



Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz

BERLIN



weberbrunner berlin

Gesellschaft von Architekten mbH

Chausseestraße 49, 10115 Berlin

T 030 92 10 13 330

www.weberbrunner.eu

Schlussbericht – Kriterien für nachhaltigen Wohnungsbau in Berlin

Entscheidungshilfe und Maßnahmen

Teil 1 - Entscheidungshilfe und Maßnahmen

Teil 2 - Vortrag

Erstellt von:

Eva-Maria Friedel & Elise Pischetsrieder, weberbrunner berlin GvA mbH

info@weberbrunner.de

In Zusammenarbeit mit:

Merten Welsch, Nachhaltigkeitsexperte und Mitarbeiter im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

Im Auftrag von:

Thomas Schwilling

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz

Fachbereich: Kreislaufwirtschaft und umweltverträgliche Beschaffung

thomas.schwilling@senuvk.berlin.de

Stand: 02. August 2021

Hagmannareal, weberbrunner architekten

Foto: Volker Schopp

Inhaltsverzeichnis

0 Ausgangslage	3	4 CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel TYPENHAUS^{plus}	17
0 1 Anlass	3	4 1 Auswahl Referenz-Bauvorhaben	17
0 2 Vorgehen	3	4 2 Steckbrief zum Projekt	17
0 3 Kurzfassung: Maßnahmen als Entscheidungshilfe	4	4 3 Vergleich Konstruktionsvarianten	18
1 Klima- und Ressourcenschutz beim Bauen	5	4 4 CO ₂ -Bilanz im Gebäudevergleich mit Untergeschoss	18
1 1 Emissionsentwicklung Gebäude	5	4 5 Zwischenfazit Gebäudevergleich mit Untergeschoss	19
1 2 Von der Energiewende zur Bauwende	7	4 6 CO ₂ -Bilanz im Gebäudevergleich ohne Untergeschoss	21
1 3 Gebäude als CO ₂ -Speicher	7	4 7 Zwischenfazit Gebäudevergleich ohne Untergeschoss	22
1 4 Große Stellschrauben	8	5 Fazit	23
2 Die Ökobilanzierung	11	6 Maßnahmen für klimaschonendes Planen und Bauen	25
3 Bauteilvergleich CO₂-Emission	11	7 Quellenverzeichnis	25
3 1 Vorgehen	11	7 1 Grundlagen	25
3 2 Bauteilvergleich Außenwand	12	7 2 Literatur	25
3 3 Bauteilvergleich Wohnungstrennwand, tragende Innenwand	13	7 3 Internetquellen	26
3 4 Bauteilvergleich Decke	14		
3 5 Bauteilvergleich Dach	15		
3 6 Bauteilvergleich im Überblick	16		
3 7 Zwischenfazit Bauteilvergleich	16		

0 | Ausgangslage

0|1 Anlass

Das Berliner Abgeordnetenhaus hat am 17. Juni 2020 das Berliner Abfallwirtschaftskonzept mit maßgeblichen Eckdaten zur Kreislaufwirtschaft bei Baumaßnahmen unter dem Leitbild Zero-Waste beschlossen.

So ist neben der Klimaschutz- auch eine Ressourcenschutzwende in der Bauwirtschaft zwingend notwendig und alternativlos. Es sollen zukünftig vorrangig nachwachsende Baustoffe wie Holz oder gütegesicherte Sekundärrohstoffe bei Berliner Baumaßnahmen eingesetzt werden. Dabei kommt den sechs kommunalen Wohnungsgesellschaften (WBG) eine wichtige Vorbildfunktion zu. Vor diesem Hintergrund wird der Dialog mit den WBG gesucht und ausgebaut.

Nachwachsende Rohstoffe können sowohl zum Ressourcenschutz als auch zum Klimaschutz beitragen. In dieser Studie „Kriterien für den nachhaltigen Wohnungsbau in Berlin“ wird erläutert, inwieweit sich der Einsatz von ökologischen, nachwachsenden Materialien positiv auf die Ökobilanz eines Gebäudes auswirken kann.

Die Ergebnisse der Studie „Kriterien für den nachhaltigen Wohnungsbau in Berlin“ wurden am 06. Mai 2021 im Rahmen des 6. Fachdialogs Urbaner Holzbau von Elise Pischetsrieder, weberbrunner berlin GvA mbH vorgestellt. In der Weiterbearbeitung der vorliegenden Gesamtfassung wurden die Bauteilaufbauten in Zusammenarbeit mit Fachplanern für Brandschutz und Statik weiterentwickelt.

Die Studie ist in Zusammenarbeit mit Thomas Schilling von der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin und Merten Welsch vom BBSR entstanden.

0|2 Vorgehen

Im ersten Kapitel der Entscheidungshilfe werden die Klimaschutzziele im globalen und gesellschaftlichen Kontext zusammengefasst.

Im zweiten Kapitel wird die Ökobilanzierung erläutert. Die in der vorliegenden Studie verwendeten Instrumente und Kriterien der Lebenszyklusanalyse werden zusammenfassend beschrieben.

Im dritten Kapitel wird die Bauteilebene erläutert. Es wird vergleichend dargestellt, welche konstruktiven Aufbauten, welche CO₂-Bilanz (GWP = Global Warming Potential) verursachen. Als Referenz wird jeweils eine zurzeit in der Praxis häufig verwendete Standardbauweise beschrieben und zugrunde gelegt. Verschiedene ökologische Alternativen werden hier in Bezug auf die Standardbauweise in Vergleich gesetzt.

Im vierten Kapitel wird anhand eines Anwendungsbeispiels an einem mehrgeschossigen Mehrfamilienhaus die Hebelwirkung der wichtigsten Bauteile Untergeschoss, Außenwand, Dach, Decke und Innenwände exemplarisch bilanziert. Eine in Berlin übliche Standardbauweise wird durch ökologische Bauteilaufbauten ersetzt und hinsichtlich des GWP in absoluten Zahlen sowie prozentual miteinander verglichen.

Im fünften Kapitel werden die wichtigsten Stellschrauben in einer Handlungsempfehlung für nachhaltiges Bauen zusammengefasst.

0 | Ausgangslage

0|3 Kurzfassung: Maßnahmen als Entscheidungshilfe

Die Wahl der Konstruktionsweise und der Materialien ist eine der großen Stellschrauben, auf die die Planung einen entscheidenden Einfluss hat. Sind andere Faktoren wie die Standortwahl, das Raumprogramm oder die Dichte oftmals schon entschieden, so besteht bei der Entscheidung der Konstruktionsweise Handlungsspielraum.

Wichtig für den Entscheidungsprozess für eine ökologische Bauweise ist eine fundierte Argumentation, die auf Zahlen und Fakten basiert. Ein Gefühl, dass Holz vermutlich eine bessere Ökobilanz aufweist als Beton, reicht in der Regel nicht aus. Da die Wirtschaftlichkeit oft das Argument gegen nachhaltige Alternativen darstellt, ist es wichtig, die Kosten in Relation zu den Klimafolgen zu setzen. Wenn man die Zahlen für die Ökobilanzierung in den verschiedenen Leistungsphasen genauso sicher ermitteln kann wie die Kosten, kann man sie anschließend als Grundlage für die maßgebenden Entscheidungen verwenden.

In der Studie wird eine konventionelle, mineralische Bauweise mit einer ökologischen Bauweise zunächst auf Bauteilebene (Kapitel 3) und anschließend auf Gebäudeebene (Kapitel 4) in Hinblick auf die Treibhausgasemissionen miteinander verglichen. Fokus sind die wichtigsten Bauteilgruppen der Kostengruppe 300: Untergeschoss, Außenwand, Innenwand, Decke und Dach.

Betrachtet man die Konstruktionen auf Bauteilebene, so lassen sich in allen Positionen zwischen 40% (Innenwand) bis zu 70% (Außenwand) an CO₂-Emissionen einsparen, wenn man die konventionellen Materialien durch ökologische Baustoffe bei gleichen Anforderungen an Wärmeschutz, Schallschutz und Brandschutz ersetzt. Ausnahme bildet das Untergeschoss: Da es in den erdberührten Bereichen kaum wirtschaftliche Alternativen zu den konventionellen Bauteilaufbauten gibt, ist die Reduktion von Treibhausgasen wesentlich schwieriger zu erzielen.

Nach der Betrachtung der wichtigsten Bauteile werden die Ergebnisse auf die Gebäudeebene übertragen. Es wird ein siebengeschossiges Mehrfamilienhaus mit 42 Wohneinheiten und einem Untergeschoss in Bezug auf die oben genannten Bauteilgruppen nach der Lebenszyklusanalyse bilanziert. Bei der vorliegenden Ökobilanzierung werden die Herstellungsphase, Instandhaltung und Abbruchphase betrachtet.

Fazit der Bilanzierung ist, dass das Gebäude mit einer konventionellen Bauweise bezogen auf die wichtigsten Bauteilgruppen der Kostengruppe 300 rund 1.900 t CO₂-Äquivalent emittiert. Ersetzt man die Bauteile durch ökologische Materialien bei Einhaltung der Anforderungen an Wärmeschutz, Schallschutz und Brandschutz, so verursacht das Gebäude rund 1.100 CO₂-Äquivalent.

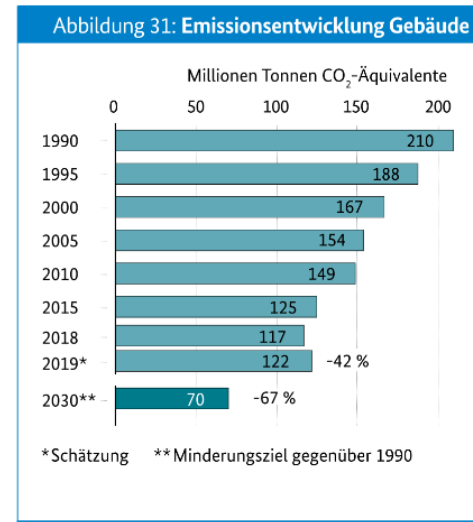
Allein durch den Austausch der Materialien lassen sich also ca. 45% der Treibhausgase einsparen. Verzichtet man bei der ökologischen Variante zusätzlich auf das Untergeschoss, so erreicht man eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 53% im Vergleich zu der Ausgangsvariante mit Untergeschoss.

