

KALKSANDSTEIN

**ÖKOBILANZSTUDIE
EINES MEHRFAMILIENHAUSES GEMÄSS
QUALITÄTSSIEGEL NACHHALTIGES GEBÄUDE (QNG)
KALKSANDSTEIN UND HOLZ IM VERGLEICH**

AUSRICHTUNG UND ZIEL DER STUDIE

In der vorliegenden Studie werden die Ergebnisse einer umfassenden ökobilanziellen Untersuchung zur Bewertung eines Mehrfamilienhauses im Einklang mit den Anforderungen des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG) vorgestellt.

Dabei wird ein Vergleich der Massivbauweise aus Kalksandstein und einer alternativen Bauweise in Holztafelbau durchgeführt.

Ziel der Studie ist es, die ökologischen Auswirkungen beider Bauweisen zu analysieren und zu bewerten.

Insbesondere wird untersucht, ob die Anforderungen öffentlicher Förderprogramme für energieeffizientes und nachhaltiges Bauen, einschließlich des Förderprogramms Klimafreundlicher Neubau (KFN) im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), in Bezug auf Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen auf Gesamtgebäudeebene sowie über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes gemäß den Vorgaben des QNG erfüllt werden können.

ZUSAMMENFASSUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Die zentralen Ergebnisse der ökobilanziellen Untersuchungen in dieser Studie sind:

- Das untersuchte Mehrfamilienhaus aus Kalksandstein erfüllt die Anforderungen des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG) sowohl in Bezug auf das Treibhauspotenzial / Global Warming Potential (GWP) als auch auf die nicht erneuerbare Primärenergie (PE_{NRT}). Somit wurden die Anforderungen der hier maßgeblichen Förderprogramme Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) beziehungsweise Klimafreundlicher Neubau (KFN) in Bezug auf die genannten Umweltindikatoren deutlich eingehalten.
- Die durch Kalksandstein über den gesamten Lebenszyklus verursachten CO_2 -Emissionen machen lediglich etwa 8% der gesamten CO_2 -Emissionen des Gebäudes aus.
- Im Vergleich der gesamten CO_2 -Emissionen und der nicht erneuerbaren Primärenergie auf Gebäudeebene liegen die Kalksandstein- und die Holzvariante über den gesamten Lebenszyklus hinweg nahezu in identischen Größenordnungen.
- Bei der Auswahl von nachhaltigen Baustoffen während der Planung von Gebäuden sollten neben den zuvor genannten Ökobilanzindikatoren auch weitere Nachhaltigkeitsaspekte wie zum Beispiel Regionalität, Langlebigkeit, Tragfähigkeit, Brandschutz, Wirtschaftlichkeit und akustischer Komfort berücksichtigt werden.
- Zur Optimierung einer Ökobilanz ist die Gebäudeplanung entscheidend.

MATERIAL UND GEBÄUDE

Kalksandstein, ein der Natur nachempfundener Wandbaustoff, zählt in Deutschland zu den am häufigsten verwendeten Wandbaustoffen, insbesondere im mehrgeschossigen Wohnungsbau. Das Material überzeugt durch seine ökologischen Qualitäten, denn die Herstellung von Kalksandstein im Kalksandsteinwerk selbst beinhaltet keine CO₂- und energieintensiven Prozesse.

Die natürlichen Rohstoffe Kalk, Sand und Wasser haben keinerlei Risiken für die lokale Umwelt. In Verbindung mit kurzen Transportwegen zu den Kalksandsteinwerken trägt dies zur Minimierung ökologischer Belastungen bei. Darüber hinaus zeichnen sich Kalksandsteinprodukte durch eine hohe Wirtschaftlichkeit und durch ihre herausragenden bauphysikalischen Eigenschaften wie Langlebigkeit, Tragfähigkeit, Brandschutz und akustischer Komfort aus, was sie zu einem besonders nachhaltigen Baumaterial macht.

DIE AUSWIRKUNGEN VON WANDKONSTRUKTIONEN AUS KALKSANDSTEIN AUF DIE ÖKOBILANZ EINES GEBÄUDES

Im Rahmen einer umfassenden ökobilanziellen Untersuchung zur Bewertung eines Mehrfamilienhauses (siehe [Abbildung 1](#)) werden nachfolgend die Ergebnisse im Einklang mit den Anforderungen des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG) vorgestellt. Zugleich werden zwei Bauweisen miteinander verglichen:

1. Massivbauweise mit Kalksandstein (KS)
2. Holztafelbauweise (HTB)

Folgende Indikatoren werden dabei untersucht und bewertet:

1. GWP (Global Warming Potential, Treibhauspotenzial)
2. PE_{NRT} (Primary Energy Non-Renewable Total, nicht erneuerbare Primärenergie)

Zur Durchführung einer Ökobilanz und eines GEG-Nachweises (Gebäudeenergiegesetz) ist es erforderlich, eine Sachbilanz auf Grundlage der Baupläne zu erstellen. Diese Sachbilanz umfasst daher sämtliche Gebäudeteile und Baustoffe.

