



Implenia

Real Estate
Development

NETTO- NULL

Der Weg zu
CO₂-neutralen
Gebäuden

White Paper

Inhaltsübersicht

Vorwort **3**

Einführung **4**

Definition von Netto-Null **5**

Lebenszyklusphasen **6**

Kohlenstoffverteilung **7**

Kohlenstoff-Benchmarks **8**

Die wichtigsten Hebel zur Dekarbonisierung **9**

Standortwahl **10**

Kompaktheit **11**

Erneuerbare Energien **12**

Natürliche Beschattung und passive Kühlung **14**

Untergeschosse **15**

Verglasungsanteil **15**

Technische Anlagen **16**

Wärmeverbrauch **17**

Materialien und Produkte **18**

Kohlenstoffkompensation **22**

Schlussfolgerung **23**

Literaturverzeichnis **24**

Haftungsausschluss, Danksagungen und Kontakte **25**



Vorwort

«Mit der richtigen Kombination aus Design, dem Einsatz erneuerbarer Energien, intelligenten Systemen und ökologischen Materialien entwickeln wir die Gebäude, die zukünftige Generationen verdienen.»

Marc Lyon, Head Real Estate Development Schweiz

Als führender internationaler Bau- und Immobiliendienstleister nimmt Implenia seine ökologische und soziale Verantwortung sehr ernst. Im Rahmen seines ESG-Engagements will Implenia seinen Beitrag zu einer nachhaltigen Immobilienwirtschaft leisten, mit dem Ziel, sozialen Zusammenhalt statt Spaltung zu schaffen und die Belastungsgrenzen unseres Planeten nicht zu überschreiten. Durch regenerative Gestaltungsansätze sollen Immobilien nicht nur weniger Emissionen abgeben, sondern auch der Umwelt und der Gesellschaft nützen. Angesichts der sich abzeichnenden Klimakrise ist die Dekarbonisierung des Gebäudebestands und die Entwicklung klimafreundlicher Neubauten von entscheidender Bedeutung.

Gebäude müssen nicht mehr zwangsläufig zu den grossen Klimaschädigern gehören. Bei jedem Sanierungs- und Neubauprojekt sollte die Frage gestellt werden, wie die zukünftige Immobilie Mensch und Umwelt gleichermaßen langfristig dienen kann. Mit der Entwicklung, dem Bau und dem Betrieb von grossen Immobilienprojekten stehen Implenia viele Möglichkeiten offen, die Erreichung der Klimaziele zu unterstützen. Wir stehen am Anfang einer Ära von Netto-Null- und klimapositiven Gebäuden, die als dezentrale Kraftwerke, CO₂-Senken und Lebensräume für (Bio-)Diversität dienen können. Implenia Real Estate Development möchte mit diesem White Paper einen der vielen Beiträge zu dieser neuen Ära leisten.

Einführung

«Die Tatsache, dass CO₂ transparent und geruchlos ist, ist die grösste Tragödie der Menschheit.»

Sobek 2020

Der exponentielle Anstieg der anthropogenen Treibhausgas-Konzentration seit der Industrialisierung führt zu einem verstärkten Treibhauseffekt. Dies verursacht irreversible Schäden an natürlichen Ökosystemen und in unserer Gesellschaft. Steigende Meeresspiegel, Extremwetterereignisse wie Dürren und Überschwemmungen sowie das Artensterben sind bekannte Beispiele. Um die Lebensgrundlagen und die Generationengerechtigkeit zu erhalten, sind Massnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel unerlässlich.

Der Immobiliensektor zeichnet für rund 36% des Primärenergieverbrauchs und 37% der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Somit rückt er zu Recht in den Fokus der Zivilgesellschaft und der politischen Entscheidungsträger bei ihren Bemühungen, die globalen Kohlenstoffemissionen zu reduzieren und das 1,5-Grad-Ziel des Pariser Abkommens bis 2050 zu erreichen. Die Dekarbonisierung muss in den Mittelpunkt der Entwicklung, des Baus und des Managements von Immobilien rücken.

Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen

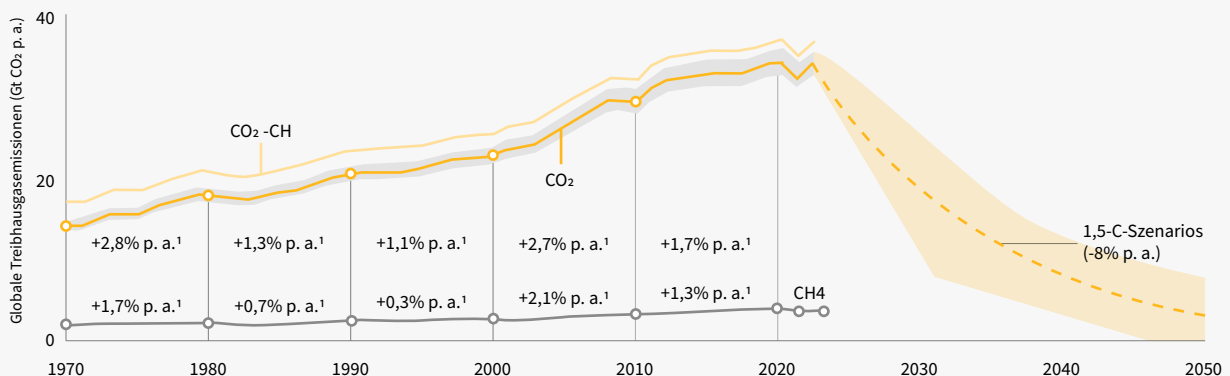
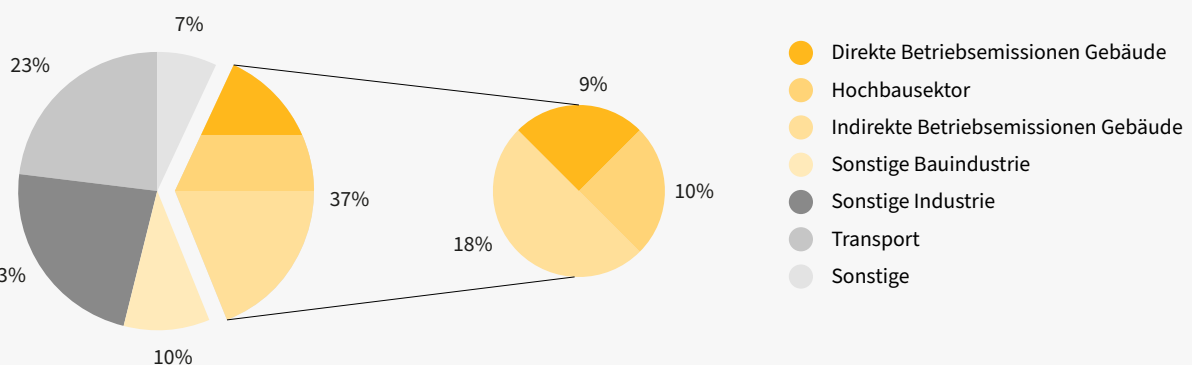


Abbildung 1: Neu gestaltete Abbildung auf der Grundlage von «Nature Reviews Earth & Environment»¹

Globaler Anteil der Emissionen des Bausektors (in CEV), 2020

Abbildung 2: Globaler Anteil der Emissionen, 2020²



¹ vgl. Liu et al. 2022, S.2

² basierend auf dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen 2020, S.4

Definition von Netto-Null

In akademischen und politischen Kreisen gibt es unterschiedliche Interpretationen von «Netto-Null». In einigen Studien bezieht sich der Begriff «Netto-Null-Kohlenstoff» ausschliesslich auf die Betriebsemissionen eines Gebäudes. Andere hingegen beziehen auch den in den Baumaterialien enthaltenen Kohlenstoff ein, werten aber erneuerbare Materialien wie Holz als Kohlenstoffsenken. Es gibt jedoch auch Studien mit noch spezifischeren Auslegungen, wenn es um das Thema Kohlenstoffkompensation geht.

Um eine einheitliche Verständigungsgrundlage zu schaffen, schlägt dieser Bericht die folgende Definition von Netto-Null-Kohlenstoff vor.

Unsere Definition

Die gesamten beim Bau und dem jährlichen Betriebsenergieverbrauch des Gebäudes sowie bei dessen Abriss am Ende seiner Lebensdauer entstehenden Kohlenstoffemissionen müssen mindestens einen Saldo von netto Null erreichen, oder aber die überschüssigen Emissionen müssen durch eine Überproduktion von erneuerbaren Energien vor Ort oder durch Kohlenstoffkompensation vollständig ausgeglichen werden.

In der Regel enthält ein CO₂-neutrales Gebäude einen hohen Anteil an erneuerbaren, biogenen Materialien, ist hoch energieeffizient und wird weitgehend oder sogar vollständig durch erneuerbare Energiequellen am Standort und/oder ausserhalb des Standorts, beispielsweise Photovoltaik (PV) oder Solarwärme, betrieben. Die Kohlenstoffkompensation wird lediglich als Zwischenlösung betrachtet, wenn technische Probleme oder andere Umstände es nicht zulassen, dass ein Gebäude den Netto-Null-Standard erreicht (siehe Kapitel über den Kohlenstoffausgleich).

Netto-Null-Gleichung

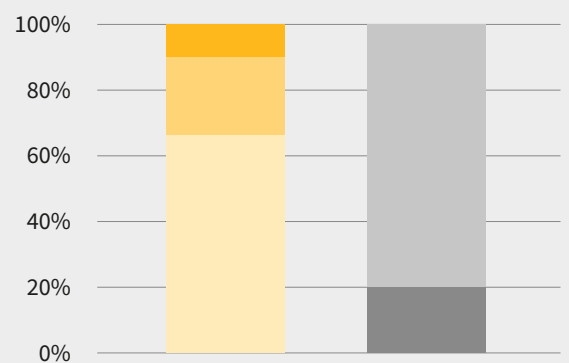


Abbildung 3: Definition von CO₂-neutralen Gebäuden

- Ende des Lebenszyklus
- Betriebsemissionen
- Erstellungsemissionen
- Überproduktion von erneuerbaren Energien
- Kompensation

