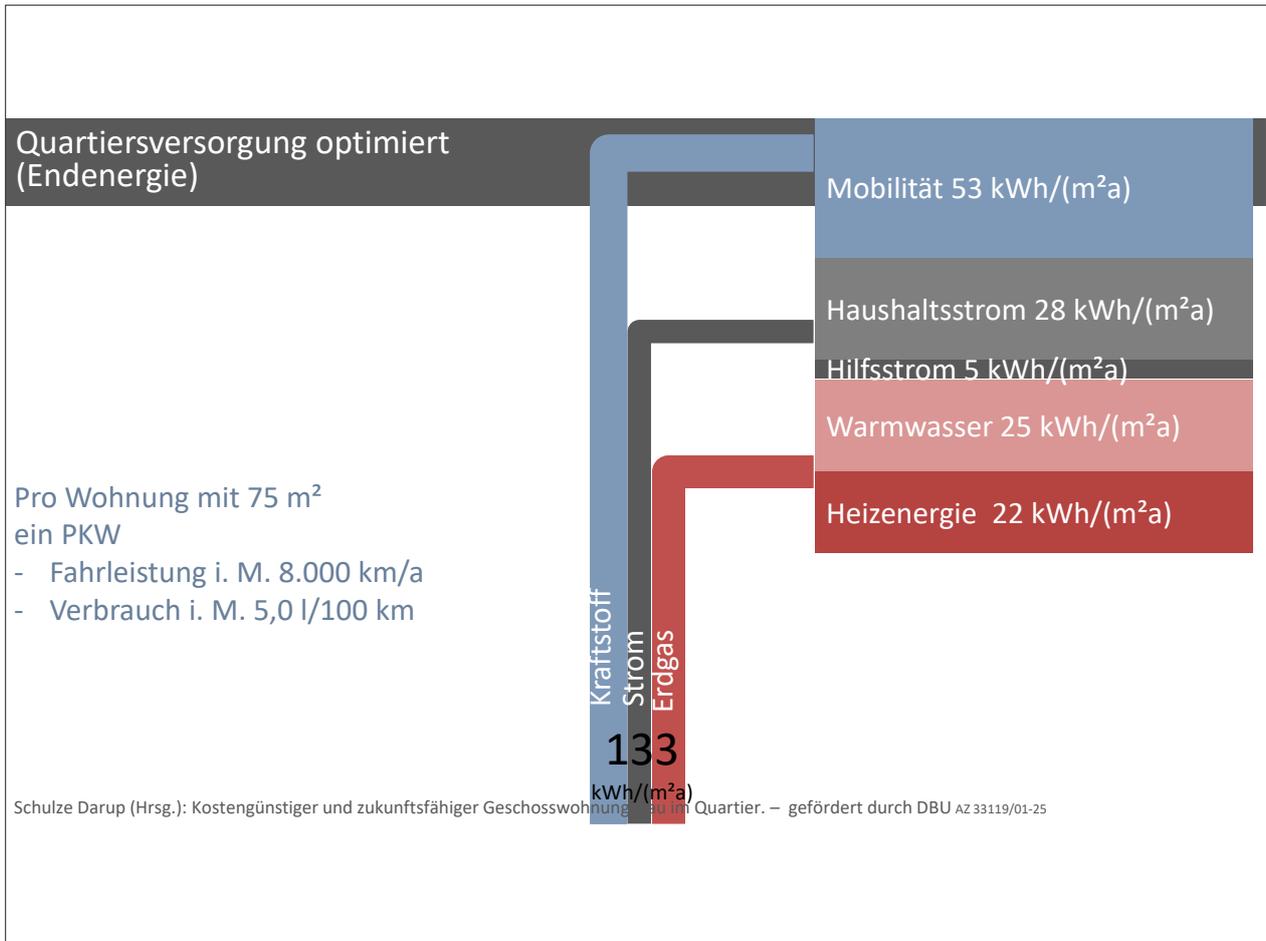
Quelle: Burkhard Schulze Darup

### Quartiersversorgung aktuell (Endenergie)

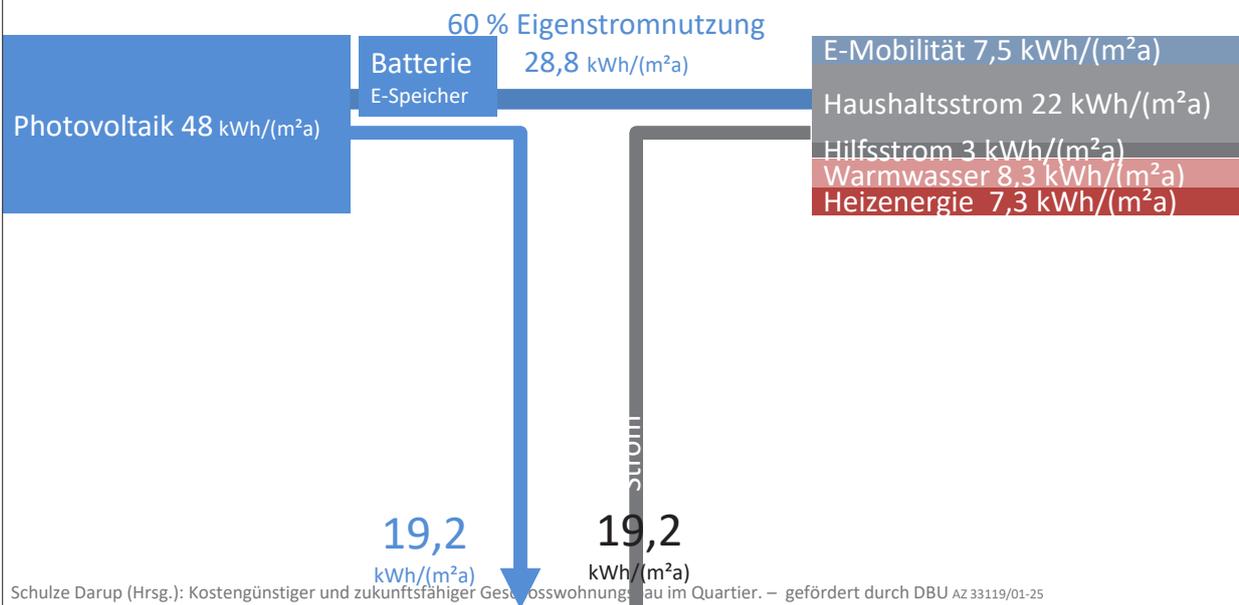
Pro Wohnung mit 75 m<sup>2</sup>  
ein PKW  
- Fahrleistung i. M. 8.000 km/a  
- Verbrauch i. M. 7,5 l/100 km



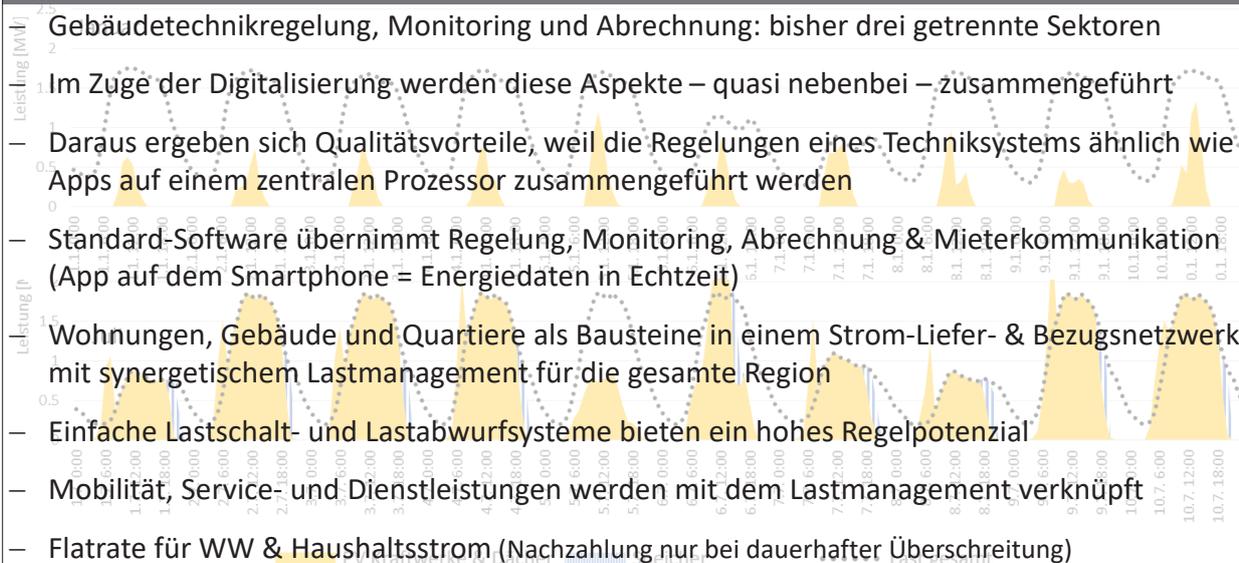
Schulze Darup (Hrsg.): Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau in Quartieren. – gefördert durch DBU AZ 33119/01-25



Quartiersversorgung Net Zero (bilanziell) – Wärmepumpen & E-Mobilität (Endenergie)



Lastmanagement & Mieterstrom-Modelle



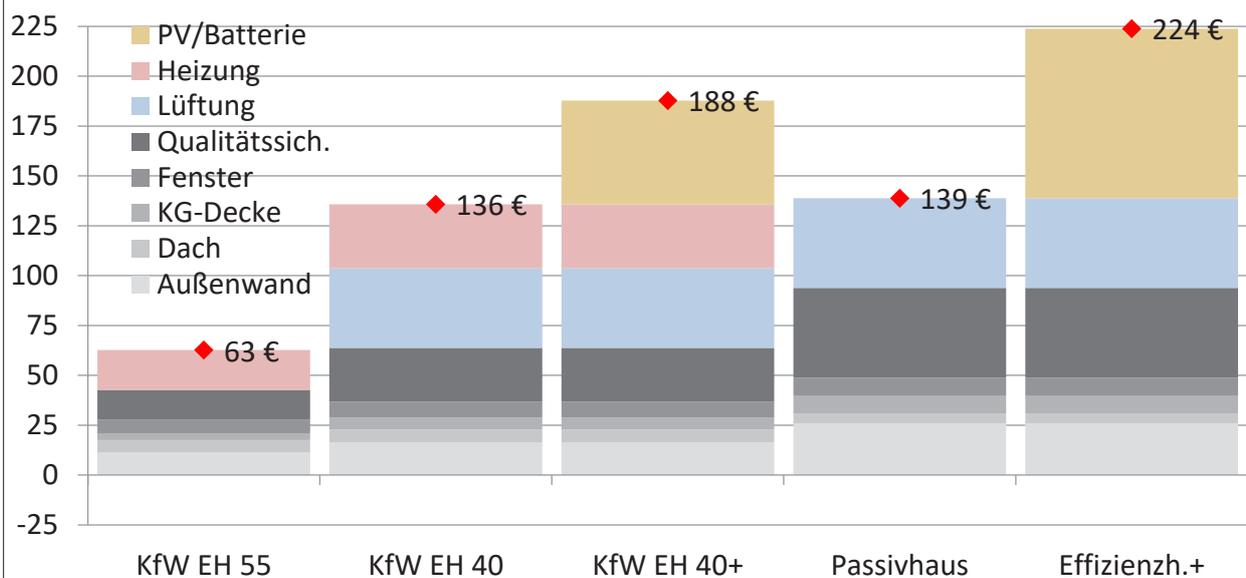
Quelle: Jürgen Schnieders (PHI), Burkhard Schulze Darup: Quartierskonzept Berlin-Detlefstraße im Auftrag der HOWOGE 2021

## 6. Kostenoptimierung und Lebenszyklusbilanzierung



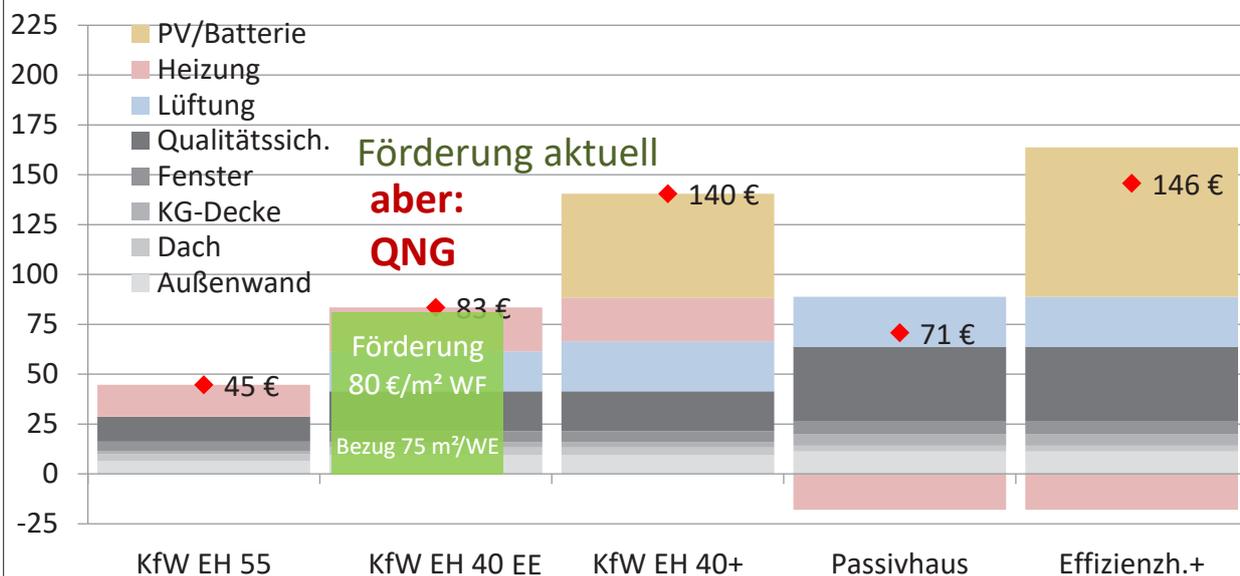
Foto: Schulze Darup

### Effizienz-Standards – Mehr-/Minderinvestitionen vs. GEG – erreichbar für 70 % der Planer



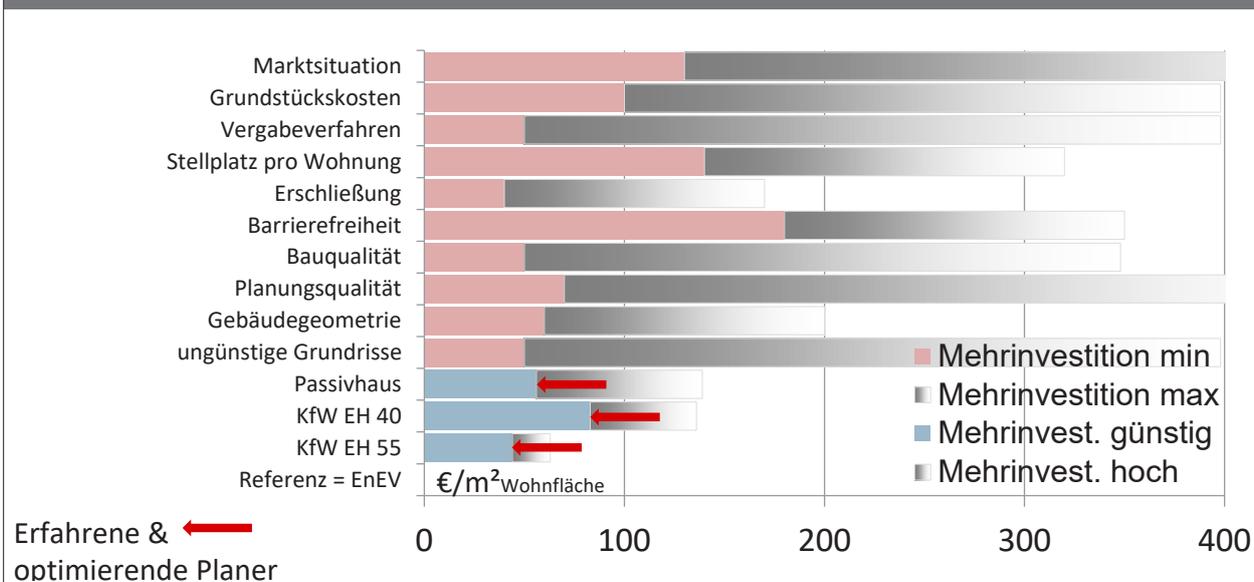
Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – Gefördert: DBU AZ 33119, Berlin 2019

Effizienz-Standards – Mehr-/Minderinvestitionen vs. GEG – erreichbar für 30 % der Planer  
BEG aktuell: EH40 NH



Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – Gefördert: DBU AZ 33119, Berlin 2019

Wichtige Kostentreiber



Schulze Darup: Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier. – Gefördert: DBU AZ 33119, Berlin 2019