Abb. 1 Ansicht des Mehrfamilienhauses



SICHERSTELLUNG DER EINHEITLICHKEIT UND VERGLEICHBARKEIT DER ÖKOBILANZ

Das Gebäude wurde in beiden Bauweisen (KS und HTB) nach dem Effizienzhausstandard 40 konzipiert. Spezifische Bauteile sowohl für den Massivbau aus Kalksandstein als auch für den Holztafelbau wurden entsprechend definiert.

Als Grundlage für die Quantifizierung von Modul B6 der Ökobilanz, wurde der Energiebedarf des Gebäudes in der Nutzungsphase ermittelt und ein separater GEG-Nachweis gemäß DIN V 18599^[1] erstellt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die massive KS-Bauweise und die Holzbauvariante mit identischem Effizienzhausstandard auch annähernd gleiche Primärenergieverbräuche und Transmissionswärmeverluste aufweisen.

Die Warmwassererzeugung erfolgt mittels einer Sole-Wasser-Wärmepumpe, die durch eine Solaranlage unterstützt wird. Zur Wärmeübergabe wurde in allen beheizten Bereichen eine Fußbodenheizung installiert. Beide Bauweisen verfügen zudem über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die verfügbare Dachfläche des Gebäudes wurde etwa zur Hälfte mit PV-Modulen belegt.

Abb. 2 Grundriss Erdgeschoss (EG)