Die wichtigsten Strategien zur Erreichung von Netto-Null:

1. Senkung des Material- und Energieverbrauchs
2. Verwendung kohlenstoffneutraler oder kohlenstoffnegativer Materialien
3. Ausschliessliche Nutzung erneuerbarer Energien für Heizung, Kühlung und Strom

Lebenszyklusphasen

Die Dekarbonisierung eines Gebäudes verlangt eine Perspektive, bei welcher der gesamte Lebenszyklus des Gebäudes zu berücksichtigen ist. Angefangen bei der Standortwahl, über die Entwicklungs- und Bauphase, bis hin zum Betrieb und dem Ende der Lebensdauer eines Gebäudes sollten alle Entscheidungen und Massnahmen auf ihre

Gesamtauswirkungen hin bewertet werden. Die europäische Norm EN 15978, auf die sich diese Studie bezieht, gibt einen Rahmen für die Lebenszyklusphasen eines Gebäudes vor, welcher bei der Analyse seiner ökologischen Leistungsbilanz (LCA) verwendet werden kann (Abbildung 4).

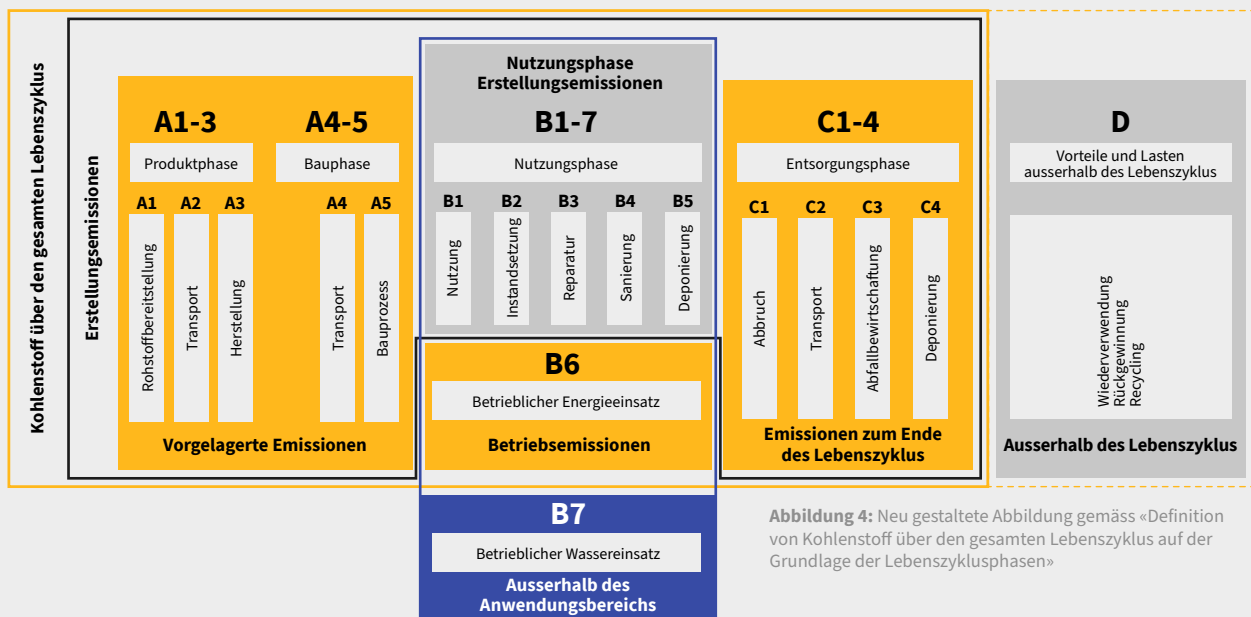


Abbildung 4: Neu gestaltete Abbildung gemäss «Definition von Kohlenstoff über den gesamten Lebenszyklus auf der Grundlage der Lebenszyklusphasen»

Wichtige Terminologie

Kohlenstoff über den gesamten Lebenszyklus

Emissionen aus allen Lebenszyklusphasen, die sowohl die Erstellungs- als auch die Betriebsemissionen umfassen. Ihr globales Erwärmungspotenzial (GWP) wird in Kohlendioxid-Äquivalenzeinheiten quantifiziert. Ein Kilogramm Kohlendioxid hat demnach ein GWP von 1 kg CO₂e.

Nutzungsphase Erstellungsemissionen

Emissionen im Zusammenhang mit Materialien und Prozessen, welche für die Instandhaltung des Gebäudes oder der Infrastruktur während seiner Nutzung erforderlich sind, z. B. bei Sanierungen.

Betriebsemissionen

Die mit dem Energieverbrauch (B6) für den Betrieb des Gebäudes oder der Infrastruktur verbundenen Emissionen.

Ausserhalb des Lebenszyklus

Kohlenstoffemissionen oder Emissionsminderungen, die sich aus der Wiederverwendung oder dem Recycling von Materialien ergeben, oder Emissionen, die durch die Verwendung von Abfällen als Brennstoffquelle für dasselbe oder ein anderes Produkt oder Verfahren vermieden werden (Modul D). Die Berücksichtigung von Modul D ist der Schlüssel zur Maximierung der ressourceneffizienten Nutzung von Materialien am Ende des Lebenszyklus.