Energiekonzept zum  
Bebauungsplan WarnowQuartier | 18146 Rostock

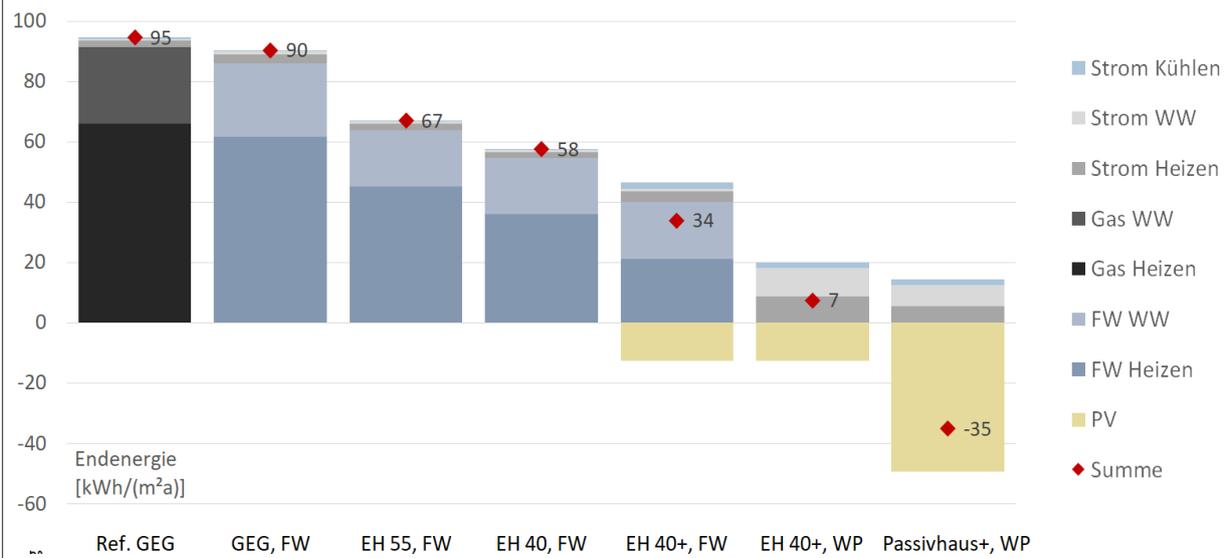


- Rostock bis 2035 klimaneutral
- Quartier beispielgebend für die gesamte Stadt
- d. h. sehr ambitionierte und zukunftsweisende Standards für die Bereiche
  - Lebensqualität
  - Ressourcenschutz
  - Klimaschutz



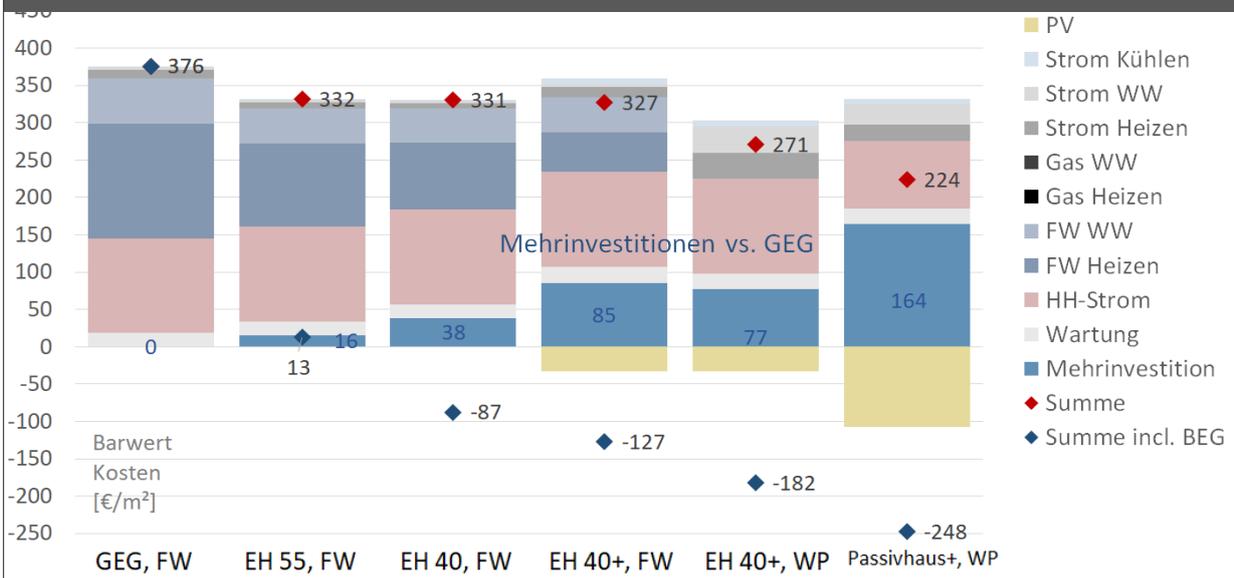
Abbildung: Stadt Rostock / Machleidt

### Endenergiebedarf



Quelle: target / Schulze Darup / PHI, Jürgen Schnieders

## Lebenszykluskosten

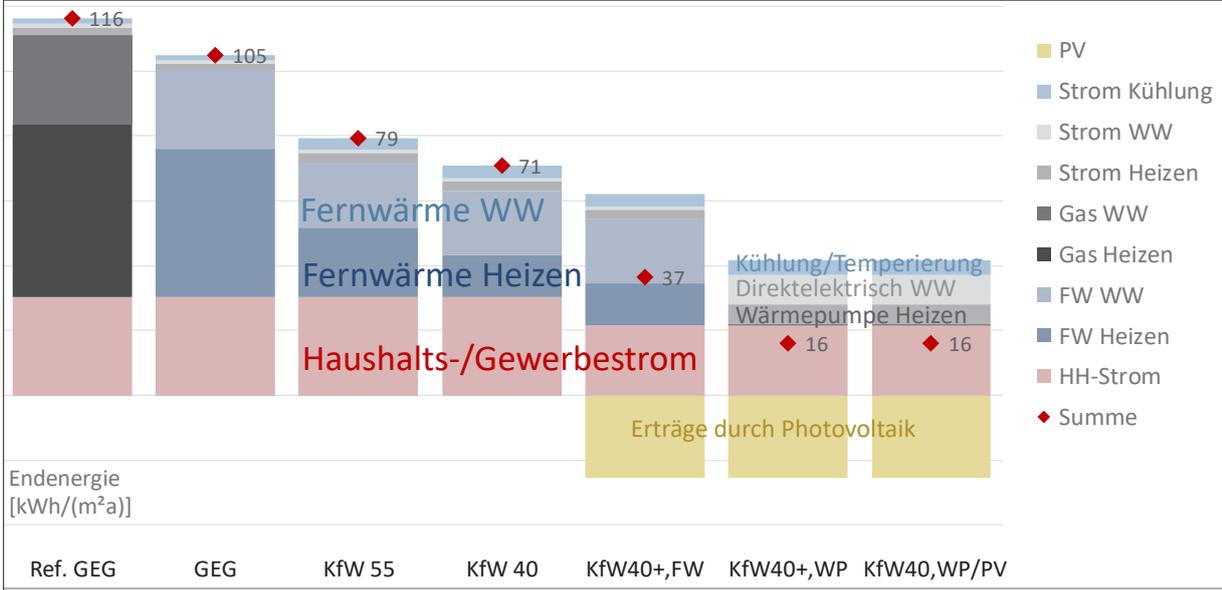


## Detlevstraße, Berlin – Quartierskonzept für 450 Wohnungen



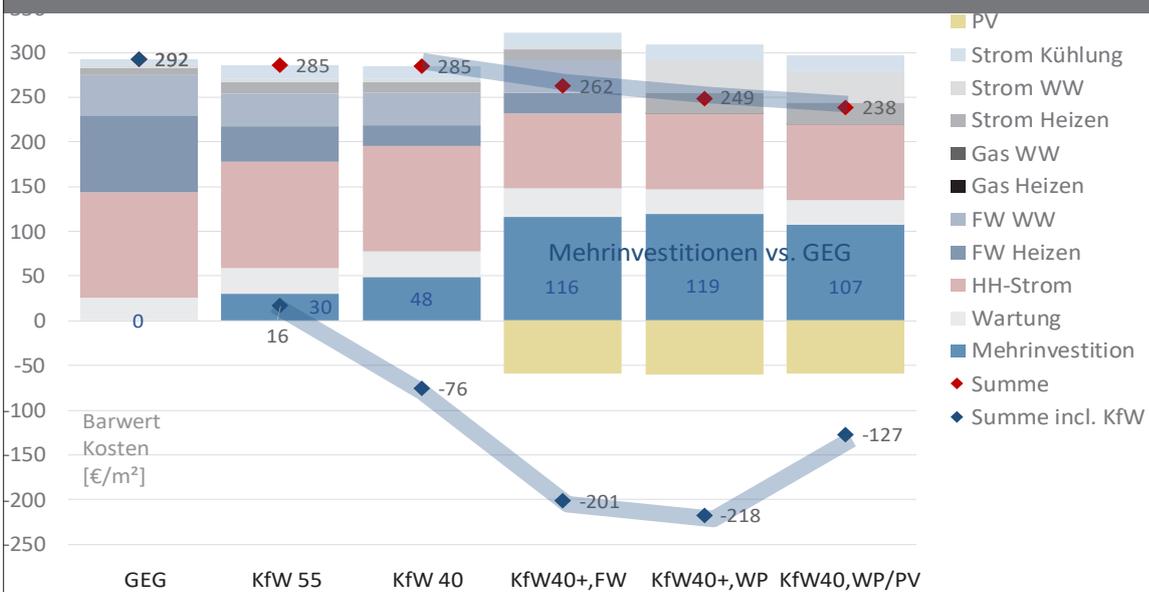
Quelle: HOWOGE Berlin / blauraum Hamburg / Energiekonzept: Burkhard Schulze Darup & Jürgen Schnieders PHI 2021

### Detlevstraße: Spezifischer Endenergiebedarf [kWh/(m²a)]



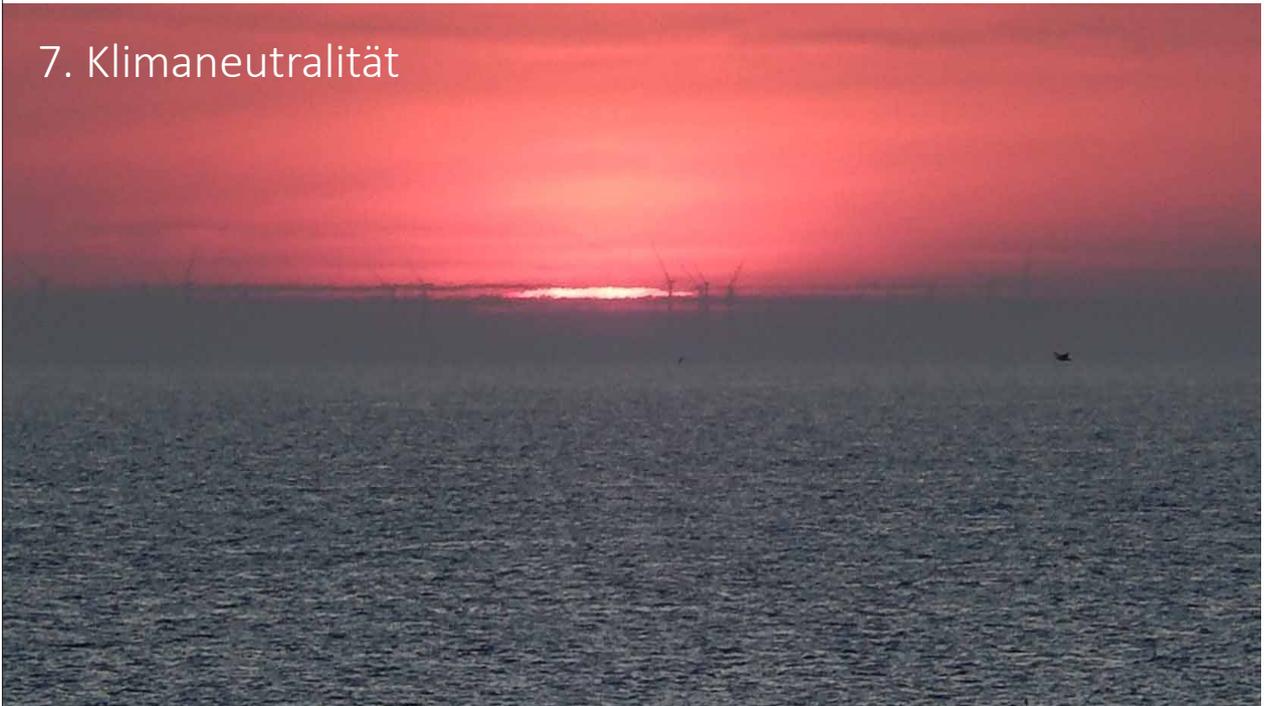
Quelle: Schulze Darup / PHI, Jürgen Schnieders