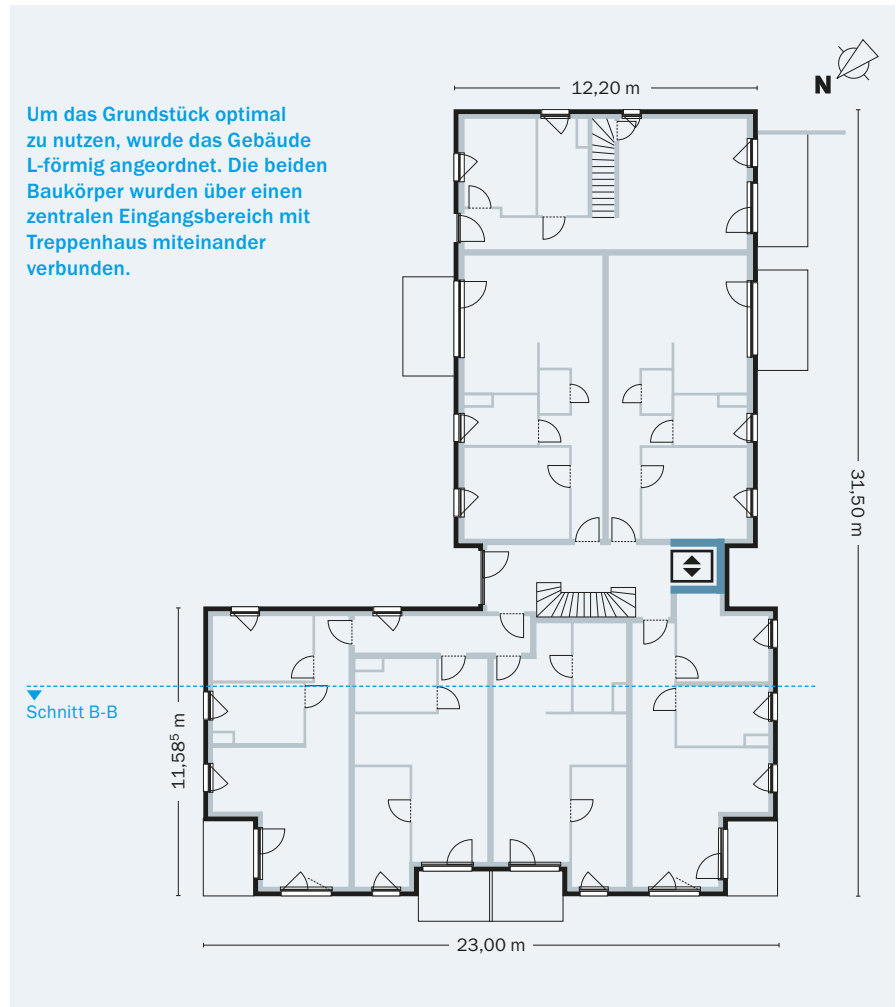
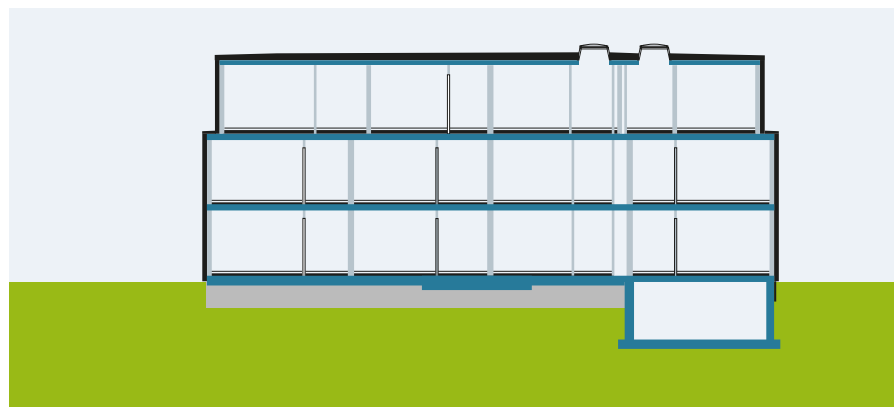
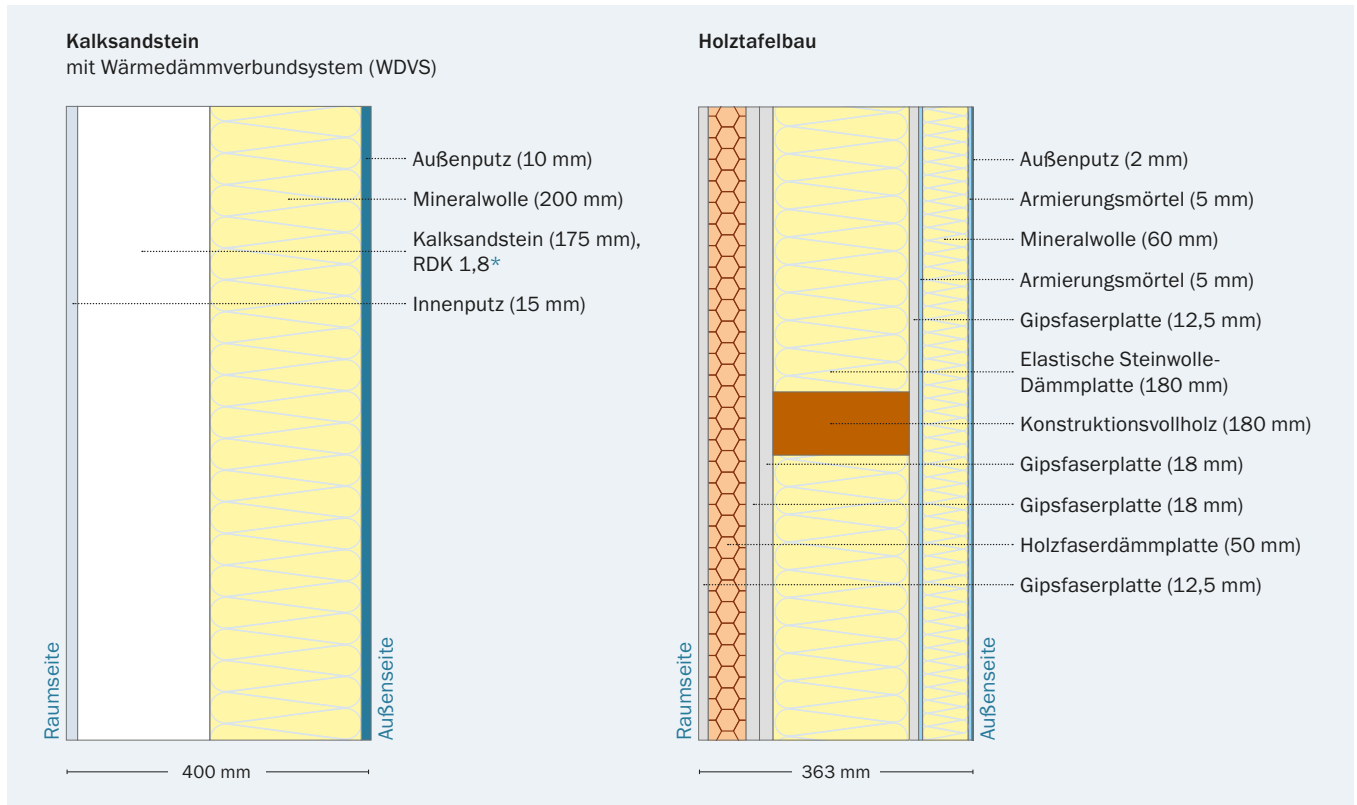


Abb. 3 Vertikalschnitt des Gebäudes (Schnitt B-B)



BESCHREIBUNG DER BAUWEISEN

Abb. 4 Aufbau einer Kalksandstein-Außenwand im Vergleich zur Außenwandkonstruktion in Holztafelbauweise (HTB)



* Rohdichteklasse 1,8 mit einer Klassengrenze von 1,61 bis 1,80 kg/dm³

MASSIVBAUWEISE MIT KALKSANDSTEIN (KS)

In der KS-Bauweise wurden sämtliche tragende Wände aus Kalksandstein geplant – mit Ausnahme der Kellerwände, die in Stahlbeton ausgeführt wurden. Innerhalb der Wohneinheiten sorgen leichte Trennwände aus Kalksandstein für die Raumaufteilung. Alle Gründungsbauteile und Decken wurden in Stahlbeton ausgeführt.