Erstellungsemissionen

Kohlenstoffemissionen im Zusammenhang mit Materialien und Bauprozessen während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes oder einer Infrastruktur.

Vorgelagerte Emissionen

Die Emissionen, die in den Materialherstellungs- und Bauphasen (A1-5) des Lebenszyklus entstehen, bevor das Gebäude oder die Infrastruktur tatsächlich genutzt wird.

Emissionen zum Ende des Lebenszyklus

Die mit dem Abbruch/Abriss (C1), dem Transport vom Standort (C2), der Abfallbewirtschaftung (C3) und der Deponierung (C4) verbundenen Kohlenstoffemissionen, d. h. die Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes oder einer Infrastruktur, die nach der Nutzung auftreten.

Kohlenstoffverteilung

Im Hinblick auf die Dekarbonisierung stellen sich zwei zentrale Fragen: An welchem Punkt im Lebenszyklus eines Gebäudes entstehen die meisten Treibhausgasemissionen, und wann sollten Massnahmen ergriffen werden, um die grösstmögliche Wirkung zu erzielen.

Eine Analyse (basierend auf der Schweizer Norm SIA 2040) von 30 Wohn- und sechs Bürogebäuden, die derzeit von Implenia entwickelt werden, zeigt, dass rund 74% der Treibhausgasemissionen während des gesamten Produktlebenszyklus als Erstellungsemissionen (A-C) auftreten, wohingegen die Betriebsemissionen (B6) nur 26% ausmachen (siehe Abbildung 5).

Eine weitere Auswertung auf der Grundlage eines europäischen Datensatzes, der 214 Mehrfamilien-Neubauten und 108 Bürogebäude umfasst, zeigt die Verteilung der Emissionen rein auf der Ebene der Erstellungsemissionen.

Diese Analyse ergibt, dass etwa 72% der Kohlenstoffintensität auf die Prozesse der Rohstoffgewinnung, des Transports, der Herstellung und des Baus zurückzuführen sind (A1-A5, vorgelagerte Emissionen). 24 % entfallen auf die Betriebsphase und 4 % auf die End-of-Life-Phase (siehe Abbildung 6). Beide Auswertungen verdeutlichen, dass es ein erhebliches Dekarbonisierungspotenzial für Erstellungsemissionen gibt. Die Art und Herkunft der Baumaterialien, die als vorgelagerter Kohlenstoff eingestuft werden, sind daher sehr wichtig. Bedauerlicherweise ist der Fokus von Regulierungen und Subventionen nach wie vor stark auf die Betriebsemissionen gerichtet.

Anteile von Erstellungsemissionen und Betriebsemissionen

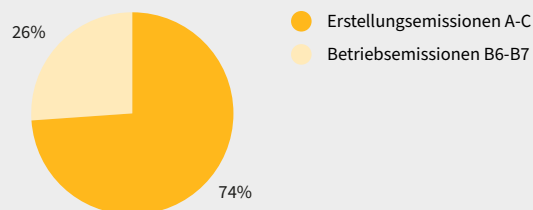


Abbildung 5: Geschätzte Anteile der Erstellungsemissionen und der Betriebsemissionen auf der Grundlage einer internen Bewertung von 30 Wohn- und 6 Büroentwicklungsprojekten.

Geschätzte Verteilung der Erstellungsemissionen pro Lebenszyklus

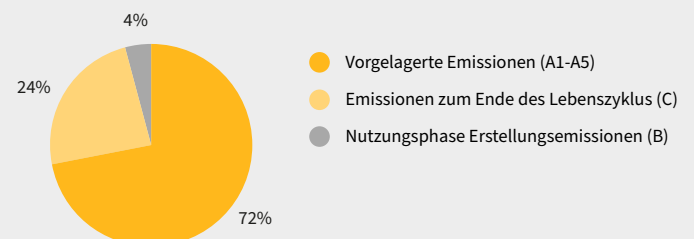


Abbildung 6: Geschätzte Verteilung der Erstellungsemissionen pro Lebenszyklus auf der Grundlage eines europäischen Datensatzes von 214 Mehrfamilienhäusern und 108 Bürogebäuden.

Kohlenstoff-Benchmarks

Diverse nationale Benchmarks bieten einen Anhaltspunkt dafür, wo ein Projekt im Hinblick auf die Betriebs- und die Erstellungsemissionen steht. Der Schweizer SIA-Effizienzpfad Energie 2040 beispielsweise schlägt derzeit für Büro- und Wohngebäude einen Zielwert von 9 kg CO₂/m²/a für Erstellungsemissionen, sowie 2 kg CO₂/m²/a (Wohngebäude) und 4 kg CO₂/m²/a (Bürogebäude) für Betriebsemissionen vor. Jeder Wert, der unter diesen Vorgaben liegt, wird derzeit als gutes Ergebnis angesehen, obwohl klar ist, dass diese Benchmark langfristig nicht ausreichen wird. Jedes Projekt bringt andere Voraussetzungen mit sich, so dass die Ergebnisse stets im Zusammenhang mit den Gegebenheiten vor Ort zu betrachten sind. Eine breit angelegte Untersuchung von 36 Entwicklungsprojekten von Implenia auf der Basis des SIA 2040 im Jahr 2022 ergab einen durchschnittlichen Portfoliowert von 3,6 kg CO₂/m²/a für Betriebsemissionen und 10,4 kg CO₂/m²/a für Erstellungsemissionen. Mit dem Ziel, eine internationale Referenz zu schaffen, wurden andere institutionelle und nationale Benchmarks in Europa zusammengetragen und miteinander verglichen, obgleich dies aufgrund unterschiedlicher Berechnungsmethoden nicht vollständig möglich ist (siehe Abbildungen 7 und 8).