### Detlevstraße: Lebenszykluskosten über 20 Jahre als Barwert pro m² Wohnfläche [€/m²]

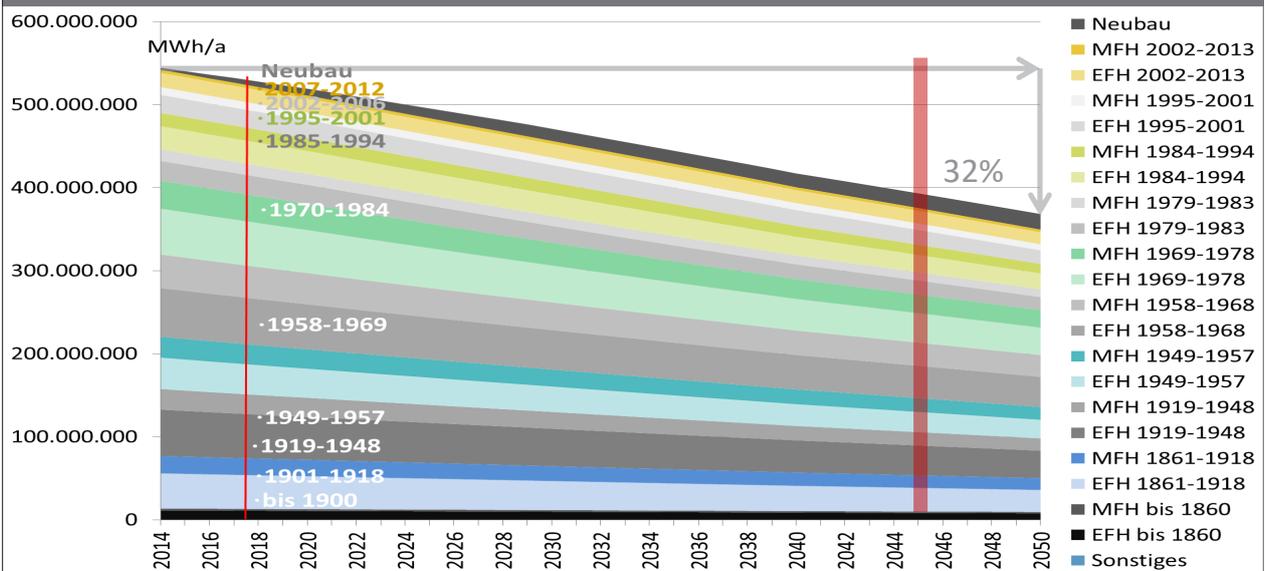


Quelle: Schulze Darup / PHI, Jürgen Schnieders

## 7. Klimaneutralität

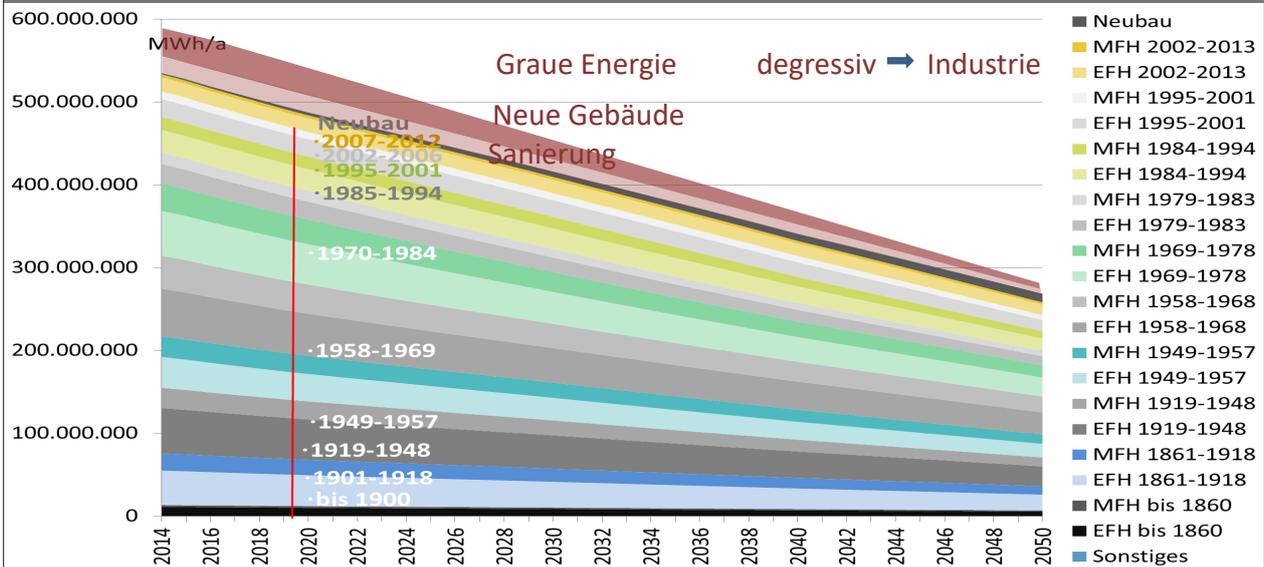


Heizenergiebedarf – Referenzszenario (BRD/Wohnen)  
Sanierungsquote 1,2 %/a



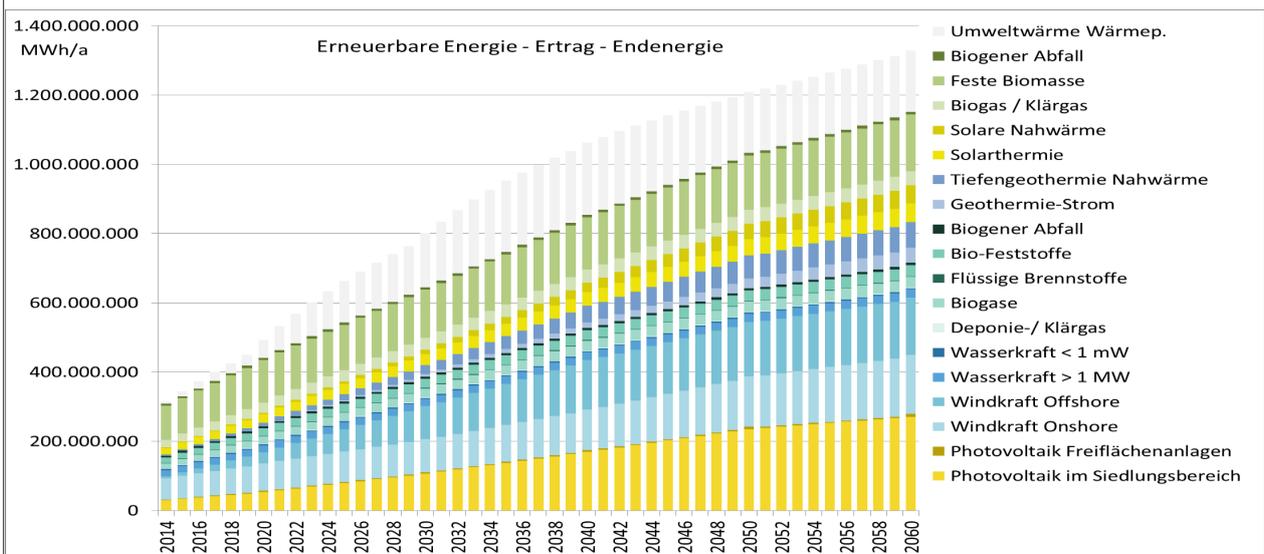
Quelle: DGS / Schulze Darup: Gebäudetypologie und Energieeffizienzstrategie BRD, Berlin 2015 & Schulze Darup 2018

### Heizenergiebedarf – Zielszenario (BRD/Wohnen) – inkl. Grauer Energie Sanierungsquote 1,6 %/a



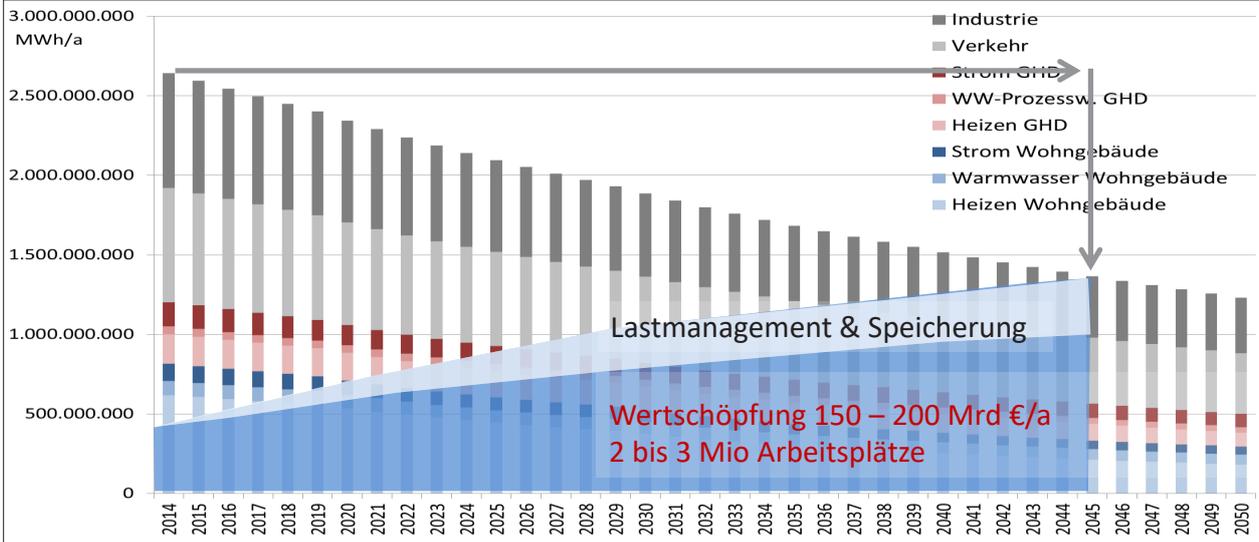
Quelle: DGS / Schulze Darup: Gebäudetypologie und Energieeffizienzstrategie BRD, Berlin 2015 & Schulze Darup 2018

### Ertrag der erneuerbaren Energien – BRD Klimaschutzszenario



Quelle: DGS / Schulze Darup: Gebäudetypologie und Energieeffizienzstrategie BRD, Berlin 2015 & Schulze Darup 2018

Klimaschutzziel BRD: Reduktion des Energiebedarfs durch Effizienz Versorgung des Restbedarfs durch erneuerbare Energien



Quelle: DGS / Schulze Darup: Gebäudetypologie und Energieeffizienzstrategie BRD, Berlin 2015 & Schulze Darup 2018



**Anhang I**  
**Umwelt-Produktdeklaration**  
***nach ISO 14025 und EN 15804+A2***

**Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., Hannover**  
**Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)**

# UMWELT-PRODUKTDEKLARATION

nach ISO 14025 und EN 15804+A2

Deklarationsinhaber	Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.
Herausgeber	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Programmhalter	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Deklarationsnummer	EPD-BKS-20210205-IBE2-DE
Ausstellungsdatum	11.10.2021
Gültig bis	16.09.2026

Kalksandstein  
Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.

[www.ibu-epd.com](http://www.ibu-epd.com) | <https://epd-online.com>



## 1. Allgemeine Angaben

<b>Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.</b>	<b>Kalksandstein</b>
<b>Programmhalter</b> IBU – Institut Bauen und Umwelt e.V. Panoramastr. 1 10178 Berlin Deutschland	<b>Inhaber der Deklaration</b> Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. Entenfangweg 15 30419 Hannover Deutschland
<b>Deklarationsnummer</b> EPD-BKS-20210205-IBE2-DE	<b>Deklariertes Produkt/deklarierte Einheit</b> 1 Tonne Kalksandstein
<b>Diese Deklaration basiert auf den Produktkategorien-Regeln:</b> Kalksandstein, 11.2017 (PCR geprüft und zugelassen durch den unabhängigen Sachverständigenrat (SVR))	<b>Gültigkeitsbereich:</b> Die Anwendung dieses Dokumentes ist auf Kalksandsteine beschränkt, die von Mitgliedsunternehmen des Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. hergestellt werden. Für diese Deklaration wurden von 52 Produktionsstandorten Daten aus dem Jahr 2019 zur Verfügung gestellt. Diese Mitglieder repräsentieren nach Anzahl rund 70 % der im Bundesverband zusammengeschlossenen Hersteller von Kalksandsteinen. Das Produktionsvolumen dieser Firmen liegt - nach Produktionsmenge - bei über 70 % des deutschen Marktes
<b>Ausstellungsdatum</b> 11.10.2021	Der Inhaber der Deklaration haftet für die zugrundeliegenden Angaben und Nachweise; eine Haftung des IBU in Bezug auf Herstellerinformationen, Ökobilanzdaten und Nachweise ist ausgeschlossen. Die EPD wurde nach den Vorgaben der EN 15804+A2 erstellt. Im Folgenden wird die Norm vereinfacht als EN 15804 bezeichnet.
<b>Gültig bis</b> 16.09.2026	<b>Verifizierung</b> Die Europäische Norm EN 15804 dient als Kern-PCR Unabhängige Verifizierung der Deklaration und Angaben gemäß ISO 14025:2010 <input type="checkbox"/> intern <input checked="" type="checkbox"/> extern
 Dipl. Ing. Hans Peters (Vorstandsvorsitzender des Instituts Bauen und Umwelt e.V.)	 Dr. Eva Schmincke, Unabhängige/r Verifizierer/-in
 Dr. Alexander Röder (Geschäftsführer Instituts Bauen und Umwelt e.V.)	

## 2. Produkt

### 2.1 Produktbeschreibung/Produktdefinition

Die genannten Produkte sind Mauersteine verschiedener Maße und Grenzabmaße aus Kalksandstein mit unterschiedlicher Form und Ausbildung. Kalksandstein gehört zur Gruppe der dampfgehärteten Baustoffe.

Für das Inverkehrbringen des Produkts in der EU/EFTA (mit Ausnahme der Schweiz) gilt die Verordnung (EU) Nr. 305/2011 (CPR). Das Produkt benötigt eine Leistungserklärung unter Berücksichtigung von EN 771-2:2011+A1:2015, Festlegungen für Mauersteine – Teil 2: Kalksandsteine und die CE-Kennzeichnung.

Für die Verwendung gelten die jeweiligen nationalen Bestimmungen.

### 2.2 Anwendung

Kalksandsteine in geschütztem und ungeschütztem Mauerwerk, Stützen und Trennwänden.

### 2.3 Technische Daten

#### Bautechnische Daten

Bezeichnung	Wert	Einheit
Brutto- Trockenrohddichte nach EN 772-13	$\geq 1,01$ $\leq 3,60$	kg/dm <sup>3</sup>
Mittelwert der Druckfestigkeit senkrecht zur Lagerfläche nach EN 772-1	$\geq 5$ $\leq 75$	N/mm <sup>2</sup>
Brandverhaltensklasse nach	A1	-

EN13501-1		
Wärmeleitfähigkeit nach EN 1745	0,5 - 1,8	W/(mK)
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl nach EN ISO 12572	5/10 15/25	-
Mittelwert der Wasseraufnahme nach EN 772-21	≥ 10 ≤ 20	%

Leistungswerte des Produkts entsprechend der Leistungserklärung in Bezug auf dessen wesentliche Merkmale gemäß EN 771-2:2011+A1:2015, Festlegungen für Mauersteine – Teil 2: Kalksandsteine.

Für das Inverkehrbringen in der EU/EFTA (mit Ausnahme der Schweiz) gilt die Verordnung (EU) Nr. 305/2011 vom 9.3.2011. Die Produkte benötigen eine Leistungserklärung unter Berücksichtigung von DIN EN 771-2: 2011-07+A1: 2015; Festlegungen für Mauersteine - Teil 2: Kalksandsteine und die CE-Kennzeichnung.

Für die Verwendung der Produkte gelten die jeweiligen nationalen Bestimmungen, in Deutschland die

DIN 20000-402: 2017-01; Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 402: Regeln für die Verwendung von Kalksandsteinen nach EN 771- 2: 2015-11 sowie im Sonderfall allgemeine Bauartgenehmigungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, Berlin.

**2.4 Lieferzustand**

Die produzierten Formate der Bausteine liegen zwischen 240 mm \* 115 mm \* 52 mm (Länge \* Breite \* Höhe) und 998 mm \* 365 mm \* 623 mm.

**2.5 Grundstoffe/Hilfsstoffe**

Bezeichnung	Wert	Einheit
Sand	65 - 85	M-%
Kies	0 - 45	M-%
Brechsand	0 - 10	M-%
Branntkalk	5 - 12	M-%
Gesteinsmehl	0 - 2	M-%

**Sand**

Der eingesetzte Sand ist ein natürlicher Rohstoff, der neben dem Hauptmineral Quarz (SiO<sub>2</sub>) natürliche Neben- und Spurenminerale enthält. Er ist ein wesentlicher Grundstoff für die hydrothermale Reaktion während der Dampfhärtung. Zum Erreichen bestimmter Produkteigenschaften werden mitunter weitere natürliche Rohstoffe zugemischt. Das können Grob- und Feinkomponenten sein wie z. B. Kies der Fraktion 2 – 8 mm, Kalksteinsplitt, Grauwackesplitt, Basaltsplitt oder Quarz oder Kalkstein.

**Kies**

Kies ist eine natürlich gerundete Gesteinskörnung mit einem Größtkorn > 4 mm. Für die Herstellung von Kalksandstein wird Kies der Fraktion 2– 8 mm eingesetzt. Kies mit einem Größtkorn bis 4 mm wird als Kiessand bezeichnet. Kiese werden aus Fluss- oder Gletschergeschieben durch Baggern oder Saugen gewonnen.

**Brechsand**

Brechsand ist in der Kalksandsteinindustrie ein zerkleinerter natürlicher Sand. Durch den Brechvorgang sind die Sandkörner nicht rund, sondern kantig und splittrig. Er sorgt als Zuschlagstoff für eine gute Verzahnung.

**Branntkalk:**

Branntkalk gem. EN 459 dient als Bindemittel und wird durch Brennen von natürlichem Kalkstein hergestellt.

**Gesteinsmehle**

Gesteinsmehle sind in der Kalksandsteinindustrie mehlfine Stoffe aus natürlichem Gestein, z.B. Kalksteinmehl oder Quarzmehl. Es handelt sich hierbei um Zuschläge, die zur Verbesserung der Sieblinie und der Verarbeitbarkeit dienen.

**Wasser**

Das Vorhandensein von Wasser ist Grundlage für die hydraulische Reaktion der Bindemittel. Eine kontinuierliche Prozessführung erfordert die Einstellung eines definierten Wassergehaltes beim Pressen.

Das Produkt/mindestens ein Teilerzeugnis enthält Stoffe der ECHA-Liste der für eine Zulassung in Frage kommenden besonders besorgniserregenden Stoffe (en: Substances of Very High Concern – SVHC) (20.12.2018) oberhalb von 0,1 Massen-%: **nein**.

Das Produkt/mindestens ein Teilerzeugnis enthält weitere CMR-Stoffe der Kategorie 1A oder 1B, die nicht auf der Kandidatenliste stehen, oberhalb von 0,1 Massen-% in mindestens einem Teilerzeugnis: **nein**.

Dem vorliegenden Bauprodukt wurden Biozidprodukte zugesetzt oder es wurde mit Biozidprodukten behandelt (es handelt sich damit um eine behandelte Ware im Sinne der Biozidprodukteverordnung (EU) Nr. 528/2012): **nein**.

**2.6 Herstellung**

Die verwendeten Rezepturen werden den jeweiligen Rohstoffeigenschaften angepasst und variieren innerhalb der unter 2.5. Grundstoffe/Hilfsstoffe angegebenen Schwankungsbreiten. Weitere Stoffe sind nicht enthalten. Die Rohstoffe (Sand, Branntkalk und Wasser) werden entsprechend der jeweiligen Rezeptur gravimetrisch dosiert und intensiv miteinander vermischt.

Anschließend wird die Rohstoffmischung in einem Reaktor genannten Reaktionsbehälter zwischengelagert, wobei es zu einer exothermen Reaktion kommt. Damit wird sichergestellt, dass der Branntkalk vor der Weiterverarbeitung vollständig zu Kalkhydrat ablöscht. Vom Reaktor gelangt das Mischgut in einen Nachmischer, in dem es durch Wasserzugabe auf Pressfeuchte gebracht wird.

Die Verdichtung und Formgebung der Rohmasse erfolgt im Anschluss hieran in Formkästen durch die Kalksandsteinpressen. Die Rohlinge werden dann mittels einer Stapelautomatik auf Härtewagen gestapelt und über ein Schiebebühnensystem per Gleisanlage in den Härtekessel transportiert.

Die Ausbildung der endgültigen Eigenschaften der Bauteile erfolgt während der anschließenden Dampfhärtung über 6– 12 Stunden bei etwa 200 °C und

einem Druck von ca. 16 bar in Dampfdruckkesseln, den sog. Autoklaven. Hier bilden sich aus den eingesetzten Stoffen Calcium-Silikat-Hydrate. Die Reaktion des Materials ist mit der Entnahme aus dem Autoklav abgeschlossen. Der Dampf wird nach Abschluss des Härtingsprozesses für weitere Autoklavzyklen verwandt. Das anfallende Kondensat wird soweit technologisch möglich als Prozesswasser genutzt.