HOLZTAFELBAUWEISE (HTB)

Als Holzbauvariante wurde die Holztafelbauweise gewählt. Der Keller und der Aufzugschacht wurden in Massivbauweise beziehungsweise aus Stahlbeton ausgeführt. Die Außenwandkonstruktion besteht aus einer innen liegenden Installationsebene, einem Ständerwerk mit Gefachdämmung und einem außen liegenden WDVS. Zur Sicherstellung des Brandschutzes wurden Gipsfaserplatten für die Beplankungen verwendet. Die Geschossdecken sowie das Dach wurden – mit Ausnahme der Kellerdecke, die aus Stahlbeton besteht – in Holzbauweise ausgeführt.



ÖKOBILANZANALYSE



Die für die Ökobilanzen betrachteten Rahmenbedingungen sind in [Tabelle 1](#) zusammengestellt. Mit dieser Darstellung wird zum einen die Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise ermöglicht und zum anderen die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Studien erleichtert.

Tab. 1 Kriterienübersicht der untersuchten Ökobilanz^[1-3]

Lebenszyklusphasen	A1-A3, B4, B6, C3, C4
Indikatoren	GWP, PE _{NRT}
Datengrundlage	Ökobilanzierung Rechenwerte 2023 Version 1.3 (QNG)
Lebensdauer in den einzelnen Schichten	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2017
Funktionelle Einheit	1 m ² NRF/a (Netto-Raumfläche pro Jahr)
Betrachtungszeitraum	50 Jahre
Werte für den Endenergiebedarf	GEG-Berechnung nach DIN V 18599
Bilanzregel	Von QNG LCA-Bilanzregeln für Wohngebäude, Version 1.3

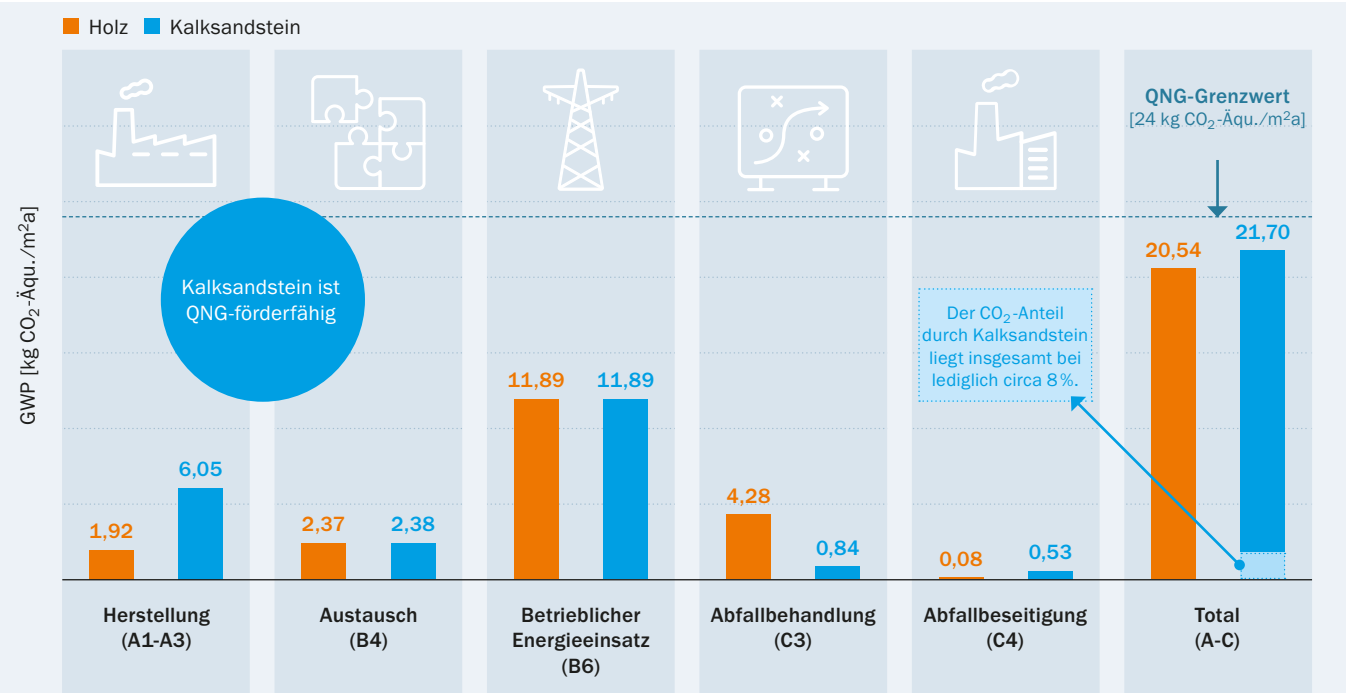
ÖKOBILANZERGEBNISSE AUF GEBÄUDEEBENE

Treibhauspotenzial

[Abbildung 5](#) zeigt den Vergleich des GWP der beiden betrachteten Bauweisen für die Lebenszyklusphasen A-C. Im Ergebnis lässt sich feststellen:

- Das Mehrfamilienhaus aus Kalksandstein erfüllt die Anforderungen des Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude (QNG) auf Gebäudeebene deutlich.
- Beide Bauweisen (KS und HTB) weisen annähernd die gleiche Größenordnung an CO₂-Emissionen auf ([siehe rechte Spalte](#)).