1 | Klima- und Ressourcenschutz beim Bauen

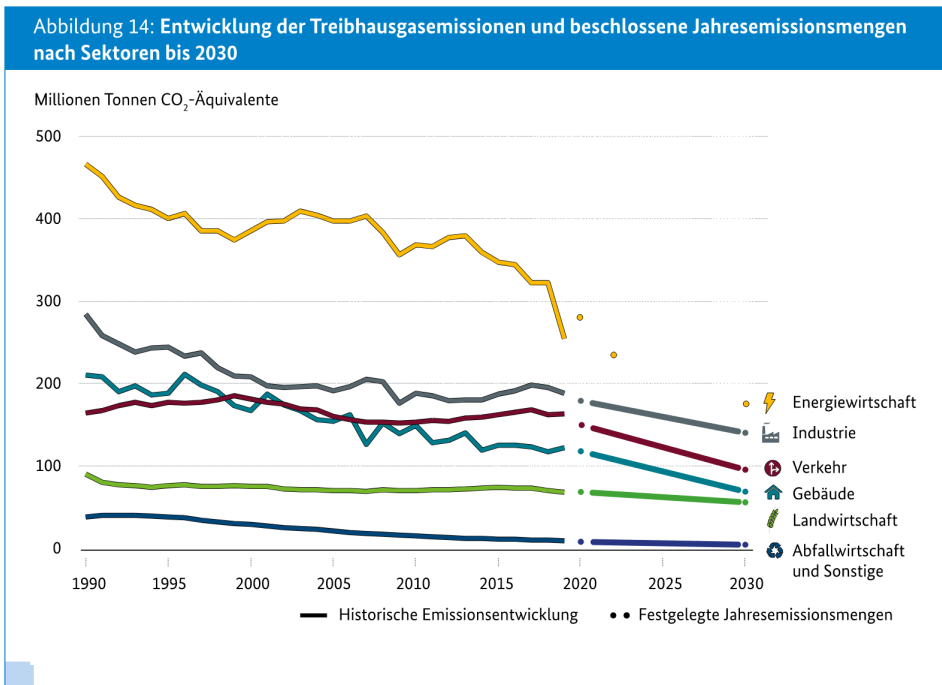
1 | 1 Emissionsentwicklung Gebäude

In der Tagespresse ist die Klimakrise täglich präsent: Am 24. März 2021 hat das Bundesverfassungsgericht das Klimaschutzgesetz der Bundesregierung als unzureichend eingestuft und Verschärfungen gefordert (Bundesverfassungsgericht, Pressemitteilung Nr. 31 | 2021 vom 29. April 2021). Das novellierte Klimaschutzgesetz folgte im Eiltempo im Juni 2021.

Noch Ende April wurde als Ziel auf europäischer Ebene eine CO₂-Reduktion von 55% bis 2030 gefordert. Inzwischen ist bereits sicher, dass allein in Deutschland bis 2030 mindestens 65% CO₂ im Gebäudesektor gegenüber 1990 eingespart werden müssen, um das Klimabudget einzuhalten.



Grafik: Klimaschutzbericht 2020 UBA (2020a), UBA (2020b), Bundesregierung (2019)



Grafik: Klimaschutzbericht 2020 UBA (2020a), UBA (2020b), Bundesregierung (2019)

1 | Klima- und Ressourcenschutz beim Bauen

1 | 1 Emissionsentwicklung Gebäude

Laut dem Klimaschutzbericht der Bundesregierung vom 16. März 2021 konnte Deutschland sein Klimaziel für das Jahr 2020 erreichen. Im Jahr 2020 wurden in Deutschland rund 739 Millionen Tonnen Treibhausgase emittiert. Das sind im Vergleich zum Vorjahr 70 Millionen Tonnen (8,7 Prozent) weniger. „Die fünf Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft erreichen die im Klimaschutzgesetz vorgesehenen Minderungsziele für 2020. Nur im Gebäudesektor wurde das Ziel leicht verfehlt.“ (Bundesregierung, Deutschland bleibt im Klimaschutz auf Kurs, 16.03.2021).

Der Gebäudesektor spielt in Deutschland mit insgesamt 40% der CO₂-Emissionen sektorenübergreifend eine zentrale Rolle bei der Senkung der Treibhausgase (BMU, Klimaschutz in Zahlen 2019). Die Tatsache, dass der Gebäudesektor als einziger Sektor 2020 die Klimaziele nicht eingehalten hat, zeigt, dass besonders in diesem Bereich Handlungsbedarf besteht. Es müssen schnell und effektiv neue Handlungsmaßnahmen sowie politische Anreize und Gesetze beschlossen werden, um in kurzer Zeit möglichst viel CO₂ einzusparen. Das Denken, dass das Bauen grundsätzlich viel Energie verbraucht und CO₂ emittiert, ist überholt und kann bereits durch viele Pilotprojekte und Positivbeispiele widerlegt werden.

Um den Treibhausgas-Ausstoß in Zukunft wirksam zu reduzieren, weitet die Bundesregierung die CO₂-Bepreisung auf die Bereiche Verkehr und Gebäude aus. Das nationale Emissionshandelssystem (nEHS) startet 2021 mit einem Festpreissystem. Das heißt, der Preis pro Tonne CO₂ ist politisch festgelegt (Bundesregierung.de) und wird sich perspektivisch durch die Marktnachfrage erhöhen. Durch diese Entwicklung sollten Planer, Investoren und Bauherren sich zukünftig bereits in den frühen Phasen des Planungsprozesses mit dem Thema der Nachhaltigkeit und des ökologischen Fußabdrucks des Bauprojektes auseinandersetzen. Die WBG sollten daher in der Bestellung und Projektplanung intensiv mit den Planenden zusammenarbeiten, ökologische Lösungen anstreben sowie entsprechende Ziele vereinbaren.

Deutschland erreicht Klimaziel 2020

→ 40,8 % weniger Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990

- 8,7 % (70 Mio. Tonnen) weniger als 2019

→ 5 von 6 Sektoren erreichen das Ziel:

- erfüllt: Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft/Sonstiges
- leicht verfehlt: Gebäude

→ Größter Erfolgssektor: Energie, rund 38 Mio. Tonnen CO₂-Einsparungen im Vergleich zu 2019

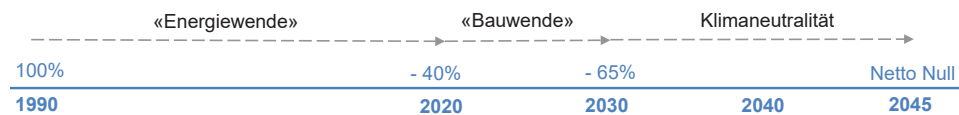
- Gründe u.a.: Weniger Kohlestrom, EU-Emissionshandel, Erneuerbare Energien



1 | Klima- und Ressourcenschutz beim Bauen

1 | 2 Von der Energiewende zur Bauwende

In den vergangenen 30 Jahren wurde der Fokus weitestgehend auf die Energiewende gerichtet: Wärmeschutz, Senkung der Betriebsenergie und die Wende hin zu regenerativen Energien. Um die weiteren CO₂-Einsparungen zu erreichen, kommt man an der bewussten Verwendung nachwachsender Rohstoffe aber nicht vorbei. Diese Kehrtwende im Bauen wird nachfolgend als Bauwende bezeichnet.



Erläuterung Bauwende, weberbrunner architekten

Dabei ist wissenschaftlich belegt: Der Weg bis zur effektiven Klima-Neutralität – in der Schweiz und im Folgenden als „Netto Null“ bezeichnet – ist sehr viel schwieriger zu erreichen als der erste Teil an CO₂-Reduktionen. Die verbleibende Zeit bis zu einem vollständig klimaneutralen Bauen wird dabei immer kürzer. Das Klimaschutzgesetz sieht bereits vor, das Ziel von Netto Null nicht erst 2050 sondern bis 2045 zu erreichen.

Deutschland soll früher klimaneutral werden

- Treibhausgasemissionen
 - Bis 2030: 65 % weniger CO₂ (bislang 55 %)
 - Bis 2040: 88 % weniger CO₂
 - 2045: Klimaneutralität (bislang 2050)
- Zulässige jährliche CO₂-Emissionsmengen für einzelne Sektoren wie Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr oder Gebäudebereich werden abgesenkt.



Grafik: Umweltbundesamt

1 | 3 Gebäude als CO₂-Speicher

Das Bauen spielt eine wichtige Rolle auf der Seite der CO₂-Emission sowie der Seite des Einspeicherungspotentials von CO₂: So wurden z.B. in dem Quartier Neustadt aus Holz „sueËttil“ in Winterthur insgesamt 10.000 t CO₂ im Holzbau eingespeichert bzw. durch die Einsparung entsprechender Mengen an Beton und anderen mineralischen Baustoffen nicht emittiert (Hochparterre, Neustadt aus Holz 08. 2019). Dieser Effekt – im folgenden CO₂-Senke genannt – beschreibt eine Fähigkeit von Holz, die im Kontext großmaßstäblicher Bauprojekte in Städten gezielt berücksichtigt werden kann.



«Neustadt aus Holz sueËttil»: CO₂-Speicher von 10.000 t CO₂, weberbrunner architekten
Foto: Beat Bühler

1 | Klima- und Ressourcenschutz beim Bauen

1 | 4 Große Stellschrauben

Die folgende Checkliste zum nachhaltigen Bauen ist anlehndend an den Artikel „Ausgepufft“, der in der Schweizer Zeitschrift Hochparterre 5 | 20 erschienen ist, entstanden.

Die Anzahl der Punkte hinter den Überschriften zeigt die Gewichtung der einzelnen Stellschrauben. Je mehr der aufgelisteten Aspekte in der Planung, Realisierung und dem Abbruch berücksichtigt werden, desto höher sind die Chancen auf ein ganzheitliches, nachhaltiges Projekt mit einem möglichst kleinen ökologischen Fußabdruck.

Auftrag

Raumprogramm: Die Bestellung hinterfragen ●●●●●

Erstelle so wenig Haus wie möglich - Die Genügsamkeit ist die größte Stellschraube.

Umbau: Graue Energie erhalten ●●●●

Instandsetzungen stoßen zwar im Betrieb mehr CO₂ aus, verursachen aber rund vierzig Prozent weniger graue Treibhausgase als ein Neubau.

Dichte: Synergien nutzen ●●●●

Eine Verdichtung hilft dem Klima auf vielfältige Weise. Sie reduziert den Verkehr, fördert die Kompaktheit der Bauten und erlaubt Synergien zwischen den Nutzungen.

Hochhaus: Verdichten geht auch anders ●●●

Hochhäuser reduzieren die Flächeninanspruchnahme. Aber ihre Konstruktion ist aufwendig, weil die Lasten und die gesetzlichen sowie die technischen Anforderungen mit den Höhenmetern zunehmen.

Gebäude

Tiefbau: Ein Fundament braucht jedes Haus ●●●●

Die Devise „so wenig wie möglich“ gilt im Tiefbau doppelt und dreifach. Aushub und Fundament können einen hohen Anteil an Treibhausgasen aufweisen. Auf das Untergeschoss zu verzichten und die Nebenräume oberirdisch anzuordnen, kann eine nachhaltige Alternative darstellen.

Tragstruktur: So schlank wie möglich ●●●●

Die Tragstruktur ist mit Abstand der größte Posten in der Treibhausgasbilanz eines Gebäudes. Ein optimiertes Tragwerk kann bis zu 25 Prozent der Eigenlasten und folglich der Ressourcen einsparen.