### 2.7 Umwelt und Gesundheit während der Herstellung

Es gelten die allgemeinen gesetzlichen Grundlagen und das Regelwerk der Berufsgenossenschaften. Besondere Maßnahmen zum Gesundheitsschutz der Mitarbeiter oder zum Schutz der Umwelt sind nicht zu treffen.

### 2.8 Produktverarbeitung/Installation

Die Verarbeitung von Kalksandsteinen erfolgt von Hand, bei Produkten mit einer Masse über 25 kg sind Hebezeuge erforderlich. Planelemente werden in der Regel im Kalksandsteinwerk vorkonfektioniert und nummeriert auf die Baustelle geliefert. Elemente können auch lose geliefert werden. Das Zerteilen von Bauteilen erfolgt im Nassverfahren mit Diamantsägen.

Schnelllaufende Werkzeuge, wie z. B. Trennschleifer ohne Wassereinsatz bzw. ohne Absaugung sind auf Grund ihrer Staubgenerierung (auch Quarzfeinstaub) für die Bearbeitung von Kalksandstein ungeeignet. Die Verbindung der Kalksandstein-Bauteile untereinander sowie mit anderen genormten Baustoffen erfolgt mit Normal- oder Dünnbettmörtel nach *DIN EN 998-2*. Die Kalksandstein-Bauteile können verputzt, beschichtet oder mit einem Anstrich versehen werden.

Auch eine Bekleidung mit kleinformatischen Teilen oder die Anbringung von Vormauerschalen nach *EN 1996-2* ist möglich. Kalksandstein-Verblender werden selbst als Vormauerschale eingesetzt.

### 2.9 Verpackung

Kalksandstein-Bauteile werden auf Holzpaletten gestapelt und mit Stahl- oder Kunststoffbändern umreift bzw. in recyclebare Schrumpffolie aus Polyethylen (PE) eingeschweißt oder auch lose verladen.

### 2.10 Nutzungszustand

Kalksandstein verändert sich nach Verlassen des Autoklaven nicht mehr.

### 2.11 Umwelt und Gesundheit während der Nutzung

Kalksandstein emittiert keine schädlichen Stoffe wie z. B. VOC (Volatile Organic Compounds – de: flüchtige organische Verbindungen). Die natürliche ionisierende Strahlung der Kalksandstein-Produkte ist äußerst gering und erlaubt aus radiologischer Sicht einen uneingeschränkten Einsatz dieses Baustoffes (vgl. 7.1 Radioaktivität).

### 2.12 Referenz-Nutzungsdauer

Bei bestimmungsgemäßer Anwendung ist Kalksandstein unbegrenzt beständig.

### 2.13 Außergewöhnliche Einwirkungen

#### Brand

Im Brandfall können keine toxischen Gase und Dämpfe entstehen. Die genannten Produkte erfüllen nach *EN 13501-1* die Anforderungen der Baustoffklasse A1, "nicht brennbar".

#### Brandschutz

Bezeichnung	Wert
Baustoffklasse	A1

#### Wasser

Unter Wassereinwirkung (z. B. Hochwasser) reagiert Kalksandstein schwach alkalisch. Es werden keine Stoffe ausgewaschen, die wassergefährdend sein können.

#### Mechanische Zerstörung

Bei mechanischer Zerstörung von Kalksandsteinen entstehen keine Risiken für die Umwelt.

### 2.14 Nachnutzungsphase

Kalksandstein überdauert die Nutzungszeit der daraus errichteten Gebäude. Nach dem Rückbau derartiger Gebäude können die Materialien deshalb ohne Einschränkungen hinsichtlich Dauerhaftigkeit erneut verwendet werden.

Vermauerte Kalksandsteine wurden bislang kaum wiederverwendet.

Kalksandsteinreste aus Rückbau und Abbruch erfüllen die Kriterien der LAGA/Z 0. Das bedeutet, dass das Material für den uneingeschränkten Einbau geeignet ist (als Verfüllungen z. B. als Verfüllungen im Erd-, Straßen- und Wegebau, als Vegetationssubstrat und auch auf Deponien) *Prüfberichte Dr. Wessling GmbH 2015*.

Kalksandsteine sind in vollem Umfang recyclingfähig. Aufbereitetes Kalksandstein-Abbruchmaterial kann aufgrund von Forschungsergebnissen für verschiedene Verwertungspfade angewandt werden: z.B. im Erd-, Straßen- und Wegebau, Vegetationsbau, Deponiebau, Betonbau etc. (*Fb 80 1994, Fb 86 1997, Fb 97 2003, Fb 106 2008, Fb 111 2010, Fb 115 2014, Fb 116 2014, Fb 118 2015, Fb 122 2019, Fb 127 2016, Fb 131 2021*).

### 2.15 Entsorgung

Kalksandsteine können auf Deponien der Klasse 0 gemäß *DepV (Deponieverordnung)* entsorgt werden. Schlüssel nach *Europäischem Abfallkatalog (EAKV): 17 01 01*.

### 2.16 Weitere Informationen

Weitere Informationen können der Website des Bundesverbandes Kalksandsteinindustrie e.V. [www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de) entnommen werden.

### 3. LCA: Rechenregeln

#### 3.1 Deklarierte Einheit

Die Deklaration bezieht sich auf die Herstellung von 1 t Kalksandstein.

Durch Multiplikation der Ergebnisse mit der Rohdichteklasse, z.B. RDK 2,0, erhält man die Ökobilanzergebnisse pro m<sup>3</sup>.

#### Deklarierte Einheit

Bezeichnung	Wert	Einheit
Deklarierte Einheit	1000	kg
Rohdichte	1800	kg/m <sup>3</sup>
Umrechnungsfaktor zu 1 kg	0,001	-

#### 3.2 Systemgrenze

**Typ der EPD:** Wiege bis zum Werkstor- mit Optionen.

Die Module C3, C4 sind jeweils für 2 verschiedene Lebensende-Szenarien angegeben:  
Szenario 1: 100 % Bauschuttzubereitung  
Szenario 2: 100 % Deponierung

#### A1-A3 Produktion

Energiebereitstellung und Produktion der Grundstoffe, Aufbereitung von Sekundärmaterial, Hilfsstoffe, Transport der Materialien zum Produktionswerk, Emissionen, Abwasserbehandlung, Verpackungsmaterial und Abfallbewirtschaftungs-Prozesse bis zur Deponierung von Restabfall (außer radioaktivem Abfall).

#### A4 Transport

Transport der verpackten Kalksandsteine vom Werkstor bis zum Einbauort.

#### A5 Einbau

Einbau der Kalksandsteine sowie die Behandlung der Verpackungsmaterialien in Müllverbrennungsanlagen nach dem Einbau des Produktes

#### B1 Nutzung

Gutschriften im Zuge der Recarbonisierung sind in diesem Modul deklariert.

#### C1 Rückbau

Nach Ablauf der Nutzungsdauer wird das deklarierte Produkt mit Hilfe eines Baggers rückgebaut.

#### C2 Transport

Transport des deklarierten Produkts zur Deponie und Abfallsammelstelle für Recyclingprodukte.

#### C3 Abfallbehandlung

C3-1: Das deklarierte Produkt wird in einer Abfallaufbereitungsanlage aufbereitet.  
C3-2: Für die Deponierung ist keine Abfallaufbereitung notwendig.

#### C4 Deponierung

C4-1: Es erfolgt keine Deponierung  
C4-2: Die Kalksandsteine werden deponiert.

#### D Recyclingpotential

D: Gutschriften für gewonnene Energie infolge der Verbrennung von Verpackung (Anlage mit R1>0,6),

D-1: Gutschriften infolge des Recyclings von Kalksandsteinbruch.

#### 3.3 Abschätzungen und Annahmen

Nicht für alle Rohstoffe oder Vorprodukte liegen in der *GaBi-9*- Datenbank Datensätze vor. Für einige Stoffe wurden die Prozesse mit in Herstellung und Umweltauswirkung ähnlichen Vorprodukten abgeschätzt (es wurde z.B. der Grundstoff Weiß- und Graukalk mit dem Datensatz Feinkalk substituiert). Der Abnutzungsfaktor bei der Kreislaufführung der Holzpalette wurde unter Einhaltung der 1 %- Regel abgeschnitten.

In der Herstellung benötigte Maschinen, Anlagen und Infrastruktur werden vernachlässigt. Die letzte Revision der verwendeten Daten liegt weniger als 10 Jahre zurück. Die Daten des Herstellers liegen in einer guten Qualität vor und sind nicht älter als 5 Jahre.

#### 3.4 Abschneideregeln

Es werden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung berücksichtigt, d. h. alle nach Rezeptur eingesetzten Ausgangsstoffe, Hilfsstoffe und sowie die thermische und elektrische Energie. Damit werden auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil kleiner als 1 Prozent berücksichtigt. Alle angegebenen Daten werden in das Ökobilanzmodell integriert. Transportaufwendungen werden für alle Basismaterialien, den Versand der Produkte (A4) und im End-of-Life- Szenario (C2) eingerechnet. Der Abnutzungsfaktor der Holzpalette sowie in der Herstellung benötigte Maschinen, Anlagen und Infrastruktur werden vernachlässigt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die vernachlässigten Prozesse weniger als jeweils 5 % zu den berücksichtigten Wirkungskategorien beigetragen hätten.

#### 3.5 Hintergrunddaten

Zur Modellierung der Kalksandstein-Herstellung wurde das von der thinkstep AG entwickelte Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung *GaBi 9* eingesetzt. Die in der *GaBi*-Datenbank enthaltenen konsistenten Datensätze sind online dokumentiert in der *GaBi 9* - Dokumentation. Die Basisdaten der *GaBi*-Datenbank wurden für Energie, Transporte und Hilfsstoffe verwendet. Die Ökobilanz wurde für den Bezugsraum Deutschland erstellt.

Das bedeutet, dass neben den Produktionsprozessen auch die für Deutschland relevanten Vorstufen, wie Strom- oder Energieträgerbereitstellung, verwendet werden. Es wird der Strom-Mix, thermische Energie aus Erdgas und Heizöl für Deutschland mit dem Bezugsjahr 2016 berücksichtigt.

#### 3.6 Datenqualität

Zur Modellierung des Produktstadiums der Kalksandsteine werden Daten für das Produktionsjahr 2019 verwendet. Alle weiteren relevanten Hintergrund-Datensätze sind der Datenbank der Software *GaBi 9*

entnommen. Die letzte Aktualisierung der Datenbank erfolgte 2020.

Die Datenerfassung für die untersuchten Produkte erfolgt durch die Mitgliedsfirmen des Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. direkt in den Werken. Der überwiegende Teil der Daten für die Vorketten stammt aus industriellen Quellen, die unter konsistenten zeitlichen und methodischen Randbedingungen erhoben wurden. Es wird auf eine hohe Vollständigkeit der Erfassung umweltrelevanter Stoff- und Energieströme Wert gelegt. Die Datenqualität ist somit als gut zu bezeichnen.

### 3.7 Betrachtungszeitraum

Der Betrachtungszeitraum ist 2019. Die Daten repräsentieren einen Jahresdurchschnitt über 12 Monate.

### 3.8 Allokation

Für die Herstellung der genannten Produkte wurden Produktionsdaten aus 52 Werken zur Verfügung gestellt. Die erforderlichen Rohstoffe wurden den

jeweiligen Produkten entsprechend ihrer Rezeptur zugeordnet.

Für die Zuordnung der produktspezifischen Aufwendungen wurden die Brennstoffe und Verpackungsmaterialien nach produziertem Volumen zugeordnet, Strom- und Dieselbedarf sowie nicht direkt zuordenbare Rohstoffe wurden nach Masse zugeordnet.

### 3.9 Vergleichbarkeit

Grundsätzlich ist eine Gegenüberstellung oder die Bewertung von EPD-Daten nur möglich, wenn alle zu vergleichenden Datensätze nach EN 15804 erstellt wurden und der Gebäudekontext bzw. die produktspezifischen Leistungsmerkmale berücksichtigt werden.

Aus der GaBi 9-Datenbank 2020, Servicepack 40, stammen die Hintergrunddaten

## 4. LCA: Szenarien und weitere technische Informationen

### Charakteristische Produkteigenschaften

#### Biogener Kohlenstoff

Kalksandsteine enthalten keine biogenen kohlenstoffhaltigen Materialien. Die Verpackung enthält ebenfalls keinen biogenen Kohlenstoff.

#### Transport zu Baustelle (A4)

Bezeichnung	Wert	Einheit
Liter Treibstoff	1,1	l/100km
Transport Distanz	60	km
Auslastung (einschließlich Leerfahrten)	85	%

#### Einbau ins Gebäude (A5)

Bezeichnung	Wert	Einheit
Output-Stoffe als Folge der Abfallbehandlung auf der Baustelle	0,45	kg

### Nutzung/Anwendung (B1)

Während der Nutzungsphase (Modul B1) nehmen Kalksandsteine CO<sub>2</sub> aus der Luft auf und bauen dies dauerhaft und fest in ihr Gefüge ein. Dabei reagiert das CO<sub>2</sub> mit den bei der Dampfhärtung entstandenen CSH (Calcium-Silikat-Hydrat) -Phasen zu Calciumcarbonat. Die Menge an aufnehmbarem CO<sub>2</sub> beträgt rd. 50 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Kalksandsteinmaterial (*Carbonatisierungsbericht*). Es wird ein konservativer Ansatz gewählt: 95 % von 50 kg CO<sub>2</sub> pro t Kalksandstein = 47,5 kg CO<sub>2</sub>/ t KS werden (als Gutschrift) für das Modul B1 angesetzt.

### Referenz Nutzungsdauer

Bezeichnung	Wert	Einheit
Lebensdauer nach Angabe Hersteller	80 - 100	a
Lebensdauer (nach BBSR) > =	50	a

### Ende des Lebenswegs (C1-C4)

Bezeichnung	Wert	Einheit
Als gemischter Bauabfall gesammelt (Szenario 1 und 2)	1000	kg
Zum Recycling (Szenario 1)	1000	kg
Zur Deponierung (Szenario 2)	1000	kg

### Wiederverwendungs- Rückgewinnungs- und Recyclingpotential (D), relevante Szenarioangaben

Siehe Angaben in Kapitel 3

Szenario D: Gutschriften infolge des Recyclings der Verpackungsmaterialien (aus Modul A5) werden in Modul D ausgewiesen.  
 Szenario D1: Gutschriften infolge des Recyclings der Bauschutttaufbereitung

**5. LCA: Ergebnisse**

Es folgt die Darstellung der Umweltwirkungen für 1 t Kalksandstein, hergestellt von den Mitgliedern des Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.

Die folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Indikatoren der Wirkungsabschätzung, des Ressourceneinsatzes sowie zu Abfällen und sonstigen Output-Strömen bezogen auf die deklarierte Einheit.

**Wichtiger Hinweis:**

EP--freshwater: Dieser Indikator wurde in Übereinstimmung mit dem Charakterisierungsmodell (EUTREND-Modell, Struijs et al., 2009b, wie in ReCiPe umgesetzt; <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml>) als „kg P--Äq.“ berechnet.