Abb. 5 Treibhauspotenzial (GWP) für das Mehrfamilienhaus über den gesamten Lebenszyklus von 50 Jahren pro m² NRF und Jahr





Die Entscheidung für eine Baukonstruktion aus Kalksandstein oder aus Holz hat nur einen marginalen Einfluss auf die Ökobilanz des Gebäudes. Die CO₂-Emissionen durch den Einsatz von Kalksandstein in den Außen- und Innenwänden betragen über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes rund 8 %.

Tab. 2 Ökobilanzierung Rechenwerte 2023 Version 1.3 von QNG ^[2]

Rechenwerte für Holz- und Holzwerkstoffe					
		Technische Angaben		Indikatorenwerte	
		Gewicht kg	Rohdichte kg/m ³	GWP A1-A3 kg CO ₂ -Äqu.	GWP C3 kg CO ₂ -Äqu.
3.1	Hobelware ¹	485	485	-728	798
3.2	Laubschnittholz, getrocknet ¹	762	762	-1.128	1.250
3.3	Nadelschnittholz, frisch ¹	675	675	-766	802
3.4	Nadelschnittholz, getrocknet ¹	485	485	-739	797
3.5	Konstruktionsvollholz ¹	493	493	-722	810
3.6	Balkenschichtholz ¹	500	500	-686	815
3.7	Brettschichtholz, Standardformen ¹	507	507	-666	819
3.8	Brettsperrholz ¹	489	489	-658	792
3.9	3- und 5-Schicht-Massivholzplatte ¹	510	510	-647	810
3.10	Furniersperrholz ¹	824	824	-882	1.250
3.11	Furnierschichtholz	466	466	-465	896
3.12	Oriented Strand Board (OSB) ¹	600	600	-619	977
3.13	Röhrenspanplatte ¹	272	272	-318	435
3.14	Spanplatte, melaminbeschichtet ¹	633	633	-760	977
3.15	Spanplatte, roh ¹	633	633	-810	989
3.16	Zementgebundene Spanplatte	1.200	1.200	1.694	279
3.17	Hochdichte Faserplatte ¹	850	850	-860	1.230
3.18	Mitteldichte Faserplatte ¹	738	738	-735	1.086

¹ Durchschnitt DE

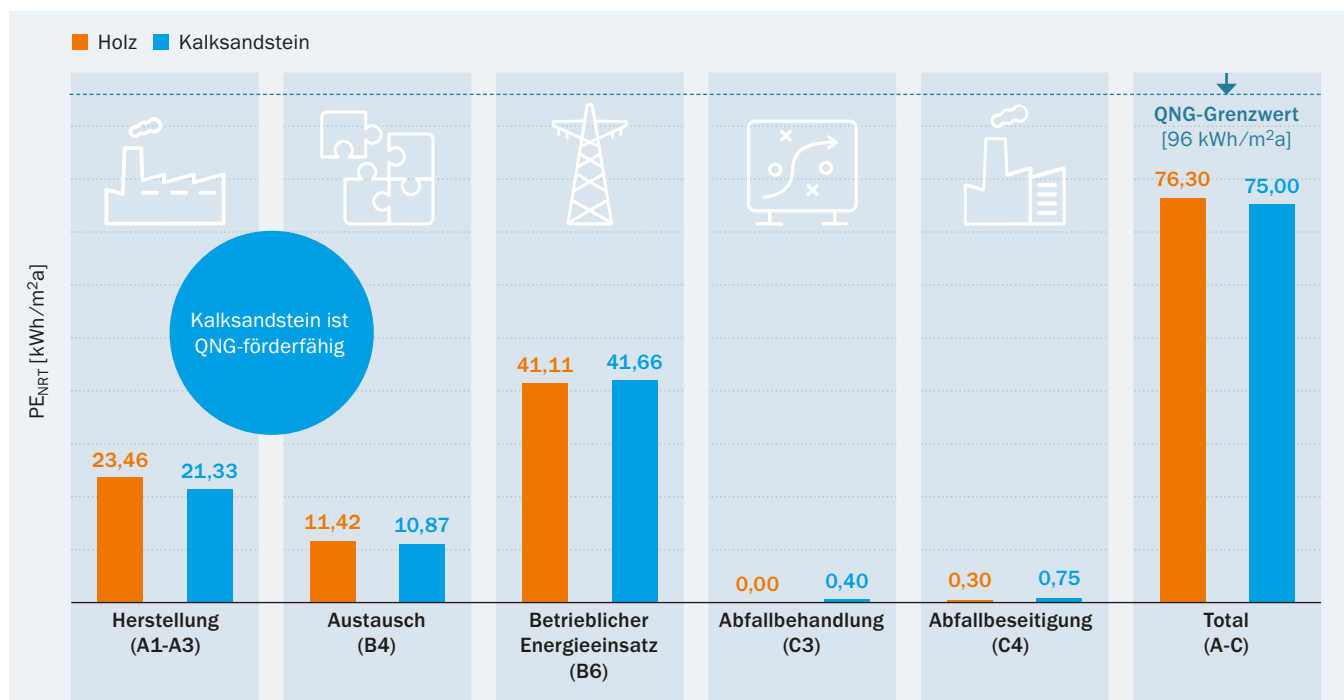
Einen wesentlichen Beitrag zum Treibhauspotenzial bei der Holzvariante liefert die Lebenszyklusphase C. Am Ende des Lebenszyklus wird das Holz thermisch verwertet, was zur Freisetzung des gebundenen CO₂ in die Atmosphäre führt (siehe Tabelle 2). Die niedrigen Werte durch Berücksichtigung des beim Wachsen des Holzes eingelagerten CO₂ in der Herstellungsphase (Phase A) werden dadurch mehr als aufgehoben. Im Gegensatz dazu wird beim Kalksandstein am Lebensende überwiegend eine mechanische Aufbereitung vorgenommen, bei der das Material gebrochen, gemahlen und zu 100 % erneut dem Produktionsprozess zugeführt wird. Der Energieaufwand für diese Prozesse ist im Verhältnis zu den Gesamt-CO₂-Emissionen eines Gebäudes so minimal ($\leq 1\%$), dass er als vernachlässigbar betrachtet werden kann.