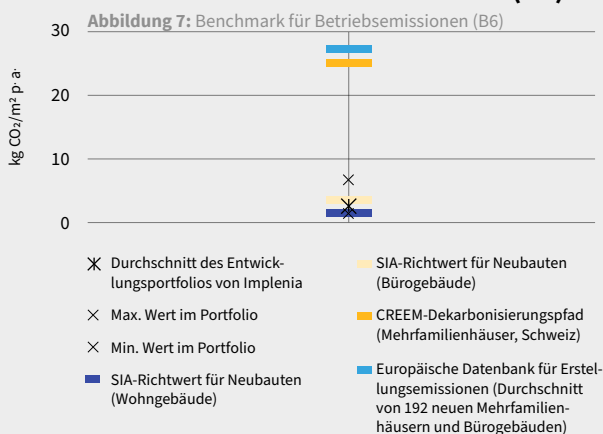
Für Betriebsemissionen liefert der Climate Risk Real Estate Monitor (CRREM) länder- und nutzungsspezifische Bench-

marks für sämtliche Länder der Europäischen Union (EU) sowie für die grössten internationalen Immobilienmärkte, einschliesslich der Schweiz. Er definiert Dekarbonisierungspfade für Gebäude auf der Grundlage der im Pariser Abkommen eingegangenen Verpflichtung, die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen. Die verschiedenen Pfade sind auf das Herkunftsland des Gebäudes und seinen sektoralen Markt zugeschnitten.³ Wie aus Abbildung 9 ersichtlich, liegt die derzeitige Intensität von Betriebsemissionen für Mehrfamilienhäuser in der Schweiz beispielsweise bei 18,1 kg CO₂/m²/a und damit unter dem deutschen und dem EU-Durchschnitt. Um das aus dem Pariser Klimaabkommen resultierende Kohlenstoffbudget einzuhalten, wird von der Bauwirtschaft in jedem Unterzeichnerland erwartet, dass sie die Kohlenstoffemissionen ihres gesamten Gebäudebestands auf den festgelegten Dekarbonisierungspfad abstimmt.⁴ Ein Gebäude, das oberhalb der Kurve liegt, wird als «Stranded Asset» bezeichnet.

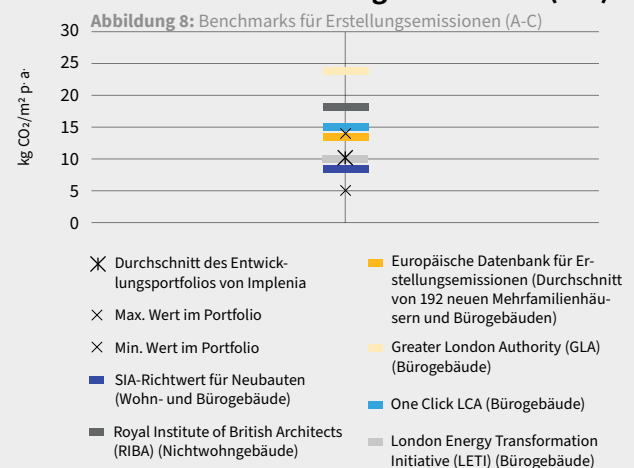
Um der zunehmenden Regulierung Rechnung zu tragen und eine führende Rolle bei der Dekarbonisierung einzunehmen, hat sich Implenia Real Estate die folgenden Dekarbonisierungsziele für Entwicklungsprojekte in der Schweiz gesetzt:

- Für Neubauten: Netto-Null bis 2030 für Betriebsemissionen und 2040 für Erstellungsemissionen.
- Für Sanierungen: Netto-Null bis 2050 für Betriebsemissionen.