1 | Klima- und Ressourcenschutz beim Bauen

1|4 Große Stellschrauben

Kompaktheit: Die Effizienz der Kiste ●●●●

Je weniger Fassadenfläche desto weniger Energie pro Nutzfläche verbraucht das Gebäude im Betrieb.

Grundriss: Jeder Quadratmeter zählt ●●●

Ein klimaverträglicher Grundriss ist effizient, sprich: viel Hauptnutzfläche pro Geschoss. Entscheidend ist nicht die Treibhausgasemission pro Quadratmeter, sondern pro Person. Reduziere deshalb die privaten Räume zugunsten der gemeinschaftlichen.

Konstruktion

Dauerhaftigkeit: 50 Jahre und mehr ●●●

Eine dauerhafte Konstruktion ist eine klimaschonende Konstruktion. Die Konstruktion muss langlebig, unterhaltsarm und flexibel sein. Trenne Bauteile mit unterschiedlicher Lebensdauer und Funktion, damit unbeständige Elemente einfach ersetzt werden können.

Fassade: Leicht und beständig ●●●●

Der Grundsatz für Fassaden lautet: Haut statt Panzer. Für Verkleidungen gilt „beständig und wenig Masse“.

Fensteranteil: Nur so viel Glas wie nötig ●●●●

In einer Glasfassade steckt mehr graue Energie als in einer Betonwand und die Betriebsbilanz wird belastet, da das Gebäude heißer wird. Bei einem Wohngebäude ist ein Fensterflächenanteil von 20 bis 40% ratsam.

Vorfabrikation ●

Die Produktion im Werk ermöglicht genauere Details, schlankere Bauteile, höhere Qualität, weniger Abfall sowie Zeitersparnis auf der Baustelle. Die Vorfabrikation zwingt zudem zum Elementbau, was die Wiederverwendung vereinfacht.

Material

Recyclingbeton ●

Recyclingbeton schont die Ressourcen und die Landschaft, hilft aber nicht gegen die Klimakrise. Recyclingkiessand und Granulat von Beton oder Mischabbruch aufzubereiten, braucht etwa gleich viel Energie wie beim Primärmaterial. Wenn möglich, sollte auf Beton gänzlich verzichtet und nachwachsende Rohstoffe wie Holz und ökologische Dämmstoffe verwendet werden. Wenn es keine Alternative zu Beton gibt, ist Recyclingbeton vorzuziehen.

Holz: So wenig Leim wie möglich ●●●●

Holz ist nicht gleich Holz. Massivholz schneidet am besten ab, weil es nicht aufwendig verarbeitet wird und keine zusätzlichen Stoffe zum Einsatz kommen. Bindemittel können bei Holzwerkstoffen bis zu 60% der grauen Energie ausmachen. Als Faustregel gilt: Je stärker zerkleinert, desto mehr Bindemittel ist nötig.

Mauerwerk: Es kommt auf den Stein an ●●

Beim Zementstein wird der Zement gebrannt, Kalksandstein wird bei 200 Grad getrocknet. Einen Backstein brennt man bei rund 1000 Grad. Mehr Masse und mehr Hitze heißt: mehr CO₂.

Lehm: Eine Nische mit Potenzial ●●●

Das Material ist vor Ort verfügbar und wird nicht gebrannt, folglich ist es so gut wie klimaneutral. Seine Stärken kann Lehm ausspielen, wo die Kräfte gering sind, zum Beispiel für Beplankungen oder als thermische Masse in Holzbauten.

Dämmung: Nicht zu viel und möglichst leicht ●●

Ab einer Stärke von etwa 20 Zentimetern kommt die Wärmedämmung an die Grenzen der Physik und der Klimarechnung. Dichte Dämmstoffe enthalten mehr graue Energie und sie dämmen oft schlechter als leichte. Entscheidend ist deshalb unabhängig vom Material der Fassadenaufbau: Holzfasern in einer Ständerkonstruktion enthalten weniger graue Energie, als eine Putzträgerplatte aus Holzfasern.

1 | Klima- und Ressourcenschutz beim Bauen

1|4 Große Stellschrauben

Recycling ●●

Wichtig sind Konstruktionen, die eine sortenreine Trennung von Baustoffen ermöglichen. Also schrauben, stecken, klemmen und nicht kleben, gießen oder mörteln.

Wiederverwenden: Ein zweites Leben ohne CO₂ ●●●

Wer Bauelemente wiederverwendet, verliert im Unterschied zum Recycling keine graue Energie. Ein Stahlskelett, das ein zweites Mal verbaut wird, verursacht nur noch ein Zehntel der Treibhausgase.

Inneneinrichtung: Wenig Masse, wenig Einfluss ●

Die Hebel sind groß, wo viel Masse bewegt wird. Die mobilen Ausstattungen und das Mobiliar schlagen kaum zu Buche.

Energie

Haustechnik: Lowtech versus Hightech ●●●●

Neben der Tragstruktur ist die Haustechnik ein weiterer großer Posten in der Treibhausgasbilanz eines Gebäudes. Architektonische Lösungen sollten technischen Lösungen vorgezogen werden.

Thermische Masse: Hitzesommer ausgleichen ●●●

Massive Bauteile, die Wärme und Kälte speichern, reduzieren den Heiz- und Kühlbedarf, weil sie Temperaturspitzen ausgleichen und das Raumklima träge machen. Gleichzeitig bedeutet viel Masse meistens viel graue Energie. Entscheidend sind die ersten zehn Zentimeter unter der Oberfläche eines Materials. Damit die Bauteile thermisch aktiv sind, müssen sie mit der Luft in Berührung kommen.

Nutzer: Mit Fehlverhalten rechnen ●●●●

Der Unterschied zwischen gerechneten und tatsächlichen Energiezahlen beträgt bis zu fünfzig Prozent. Eine der wichtigsten Ursachen ist der Nutzer, der sich anders verhält als vorgesehen. Je einfacher ein Haus funktioniert und je besser die Mieter informiert sind, desto höher ist die Chance, dass es auch funktioniert wie geplant.

Klimaerwärmung: Städte und Häuser kühlen ●●●

Mit jedem zusätzlichen Grad gilt für mehr Häuser: Entscheidend für die Betriebsenergie ist nicht mehr der Winter, sondern der Sommer. Neue Wohnbauten verbrauchen künftig mehr Energie zum Kühlen als zum Heizen. Dachbegrünung, weniger Fenster, viel Speichermasse, thermisch aktivierte Flächen und eine gute Nachtauskühlung steuern dagegen.

Umsetzung

Werkzeuge ●●●

Mit Hilfe von Tools für die Lebenszyklusanalyse und Benchmarks lässt sich die Ökobilanz von Projekten schon in den frühen Leistungsphasen prognostizieren. Die vorliegende Handlungsempfehlung gibt einen Überblick über verschiedene Bauteilaufbauten mit dem jeweiligen CO₂-Fußabdruck im Vergleich. Wichtig ist, dass die Ökobilanzierung schon zu Beginn eines Projektes mitbetrachtet wird.

Fördergelder ●●●

In Deutschland gibt es verschiedene Fördermöglichkeiten für Gebäude; Fokus ist meist ein geringer Energieverbrauch im Gebäudebetrieb.

Seit Juli 2021 fördert der Bund im Rahmen des BEG erstmals Nachhaltigkeitsaspekte durch eine eigene „NH-Klasse“. Der erforderliche Nachweis für die Förderung erfolgt über die Vergabe des gebäudebezogenen QNG = Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude. Voraussetzung für die Vergabe des Qualitätssiegels ist ein Nachweis der Erfüllung allgemeiner und besonderer Anforderungen an die ökologische, soziokulturelle und ökonomische Qualität von Gebäuden. Bei dem QNG Siegel wird auch die Lebenszyklusanalyse eingefordert und bewertet. (Quelle: <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/beg/>)

2 | Die Ökobilanzierung

Für die im folgenden Kapitel vorliegende Ökobilanzierung wurde das eLCA-Tool verwendet. Dies ist eine Software zur Gebäudebilanzierung, die vom BBSR kostenfrei zur Verfügung gestellt wird. LCA bedeutet Life Cycle Assessment und bezeichnet die Lebenszyklusanalyse. Auf Basis qualitätsgesicherter Daten werden die Module Rohstoff-Bereitstellung (A1), Transport (A2), Herstellung (A3), Instandhaltung (B2), Entsorgung (C3) + Deponierung (C4) ermittelt. Die Wiederverwendung, Rückgewinnung oder Recycling (Modul D) eines Materials wird in dieser Studie nicht abgebildet.

Die im Folgenden vorgestellte CO₂-Reduktion bezieht sich ausschließlich auf die Bauweise. Die Gebäudetechnik sowie der CO₂-Ausstoß im Betrieb bleiben unberücksichtigt.

Lebenszyklus GWP in kg CO ₂ -Äqv.	
	Produktion
+	Herstellung
+	Nutzung / Betriebsenergie
+	Instandhaltung
+	Entsorgung
Summe	CO ₂ -Emissionen

Übersicht der Lebenszyklusanalyse, weberbrunner berlin

Die Materialnutzungsdauern basieren im Wesentlichen auf den einheitlichen Festlegungen der BBSR Tabelle (BBSR Tabelle, Nutzungsdauern von Bauteilen). Als Betrachtungszeitraum werden die ersten 50 Jahre angesetzt. Es liegt die ÖKOBAUDAT_2020_II als Datenbasis zu Grunde.

Im eLCA werden insgesamt 24 Umweltindikatoren für den gesamten Lebenszyklus der Gebäudekonstruktion ausgewiesen. Die folgende Bilanzierung fokussiert sich auf den repräsentativen Indikator GWP, d.h. des „Global Warming Potential“ (Treibhausgasemissionen). Die verschiedenen Bauteilaufbauten werden in Bezug auf diesen Wert miteinander verglichen. Ziel ist es, einen möglichst kleinen GWP-Wert, also einen kleinen CO₂-Fußabdruck zu erreichen.

3 | Bauteilvergleich CO₂-Emission

3 | 1 Vorgehen

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Materialien auf Bauteilebene in Hinblick auf die Treibhausgasemissionen miteinander verglichen. Es werden verschiedene Optionen zu den Bauteilgruppen Außenwand, Innenwand, Decke und Dach aufgezeigt.

Als sogenannte Ausgangsvariante wird jeweils ein üblicher Bauteilaufbau definiert, welcher als Referenzwert mit 100% bewertet wird. Vergleichend zu diesem gibt es jeweils Konstruktionen, die klimaschonender oder klimaschädlicher einzuordnen sind.

Alle Bauteiloptionen weisen dieselben Eigenschaften hinsichtlich Wärmeschutz, Brandschutz und Schallschutz auf. Beim Wärmeschutz wird von einem Effizienzhaus 40 (EH40) mit den entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) ausgegangen. Für den Brandschutz werden die Anforderungen an die Gebäudeklasse 5 vorausgesetzt. Für den Schallschutz werden die Werte angesetzt, die im mehrgeschossigen Wohnungsbau erforderlich sind.