**ANGABE DER SYSTEMGRENZEN (X = IN ÖKOBIANZ ENTHALTEN; ND = MODUL ODER INDIKATOR NICHT DEKLARIERT; MNR = MODUL NICHT RELEVANT)**

Produktionsstadium			Stadium der Errichtung des Bauwerks		Nutzungsstadium							Entsorgungsstadium				Gutschriften und Lasten außerhalb der Systemgrenze	
Rohtstoffversorgung	Transport	Herstellung	Transport vom Hersteller zum Verwendungsort	Montage	Nutzung/Anwendung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Energieeinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Wassereinsatz für das Betreiben des Gebäudes	Rückbau/Abriß	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung	Wiederverwendungs- oder Recyclingpotenzial	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	X	X	ND	MNR	MNR	MNR	ND	ND	X	X	X	X	X	

**ERGEBNISSE DER ÖKOBIANZ – UMWELTAUSWIRKUNGEN nach EN 15804+A2: 1 Tonne Kalksandstein**

Kemindikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3/1	C3/2	C4/2	D	D/1
GWP-total	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	1,26E+2	3,93E+0	3,04E+0	-4,75E+1	6,12E-1	1,64E+0	2,51E+0	0,00E+0	1,40E+1	-9,32E-1	-2,71E+0
GWP-fossil	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	1,26E+2	3,92E+0	3,04E+0	0,00E+0	6,36E-1	1,63E+0	2,50E+0	0,00E+0	1,52E+1	-9,28E-1	-2,72E+0
GWP-biogenic	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	6,65E-3	1,57E-3	-7,81E-3	0,00E+0	-2,70E-2	6,56E-4	4,77E-3	0,00E+0	-1,20E+0	-3,32E-3	1,69E-2
GWP-luluc	[kg CO <sub>2</sub> -Äq.]	8,63E-2	1,64E-2	4,51E-3	0,00E+0	2,55E-3	6,83E-3	9,20E-3	0,00E+0	4,37E-2	-1,18E-3	-8,98E-3
ODP	[kg CFC11-Äq.]	4,09E-13	9,61E-16	1,24E-15	0,00E+0	1,50E-16	4,00E-16	1,06E-14	0,00E+0	5,68E-14	-1,32E-14	-3,85E-14
AP	[mol H <sup>+</sup> -Äq.]	1,04E-1	3,63E-3	1,06E-2	0,00E+0	3,01E-3	1,51E-3	2,35E-2	0,00E+0	1,09E-1	-1,94E-3	-8,54E-3
EP-freshwater	[kg PO <sub>4</sub> -Äq.]	1,24E-4	8,52E-6	2,46E-6	0,00E+0	1,33E-6	3,55E-6	5,97E-6	0,00E+0	2,61E-15	-1,89E-6	-8,17E-6
EP-marine	[kg N-Äq.]	3,92E-2	1,13E-3	1,52E-3	0,00E+0	1,42E-3	4,71E-4	1,16E-2	0,00E+0	2,80E-2	-3,94E-4	-3,24E-3
EP-terrestrial	[mol N-Äq.]	4,32E-1	1,37E-2	1,71E-2	0,00E+0	1,57E-2	5,71E-3	1,27E-1	0,00E+0	3,08E-1	-4,24E-3	-3,56E-2
POCP	[kg NMVOC-Äq.]	1,09E-1	2,99E-3	4,61E-3	0,00E+0	3,97E-3	1,25E-3	3,35E-2	0,00E+0	8,48E-2	-1,10E-3	-7,67E-3
ADPE	[kg Sb-Äq.]	1,05E-5	3,25E-7	2,48E-6	0,00E+0	5,07E-8	1,36E-7	2,75E-6	0,00E+0	1,37E-6	-7,07E-6	-5,82E-7
ADPF	[MJ]	9,35E+2	5,20E+1	2,08E+1	0,00E+0	8,11E+0	2,17E+1	4,71E+1	0,00E+0	1,99E+2	-1,30E+1	-3,54E+1
WDP	[m <sup>3</sup> Welt-Äq. entzogen]	8,22E+0	1,69E-2	8,12E-1	0,00E+0	2,63E-3	7,03E-3	4,22E-1	0,00E+0	1,58E+0	-3,81E-2	-6,59E-2

Legende: GWP = Globales Erwärmungspotenzial; ODP = Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht; AP = Versauerungspotenzial von Boden und Wasser; EP = Eutrophierungspotenzial; POCP = Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon; ADPE = Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen – nicht fossile Ressourcen (ADP – Stoffe); ADPF = Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen – fossile Brennstoffe (ADP – fossile Energieträger); WDP = Wasser-Entzugspotenzial (Benutzer)

**ERGEBNISSE DER ÖKOBIANZ – INDIKATOREN ZUR BESCHREIBUNG DES RESSOURCENEINSATZES nach EN 15804+A2: 1 Tonne Kalksandstein**

Indikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3/1	C3/2	C4/2	D	D/1
PERE	[MJ]	1,06E+2	3,03E+0	3,91E+0	0,00E+0	4,72E-1	1,26E+0	3,96E+0	0,00E+0	2,61E+1	-3,18E+0	-1,01E+1
PERM	[MJ]	0,00E+0	0,00E+0									
PERT	[MJ]	1,06E+2	3,03E+0	3,91E+0	0,00E+0	4,72E-1	1,26E+0	3,96E+0	0,00E+0	2,61E+1	-3,18E+0	-1,01E+1
PENRE	[MJ]	9,35E+2	5,20E+1	2,08E+1	0,00E+0	8,11E+0	2,17E+1	4,71E+1	0,00E+0	1,99E+2	-1,10E+1	-3,54E+1
PENRM	[MJ]	0,00E+0	0,00E+0									
PENRT	[MJ]	9,35E+2	5,20E+1	2,08E+1	0,00E+0	8,11E+0	2,17E+1	4,71E+1	0,00E+0	1,99E+2	-1,10E+1	-3,54E+1
SM	[kg]	5,20E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	9,38E+2	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0
RSF	[MJ]	0,00E+0	0,00E+0									
NRSF	[MJ]	0,00E+0	0,00E+0									
FW	[m <sup>3</sup> ]	2,62E-1	2,71E-3	3,11E-2	0,00E+0	4,23E-4	1,13E-3	1,23E-2	0,00E+0	5,01E-2	-2,47E-3	-6,56E-3

Legende: PERE = Erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PERM = Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PERT = Total erneuerbare Primärenergie; PENRE = Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger; PENRM = Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung; PENRT = Total nicht erneuerbare Primärenergie; SM = Einsatz von Sekundärstoffen; RSF = Erneuerbare Sekundärstoffstoffe; NRSF = Nicht-erneuerbare Sekundärstoffstoffe; FW = Nettoeinsatz von Süßwasserressourcen

**ERGEBNISSE DER ÖKOBIANZ – ABFALLKATEGORIEN UND OUTPUTFLÜSSE nach EN 15804+A2: 1 Tonne Kalksandstein**

Indikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3/1	C3/2	C4/2	D	D/1
HWD	[kg]	3,75E-6	1,94E-6	1,89E-4	0,00E+0	3,03E-7	8,10E-7	9,91E-7	0,00E+0	3,03E-6	-1,07E-8	-6,68E-7
NHWD	[kg]	5,93E+1	9,13E-3	-1,31E-2	0,00E+0	1,42E-3	3,80E-3	1,42E-2	0,00E+0	1,00E+3	-2,74E-2	-2,08E+1
RWD	[kg]	1,41E-2	5,47E-5	1,40E-4	0,00E+0	8,54E-6	2,28E-5	3,78E-4	0,00E+0	2,23E-3	-4,51E-4	-1,32E-3
CRU	[kg]	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0
MFR	[kg]	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0
MER	[kg]	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0	0,00E+0
EEE	[MJ]	0,00E+0	0,00E+0	2,45E+0	0,00E+0	0,00E+0						
EET	[MJ]	0,00E+0	0,00E+0	5,64E+0	0,00E+0	0,00E+0						

Legende: HWD = Gefährlicher Abfall zur Deponie; NHWD = Entsorgter nicht gefährlicher Abfall; RWD = Entsorgter radioaktiver Abfall; CRU = Komponenten für die Wiederverwendung; MFR = Stoffe zum Recycling; MER = Stoffe für die Energierückgewinnung; EEE = Exportierte Energie – elektrisch; EET = Exportierte Energie – thermisch

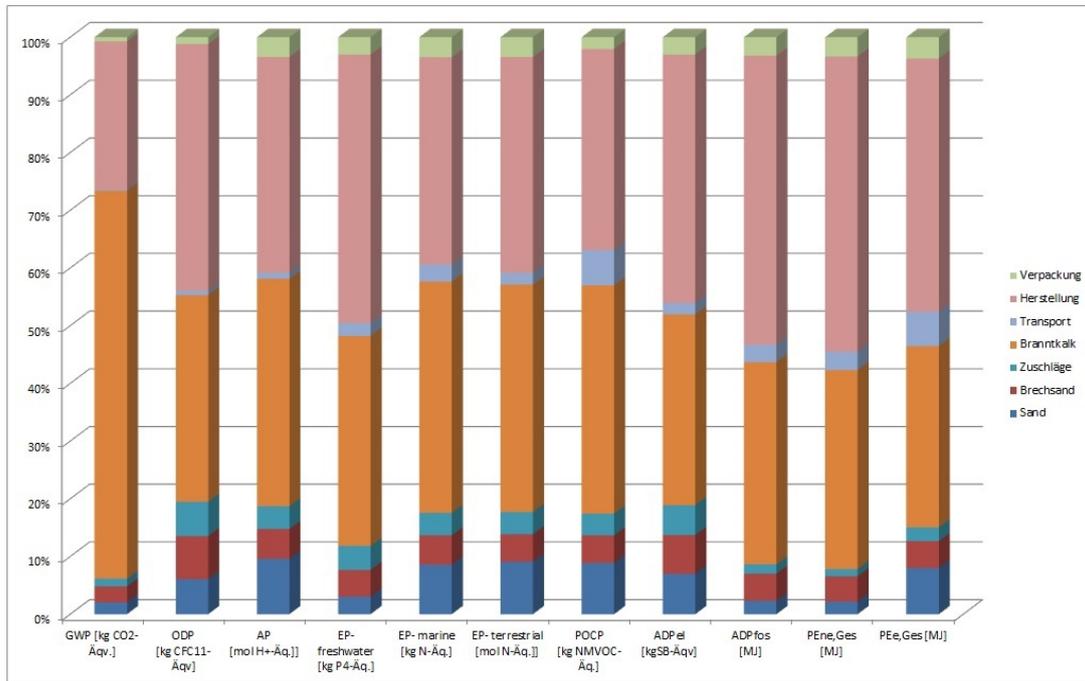
**ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZ – zusätzliche Wirkungskategorien nach EN 15804+A2-optional:**  
**1 Tonne Kalksandstein**

Indikator	Einheit	A1-A3	A4	A5	B1	C1	C2	C3/1	C3/2	C4/2	D	D/1
PM	[Krankheitsfälle]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
IRP	[kBq U235-Äq.]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ETP-fw	[CTUe]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HTP-c	[CTUh]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HTP-nc	[CTUh]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SQP	[t]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Legende: PM = Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen; IR = Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235; ETP-fw = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme; HTP-c = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (kanzerogene Wirkung); HTP-nc = Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen (nicht kanzerogene Wirkung); SQP = Potenzieller Bodenqualitätsindex

Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung stellen relative Angaben/Potentiale dar, die keine Information zu konkreten Umweltwirkungen (endpoint) abbilden; daraus können keine Grenzwertüberschreitungen oder Risikoanalysen abgeleitet werden.

**6. LCA: Interpretation**



Die Auswertung der ökobilanziellen Ergebnisse der Kalksandsteine zeigt auf, dass die Umweltwirkungen in allen Umweltkategorien speziell vom Energieverbrauch während des Herstellungsprozesses (Strom und thermische Energie aus Erdgas) im Werk und dem eingesetzten Branntkalk dominiert werden.

Der eingesetzte Sand, die Zuschläge, die Verpackung und der Transport nehmen nur eine untergeordnete Rolle ein. Die überwiegende Anzahl von Abfällen begründet sich aus den Vorketten der Rohstoffe. Dabei entstehen überwiegend nicht gefährliche Abfälle. Die radioaktiven Abfälle entstehen im Rahmen der Produktion der elektrischen Energie.

Die Abweichung der Wirkungsabschätzungsergebnisse vom deklarierten Durchschnittswert ist gering.

Die Datenqualität für die Modellierung der Kalksandsteine des Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. kann als gut bewertet werden. Für die eingesetzten Grund- und Hilfsstoffe liegen entsprechende konsistente Datensätze in der

GaBi 9- Datenbank vor. Für wenige Stoffe wurden die Prozesse mit in der Herstellung und Umweltauswirkung ähnlichen Vorprodukten abgeschätzt.

Eine Normierung der Ergebnisse für Sach- und Wirkungsbilanz wird nicht durchgeführt, da dies zu missverständlichen Aussagen führen kann.

## 7. Nachweise

### 7.1. Radioaktivität

**Methode:** Messung des Nuklidgehalts in Bq/kg, Bestimmung des Aktivitäts-Index I

**Zusammenfassender Bericht:** BfS-SW-14/12, Gehrke, Hoffmann, Schkade, Schmidt, Wichterey: Natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und die daraus resultierende Strahlenexposition, Salzgitter, November 2012.

**Ergebnis:** Die Bewertung der Proben erfolgte gemäß der Richtlinie der Europäischen Kommission "Radiation Protection 112" (*Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials*, 1999). Die ermittelten Index-Wertel sind in allen Fällen niedriger als das Ausschlusslevel, damit sind keine weiteren Kontrollen erforderlich. Die natürliche Radioaktivität dieses Baustoffes erlaubt aus

radiologischer Sicht einen uneingeschränkten Einsatz desselben.

### 7.2 Auslaugverhalten

**Messstelle:**  
Wessling GmbH, Hannover

**Methode:** Chemische Untersuchung gemäß Deponieverordnung

**Bericht:** Untersuchung von Kalksandsteinproben hinsichtlich der Entsorgung, Januar 2016

**Ergebnis:**  
Sämtliche Kriterien für die Deponierung auf Deponien der Klasse 0 gemäß der in Deutschland gültigen Deponieverordnung vom 27.04.2009 und 02.05.2013 werden erfüllt

## 8. Literaturhinweise

### PCR Teil A

Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin (Hrsg.): Produktkategorie-Regeln für gebäudebezogene Produkte und Dienstleistungen. Teil A: Rechenregeln für die Ökobilanz und Anforderungen an den Hintergrundbericht, Version 2.0, 2021-01.

### IBU 2021

Allgemeine Anleitung für das EPD-Programm des Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), Version 2.0, Berlin: Institut Bauen und Umwelt e.V., 2021, www.ibu-epd.com

### ISO 14025

DIN EN ISO 14025:2011-10, Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures.

### EN 15804

EN15804:2012-04+A2-2019, Sustainability of construction works—Environmental product declarations—Core rules for the product category of construction products.

### PCR Teil B: Kalksandstein

Institut Bauen und Umwelt e.V., Berlin (Hrsg.): Produktkategorie-Regeln für Bauprodukte aus dem Programm für Umwelt-Produktdeklarationen des Instituts Bauen und Umwelt e.V. (IBU) Teil B: Anforderungen an die EPD für Kalksandstein. Version 1.6., 2017.

### DIN EN 771-2

DIN EN 771-2:2011-07+A1:2015; Festlegungen für Mauersteine - Teil 2: Kalksandsteine.

### DIN 4108-4:

DIN 4108-4: 2020-11; Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte.

### DIN 20000-402

DIN 20000: 2017-01; Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken - Teil 402: Regeln für die Verwendung von Kalksandsteinen nach DIN EN 771 - 2:2015-11

### DIN EN 459-1

DIN EN 459-1:2015-07; Baukalk - Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien.

### EN 772-13

EN 772-13:2000-09: Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 13: Bestimmung der Netto- und Brutto-Trockenrohichte von Mauersteinen (außer Natursteinen)

### DIN EN 998-2

DIN EN 998-2\_2017-02; Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau-Teil 2: Mauerermörtel.

**DIN EN 1996-2**

DIN EN 1996-2:2010-12; Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten, Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk.

**DIN EN 13501-1**

DIN EN 13501-1: 2019-05; Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten-Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten.

**DIN EN 1745**

DIN EN 1745: 2020-10; Mauerwerk und Mauerwerksprodukte - Verfahren zur Bestimmung von wärmeschutztechnischen Eigenschaften.

**LAGA**

Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln – Stand 6, November 2003.

**Fb 80 1994**

Eden, W.: Wiederverwertung von Kalksandsteinen aus Abbruch von Bauwerken bzw. aus fehlerhaften Steinen aus dem Produktionsprozess, KS-Recycling Teil I, Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Forschungsbericht Nr.80, Hannover, 1994.

**Fb 86 1997**

Eden, W.: Herstellung von Kalksandsteinen aus Bruchmaterial von Kalksandsteinen mit anhaftenden Dämmstoffen sowie weiterer Baurestoffe, Forschungsbericht Nr. 86, Forschungsvereinigung Kalk-Sand, Hannover 1997.

**Fb 97 2003**

Eden, W., Friedl, L.; Krass, K.; Kurkowski, H.; Mesters, K.; Schießl, P.: Eignung von Kalksandstein-Bruchmaterial zum Recycling in der Baustoffindustrie, Forschungsbericht Nr. 97 der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Hannover, 2003.

**Fb 106 2008**

Eden, W.; Middendorf, B.: Entwicklung eines Recycling-Mauersteins unter Verwendung von Abbruchmaterial und Baurestmassen und Anwendung der Kalksandstein-Technologie Forschungsbericht Nr. 106, Forschungsvereinigung Kalk-Sand, Hannover 2010.

**Fb 111 2010**

Eden, W.; Flottmann, N.; Kohler, G.; Kollar, J.; Kurkowski, H. Radenberg, M.; Schlütter, F.: Eignung von rezykliertem Kalksandstein-Mauerwerk für Tragschichten ohne Bindemittel Forschungsbericht Nr.111, Forschungsvereinigung Kalk-Sand, Hannover 2010.

**Fb 115 2014**

Eden, W.; Kurkowski, H.; Middendorf, B.: Verwertungsoptionen für rezyklierte Gesteinskörnungen aus Mauerwerk in der Steine- und Erden-Industrie, Forschungsbericht Nr. 115, Forschungsvereinigung Kalk-Sand, Hannover 2014.

**Fb 116 2014**

Bischoff, G.; Eden, W.; Gräfenstein, R.; Kurkowski, H.; Middendorf, B.: Vegetationssubstrate aus rezyklierten

Gesteinskörnungen aus Mauerwerk, Forschungsbericht Nr. 116, Forschungsvereinigung Kalk-Sand, Hannover 2014.