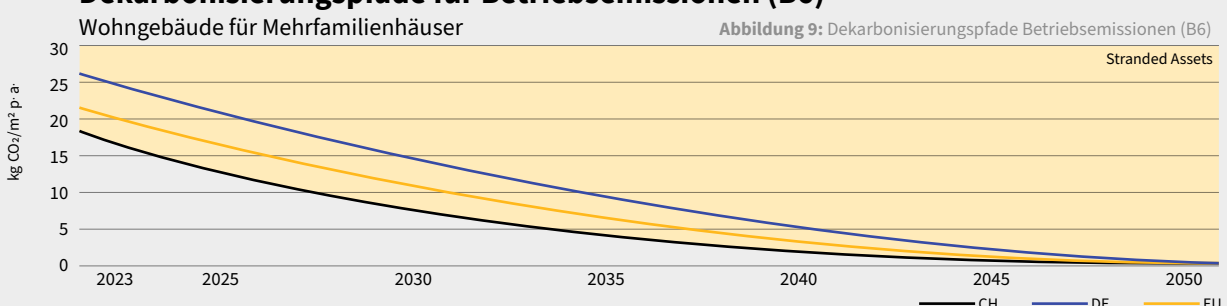
Benchmark für Betriebsemissionen (B6)



Benchmarks für Erstellungsemissionen (A-C)



Dekarbonisierungspfade für Betriebsemissionen (B6)



³ cf. Hill et al. 2021, S. 18
⁴ vgl. CRREM Project 2021

Die wichtigsten Hebel zur Dekarbonisierung

Es gibt keine Einzellösung für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen eines Gebäudes während seines gesamten Lebenszyklus.

Es muss eine Kombination verschiedener Strategien verfolgt werden, die unter anderem auf folgende Aspekte eingehen: effizientes Design, Kompaktheit der Gebäude, kohlenstoffeffiziente Energiesysteme und kohlenstoffarme Baumaterialien. Die Analyse von 36 Entwicklungsprojekten von Implenia ergab, dass die wirksamsten Hebel zur Dekarbonisierung in der frühen Planungsphase zu finden sind, angefangen bei der Standortwahl. Wenn die Standortbedingungen im Hinblick auf erneuerbare Energie ungünstig sind, ist es deutlich schwieriger, eine Netto-Null-Lösung zu erreichen. Frühzeitig festgelegte

Gebäudeparameter, wie Form, Kompaktheit, Ausrichtung, Untergeschosse und Tragwerk, haben ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Emissionsziele. Im weiteren Verlauf des Prozesses werden Materialien und Produkte ausgewählt, um sicherzustellen, dass die Bauelemente bestimmte Leistungsziele in Bezug auf Bautechnik, Bauphysik und Brandschutz erfüllen. Wie in Abbildung 10 dargestellt, kommen in der Betriebsphase weitere wirksame Hebel zum Tragen, wenn der Strommix festgelegt wird und Entscheidungen getroffen werden, um den Betrieb kontinuierlich zu optimieren.

Kohlenstoffintensität der Dekarbonisierung im zeitlichen Ablauf

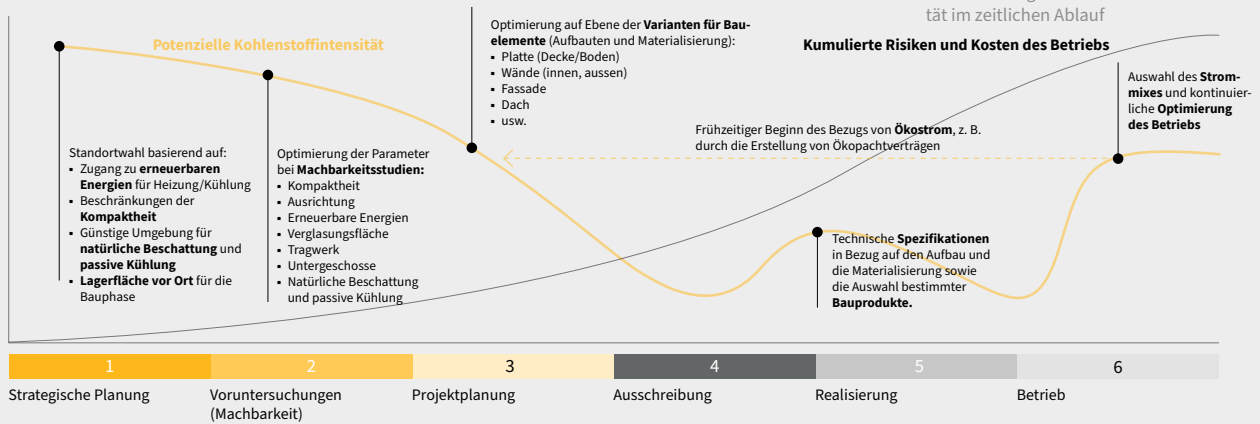


Abbildung 10: Strategien und Hebel zur Dämmung der Kohlenstoffintensität im zeitlichen Ablauf

In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Hebel zur Verringerung der Betriebs- und der Erstellungsemissionen betrachtet. Abbildung 11 gibt einen ersten Überblick über diese Hebel.