Die dargestellten Bauteilaufbauten zeigen die Treibhausgasemissionen (GWP) in Kilogramm CO₂-Äquivalente bezogen auf einen Quadratmeter betrachtetes Bauteil (kurz: kg CO₂-Äqv. je m² Bauteil).

3 | Bauteilvergleich CO₂-Emission

3|2 Bauteilvergleich Außenwand

Eigenschaften: Wärmeschutz $U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Brandschutz R 90, Schallschutz $R'w, res \geq 30 \text{ dB}$

Außenwand (von innen nach außen)	Bauteildicke	Klimaschutz	
Wärmeschutz $< 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Brandschutz R 90, Schallschutz $R'w, res \geq 30 \text{ dB}$	in cm	Treibhausgasemissionen GWP / m ² (Module A-C)	
Stahlbeton + WDVS (Mineralwolle) Gipsputz 1,5cm, Stb 20cm, MiWo (0,035) 25cm, Wärmedämmputz 1,5cm	48,0	145,69 kg CO ₂ -Äqv.	122%
Ausgangsvariante Kalksandstein + WDVS (Mineralwolle) Gipsputz 1,5cm, KS 20cm, MiWo (0,035) 25cm, Wärmedämmputz 1,5cm	48,0	119,42 kg CO ₂ -Äqv.	100%
Poroton + Wärmedämmputz Gipsputz 1,5cm, Poroton mit Dämmstoff gefüllt 49cm, Wärmedämmputz 1,5cm	52,0	101,28 kg CO ₂ -Äqv.	-15%
Brettsperrholz (CLT) + WDVS (Steinwolle), inkl. Vorwandinstallation Gipsfaserplatte 2,5cm, Holzständer+MiWo 7cm, CLT 12cm, Steinwolle 18cm, Kalkzementputz 1,5cm	41,0	45,21 kg CO ₂ -Äqv.	-62%
Holzständer + WDVS (Steinwolle), exkl. Vorwandinstallation Gipsfaserplatte 3cm, Holzständer+MiWo 16cm, GF 1,25cm, Steinwolleplatte 10cm, Kalkzementputz 1,5cm	31,8	35,56 kg CO ₂ -Äqv.	-70%

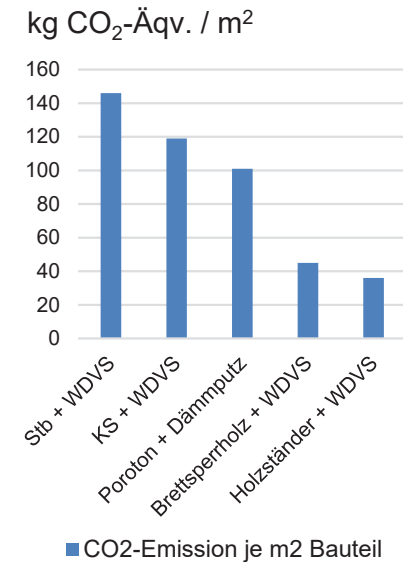
Die Aufbauten sind projektspezifisch durch die entsprechenden Fachplaner zu prüfen.

Als Ausgangsvariante der Außenwand wird ein typischer Bauteilaufbau mit einer Kalksandsteinwand und einem WDVS-System mit Mineralwolle gewählt. Das GWP dieser Außenwand beträgt 119 kg CO₂-Äqv. pro Quadratmeter Bauteil. Geht man von einem Außenwandaufbau mit Stahlbeton aus, wie es oftmals in den Bereichen der Treppenhäuser geplant ist, so erhöht sich das GWP um 22% auf 146 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil. Bei einem Wandaufbau mit einem Perlite gefüllten Porotonstein reduziert sich das GWP leicht um 15% im Vergleich zur Ausgangsvariante.

Die besten Werte können mit den beiden Holzkonstruktionen erzielt werden: Bei der Brettsperrholzwand mit Steinwollendämmung erreicht man eine Reduktion von 62%

im Vergleich zur Ausgangsvariante. Wählt man eine Holzständerwand mit einer Gefachdämmung aus Mineralwolle, so lassen sich rund 70% Treibhausgase im Vergleich zur Ausgangsvariante einsparen. Zudem ist die Holzständerwand rund 16 cm dünner als die Ausgangsvariante - die geringere Bauteildicke führt zu einer größeren Wohnfläche bei gleichbleibender Kubatur. Das GWP liegt bei den ökologischen Varianten zwischen 35 und 45 kg CO₂-Äquivalent pro m² Bauteil.

Es sollte bei Außenwänden mit den Brandschutzanforderungen R90 ein GWP Wert von $< 50 \text{ kg CO}_2\text{-Äquivalent pro m}^2 \text{ Bauteil}$ als Benchmark angesetzt werden.

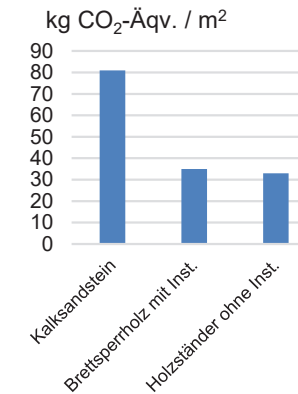


3 | Bauteilvergleich CO₂-Emission

3|3 Bauteilvergleich Wohnungstrennwand, tragende Innenwand

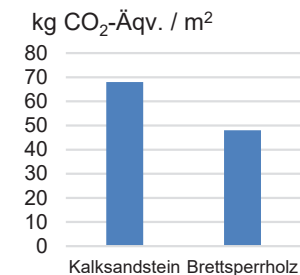
Eigenschaften: Wärmeschutz k. Anf., Brandschutz R 90, Schallschutz R'w ≥ 55 dB

Wohnungstrennwand	Bauteildicke	Klimaschutz	
Wärmeschutz k. Anf., Brandschutz R 90, Schallschutz R'w ≥ 55dB	in cm	Treibhausgasemissionen GWP / m ² (Module A-C)	
Kalksandstein Gipsputz 1,5cm, KS 24cm, Gipsputz 1,5cm	27,0	80,68 kg CO ₂ -Äqv.	100%
Brettsperrholz (CLT), inkl. Installationsebene GF 1,25cm, Holzständer+MiWo 5 cm, CLT 9,5cm, Steinwolle 3cm, CLT 9,5cm, Holzständer+MiWo 5,0 cm, GF 1,25cm	34,5	52,87 kg CO ₂ -Äqv.	-34%
Holzständer + Holzfaser, exkl. Installationsebene GF 3,6 cm, Holzständer+Holzfaser 10 cm, GF 1,25 cm, MiWo 3 cm, GF 1,25 cm, Holzständer+Holzfaser 10 cm, GF 3,6 cm	32,7	44,19 kg CO ₂ -Äqv.	-45%



Eigenschaften: Wärmeschutz k. Anf., Brandschutz R 90, Schallschutz k. Anf.

Innenwand, tragend	Bauteildicke	Klimaschutz	
Wärmeschutz k. Anf., Brandschutz R 90, Schallschutz k. Anf.	in cm	Treibhausgasemissionen GWP / m ² (Module A-C)	
Kalksandstein Gipsputz 1,5cm, KS 20cm, Gipsputz 1,5cm	23,0	67,90 kg CO ₂ -Äqv.	100%
Brettsperrholz (CLT) GF 2,5 cm, OSB 20 cm, GF 2,5 cm	25,0	47,71 kg CO ₂ -Äqv.	-30%



■ CO₂-Emission je m² Bauteil

Die Aufbauten sind projektspezifisch durch die entsprechenden Fachplaner zu prüfen.

Bei der Ausgangsvariante der Wohnungstrennwand wird eine Kalksandsteinwand mit Gipsputz angenommen. Dieser Bauteilaufbau erzielt ein GWP von 81 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil. Ersetzt man den konventionellen Aufbau durch eine Brettsperrholzwand, spart man 34% der CO₂-Emissionen; mit einer Holzständerwand und Holzfaserdämmung erlangt man einen GWP-Wert von 44 kg CO₂-Äqv. und eine Reduktion von 45% der Treibhausgasemissionen.

Ersetzt man bei der tragenden Innenwand die Kalksandsteinwand durch eine Brettsperrholzwand, lässt sich das GWP von 68 kg CO₂-Äqv. auf rund 48 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil reduzieren. Dies entspricht einer Reduktion der Treibhausgasemissionen von 30%.

Bei den Innenwänden sollte das GWP < 55 kg CO₂-Äquivalent pro m² Bauteil liegen.

3 | Bauteilvergleich CO₂-Emission

3|4 Bauteilvergleich Decke

Eigenschaften: Wärmeschutz k. Anf., Brandschutz R 90, Schallschutz R'w (2) ≥ 55 dB, L'n,w ≤ 46dB

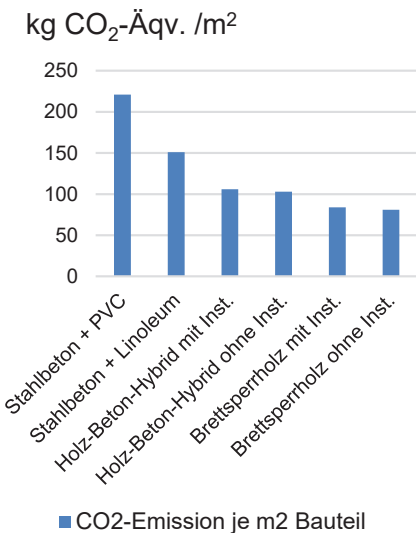
Decke (von unten nach oben)	Bauteildicke	Klimaschutz	
Wärmeschutz k. Anf., Brandschutz R 90, Schallschutz R'w(2) ≥ 55dB L'n,w ≤ 46 dB	in cm	Treibhausgasemissionen GWP / m ² (Module A-C)	
Stahlbeton-Decke mit PVC Stahlbetondecke 20cm, Installationsebene+EPS 4cm, Trittschalldämmung EPS 3cm, Estrich inkl. Fußbodenheizung 8cm, PVC 0,25cm	35,3	221,41 kg CO ₂ -Äqv.	147%
Stahlbeton-Decke mit Linoleum Stahlbetondecke 20cm, Installationsebene+EPS 4cm, Trittschalldämmung EPS 3cm, Estrich inkl. Fußbodenheizung 8cm, Linoleum 0,25cm	35,3	151,04 kg CO ₂ -Äqv.	100%
Holz-Hybrid-Decke, inkl. Installationsebene Gipskartonplatte 1,5cm, Mineralwolle 4cm, CLT 12cm, Aufbeton 10cm, Trittschalldämmung EPS 3cm, Estrich inkl. Fußbodenheizung 8cm, Linoleum 0,25cm	38,8	106,60 kg CO ₂ -Äqv.	-29%
Holz-Hybrid-Decke, exkl. Installationsebene CLT 12cm, Aufbeton 10cm, Trittschalldämmung EPS 3cm, Estrich inkl. Fußbodenheizung 8cm, Linoleum 0,25cm	33,3	102,92 kg CO ₂ -Äqv.	-32%
Brettsperrholz-Decke (CLT), inkl. Installationsebene Gipskartonplatte 1,5cm, MiWo 4cm, CLT 24cm, Schüttung 5cm, Trittschalldämmung Holzfaser 3cm, Estrich inkl. Fußbodenheizung 8cm, Linoleum 0,25cm	45,8	84,28 kg CO ₂ -Äqv.	-44%
Brettsperrholz-Decke (CLT), exkl. Installationsebene CLT 24cm, Schüttung 5cm, Trittschalldämmung Holzfaser 3cm, Estrich inkl. Fußbodenheizung 8cm, Linoleum 0,25cm	40,3	80,50 kg CO ₂ -Äqv.	-47%

Die Aufbauten sind projektspezifisch durch die entsprechenden Fachplaner zu prüfen.