**Fb 118 2015**

Eden, W.; Kurkowski, H.; Lau, J.J.; Middendorf, B.: Bioaktivierung von Porenbeton- und Kalksandstein-Recyclinggranulaten mit Methan oxidierenden Bakterien zur Reduktion von Methanausgasungen aus Hausmülldeponien - ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz – Methanox II, Forschungsbericht Nr. 117, Forschungsvereinigung Kalk-Sand, Hannover 2015.

**Fb. 122 2016**

Eden, W.; Lieblang, P.; Konrad, D.; Schäfers, M.; Vogdt, F. U.: Ressourceneffizienz in der Kalksandsteinindustrie, Forschungsbericht Nr. 122 der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Hannover 2016.

**Fb. 127 2019**

Eden, W.; Kurkowski, H.; Nytus, N.; Radenberg, M.: Eignungsnachweis von Tragschichten ohne Bindemittel mit erhöhten Anteilen an rezykliertem Kalksandstein-Mauerwerk – Erprobungsstrecke in praxi, Forschungsbericht Nr. 122 der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Hannover 2016.

**Fb. 131 2021**

Eden, W.; Kolbe, R.; Kurkowski, H.; Middendorf, B.; Mollenhauer, K.; Schade, T.; Wetekam, J.: Einsatz von Füllern aus Kalksandstein-Recycling-Material als Upcycling für Kalksandstein-, Beton-, und Asphaltprodukte, Forschungsbericht Nr. 131 der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Hannover 2021.

**Fb. 133 2021**

Eden, W.; Kurkowski, H.: Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Kalksandstein für vegetationstechnische Bodenverbesserungsmaßnahmen im Erd- und Straßenbau, Forschungsbericht Nr. 132 der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e.V., Hannover 2021.

**DepV (2009)**

Verordnung über Deponien und Langzeitlager-Deponieverordnung (DepV) vom 27.04.2009 (BGBl I S. 900) zuletzt geändert durch Art.7 V vom 26.11.2010.

**GaBi 9**

Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. LBP, Universität Stuttgart und thinkstep AG, 2021., GaBi 9 2020, Servicepack 40.

**GaBi 9 Dokumentation**

Dokumentation der GaBi 9-Datensätze der Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. LBP, Universität Stuttgart und thinkstep AG, 2021.  
<http://documentation.gabi-software.com/>.

**EAK**

Europäischer Abfallkatalog (EAK) Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis AVV vom 10.12.2001.

**BfS-SW-14/12**

BfS-SW-14/12: Gehrke, K; Hoffmann, B; Schkade, U; Schmidt, V.; Wichterey, K.: Natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und die daraus resultierende Stahlenexposition, Salzgitter, 2012.

**Verordnung (EU) Nr. 305/2011**

Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates: vom 9.März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.

**Prüfberichte Dr. Wessling GmbH**

Prüfberichte Dr. Wessling GmbH Nr. CHA15-004466-1 bis CHA15- 004466-6, Probenahme und Analyse-vom 12.08.2016.

**Radiation Protection**

Richtlinie der Europäischen Kommission: "Radiation Protection 112 (Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials, 1999).

**Carbonatisierungsbericht**

Quantitative Bestimmung und Berechnung der CO<sub>2</sub>-Aufnahme von werksfrischen Kalksandsteinen, Prüf- und Forschungsauftrag Nr. 25/2021, Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Middendorf, 03.08.2021 und Prüfbericht 21/08/2129259-1, Chemsiches Labor Dr. Graser, CLG, Schonungen, 08.09.2021



**Herausgeber**

Institut Bauen und Umwelt e.V.  
Panoramastr. 1  
10178 Berlin  
Deutschland

Tel +49 (0)30 3087748- 0  
Fax +49 (0)30 3087748- 29  
Mail [info@ibu-epd.com](mailto:info@ibu-epd.com)  
Web [www.ibu-epd.com](http://www.ibu-epd.com)



**Programmhalter**

Institut Bauen und Umwelt e.V.  
Panoramastr. 1  
10178 Berlin  
Deutschland

Tel +49 (0)30 3087748- 0  
Fax +49 (0)30 3087748- 29  
Mail [info@ibu-epd.com](mailto:info@ibu-epd.com)  
Web [www.ibu-epd.com](http://www.ibu-epd.com)



**Ersteller der Ökobilanz**

LCEE - Life Cycle Engineering Experts  
GmbH  
Birkenweg 24  
64295 Darmstadt  
Germany

Tel +49 6151 1309860  
Fax -  
Mail [t.mielecke@lcee.de](mailto:t.mielecke@lcee.de)  
Web [www.lcee.de](http://www.lcee.de)



**Inhaber der Deklaration**

Bundesverband Kalksandsteinindustrie  
e.V.  
Entenfangweg 15  
30419 Hannover  
Germany

Tel +49 (0)511 279 540  
Fax +49 (0)511 279 5454  
Mail [info@kalksandstein.com](mailto:info@kalksandstein.com)  
Web [www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de)



**Anhang II**  
**Roadmap für eine treibhausgasneutrale**  
**Kalksandsteinindustrie in Deutschland**

**Kalksandstein-Dienstleistung GmbH, Hannover**



## **KALKSANDSTEIN**

**WEGE IN EINE ZUKUNTSORIENTIERTE TRANSFORMATION:  
ROADMAP FÜR EINE TREIBHAUSGASNEUTRALE  
KALKSANDSTEININDUSTRIE IN DEUTSCHLAND**

[www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de)



INHALT



<b>1. EDITORIAL</b>	<b>4</b>
<b>2. RAHMENBEDINGUNGEN</b>	<b>6</b>
<b>3. HERAUSFORDERUNGEN</b>	<b>8</b>
Einflussfaktoren auf die CO <sub>2</sub> -Bilanz von Kalksandstein	10
Wege zur Treibhausgasneutralität	12
<b>4. SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	<b>16</b>
Maßnahmen der Kalksandsteinindustrie	17
Unsere Forderungen an die Politik	18
<b>5. FAZIT</b>	<b>20</b>
<b>IMPRESSUM</b>	<b>22</b>



# 1. EDITORIAL



Sehr geehrte Damen und Herren,

trotz der weiterhin komplexen Rahmenbedingungen einer andauernden Corona-Pandemie schaut die Kalksandsteinindustrie nach vorn und stellt die Weichen in Richtung Zukunft. Das gilt insbesondere im Hinblick auf die Nachhaltigkeitsziele, die wir uns als Branche gesetzt haben. Denn das Thema Klimaschutz und seine wirtschaftlich nachhaltige, sozial ausgewogene Umsetzung ist die zentrale Herausforderung der nächsten Jahre.

Selbstverständlich beschäftigen uns Themen wie Energieeinsparung und Ressourceneffizienz bereits seit vielen Jahren. Sie können sicher sein, dass kein Betrieb der Branche bei null anfängt. Im Gegenteil: Durch energieeffiziente Anlagentechnik, digitalisierte Produktionsprozesse oder verbesserte Rezepturen wurden bereits viele Hebel in Bewegung gesetzt.

Doch nun stellen wir uns einer besonderen Herausforderung – in der Erwartung politischer Entscheidungen, die die Entwicklung unserer Branche in den kommenden Jahren und Jahrzehnten massiv beeinflussen werden. Der Green Deal der EU-Kommission nimmt richtig Fahrt auf. Bereits bis 2030 soll der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Europa um 55 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden. Klimaneutralität soll in Deutschland als Folge eines Beschlusses des Bundesverfassungsgerichts nun sogar bereits im Jahr 2045 erreicht sein.

Deshalb steht nun die Transformation der deutschen Kalksandsteinindustrie in Richtung Treibhausgasneutralität im Fokus aller unser Anstrengungen. Dazu haben wir als Verband gemeinsam mit der unabhängigen Münchener FutureCamp Climate GmbH die „Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland“ erarbeitet. Die Erstellung wurde durch einen Expertenkreis der Kalksandsteinindustrie begleitet, der die Branchenexpertise beisteuerte. In unserer Roadmap werden die möglichen Wege unserer Branche in die Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 aufgezeigt. In der hier vorliegenden Kurzfassung haben wir die wesentlichen Rahmenbedingungen, Herausforderungen und Schlussfolgerungen zusammengefasst.

Dass wir den Weg in eine klimaneutrale Zukunft als Industrie nicht allein gehen können, steht außer Frage. Die Transformation kann nur gemeinsam mit der gesamten Baubranche, der Politik und nicht zuletzt auch dem Verbraucher erfolgen. Dafür bietet unsere Roadmap nun eine fundierte, faktenorientierte Basis, um die zwingend erforderliche Intensivierung eines ergebnisoffenen, realistischen Austauschs aller Beteiligten zu unterstützen.

Zu diesem Austausch laden wir Sie herzlich ein!

**Jan Dietrich Radmacher**  
Vorstandsvorsitzender

**Roland Meißner**  
Geschäftsführer

Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.



## 2. RAHMEN BEDING UNGEN



### WIR SETZEN AUF NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Die Themen Klimaschutz und Green Deal bestimmen die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung der nächsten Jahrzehnte. Für das Ziel Klimaneutralität muss sich auch die Kalksandsteinindustrie erheblich anpassen, damit von 2045 an keine neuen Treibhausgase durch die Kalksandstein-Produktion in die Atmosphäre gelangen. Deshalb ist eine fortlaufend transparente Darstellung ihrer Umweltsituation für die Bauwelt von großer Bedeutung.

Unsere Industrie setzt dabei nach wie vor auf eine nachhaltige Entwicklung – angefangen von der Rohstoffgewinnung über die Produktions- und Nutzungsphase bis hin zu Recyclinglösungen für Kalksandsteinmauerwerk. Die Kalksandsteinwerke gewinnen den Hauptrohstoff Sand meist aus eigenen Sandvorkommen in nächster Nähe zum Werk. Auch der benötigte Kalk kommt aus heimischer Produktion.

Von den CO<sub>2</sub>-Emissionen, die der Kalksandsteinindustrie zugerechnet werden, sind dabei heute gerade einmal 20 Prozent im Produktionsprozess begründet. Die restlichen knapp 80 Prozent kommen durch die Verwendung des Rohstoffs Kalk hinzu. Entsprechende Veränderungen in der Kalkproduktion sind damit ein wesentlicher Hebel, um Emissionen zu senken. Ein anderer Hebel ist die Intensivierung der eigenen Forschung, um den Kalkanteil in der Produktion weiter zu reduzieren oder durch Substitute zu ersetzen.

### WIR SETZEN AUF PRAXISNAHE FORSCHUNG

Die Kalksandsteinindustrie steht in den nächsten Jahrzehnten vor erheblichen Herausforderungen, um ihren Teil zum Erreichen der Klimaziele beizutragen. Der Einsatz umweltfreundlicher, ressourceneffizienter und innovativer Technologien, aber auch die Wiederverwertbarkeit der Produkte müssen fortlaufend weiter ausgebaut und vorangetrieben werden. Die weitere Digitalisierung und Automatisierung der Prozessketten sowie der verstärkte Einsatz erneuerbarer, also „grüner“ Energie sowie neuer Energieträger, zum Beispiel in Form von Wasserstoff, sind hier die wichtigsten Schlagworte zu den anstehenden Veränderungen.

Dies muss durch eigene, praxisnahe Forschungsaktivitäten fortlaufend unterstützt werden. Welche Schritte hierfür notwendig sind und unter welchen Rahmenbedingungen dies erfolgen kann, haben wir in den letzten zwölf Monaten im Detail analysiert und in der „Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland“ zusammengefasst.



### 3. HERAUSFORDERUNGEN

## TIEFGREIFENDE VERÄNDERUNGEN TROTZ GUTER AUSGANGSBEDINGUNGEN ERFORDERLICH

Dass es uns mit dem Klimaschutz ernst ist, haben wir in den vergangenen 30 Jahren immer wieder bewiesen. Die Kalksandsteinindustrie versteht die Ressourcenwende als ein zentrales Anliegen zur Erreichung der Klimaschutzziele – das gilt gleichermaßen im nationalen wie auch im europäischen Kontext. Und das bereits mit Erfolg, sei es beim verstärkten Einsatz von Recyclingmaterialien in der Herstellung oder bei der Verknüpfung von „grünen“ Energien in unseren Produktionsprozessen. Vor allem aber bei der Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Austoßes der Branche um rund 40 Prozent gegenüber 1990, dabei allein um 8 Prozent seit 2016. Damit sind wir auch international vorbildlich.

Die Kalksandsteinindustrie ist in Sachen Nachhaltigkeit gut aufgestellt. Die neutrale Umwelt-Produktdeklaration (EPD) bescheinigt unseren Produkten bereits heute einen geringen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bei der Herstellung. Doch nicht nur das, auch langfristig kann das Produkt Kalksandstein überzeugen. Bei einem Lebenszyklus von 80 Jahren zeigt eine aktuelle Studie der Life Cycle Engineering Experts GmbH, dass ein typisches Mehrfamilienhaus aus Mauerwerk bis zu 4 Prozent beziehungsweise 46 Tonnen weniger CO<sub>2</sub> verursacht als ein vergleichbares Gebäude in Holzleichtbauweise. Und, wir lassen in unseren Anstrengungen nicht nach. Die Kalksandsteinindustrie steht ausdrücklich zum Ziel einer klimaneutralen Produktion – und das ist kein Lippenbekenntnis.

Doch wie andere Branchen auch steht die deutsche Kalksandsteinindustrie vor tiefgreifenden Veränderungen, um ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele aus den Abkommen von Paris 2015 und Glasgow 2021 zu leisten.



## DIE GEFAHREN DER RESSOURCENWENDE

Zentrale Prozesse in den Werken hängen derzeit noch an fossilen Energieträgern. Zur Erreichung der Klimaneutralität ist eine vollständige Abkehr von diesem Energieträger unabdingbar. Hierfür müssen die bestehenden Anlagen umfangreich angepasst und teilweise neu errichtet werden. Damit geht ein erheblicher Investitionsbedarf einher, der passgenaue staatliche Förderprogramme für Investitionen in den Unternehmen erfordert. Beispielsweise im Bereich der Anlagentechnik, um deren erhebliche finanziellen Belastungen zu dämpfen und mittels Modernisierung zugleich schneller zu Emissionsreduktionen zu kommen. Wenn diese zusätzliche Belastung in Zeiten ohnehin steigenden Kostendrucks vollständig von den Unternehmen getragen werden muss, könnte die Ressourcenwende schnell zum Verlust der Wettbewerbsfähigkeit der Kalksandsteinindustrie in Deutschland führen. Doch Nachhaltigkeit bedeutet in erster Linie, ein Gleichgewicht zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Interessen zu finden.

## EIN WEGWEISER ZUR TREIBHAUSGASNEUTRALITÄT

Um in dieser Richtung gut gerüstet zu sein, haben wir die Studie „Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland“ bei der Unternehmensberatung FutureCamp Climate GmbH\* in Auftrag gegeben.

Die Roadmap zeigt drei unterschiedliche Wege für die Transformation der deutschen Kalksandsteinindustrie in Richtung Treibhausgasneutralität bis 2045, dem Zieljahr der deutschen Klimapolitik. Dabei werden auch die bis zum Jahr 2030 realisierbaren Emissionsreduktionen ausgewiesen. Außerdem stellt die Studie die bis zum Erreichen des Ziels der Treibhausgasneutralität verbundenen Maßnahmen, Kosten und Voraussetzungen dar.

\*Die FutureCamp Climate GmbH mit Sitz in München berät seit 2001 Konzerne, regierungsnahen Behörden, Kommunen, mittelständische Unternehmen, öffentliche Bildungsträger und Unternehmensverbände in den Kompetenzfeldern Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Energieeffizienz, Umweltmanagement und Innovation.