Die wichtigsten Hebel zur Dekarbonisierung auf Ebene der Betriebs- und der Erstellungsemissionen

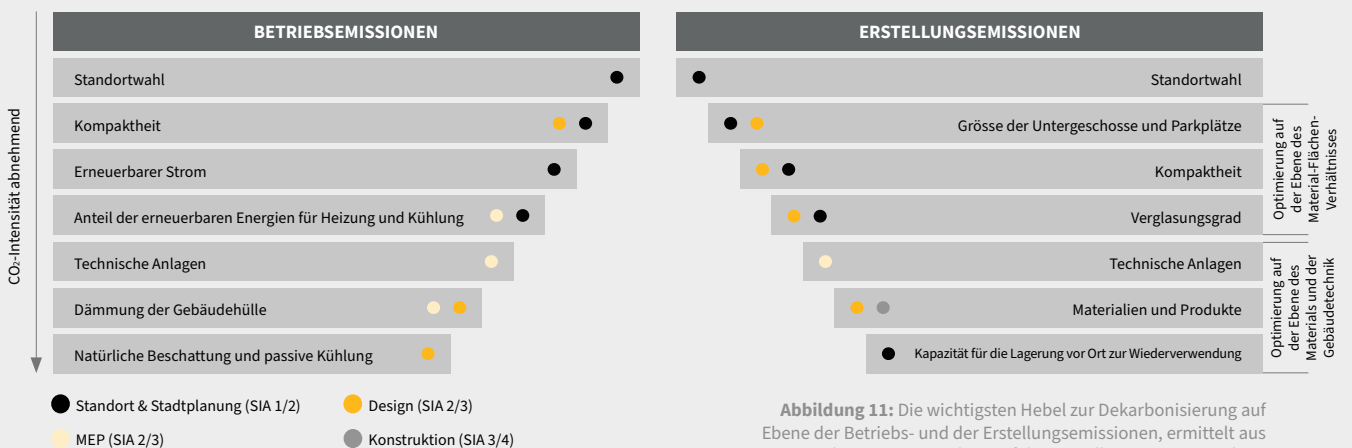


Abbildung 11: Die wichtigsten Hebel zur Dekarbonisierung auf Ebene der Betriebs- und der Erstellungsemissionen, ermittelt aus der SIA 2040-Analyse auf der Grundlage von 36 Projekten

Standortwahl

Das Dekarbonisierungspotenzial eines Projekts hängt stark von exogenen, standortspezifischen Faktoren ab.

Zu den standortspezifischen Variablen, die sich auf die Kohlenstoffbilanz eines Gebäudes auswirken, gehören der Zugang zu erneuerbaren Energien für Heizung und Kühlung (z. B. Fern- oder Erdwärme), die Topografie und Geologie des Standorts, das Potenzial für die Erzeugung von Solarenergie, die Beschaffenheit des Standorts, die sich indirekt auf die Form und Kompaktheit eines Gebäudes auswirkt, sowie die Umweltbedingungen in Bezug auf

natürliche Beschattung und passive Kühlung. Die Entwicklung eines CO₂ neutralen Gebäudes sollte daher mit einer sorgfältigen Standortanalyse auf der Grundlage der oben genannten Aspekte beginnen. Es ist wichtig, die mit der Standortakquisition betrauten Teams einzubeziehen und zu sensibilisieren und Prozesse einzuführen, die sicherstellen, dass die Standortwahl ordnungsgemäss validiert wird.



Kompaktheit

Zwischen der Kompaktheit eines Gebäudes und seiner CO₂-Bilanz aus Betriebs- und Erstellungsemissionen besteht eine starke Korrelation.

Gemäss SIA 380:2015 ergibt sich der Kompaktheitsfaktor aus dem Verhältnis der thermischen Gebäudehüllfläche (*A_{th}*) zur Energiebezugsfläche (*A_E*). Aus dieser Gleichung ergibt sich die Gebäudehüllzahl: *A_{th} / A_E*. Grosse, kompakte Gebäude haben in der Regel einen geringeren Heizbedarf pro Quadratmeter als kleinere, weniger kompakte Gebäude mit demselben Wärmedämmstandard. Der Kompaktheitsfaktor wirkt sich auch auf die Höhe der Erstellungsemissionen aus, da kompakte Gebäude in der Regel ein besseres Verhältnis von Materialmenge zu Oberfläche aufweisen (z. B. weniger Materialeinsatz pro Quadratmeter Nettogrundfläche).

Wird beispielsweise bei einem Gebäude mit einer Grundfläche von 6'720 m² jedes zweite Geschoss um drei Meter versetzt, wie in Abbildung 12 dargestellt, entstehen 2'520 m² mehr Gebäudehüllfläche, wohingegen die Grundfläche und die Energiebezugsfläche gleich bleiben. Der Kompak-

heitsfaktor verschlechtert sich deutlich von einem guten Wert von 0,8 auf einen eher moderaten Wert von 1,2.⁵ In der Regel korreliert die Grösse eines Gebäudes mit seinem Kompaktheitswert, wie das folgende Beispiel zeigt. Zwei Gebäude, ein grosses und ein kleines, beide in Massivbauweise, wurden mithilfe der SIA 2040-Rechenhilfe für Erstellungsemissionen bewertet.

Beide Gebäude haben einen Verglasungsanteil von 30 Prozent der Fassadenfläche. Sie unterscheiden sich in der Grösse, nicht aber in der Form oder Bauweise. Ein Vergleich der Werte beider Gebäude zeigt, dass das grosse Gebäude mit dem niedrigeren Kompaktheitsfaktor von 7,7 kg CO₂/m²/a deutlich niedrigere Kohlenstoffemissionen aufweist als das kleine Gebäude mit 12,3 kg CO₂/m². Der Kompaktheitsfaktor für eine bestimmte geometrische Form nimmt mit zunehmendem Volumen ab.