Während der Herstellungsphase (Phase A) zeigt die Kalksandsteinvariante höhere Werte im Vergleich zur Holzvariante, was hauptsächlich auf den Einsatz von Stahlbeton bei den Deckenkonstruktionen zurückzuführen ist.

Recarbonatisierung

Eine dauerhafte CO₂-Einlagerung kann beim Einsatz von Kalksandstein durch den natürlichen Prozess der „Recarbonatisierung“ erreicht werden^[4-8]. Im verbauten Zustand nimmt Kalksandstein CO₂ aus der Atmosphäre auf. Dieser Prozess führt auf Gebäudeebene zu einer zusätzlichen CO₂-Einsparung und wird während der Nutzungsphase im Lebenszyklusmodul B1 erfasst. Aktuell findet das Modul B1 gemäß den Vorgaben des QNG jedoch unbegründeter Weise keine Berücksichtigung, weshalb die CO₂-Einlagerung nicht in die vorliegenden Berechnungen einfließt.



Abb. 6 Nicht erneuerbare Primärenergie (PE_{NRT}) für das Mehrfamilienhaus über den gesamten Lebenszyklus von 50 Jahren pro m^2 NRF und Jahr


Anteil nicht erneuerbarer Primärenergie (PE_{NRT})

Im Hinblick auf den Anteil des Einsatzes nicht erneuerbarer Primärenergie haben beide Bauweisen in der Summe gewisse Ähnlichkeiten. In der Lebenszyklusphase A lässt die Holztafelbauweise einen höheren PE_{NRT} -Wert erkennen, während die Kalksandsteinvariante in der Lebenszyklusphase C geringfügig höhere Werte aufzeigt. Anzumerken ist, dass Phase C insgesamt nur einen minimalen Anteil am Gesamt- PE_{NRT} besitzt (circa 0,4 bis 1,5%).

ÖKOBILANZERGEBNISSE AUF BAUTEILEBENE

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Ergebnisse der Ökobilanzierung sowohl für Kalksandstein als auch für die Holztafelbauweise auf Bauteilebene. Unter sonstige Betonteile wurden die Bodenplatte und die Treppen erfasst. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Stahlbeton- und Holzdecken sowie die sonstigen Betonteile und die Außenwände in hohem Maße zu den Umweltindikatoren beitragen. Bei der Betrachtung der Außenwände wird deutlich, dass die Fassadendämmung, trotz des größeren Flächenanteils an der Fassade, für das Gesamtergebn weniger entscheidend ist als das verwendete Fenstersystem. Ein maßgeblicher Einflussfaktor ist dabei die gegenüber der Wandkonstruktion anzusetzende deutlich geringere technische Lebensdauer der Fenster. Dementsprechend führt der notwendige Austausch zu einem höheren Treibhauspotenzial.

Abb. 7 Treibhauspotenzial (GWP) für die Bauteile des Mehrfamilienhauses über den gesamten Lebenszyklus von 50 Jahren pro m² NRF und Jahr