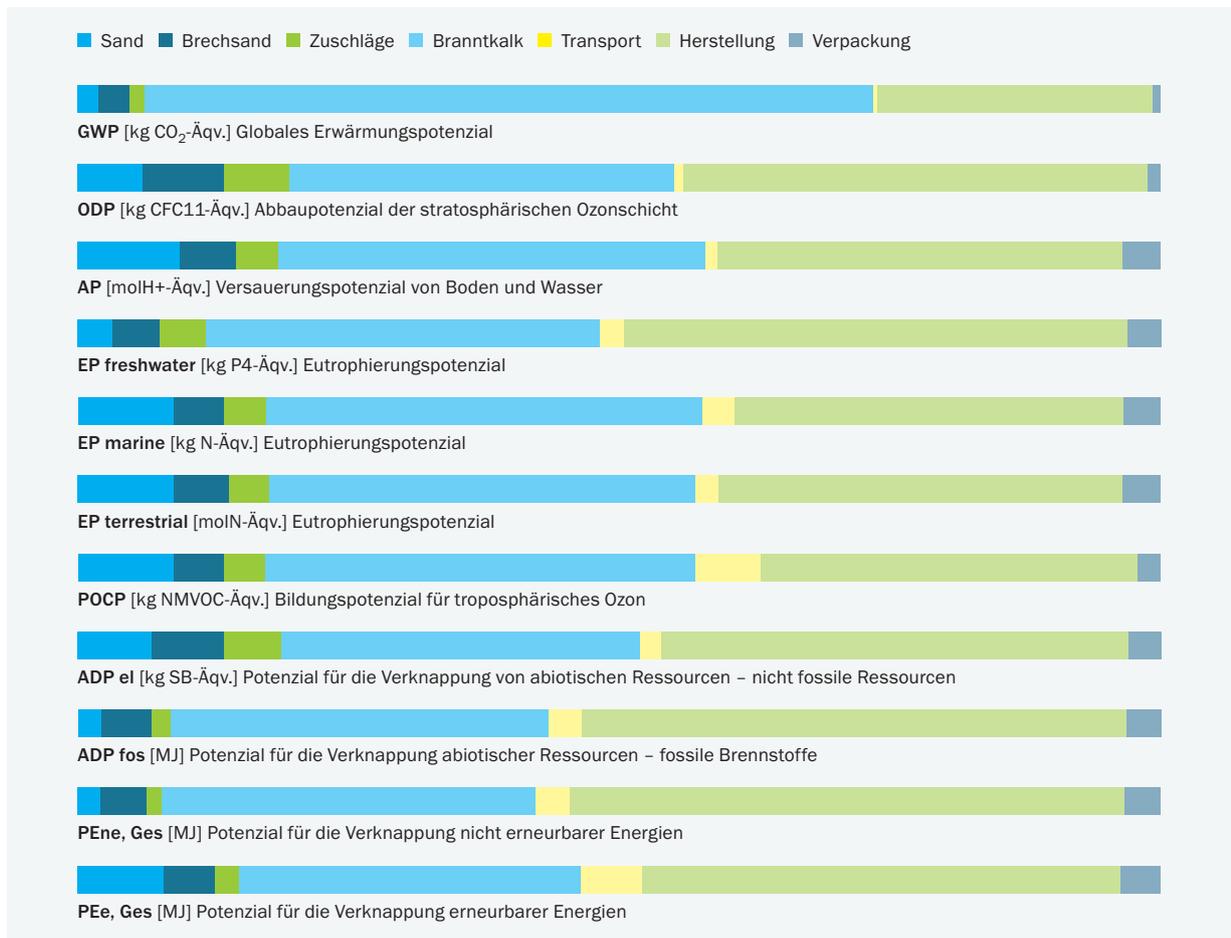
## EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE CO<sub>2</sub>-BILANZ VON KALKSANDSTEIN

Die Auswertung der ökobilanziellen Ergebnisse der Kalksandsteine zeigt auf, dass die Umweltwirkungen in allen Umweltkategorien speziell vom Energieverbrauch während des Herstellungsprozesses im Werk (Strom und thermische Energie aus Erdgas) und dem eingesetzten Branntkalk dominiert werden. Der eingesetzte Sand, die Zuschläge, die Verpackung und der Transport nehmen in diesem Zusammenhang nur eine untergeordnete Rolle ein.

Um den Besonderheiten der Branche Rechnung zu tragen, werden in der Roadmap auch wichtige Emissionsquellen aus vorgelagerten Prozessen einbezogen. Zudem werden die Anlieferung der Rohstoffe Kalk und Sand sowie der Transport der Kalksandsteine berücksichtigt, ebenso die Emissionen aus dem Abbau von Sand.

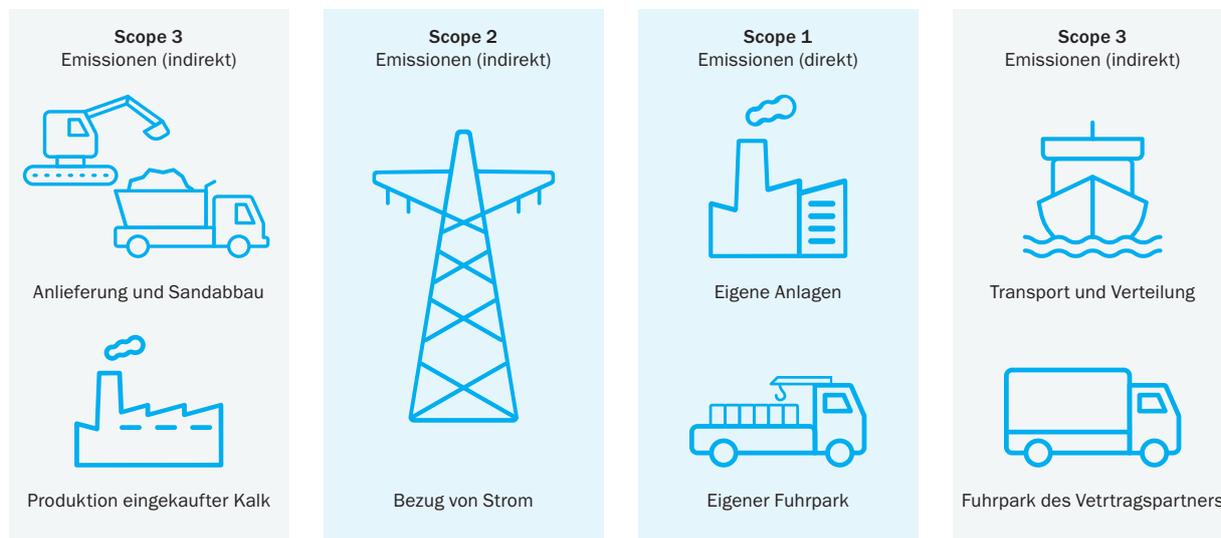
Um die Umwelteinflüsse der deutschen Kalksandsteinindustrie abbilden zu können, werden die Emissionen der Branche auf ein virtuelles Durchschnittswerk angewendet, das die derzeit 76 realen Werke in Deutschland repräsentiert.

Abbildung 1 Umweltwirkung der Kalksandstein-Ökobilanz



Quelle: Umwelt-Produktdeklaration Kalksandstein (2021 - 2026), Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.

Abbildung 2 In der Roadmap berücksichtigte Emissionsquellen



Die unterschiedlichen Quellen, die für das Gesamtvolumen der Emissionen der Kalksandsteinindustrie verantwortlich sind, werden in der Roadmap in sogenannten „Scopes“ (Einflussbereiche) aufgeschlüsselt. Dabei werden die direkten Emissionen (Scope 1) und die indirekten Emissionen aus dem Bezug von Energien (Scope 2) vollständig einbezogen.

Die **Scope-1**-Emissionen entstehen insbesondere durch den Brennstoffeinsatz in den Werken sowie den Betrieb der Fuhrparks. Hierzu zählen unter anderem das Verbrennen von Erdgas und Heizöl zur Erzeugung von Dampf, der Flüssiggaseinsatz bei Verpackungsanlagen sowie der Dieseleinsatz von Staplern. Einige Werke betreiben auch den Sandabbau intern. Die entstehenden Emissionen der Maschinen im Sandabbau sind ebenfalls im Scope 1 und – soweit an Dritte ausgelagert – im Scope 3 berücksichtigt.

Im **Scope 2** finden ausschließlich Emissionen aus dem Fremdstrombezug der Anlagen Berücksichtigung.

Im **Scope 3** schließlich werden mitunter stark differierende Emissionen summiert, die beispielsweise durch höchst unterschiedliche Transportwege zu den Vertragspartnern und nicht zuletzt bis zum Endverbraucher anfallen.

Aufgrund der branchenspezifischen Besonderheiten muss hier zudem das Augenmerk auf einen wesentlichen Faktor gerichtet werden: Weitere Scope-3-Emissionen entstehen bereits vor der Produktion der Kalksandsteine, genauer im Produktionsprozess des zugekauften Branntkalks. Diese Emissionen wiederum setzen sich zu rund einem Drittel aus energiebedingten Emissionen und zu rund zwei Dritteln aus den dem Kalkstein selbst entstammenden, prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zusammen.

Um hier gegensteuern zu können, ist die Bereitstellung von klimaneutral produziertem Kalk ohne relevante Mehrkosten für die Kalksandsteinindustrie notwendig. Das bedeutet für die Kalkindustrie selbst, dass deren energiebedingte Emissionen zukünftig vermieden werden müssen und für die prozessbedingten Emissionen neue Technologien zur Abscheidung und Nutzung von CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig sind, die eingeführt und breit genutzt werden müssen. Um die damit verbundenen wirtschaftlichen Risiken abzusichern, könnten auch neue staatliche Instrumente, sogenannte Carbon Contracts for Difference (CCfD) – auch als Klimaschutzverträge (KSV) bezeichnet – zur Finanzierung und vor allem zum Schutz von Investitionen beitragen.



12 WEGE IN EINE ZUKUNFTSORIENTIERTE TRANSFORMATION:  
ROADMAP FÜR EINE TREIBHAUSGASNEUTRALE KALKSANDSTEININDUSTRIE IN DEUTSCHLAND

## WEGE ZUR TREIBHAUSGASNEUTRALITÄT

In der „Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland“ werden drei unterschiedliche „Pfade“ (Referenzpfad, Pionierpfad und Klimaneutralitätspfad) in die Zukunft entwickelt und dargestellt. Dabei liegt der Fokus der Szenarien immer auf den Produktionsanlagen in Deutschland und auf der Umsetzung dort möglicher technischer Maßnahmen, das Ganze unter der Voraussetzung einer gleichbleibenden Produktion auf Basis des Jahres 2021.

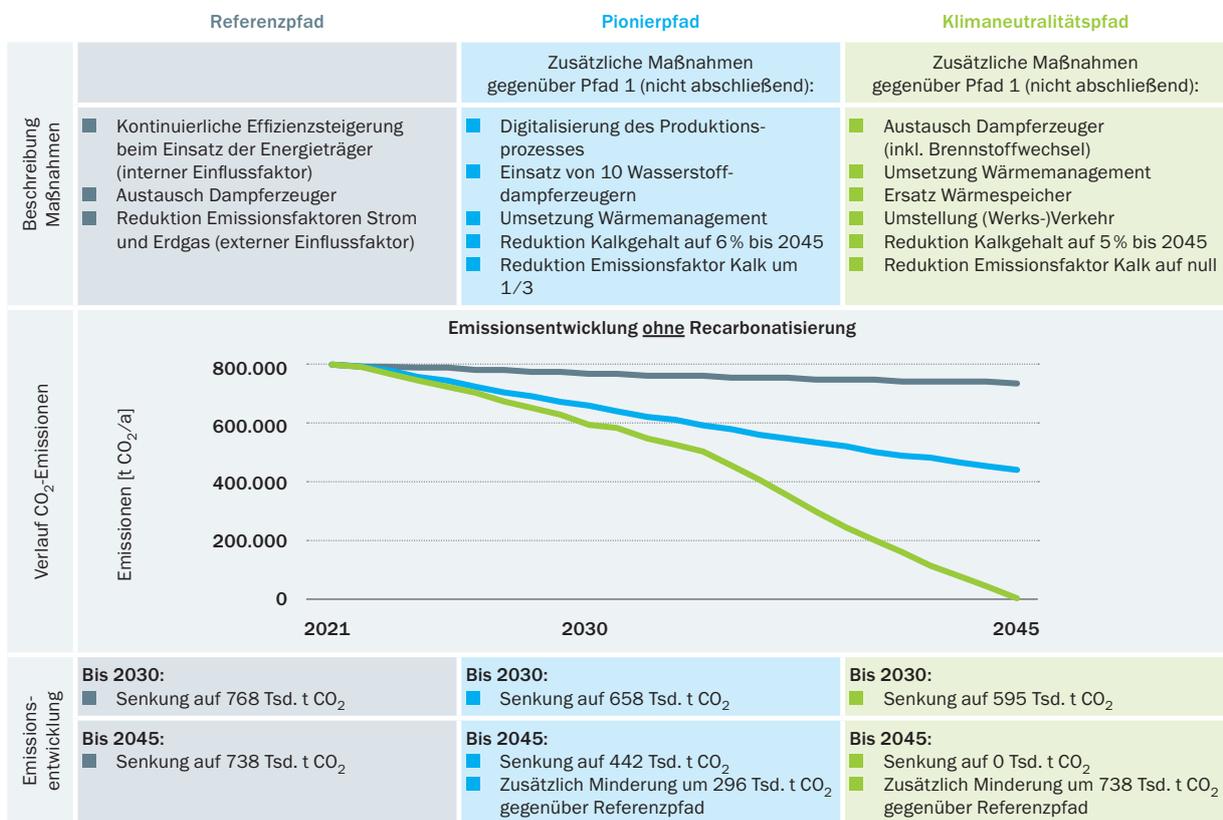
Kalksandsteine nehmen im Lauf der Zeit einen beträchtlichen Teil des bei der Herstellung emittierten CO<sub>2</sub> wieder auf und speichern es auch dauerhaft. Dieser Vorgang wird als **Recarbonatisierung** bezeichnet. Während der Erstellung der Roadmap wurden deshalb eigens externe wissenschaftliche Untersuchungsreihen durchgeführt, bei denen Steine unterschiedlichen Alters untersucht wurden.\* Dabei wurde die CO<sub>2</sub>-Aufnahme über die Nutzungsdauer ermittelt. Dieser Effekt wird in der Roadmap ergänzend für alle Pfade ausgewiesen.

Im Basisjahr betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalksandsteinindustrie 780 Tsd. Tonnen.

### DER REFERENZPFAD

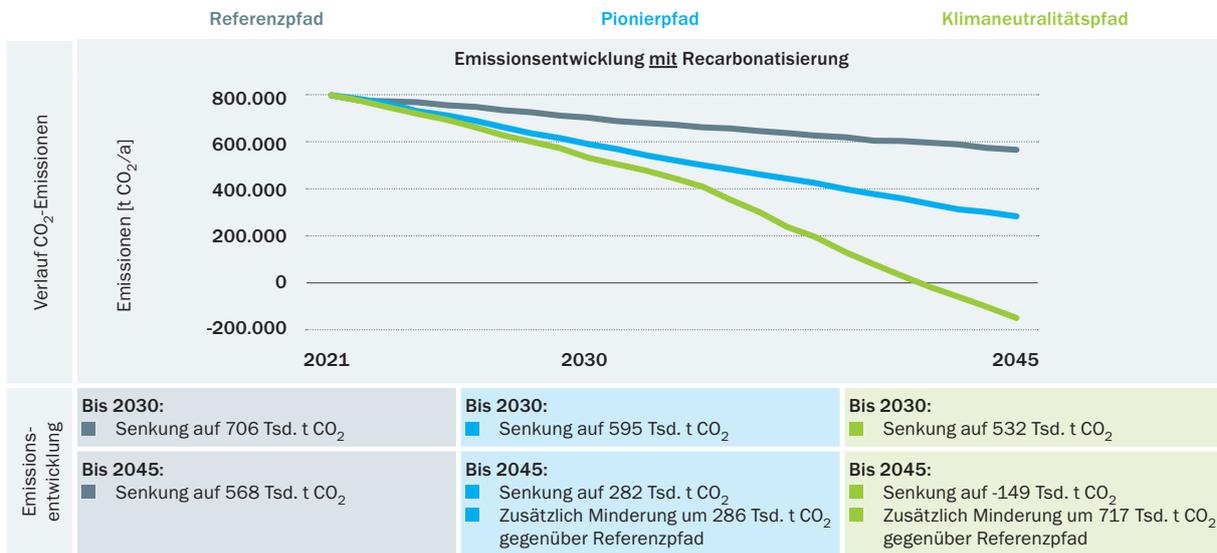
Er markiert den Vergleichswert für die weiteren Pfade. In diesem Pfad kommen keine neuen Technologien und Produktionsprozesse zum Einsatz, sondern es wird davon ausgegangen, dass der Status quo fortgeschrieben wird. Effizienzsteigerungen sowie notwendige Modifikationen der Produktionsanlagen werden abgebildet. Dabei werden bereits heute bekannte externe Rahmenbedingungen, zum Beispiel der Bezug von klimaneutralem Strom des deutschen Strommixes bis ins Zieljahr 2045 zugrunde gelegt. Der Referenzpfad schreibt die aktuelle Situation unserer Industrie in die Zukunft fort und liefert im Vergleich mit den weiteren Pfaden entscheidende Erkenntnisse zu den entstehenden zusätzlichen Belastungen auf dem Weg zur Klimaneutralität für die Branche.