Bei der Geschossdecke wird ein Bauteilaufbau mit einer 20 cm dicken Stahlbetondecke, Trittschalldämmung aus EPS und einem Linoleum-Boden gewählt. Die Ausgangsvariante verursacht ein GWP von 151 kg CO₂-Äqv. Ersetzt man den Linoleum-Boden durch einen PVC-Belag, so wird das GWP um 47% höher. Wählt man eine Holz-Hybrid-Decke aus 12 cm Brettsperrholz und 10 cm Beton, so reduziert man das GWP um 30% auf 107 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil.

Am besten schneidet die Brettsperrholzdecke mit oder ohne Installationsebene ab. Ersetzt man die Stahlbetondecke durch eine Brettsperrholzdecke und die EPS-Dämmung durch eine Holzfaserdämmung, so kann das GWP um rund 45% reduziert werden.

Der Richtwert für eine ökologische Geschossdecke in der Gebäudeklasse 5 sollte folglich < 85 kg CO₂-Äquivalent pro m² Bauteil sein.



3 | Bauteilvergleich CO₂-Emission

3|5 Bauteilvergleich Dach

Eigenschaften: Wärmeschutz $U < 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Brandschutz k. Anf., Schallschutz $R'w, \text{res} \geq 30 \text{ dB}$

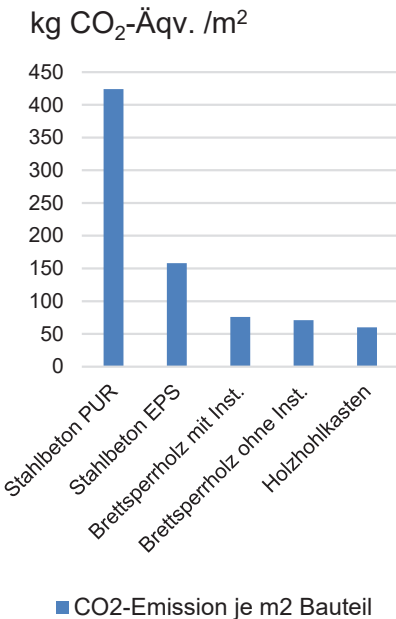
Dach (von innen nach außen)	Bauteildicke	Klimaschutz
Wärmeschutz $< 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Brandschutz k. Anf., Schallschutz $R'w, \text{res} \geq 30 \text{ dB}$	in cm	Treibhausgasemissionen GWP / m ² (Module A-C)
Stahlbeton + Dachaufbau PUR Stahlbetondecke 20cm, Dampfsperre, PUR-Dämmung 22cm i.M., Dachdichtung, Substrat 8cm	50,0	424,23 kg CO₂-Äqv. 269%
Stahlbeton + Dachaufbau EPS Stahlbetondecke 20cm, Dampfsperre, EPS-Dämmung 35cm i.M., Dachdichtung, Substrat 8cm	63,0	157,65 kg CO₂-Äqv. 100%
Brettsper Holz (CLT), inkl. Installationsebene + Dachaufbau Steinwolle Gipskartonplatte 1,5cm, Holzweichfaserplatte 4cm, CLT 22cm, Dampfsperre, Steinwolle 30cm i.M., Dachdichtung, Substrat 8cm	65,5	76,09 kg CO₂-Äqv. -52%
Brettsper Holz (CLT) exkl. Installationsebene + Dachaufbau Steinwolle CLT 22cm, Dampfsperre, Steinwolle 30cm i.M., Dachdichtung, Substrat 8cm	60,0	71,30 kg CO₂-Äqv. -55%
Holzhohlkasten inkl. Installationsebene + Dachaufbau Steinwolle Lignatur-Flächenelement inkl. Installationsebene 20cm, Dampfsperre, Steinwolle 30cm i.M., Dachdichtung, Substrat 8cm	58,0	59,70 kg CO₂-Äqv. -62%

Die Aufbauten sind projektspezifisch durch die entsprechenden Fachplaner zu prüfen.

Beim Dachaufbau wird bei der Ausgangsvariante eine Stahlbetondecke und eine EPS-Dämmung mit einer Dämmstärke von 35 cm i.M. angenommen. Dieser Bauteilaufbau erzielt einen GWP-Wert von 158 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil. Ersetzt man die EPS-Dämmung durch eine 22 cm dicke PUR-Dämmung, so verschlechtert sich das GWP um 169% auf 424 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil. Die PUR-Dämmung kommt oft da zum Einsatz, wo möglichst geringe Dämmstärken benötigt werden, da sie besonders gute Dämmeigenschaften aufweisen kann. Betrachtet man aber die Ökobilanzwerte, ist von einer Dämmung mit Polyurethan-Hartschaum abzuraten. Gerade im Dachaufbau, wo große Mengen an Dämmung eingebaut werden, sollten nachhaltigere Alternativen verwendet werden.

Starke Reduktionen im GWP können erzielt werden, wenn die Stahlbetondecke durch eine Brettsper Holzdecke oder eine Holz-Flächenelementdecke ersetzt wird. Die EPS-Dämmung wird in den ökologischen Varianten durch eine Steinwolle-Dämmung ausgetauscht. Durch diese beiden Maßnahmen reduziert sich das GWP um 50-60% auf Werte zwischen 60 und 76 kg CO₂-Äquivalent.

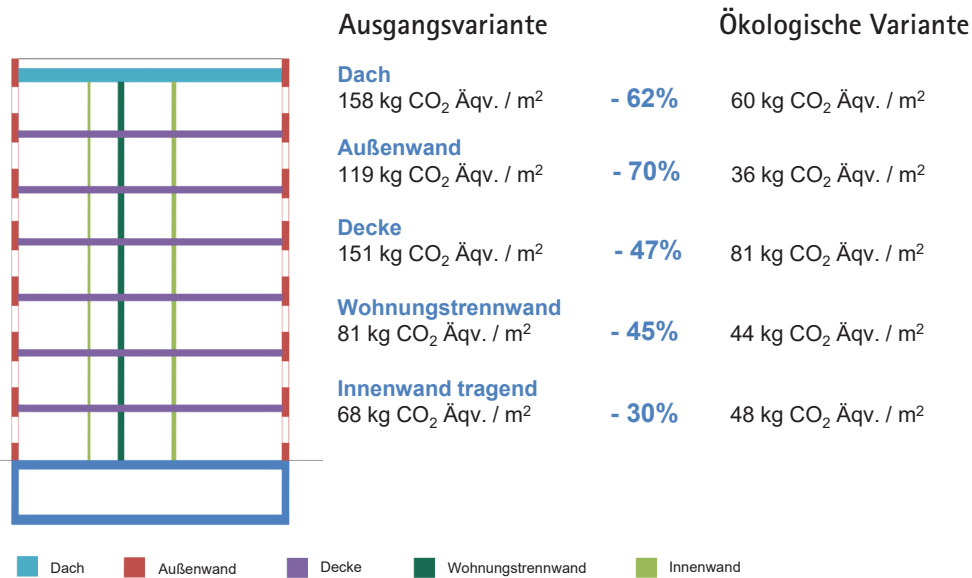
Das GWP eines Flachdachs mit EH40-Standard sollte $< 80 \text{ kg CO}_2\text{-Äquivalent pro m}^2$ Bauteil sein.



3 | Bauteilvergleich CO₂-Emission

3|6 Bauteilvergleich im Überblick

In allen betrachteten Bauteilen können durch einen Wechsel in der Baukonstruktion zwischen 40-70% weniger CO₂ verursacht werden.



Zusammenfassung Bauteil-Auswirkungen bei Material-Substitutionen

3|7 Zwischenfazit Bauteilvergleich

Auf Bauteilebene lässt sich die größte Reduktion in der Außenwand erzielen. Hier kann das GWP von 119 kg CO₂-Äqv. auf 36 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil reduziert werden. Das entspricht einer Einsparung von 70% der CO₂-Emissionen im Bauteil Außenwand. **Ein GWP unter 50 kg CO₂-Äquivalent pro Quadratmeter Bauteil Außenwand ist anzustreben.**

Sehr große Einsparungen können auch im Dach erreicht werden. Ersetzt man den konventionellen Aufbau mit Stahlbeton und EPS-Dämmung durch eine Hohlkastendecke mit Steinwollgedämmung, so kann man das GWP von 158 kg CO₂-Äqv. auf 60 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil um rund 62% reduzieren. Geht man von einer PUR-Dämmung in der Ausgangsvariante Dach aus, so erreicht man sogar eine Reduktion von 86% der Treibhausgase. **Werte unter 80 kg CO₂-Äquivalent sollten beim Dach als zukünftige Benchmarks gelten.**

In den Geschossdecken kann bei einem Austausch der Stahlbetondecke durch eine Brettsperrholzdecke eine Einsparung von rund 47% erzielt werden. Betrachtet man in der Ausgangsvariante einen Bauteilaufbau mit PVC-Boden, so liegt die mögliche Einsparung der CO₂-Emissionen sogar bei 64%. **Der Richtwert für eine ökologische Geschossdecke in der Gebäudeklasse 5 sollte unter 85 kg CO₂-Äquivalent pro m² Bauteil liegen.**

Ersetzt man bei der Wohnungstrennwand die Kalksandsteinwand durch eine Holzständerwand mit Holzfaser, lässt sich das GWP von 81 kg CO₂-Äqv. auf 44 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil herabsetzen. Dies entspricht einer Reduktion der CO₂-Emissionen von 45%. Das GWP der tragenden Innenwand lässt sich um rund 30% reduzieren. **Bei den Innenwänden sollte der Richtwert für das GWP unter 55 kg CO₂-Äqv. pro m² Bauteil liegen.**

4 | CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

4 | 1 Auswahl Referenz-Bauvorhaben

Für die Ökobilanzierung an einem konkreten Anwendungsfall wurde das STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} gewählt. Das TYPENHAUS^{plus} ist ein Projekt der STADT UND LAND Wohnbauten-Gesellschaft mbH in Kooperation mit den Architekten Arnold und Gladisch Gesellschaft von Architekten sowie der MIB Märkische Ingenieur Bau GmbH. Das Planungskonzept des STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} kann sich an die jeweilige städtebauliche Situation in Gebäudehöhe, Größe, Gestaltung und Ausstattung anpassen (<https://www.stadtundland.de/typenhausplus>). Durch diese flexible Gestaltungsvielfalt ist das Konzept des STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} für verschiedene Berliner Quartiersplanungen interessant und kann als repräsentatives Beispiel zeitgenössischer Architektur im Bereich des sozialen Wohnungsbaus in Berlin angesehen werden.