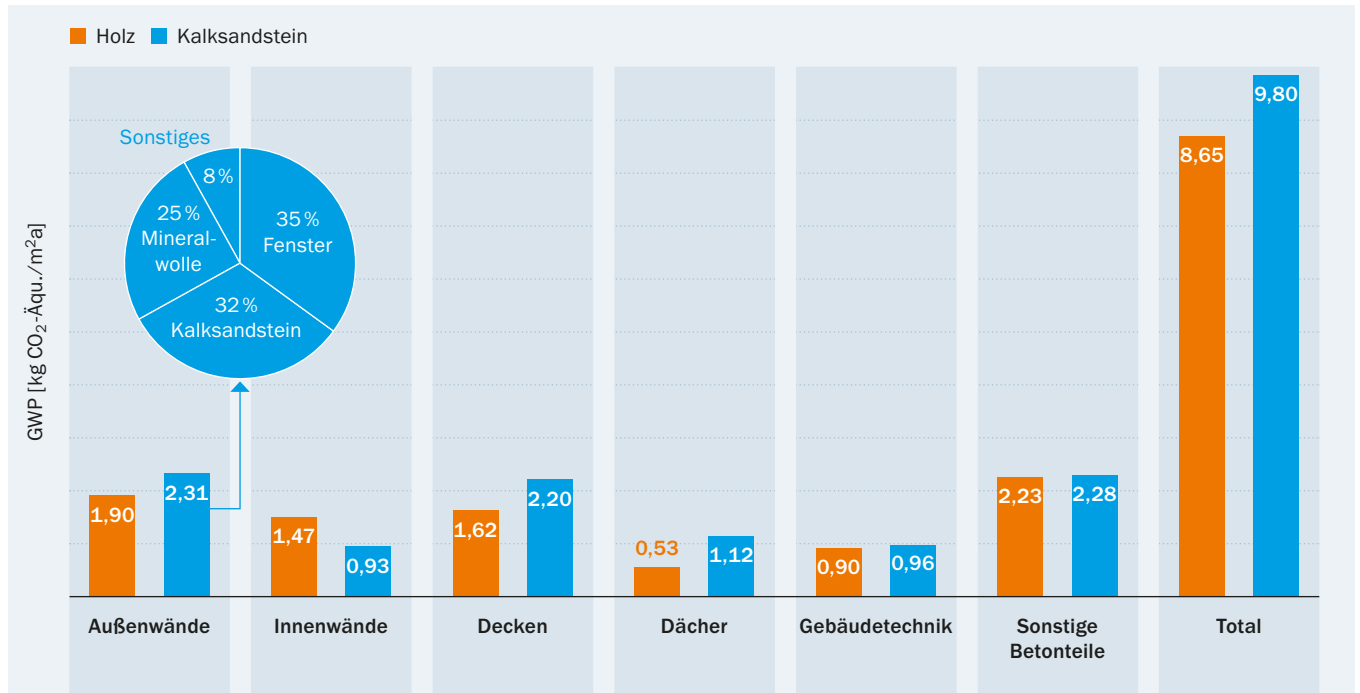
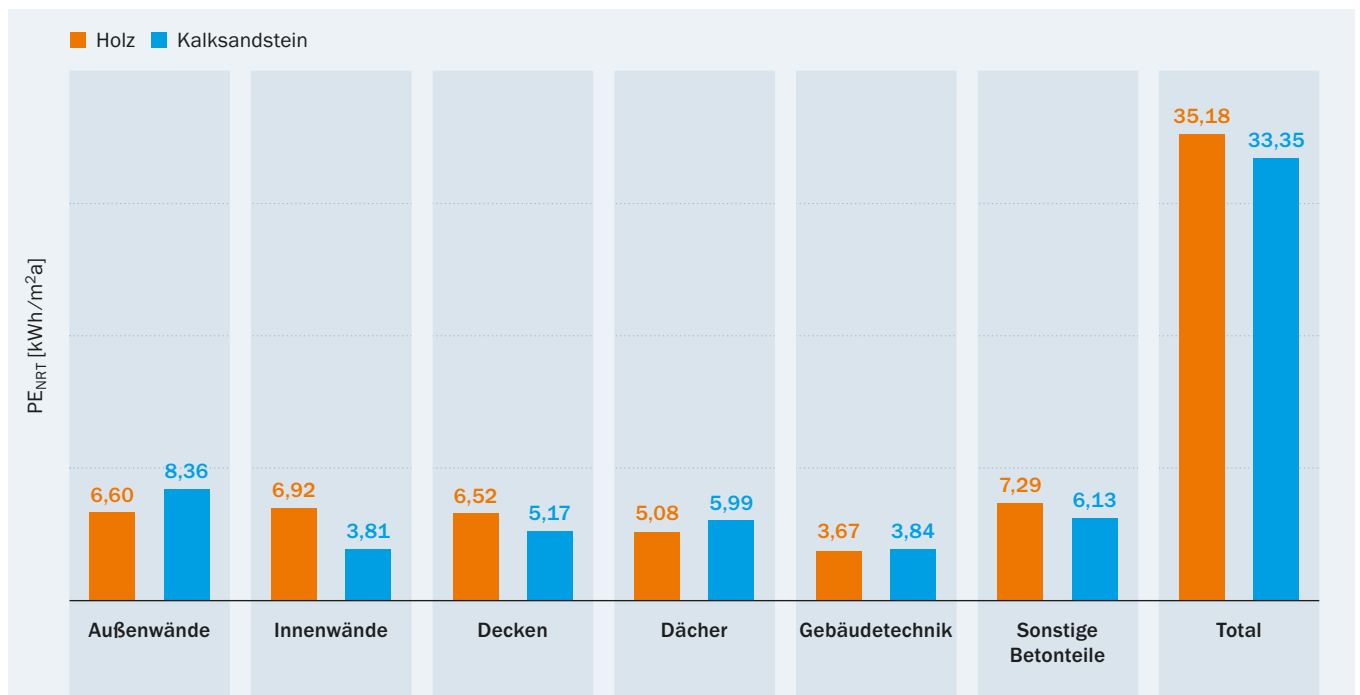