Abbildung 3 Übersicht der Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade ohne Recarbonatisierung



\*Carbonatisierung von Kalksandstein, Prof. Dr. rer. Nat. Bernhard Middendorf, Fachbereich Bauingenieur- und Umweltingenieurwesen, Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und der Bauchemie, Universität Kassel; Chemische Analyse von recarbonatisierten Kalksandsteinen, CLG Chemisches Labor Dr. Graser KG, Schonungen

Abbildung 4 Übersicht der Emissionsentwicklung der drei betrachteten Pfade mit Recarbonatisierung



**DER PIONIERPFAD**

Hier werden größere eigene Anstrengungen unternommen, um dem Ziel der Treibhausgasneutralität näher zu kommen. Allerdings werden noch nicht alle dafür notwendigen Maßnahmen aufgrund bestehender Restriktionen flächendeckend umgesetzt. Vor allem sehr innovative Änderungen werden nur von „Pionieren“ der Branche vorgenommen – sie geben daher diesem Szenario den Namen „Pionierpfad“. Hier wird zunächst neben der allgemeinen Effizienzsteigerung die zunehmende Digitalisierung des Produktionsprozesses modelliert. Nun wird der Einfluss von Pionieren herangezogen: Erste Werke setzen komplett neue Technologien auf der Basis von Wasserstoff und erneuerbarem Strom ein. Ziel des Pionierpfads ist, mit betriebswirtschaftlich vertretbarem Mehraufwand den Weg zur Klimaneutralität einzuschlagen. Dennoch werden dabei an der Realität orientierte Grenzen des Machbaren definiert: Das für die Betriebe zusätzlich zur Verfügung stehende Investitionsbudget für die Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz ist begrenzt. Allerdings setzt dieser Pfad neben der Reduktion der Emissionen in den Werken bereits eine Verringerung in den Scope-3-Emissionen voraus. In diesem Zusammenhang wird von einer Teilelektrifizierung und Wasserstoffnutzung des Lkw-Verkehrs und insbesondere einer Minderung der energiebedingten Vorkettenemissionen des Kalks ausgegangen.



**DER KLIMANEUTRALITÄTSPFAD**

Im Klimaneutralitätspfad wird auf sämtliche betriebswirtschaftlichen Restriktionen verzichtet. In diesem Pfad wird ermittelt, welche Investitionen nötig sind, um sämtliche notwendigen Maßnahmen zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 umzusetzen. Dabei wird keine Rücksicht auf die wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Entscheidungen genommen: Die Reduktion der Emissionen auf null bis 2045 wird durch eine Umsetzung aller möglichen Maßnahmen bis zur Zielerreichung rechnerisch erzwungen. In diesem Pfad wird der gesamte Produktionsprozess der deutschen Kalksandsteinindustrie auf neue Technologien umgestellt. Auch die Scope-3-Emissionen werden mithilfe der Umstellung von Transportmitteln und nun auch insbesondere durch Maßnahmen in der Vorkette bei der Kalkproduktion vollständig reduziert. Die dabei entstehenden Kosten werden bestimmt und interpretiert.

Da bei der Produktion von Kalksandstein im Klimaneutralitätspfad kein CO<sub>2</sub> mehr freigesetzt wird, die Steine aber während der gesamten Nutzungsdauer fortlaufend CO<sub>2</sub> speichern, führt der Recarbonisierungseffekt dazu, dass die Kalksandsteinindustrie bei diesem Pfad nicht nur klimaneutral sondern sogar klimapositiv werden kann!

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

### **PFADE OHNE RECARBONATISIERUNG**

1.

Bereits im **Referenzpfad** sind Emissionsrückgänge festzustellen, die jedoch trotz verbesserter Rahmenbedingungen das Ziel der Treibhausgasneutralität deutlich verfehlen.

2.

Im **Pionierpfad** gelingt es dagegen, bereits bis 2030 die Emissionen von derzeit rund 780 Tsd. auf 658 Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr zu reduzieren und dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 mit dann noch rund 442 Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub> deutlich näher zu kommen.

3.

Das Ziel der Treibhausgasneutralität wird schließlich im **Klimaneutralitätspfad** erreicht, jedoch unter Inkaufnahme sehr hoher Kosten. Dabei wurde bei der Ermittlung dieser Kosten unterstellt, dass der für dieses Ziel notwendige klimaneutrale Kalk nicht teurer ist als im Jahr 2021.



### PFAD MIT RECARBONISIERUNG

1.

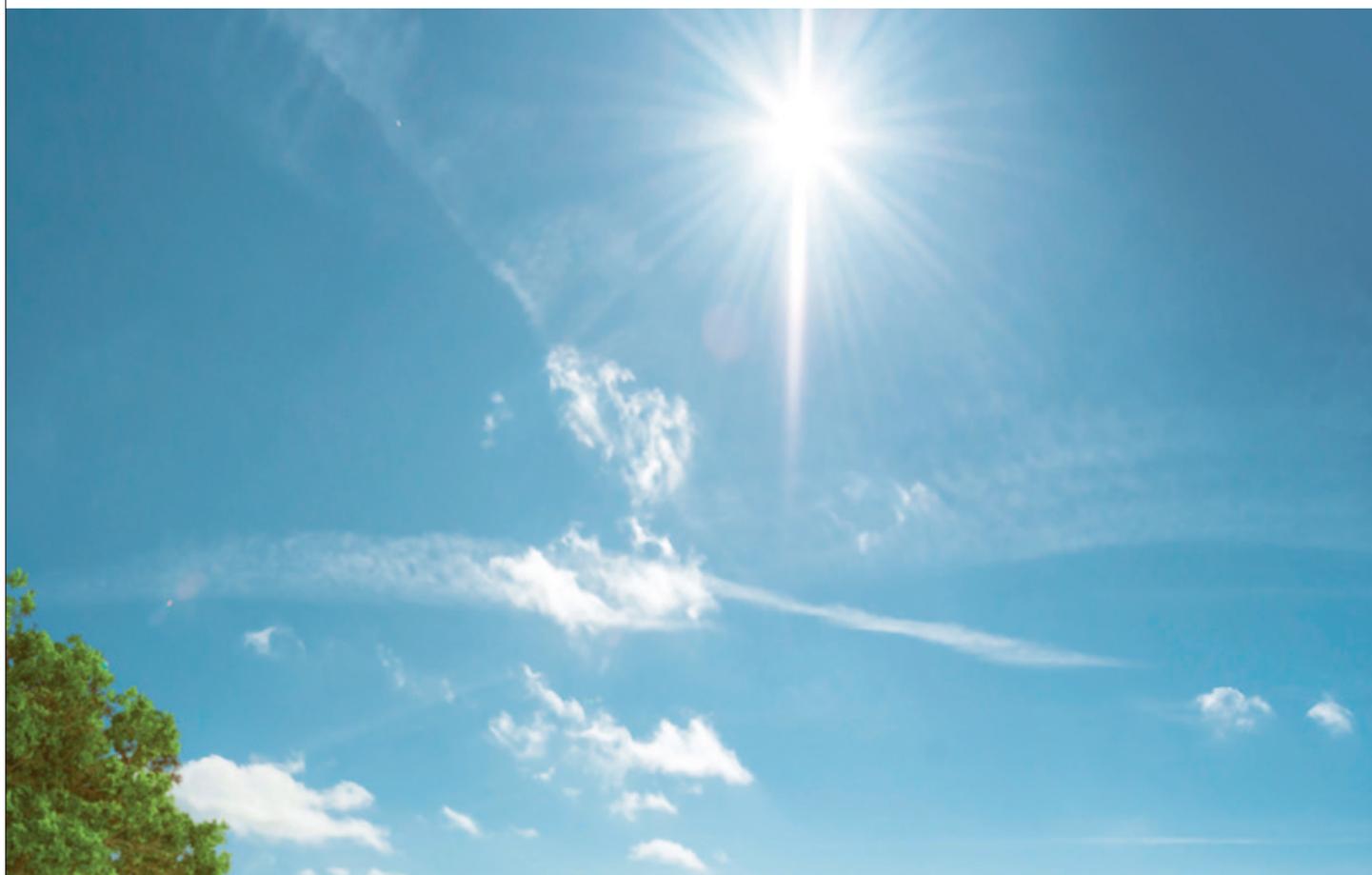
Bereits im **Referenzpfad** sind merkliche Emissionsrückgänge zu verzeichnen. Bis 2030 von derzeit 780 Tsd. auf 706 Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr und bis 2045 auf 568 Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>.

2.

Im **Pionierpfad** können die Emissionen mit 595 Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr deutlich reduziert werden und der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 mit dann noch 282 Tsd. Tonnen CO<sub>2</sub> ganz erheblich näher kommen.

3.

Das Ziel der Treibhausgasneutralität wird im **Klimaneutralitätspfad** unter hohen Kosten erreicht. Unter Berücksichtigung des Recarbonisierungseffekts kann die Kalksandsteinindustrie über die genannten Ergebnisse hinaus ab dem Jahr 2042 sogar „klimapositiv“ werden. Somit bleibt ein gewisser Spielraum, sollte es der Kalkindustrie nicht gelingen, sämtliche Prozessemissionen abzuscheiden und zu speichern.





# 4. SCHLUSS FOLGER UNGEN

Kaum eine Zukunftsfrage wird die kommenden Jahre so sehr prägen, wie der Weg in die Klimaneutralität. Wir stehen in der Verantwortung, den Übergang nachhaltig zu gestalten. Dabei sehen wir uns vielen Ungewissheiten gegenüber. Fest steht: Wir müssen und werden neues technologisches Terrain betreten und die ganze Innovationskraft unserer Industrie entfesseln.

Nur so können wir als Kalksandsteinindustrie unseren Teil zum Erreichen der Klimaziele beitragen und unsere Ökobilanz stetig weiter verbessern. Dies wird trotz fortlaufender und intensiver Praxisforschung nur durch ganz erhebliche finanzielle Anstrengungen in den Betrieben möglich sein.

Aber nicht nur in der Zukunft, sondern bereits heute ist ein schnelles Absenken der Emissionen geboten: Seit Januar 2021 fallen Zusatzkosten für fossile Brennstoffe an – im Jahr 2021 zunächst 25 Euro zusätzliche Kosten pro Tonne emittiertes CO<sub>2</sub>. Dieser Aufschlag erhöht sich stufenweise bis zum Jahr 2025 mindestens auf ein Niveau von 55 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> (vermutlich sogar schneller, abhängig von den Entscheidungen der neuen Bundesregierung). Hierdurch entstehen der Kalksandsteinindustrie erhebliche Zusatzkosten, welche die in den deutschen Wirtschaftsraum exportierenden Kalksandsteinunternehmen des benachbarten Auslands nicht zahlen müssen. Damit entsteht eine deutliche Wettbewerbsverzerrung.

Sehr wesentlich ist in diesem Zusammenhang die Feststellung, dass höhere CO<sub>2</sub>-Preise zwar einen spürbaren Kosteneffekt haben und auch Anreize setzen – jedoch allein bei Weitem nicht ausreichen, um wirtschaftliche Anreize für Investitionen in Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen in der Kalksandsteinindustrie zu schaffen. Die deutlich höheren energiebezogenen Kosten der möglichen technologischen Alternativen, insbesondere in der Dampferzeugung, überwiegen die Kostenreduktionseffekte durch niedrigere Emissionen bei Weitem.



## MAßNAHMEN DER KALKSANDSTEININDUSTRIE

**Die deutsche Kalksandsteinindustrie wird zweifelsfrei ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten! Besonders relevante Maßnahmen für die Emissionsreduktion in den Produktionsprozessen der Kalksandsteinindustrie sind dabei:**

- Optimierte Wärmemanagement in den Werken.
- Brennstoffwechsel für die Dampferzeugung zu Wasserstoff und direkter Nutzung von Strom.
- Effizienzmaßnahmen durch weitere Digitalisierung.
- Umstellung des Fuhrparks auf Fahrzeuge mit Elektroantrieben.
- Reduktion des Kalkanteils in den Produkten.

**Grundlage für die Umsetzung dieser Maßnahmen sind hohe Investitionen unserer Werke in Innovationen und die führen zu relevant steigenden Kosten. Unsere mittelständisch geprägte Industrie braucht daher die Unterstützung der politischen Entscheidungsträger.**

## UNSERE FORDERUNGEN AN DIE POLITIK

**1.**

Die recarbonisierende Eigenschaft von Kalksandstein muss bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalksandsteinindustrie mildernd anerkannt werden.

**2.**

Gezielte staatliche Förderprogramme für Investitionen in den Unternehmen, beispielsweise im Bereich der Anlagentechnik, um deren erhebliche finanzielle Belastungen zu dämpfen und mittels Modernisierung zugleich schneller zu Emissionsreduktionen zu kommen.

**3.**

Einen hinreichenden Schutz vor Carbon Leakage, sowohl innerhalb der EU – solange CO<sub>2</sub>-Preise für unsere Industrie wie derzeit vor allem Folge nationaler Rahmenbedingungen sind – als auch mit Blick auf den Substitutionswettbewerb mit anderen Baustoffen.

**4.**

Eine deutliche Dämpfung der stark steigenden Energiekosten, zum Beispiel für Wasserstoff und Strom. Hierfür sind mit Blick auf die Ergebnisse dieser Roadmap nicht nur Investitionszuschüsse, sondern auch Förderungen, die auf die Dämpfung zusätzlicher Betriebskosten abzielen, notwendig (so wie sie in anderen Branchen, etwa für die Stahl-, Basischemie- oder Zement- und Kalkindustrie diskutiert werden).



4.

Der im Rahmen der Novelle der EU-Energiesteuerrichtlinie drohende Wegfall der Energiesteuerrückerstattung muss verhindert werden. Mineralogische Prozesse müssen weiterhin vom Anwendungsbereich der EU-Energiesteuerrichtlinie ausgenommen und die bestehenden Entlastungen erhalten bleiben. Dies ist vor dem Hintergrund der anstehenden und in der Höhe zuvor nie dagewesenen Investitionen zur Erreichung der Klimaneutralität zwingend erforderlich.

5.

Es muss ein Markt für in der Regel teurere, klimaneutrale Produkte geschaffen werden. Der Staat kann und muss hier Vorreiter sein.

6.

Die Kalksandsteinindustrie benötigt ein wirtschaftsfreundliches, zukunftsfähiges Umfeld mit Standortbedingungen, die Ihre Wettbewerbsfähigkeit nicht weiter beeinträchtigt.

Dazu zählen unter anderem:

- die Vor-Ort-Verfügbarkeit von regenerativ erzeugtem und bezahlbarem Wasserstoff und Strom;
- eine leistungsfähige Netz-Infrastruktur;
- die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren;
- deutlich größere staatliche Anstrengungen in Forschung und Entwicklung.





# 5. FAZIT

1. Klimaneutralität ist für die Kalksandsteinindustrie erreichbar.
2. Die entsprechende Infrastruktur (Strom, Wasserstoff) muss geschaffen werden.
3. Die Verfügbarkeit klimaneutraler Energieträger muss hergestellt und gewährleistet werden.
4. Wirtschaftliche Anreize sind für schnelle Umsetzung unerlässlich. Höhere CO<sub>2</sub>-Preise allein fördern die Transformation nicht.
5. Klimaneutralität ist mit relevanten Mehrkosten verbunden. Schutz vor Carbon Leakage bleibt zentral.
6. Veränderungen in der Kalkproduktion vorausgesetzt, kann die Kalksandsteinindustrie sogar klimapositiv werden.

Die Ergebnisse der „Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland“ zeigen, dass die Kalksandsteinindustrie bis 2045 klimaneutral werden und bereits bis 2030 mit erheblichen Emissionsreduktionen zu europäischen und nationalen Klimaschutzziele beitragen kann.

Unter Berücksichtigung des produktspezifischen Aspekts der Recarbonatisierung ist es sogar möglich, dass die Branche klimapositiv wird – also in den Produkten mehr CO<sub>2</sub> eingelagert, als in der gesamten Produktionskette einschließlich der vorgelagerten Produktion von Kalk freigesetzt wird.

Es ist für die Kalksandsteinindustrie deshalb von elementarer Bedeutung, dass die besonders relevanten politischen Rahmenbedingungen jetzt schnell und nachhaltig gesetzt, die zwingend notwendigen Förderprogramme auf den Weg gebracht und bestehende Entlastungen erhalten werden. Nur dann können in unseren Unternehmen die notwendigen Investitionsentscheidungen zur Erreichung der Klimaziele getroffen werden.

**IHR ANSPRECHPARTNER  
ZUM THEMA ROADMAP**

Dr.-Ing. Wolfgang Eden  
wolfgang.eden@kalksandstein.de  
Telefon: 0511/279 54-60

Die Langfassung der „Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland“ steht zum Download bereit unter:  
[www.kalksandstein.de/roadmap2045](http://www.kalksandstein.de/roadmap2045)  
Oder scannen Sie einfach den QR-Code.



## IMPRESSUM

Herausgeber: Kalksandstein-Dienstleistung GmbH  
Entenfangweg 15  
30419 Hannover

Redaktion: Roland Meißner  
Thomas Haver, Leitpunkt, Krefeld

Design: 360° Design, Krefeld

Bildnachweise: Titelseite: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. (Tomml | iStockphoto);  
S. 2 / 3: Mike Mareen(Adobe Stock); S. 4, 16: 360° Design;  
S. 5, 9, 11, 13, 15, 17, 19 o., 23: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.;  
S. 6: Simon Dux; S. 7: Olaf Mahlstedt; S. 8: mitifoto (Adobe Stock);  
S. 14: FrankBoston (Adobe Stock); S. 18 / 19 u.: mimadeo (Adobe Stock);  
S. 20: Butch (Adobe Stock)

Druck: Ulrich Schommers, Digital- und Offsetdruck e.K., Kempen

Stand: November 2021

**Kalksandsteinindustrie Nord e.V.**

Lüneburger Schanze 35  
21614 Buxtehude

Tel.: +49 4161 7433-60  
Fax: +49 4161 7433-66  
info@ks-nord.de  
www.ks-nord.de