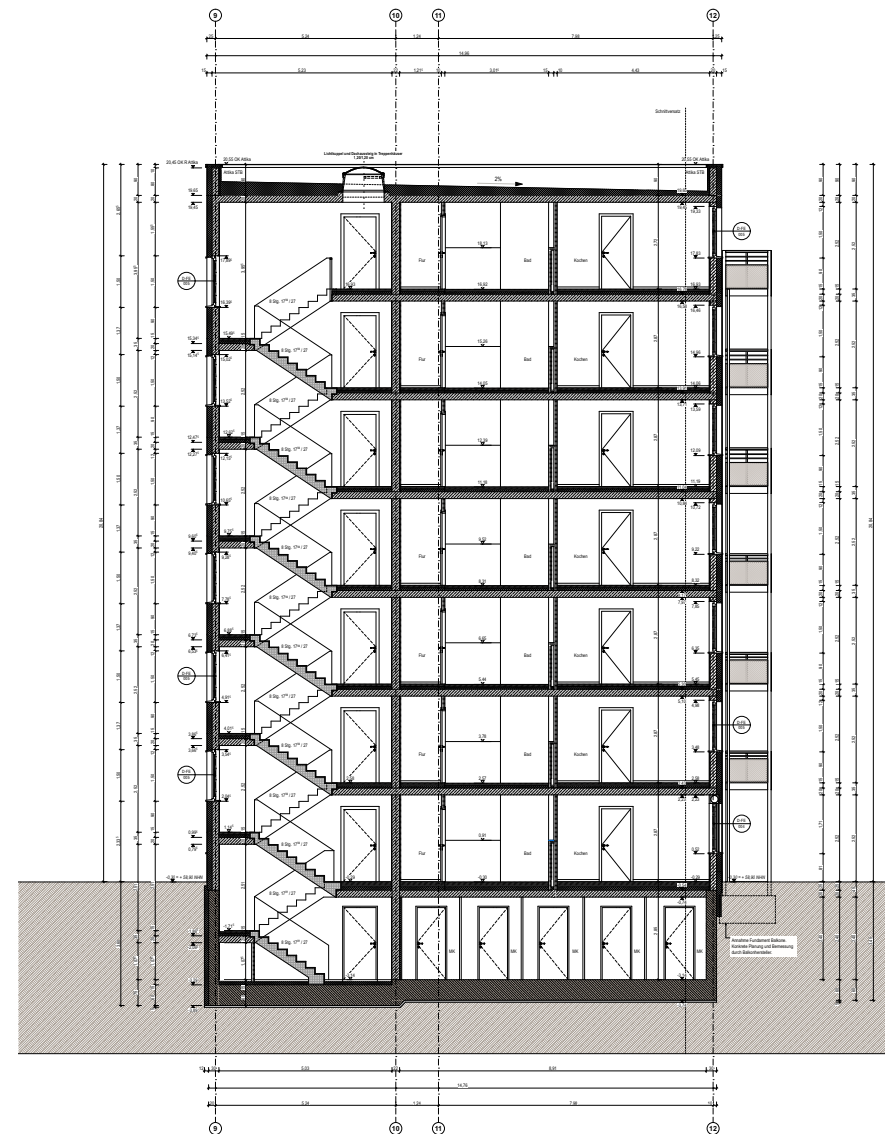
Die vorliegende Ökobilanzierung kann als Referenz und Einordnungshilfe für vergleichbare Projekte der Berliner Wohnungsbaugesellschaften dienen. Die Planunterlagen sowie Mengenangaben und vorgesehene Bauteilaufbauten wurde weberbrunner berlin für die vorliegende Studie von dem oben genannten Planungsteam zur Verfügung gestellt.

Ziel der vergleichenden Darstellung ist es, zum einen die Größenordnung der Handlungsoptionen aufzuzeigen und zum anderen die Maßnahmen für den Weg zur Treibhausgasneutralität im Bauen zu erläutern.

4 | 2 Steckbrief zum Projekt

Folgende Kennzahlen liegen der Bilanzierung des TYPENHAUS^{plus} zu Grunde:

- Kommunaler Wohnungsbau in Berlin
- Bruttogrundfläche 4.584 m²
- Nettoraumfläche 3.937 m²
- Wohnfläche 3.136 m², 42 Wohneinheiten
- 7 Vollgeschosse und 1 Untergeschoss
- Gebäudeklasse 5
- EH-40-Standard bilanziert (Die aktuelle Planung entspricht der GEG-Anforderung)



Schnitt STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}, Architektur: Arnold und Gladisch GvA mbH

4 | CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

4 | 3 Vergleich Konstruktionsvarianten

Es werden eine Ausgangsvariante mit einer ökologischen Varianten vergleichend gegenübergestellt. Die Ausgangsvariante entspricht einer geplanten Standard-Bauweise des STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} und repräsentiert dabei übliche Bauteilkonstruktionen und Baumaterialien im kommunalen Wohnungsbau. Der Fokus richtet sich auf die Haupt-Bauteilgruppen.

Die konstruktiven Substitutionen beziehen sich auf folgende Bauteile:

- Außenwand
- Innenwand
- Decke
- Dach

Folgende Maßnahmen werden aufgezeigt und im nächsten Kapitel im Detail differenziert:

Konstruktionsweise Ausgangsvariante

- **Außenwand UG:**
Stahlbeton + EPS-Dämmung
- **Außenwand:**
Kalksandstein + WDVS (Mineralwolle)
- **Wohnungstrennwand:**
Kalksandstein
- **Tragende Innenwand:**
Kalksandstein
- **Nichttragende Innenwand:**
Metallständer (Mineralwolle) + Gipskarton
- **Decke:**
Stahlbeton + Bodenaufbau mit PVC
- **Dach:**
Stahlbeton + EPS-Dämmung + Dachaufbau

Konstruktionsweise Ökologische Variante

- **Außenwand UG:**
Stahlbeton + EPS-Dämmung
- **Außenwand:**
Holzständerwand + WDVS (Mineralwolle)
- **Wohnungstrennwand:**
Holzständer mit Holzfaser + Schallschutztrennung + Gipsfaser
- **Tragende Innenwand:**
Holzständer mit Holzfaser + Gipsfaser
- **Nichttragende Innenwand:**
Holzständer mit Holzfaser + Gipskarton
- **Decke:**
Brettspertholz + Bodenaufbau mit Linoleum
- **Dach:**
Brettspertholz + Steinwolle + Dachaufbau

4 | 4 CO₂-Bilanz im Gebäudevergleich mit Untergeschoss

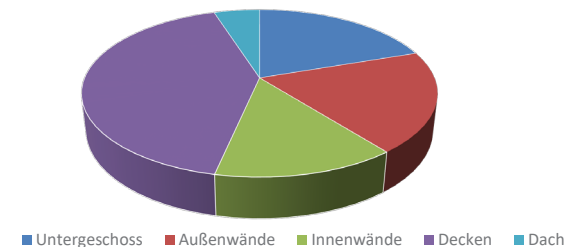
Diese Konstruktionsweise verursacht bezogen auf die fünf dargestellten Bauteilgruppen rund 1.900 Tonnen CO₂-Äquivalente, im Folgenden mit t CO₂ benannt. Prozentual der größte Anteil liegt in den Decken mit rund 40%.

Ausgangsvariante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} Absolute Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bauteil	Anteil im Vergleich
Untergeschoss	375 t CO ₂ -Äqv. 20 %
Außenwände*	371 t CO ₂ -Äqv. 20 %
Innenwände	266 t CO ₂ -Äqv. 13 %
Decken*	790 t CO ₂ -Äqv. 42 %
Dach	94 t CO ₂ -Äqv. 5 %
Summe	1.897 t CO₂-Äqv. 100 %

* Außenwände inkl. Fenster, Decken inkl. horizontale Bauteile wie Balkone

Ausgangsvariante GWP in t CO₂-Äqv. Prozentuale Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen



4 | CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

4 | 4 CO₂-Bilanz im Gebäudevergleich mit Untergeschoss

Die ökologische Variante verursacht insgesamt ca. 1.100 Tonnen CO₂-Äquivalente, aufgeschlüsselt in die fünf Bereiche. Das UG bleibt auch in der ökologischen Variante unverändert, da keine wirtschaftliche Materialsubstitution vorgeschlagen werden kann:

Ökologische Variante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

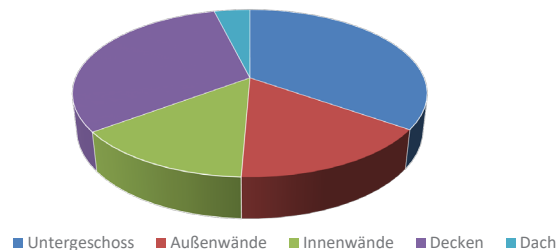
Absolute Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bauteil	Anteil im Vergleich
Untergeschoss	375 t CO ₂ -Äqv. 35 %
Außenwände	172 t CO ₂ -Äqv. 16 %
Innenwände	153 t CO ₂ -Äqv. 14 %
Decken	338 t CO ₂ -Äqv. 31 %
Dach	42 t CO ₂ -Äqv. 4 %
Summe	1.079 t CO₂-Äqv. 100 %

* Außenwände inkl. Fenster, Decken inkl. horizontale Bauteile wie Balkone

Ökologische Variante GWP in t CO₂-Äqv.