Abb. 8 Nicht erneuerbare Primärenergie (PE_{NRT}) für die Bauteile des Mehrfamilienhauses über den gesamten Lebenszyklus von 50 Jahren pro m² NRF und Jahr



AUSBLICK

Das Erreichen der Premium-Anforderungswerte des QNG für die Indikatoren GWP und PE_{NRT} ist für KS-Gebäude aller Typen selbstverständlich möglich. Dies ist vor allem eine Planungsaufgabe. Die Reduzierung der Umweltauswirkungen kann durch die Verfolgung bestimmter Strategien auf Gebäude- und Bauteilebene erreicht werden. Die Strategien sind in der folgenden Tabelle zusammenge stellt.

Tab. 3 Mögliche Strategien zur Reduzierung der Umweltauswirkungen eines Gebäudes

	Gebäudeebene	Bauteilebene
Gebäudefläche	nicht möglich	nicht möglich
Gebäudenutzungsdauer	möglich	nicht möglich
Baukörper (A/V_o)	möglich	nicht möglich
Gebäudetechnik	möglich	nicht möglich
Bauweise	möglich	möglich
Bauteileigenschaften (Schichten und Dicken von Baumaterialien)	möglich	möglich
$A_{Fenster}/A_{Außenwände}$	möglich	möglich
Entwurfsänderungen	möglich	möglich



LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Deutsches Institut für Normung e. V.; DIN V 18599-1 bis 18599-11 (2018); Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teile 1 bis 11
- [2] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen; QNG-Siegeldokumente inkl. ökobilanzielle Bilanz- und Rechenregeln; 2024
- [3] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen; BNB Nutzungsdauern von Bauteilen
- [4] Future Camp Climate GmbH; Roadmap für eine treibhausgasneutrale Kalksandsteinindustrie in Deutschland; München 2021
- [5] González, A., & Espadas Murillo, L.; Recarbonation of Calcium Silicate Masonry Products; AAC worldwide, Issue 1 / 2022, p. 46-52
- [6] DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Abschlussbericht der Dialogplattform Recyclingrohstoffe; DERA Rohstoffinformationen 58; 2023
- [7] Institut Bauen und Umwelt e. V.; Umwelt-Produktdeklaration für Kalksandstein 2021-2026 (Deklarationsnummer: EPD-BKS-20210205-IBE2-DE)
- [8] Middendorf, B.; Kalksandstein als dauerhafter CO₂-Speicher: Baustoff bindet klimaschädliche Treibhausgase; Tiefbau, Hochbau, Ingenieurbau, Straßenbau, Ausgabe 11-12 / 2022

IMPRESSUM

Herausgeber: Kalksandstein-Dienstleistung GmbH
Entenfangweg 15
30419 Hannover

Autor: Zakaria Istanbuly

Redaktion: Ingo Beer, Dr. Wolfgang Eden, Anke Germann, Zakaria Istanbuly (verantwortlich),
Thorsten Olawsky, Michelina von Peterffy-Rolff, Peter Theissing, Sebastian Warken,
Dr. Matthias Ziegler

Design: 360° Design, Krefeld

Bildnachweise: Titelseite, S. 10: Montage 360° Design; S. 2: eva (Adobe Stock);
S. 5: Matthias (Adobe Stock); S. 6, 7: Grand Warszawski (Adobe Stock);
S. 8: helmutvogler (Adobe Stock)

Stand: November 2024

**Kalksandstein-Bauberatung
Bayern GmbH**

Günthersbühler Straße 10
90571 Schwaig b. Nürnberg
Telefon: 0911 | 54073-0
Telefax: 0911 | 54073-10
info@ks-bayern.de
www.ks-bayern.de

Kalksandsteinindustrie Nord e. V.

Lüneburger Schanze 35
21614 Buxtehude
Telefon: 04161 | 7433-60
Telefax: 04161 | 7433-66
info@ks-nord.de
www.ks-nord.de

**Verein Süddeutscher
Kalksandsteinwerke e. V.**

Rheinstraße 120
77866 Rheinau-Freistett
Telefon: 07844 | 405-370
info@ks-sued.de
www.ks-sued.de

Kalksandsteinindustrie West e. V.

Barbarastraße 70
46282 Dorsten
Telefon: 02362 | 9545-0
Telefax: 02362 | 9545-25
info@ks-west.de
www.ks-west.de

Kalksandstein-Dienstleistung GmbH

Entenfangweg 15
30419 Hannover
info@kalksandstein.de
www.kalksandstein.de
📷 kalksandsteinindustrie
f kalksandstein
in company/kalksandsteinindustrie