Prozentuale Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen



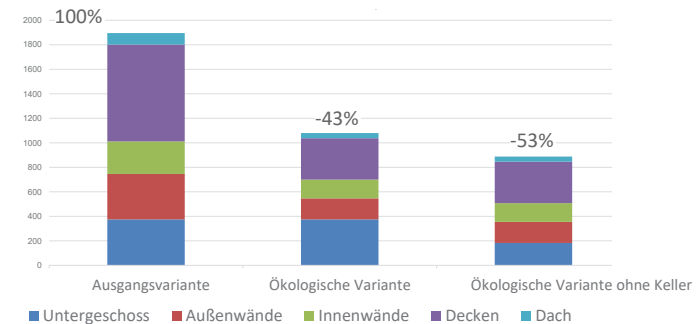
4 | 5 Zwischenfazit Gebäudevergleich mit Untergeschoss

Vergleicht man beide Gebäudevarianten nebeneinander, wird sichtbar, wo am meisten Einsparungen erreicht werden: Die Decken, Außenwände und das Dach erreichen eine CO₂-Einsparung von 50–60 %. **Insgesamt kann mit der dargestellten ökologischen Variante eine Reduktion der Treibhausgase in den genannten Bauteilen von 43% erreicht werden.**

Vergleich Ausgangs-/ Ökologische Variante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) in t CO ₂ -Äqv.	Einsparung
Untergeschoss	375 0%
Außenwände	371 172 -54%
Innenwände	266 153 -43%
Decken	790 338 -57%
Dach	94 42 -55%
Summe	1.897 1.079 -43%

* Außenwände inkl. Fenster, Decken inkl. horizontale Bauteile wie Balkone



Wenn auf den Keller verzichtet, die Bodenplatte aber weiter bilanziert wird, würde die Einsparung etwa 53% im Vergleich zur Ausgangsvariante betragen.

4 | CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

4|5 Zwischenfazit Gebäudevergleich mit Untergeschoss

Wenn das GWP zu den verschiedenen Bezugsflächen eines Gebäudes ins Verhältnis gesetzt wird, lässt es sich im Benchmark System einsortieren. Hier verglichen wird das GWP in Bezug auf die Bruttogrundfläche (BGF), die Nettoraumfläche (NRF) als Energiebezugsfläche und zur Wohnfläche (WoFl):

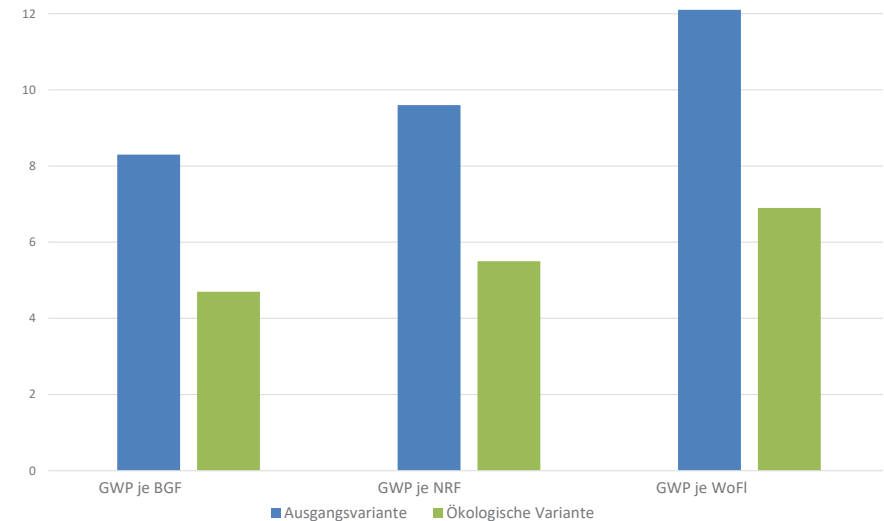
GWP je Bezugsfläche Ausgangsvariante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bezugsfläche			
GWP je BGF	4.584 m ²	8,3	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² BGF und Jahr
GWP je NRF	3.937 m ²	9,6	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² NRF und Jahr
GWP je Wohnfläche	3.136 m ²	12,1	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² WoFl und Jahr

GWP je Bezugsfläche Ökologische Variante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bezugsfläche			
GWP je BGF	4.584 m ²	4,7	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² BGF und Jahr
GWP je NRF	3.937 m ²	5,5	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² NRF und Jahr
GWP je Wohnfläche	3.136 m ²	6,9	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² WoFl und Jahr

GWP in kg CO₂-Äqv. je m² Bezugsfläche



Betrachtet man die aufgelisteten Bauteile der Kostengruppe 300, d.h. ein Untergeschoss, Decken inkl. Balkonplatten, Außenwände inkl. Fenster, Innenwände sowie den Dachaufbau, so kann man von einem **Richtwert des GWP von unter 6 kg CO₂ pro m² Netto-Raumfläche und Jahr für eine ökologische Bauweise in der Gebäudeklasse 5** ausgehen.

Bei Wohngebäuden der Gebäudeklasse 3 und 4 sollte ein Richtwert von unter 5 kg CO₂ pro m² Netto-Raumfläche und Jahr angesetzt werden, da hier der Anspruch an den Brandwiderstand der Bauteilaufbauten geringer ist und so weniger komplexe Schichtaufbauten und mehr nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz kommen können.

4 | CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

4 | 6 CO₂-Bilanz im Gebäudevergleich ohne Untergeschoss

In einem zweiten Betrachtungsschritt wird die Gegenüberstellung nochmals wiederholt in einem Anwendungsfall ohne Untergeschoss.

Ausgangsvariante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}, ohne Untergeschoss

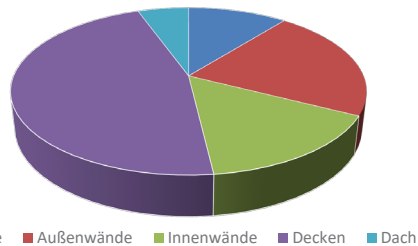
Absolute Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bauteil	Anteil im Vergleich
Bodenplatte	183 t CO ₂ -Äqv. 11 %
Außenwände*	371 t CO ₂ -Äqv. 22 %
Innenwände	266 t CO ₂ -Äqv. 16 %
Decken*	790 t CO ₂ -Äqv. 46 %
Dach	94 t CO ₂ -Äqv. 5 %
Summe	1.704 t CO₂-Äqv. 100 %

* Außenwände inkl. Fenster, Decken inkl. horizontale Bauteile wie Balkone

Ausgangsvariante GWP in t CO₂-Äqv., ohne Untergeschoss

Prozentuale Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen



Im Vergleich zur Ausgangsvariante mit Untergeschoss, die ein GWP von 1.900 t CO₂-Äqv. aufweist, hat die Ausgangsvariante ohne Untergeschoss 1.700 t CO₂-Äqv. Auf das Untergeschoss zu verzichten reduziert also rund 200 t CO₂-Äqv. Das entspricht ungefähr 55 Hin- und Rückflügen Frankfurt - New York. (Berechnet mit Atmosfair, ein Flug von Frankfurt nach New York entspricht 1.825 kg CO₂ pro Person).

Die ökologische Variante ohne Untergeschoss verursacht insgesamt ca. 900 t CO₂-Äqv., aufgeschlüsselt in die fünf Bereiche. Da in dieser Berechnung lediglich die Bodenplatte unverändert bleibt, fallen die Einsparungen in den anderen Positionen noch stärker ins Gewicht.

Ökologische Variante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}, ohne Untergeschoss

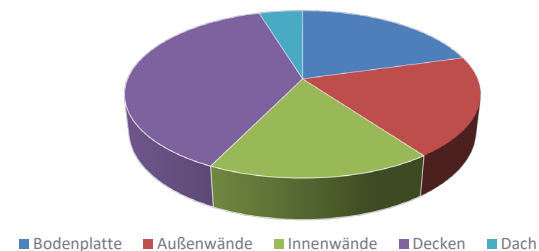
Absolute Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bauteil	Anteil im Vergleich
Bodenplatte	183 t CO ₂ -Äqv. 21 %
Außenwände	172 t CO ₂ -Äqv. 19 %
Innenwände	153 t CO ₂ -Äqv. 17 %
Decken	338 t CO ₂ -Äqv. 38 %
Dach	42 t CO ₂ -Äqv. 5 %
Summe	887 t CO₂-Äqv. 100 %

* Außenwände inkl. Fenster, Decken inkl. horizontale Bauteile wie Balkone

Ökologische Variante GWP in t CO₂-Äqv., ohne Untergeschoss

Prozentuale Verteilung der fünf betrachteten Bauteilgruppen



4 | CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

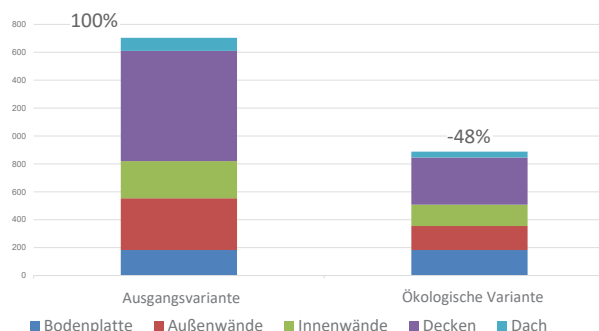
4 | 6 CO₂-Bilanz im Gebäudevergleich ohne Untergeschoss

Ähnlich wie bei dem Bauteilvergleich mit Untergeschoss, lassen sich auch in der Variante ohne Untergeschoss, die größten Einsparungen bei den Decken, Außenwänden und dem Dach mit je 50–60 % erzielen. **Mit der dargestellten ökologischen Variante kann eine Reduktion der Treibhausgase in den genannten Bauteilen von 48% erreicht werden.**

Vergleich Ausgangs-/ Ökologische Variante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} Ohne Untergeschoss

	Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) in t CO ₂ -Äqv.		Einsparung
Bodenplatte	183	183	0%
Außenwände	371	172	-54%
Innenwände	266	153	-43%
Decken	790	338	-57%
Dach	94	42	-55%
Summe	1.704	887	-48%

* Außenwände inkl. Fenster, Decken inkl. horizontale Bauteile wie Balkone



4 | 7 Zwischenfazit Gebäudevergleich ohne Untergeschoss

Setzt man das GWP wieder in Bezug zu der BGF, der NRF und der Wohnfläche, so lassen sich die Benchmarks für ein Gebäude der Gebäudeklasse 5 ohne Untergeschoss bestimmen. **Als Benchmark lässt sich ein GWP von unter 5 kg CO₂-Äqv. pro Quadratmeter Netto-Raumfläche und Jahr ansetzen.**

GWP je Bezugsfläche Ausgangsvariante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} Ohne Untergeschoss

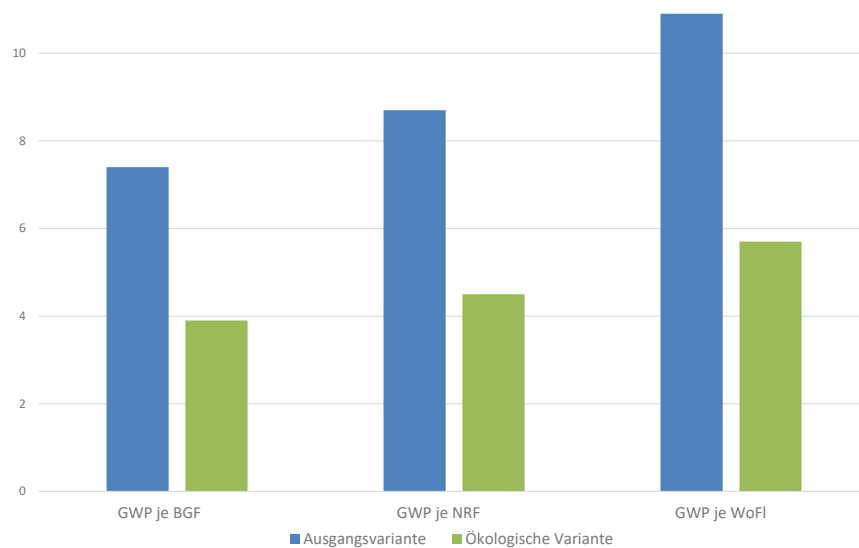
Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bezugsfläche			
GWP je BGF	4.584 m ²	7,4	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² BGF und Jahr
GWP je NRF	3.937 m ²	8,7	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² NRF und Jahr
GWP je Wohnfläche	3.136 m ²	10,9	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² WoFl und Jahr

GWP je Bezugsfläche Ökologische Variante STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} Ohne Untergeschoss

Treibhausgasemission GWP (Modul A-C) je Bezugsfläche			
GWP je BGF	4.584 m ²	3,9	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² BGF und Jahr
GWP je NRF	3.937 m ²	4,5	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² NRF und Jahr
GWP je Wohnfläche	3.136 m ²	5,7	kg CO ₂ -Äqv. pro m ² WoFl und Jahr

4 | CO₂-Reduktion am Referenzbeispiel STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}

4|7 Zwischenfazit Gebäudevergleich ohne Untergeschoss



Durch das Weglassen des Untergeschosses lässt sich das GWP noch einmal deutlich reduzieren. Im Untergeschoss kommen Bauteile zum Einsatz, die hohe GWP-Werte aufweisen, wie z.B. Stahlbeton, Mauerwerk, synthetische Dämmstoffe und Anstriche. In diesem Bereich gibt es kaum Substitutionsmöglichkeiten, da die Materialien feuchteresistent sein müssen. Aus diesem Grund ist bei Neubauvorhaben abzuwägen, ob ein Untergeschoss zwingend notwendig ist.

In klimaneutralen Pilotprojekten gibt es gute Beispiele für die oberirdische Anordnung von Nebenräumen und Stellplätzen. Neben der Reduktion von Treibhausgasen, kann bei einer Verteilung oberhalb des Terrains eine höhere Flächenflexibilität gewährleistet werden. Kann eine Tiefgarage nur eine monofunktionale Nutzung aufweisen, so können Parkregale (wenn möglich aus Holz) zu Büroflächen, Lagerräumen oder Vertical-Gardening-Flächen umgenutzt werden.

5 | Fazit

Das Referenzgebäude mit einer konventionellen Bauweise emittiert bezogen auf die wichtigsten Bauteilgruppen der Kostengruppe 300 rund 1.900 t CO₂-Äquivalent. Ersetzt man die Bauteile durch ökologische Materialien bei gleichen Anforderungen an Wärmeschutz, Schallschutz und Brandschutz, so verursacht das Gebäude rund 1.100 t CO₂-Äquivalent.

Allein durch den Austausch der Materialien lassen sich also ca. 45% der Treibhausgase einsparen. Verzichtet man bei der ökologischen Variante zusätzlich auf das Untergeschoss, so erreicht man sogar eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 53% im Vergleich zu der Ausgangsvariante mit Untergeschoss.

Bezogen auf die Gebäudeebene lassen sich die größten Substitutionen in den Außenwänden, dem Dach und in den Decken mit jeweils 54–57% erzielen. Grundsätzlich gilt für die Betrachtung auf Gebäudeebene: Je mehr Quadratmeter man von einem Bauteil verbaut, desto größer ist die Auswirkung in der Gesamtbilanzierung.

Betrachtet man die aufgelisteten Bauteile der Kostengruppe 300, d.h. ein Untergeschoss, Decken inkl. Balkonplatten, Außenwände inkl. Fenster, Innenwände sowie den Dachaufbau, so kann man auf Gebäudeebene von einem **Richtwert des GWP von unter 6 kg CO₂ pro m² Netto-Raumfläche und Jahr** für eine ökologische Bauweise in der Gebäudeklasse 5 ausgehen.

Bezogen auf die Konstruktionen auf Bauteilebene lassen sich in allen Positionen zwischen 40% (Innenwand) bis zu 70% (Außenwand) an CO₂-Emissionen einsparen, wenn man die konventionellen Materialien durch ökologische Baustoffe ersetzt.

Als zukünftige Benchmarks für den Wohnungsbau auf Bauteilebene sollten die angegebenen GWP-Werte, die auf der Seite 16 aufgelistet sind, beachtet werden.

5 | Fazit

Politik, Auftraggeber und Planende sollten die Ökobilanzierung als Klimaschutzplanung einsetzen, um Auswirkungen zu prognostizieren, zu bilanzieren und dadurch zu vermeiden. Mit Vergleichswerten und Benchmarks können die Projekte eingeordnet und durch die bewusste Wahl von nachhaltigen und nachwachsenden Materialien in den Bauteilaufbauten die Treibhausgasemissionen auf ein Minimum reduziert werden.

Wo mehr Reduktion möglich ist, sollten wir mit einer klimabewussten Planung und Ausführung darauf reagieren. Bei Gebäuden, bei denen sich durch kleine Stellschrauben große Einsparungen erzielen lassen, sollte das Potential genutzt werden. Gerade Wohngebäude, Kitas oder Schulen eignen sich besonders gut für die Einsparung von Treibhausgasen. Durch den großen Marktanteil kommt dem kommunalen Wohnungsbau hier eine Schlüsselfunktion in der Bauwende zu.

Um ein möglichst nachhaltiges Gebäude zu realisieren, sollten so viele Stellschrauben wie möglich aus der Checkliste, die zu Beginn der Studie vorgestellt wird, beachtet werden. Eine der wichtigsten Stellschrauben im Klimaschutz ist der konsequente Erhalt des Bestands. "Ersetze nicht Beton durch Beton" ist hier die Devise. Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt ist, dass man flächensuffiziente, also intensiv genutzte Quadratmeter errichtet – Flexibilität im Grundriss sowie weniger private und mehr gemeinschaftliche Flächen können hier die Antwort sein.

Zu Beginn der Bauaufgabe sollte also die Bestellung genau hinterfragt werden. Kann der Bestand erhalten bleiben? Braucht es ein Untergeschoss? Können Quadratmeter durch eine intelligente Kombination von Räumen reduziert werden? Können Bauteile aus alten Gebäuden wiederverwendet werden?

Egal ob Bauen im Bestand oder Neubau: Um auf Netto-Null zu kommen, muss immer zuerst auf eine nachhaltige Bauweise geachtet werden. Die Differenz, die dann noch zum Null-Energiehaus fehlt, kann durch eine intelligente Gebäudetechnik beglichen werden wie z.B. durch Wärmetauscher, Wärmesonden, Solarthermie oder Photovoltaik. Auch hier ist wieder der CO₂-Ausstoß in der Herstellung sowie die Beschaffung und Recyclefähigkeit der Rohstoffe im Hinterkopf zu behalten.

Um das Ziel des Klimaschutzgesetzes zu erreichen und 2045 in Deutschland auf Netto Null bei den Treibhausgasemissionen zu gelangen, sind neue Technologien für sämtliche Baumaterialien gefragt. Es ist notwendig, dass wir Innovationen auch zu CO₂-reduziertem Stahl und Beton entwickeln und möglichst viele Materialien wiederverwenden oder recyceln.

Berlin ist als Metropolregion ein Vorbild für andere Städte in Deutschland und Europa. Wenn in Berlin konsequente Maßnahmen für ein klimaschonendes Bauen verfolgt werden, hat dieser Schritt eine Signalwirkung für andere Regionen und Städte in Deutschland.

6 | Maßnahmen für klimaschonendes Planen und Bauen

Als vierte Disziplin der Anforderungen an unser Bauen neben dem Brandschutz, Schallschutz, Wärmeschutz sollte in Zukunft auch der Klima- und Ressourcenschutz verbindlich verankert werden. Erst wenn diese vier Anforderungen nachgewiesen und die Benchmarks eingehalten werden, können die Kosten ermittelt werden.

Kriterien Planen und Bauen	
	Brandschutz
+	Schallschutz
+	Wärmeschutz
+	Klimaschutz
Summe	Kosten

Anforderungen
Genehmigungs-
fähigkeit

Erläuterung Klima- und Ressourcenschutz als vierte Anforderung, weberbrunner berlin

Klimaschutz sollte genau wie die Kostenplanung ganz am Anfang eines Projekts beginnen. Die vorgestellten Kennwerte dienen dazu, bereits in einer sehr frühen Phase des Projekts eine Entscheidungshilfe und Prognose für das GWP von Bauteilaufbauten zu liefern.

Die Senatsumweltverwaltung ist bereits im Dialog mit den kommunalen Wohnbaugesellschaften und bietet Unterstützung bei der Umsetzung der Klima- und Ressourcenschutzplanung an.

In Hinblick auf das STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus} werden im nächsten Schritt die Planung und Kosten für die aufgezeigten ökologischen Konstruktionen erarbeitet.

7 | Quellenverzeichnis

7|1 Grundlagen

eLCA-Tool zur Ökobilanzierung: <https://www.bauteileditor.de/>

BBSR-Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB“
<https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>

Datengrundlage der Ökobilanzierung: ÖKOBAUDAT Version 2020-II

7|2 Literatur

Hochparterre 5 | 20, Artikel «Ausgepufft», Text: Andres Herzog
<https://www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/klimatipps/>

Forschung für die Praxis | Band 09, Zukunft Bauen, ÖKOBAUDAT, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
<https://www.oekobaudat.de/fleadmin/downloads/0039bf170209mh1.pdf>

BMU Klimaschutz in Zahlen, Broschüre | Nr. 10034
<https://www.bmu.de/publikation/klimaschutz-in-zahlen-2019/>

Themenheft von Hochparterre, August 2019, Neustadt aus Holz
https://issuu.com/hochparterre/docs/hochparterre_sue_til_2019

BBSR-Bericht Umweltfußabdruck
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2020/bbsr-online-17-2020.html?live21324?__blob=publicationFile&tv=3

Kriterien für nachhaltigen Wohnungsbau in Berlin

7 | Quellenverzeichnis

7|3 Internetquellen

Bundesverfassungsgericht Pressemitteilung Nr. 31/2021 vom 29. April 2021: <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>

Bundesregierung Treibhausgas-Bilanz, Deutschland bleibt im Klima-schutz auf Kurs: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/klimaschutzziel-2020-er-reicht-1876954>

Bundesregierung, Klimaschutzgesetz: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>
Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude: <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/beg/>

STADT UND LAND TYPENHAUS^{plus}: <https://www.stadtundland.de/typenhausplus>

Spiegel Wissenschaft, Klimaschutz in der EU ist nun Gesetz, 21.04.202: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/europas-green-deal-klimaschutz-in-der-eu-ist-nun-gesetz-a-2f826fbf-4c54-42e0-8c4e-050201e3aaff>