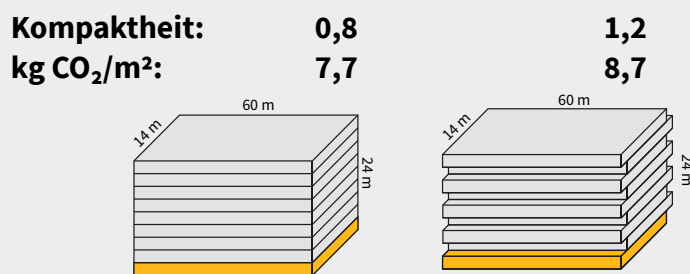


Abbildung 12: Vergleich von kompakten und nicht-kompakten Strukturen⁶

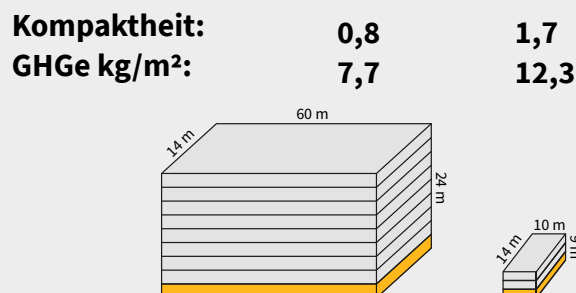


Abbildung 13: Vergleich von grossen und kleinen Strukturen⁷

⁵vgl. SIA-Effizienzpfad Energie 2018, S. 32

⁶basierend auf SIA-Effizienzpfad Energie 2018, S. 29

⁷basierend auf SIA-Effizienzpfad Energie 2018, S. 29

Erneuerbare Energien

Strom aus erneuerbaren Energien am Standort umfasst alle erneuerbaren Energien, die innerhalb der Standortgrenzen gesammelt oder erzeugt werden und entweder vor Ort verbraucht oder als Überschussstrom an das Netz verkauft werden.

Um den betrieblichen Fussabdruck eines Gebäudes zu verringern, ist es wichtig, sowohl ein Maximum an erneuerbarem Strom vor Ort zu erzeugen als auch den Bezug von Strom aus dem Netz durch den Einsatz von Batteriespeichern oder neueren Technologien wie Eisspeichern oder Luftdruckspeichern zu reduzieren.

Die absolute Globalstrahlung, die auf ein Modul fällt, hängt von der Ausrichtung und dem Neigungswinkel ab. In der Schweiz gelten nach Süden ausgerichtete

Flächen als am besten geeignet, um den Stromertrag zu maximieren. Die relative jährliche Einstrahlung auf Flächen im Verhältnis zur Globalstrahlung ist in Abbildung 14 dargestellt. Die horizontale Fläche entspricht 100%, was im Falle der Schweiz und Deutschlands 1100 kWh/m²a entspricht. Auf nach Süden ausgerichteten Fassaden erreicht die Sonneneinstrahlung einen Wert von 77% der jährlichen Globalstrahlung und auf nach Osten und Westen ausgerichteten Fassaden 57%.⁸

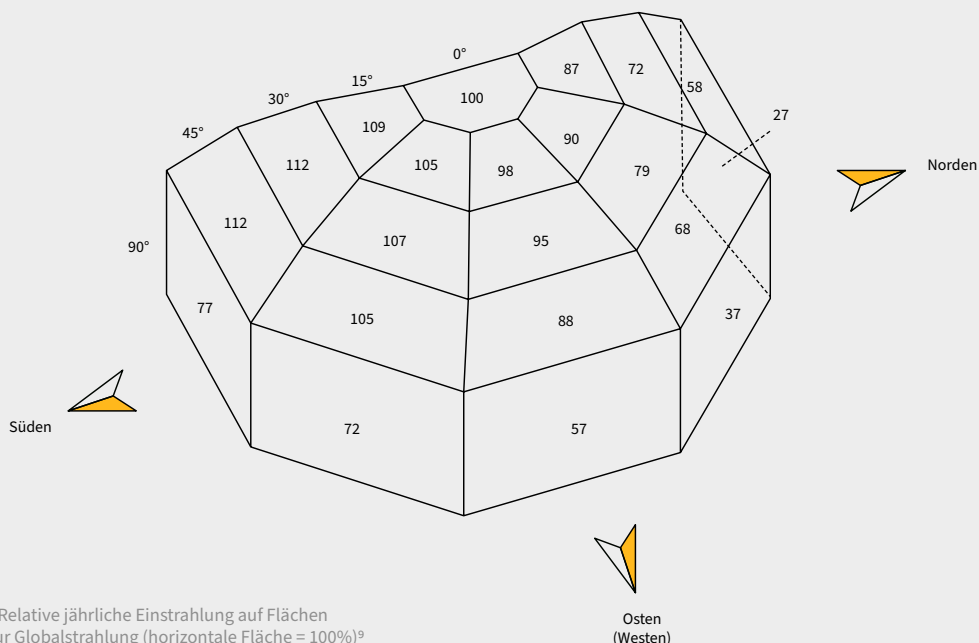


Abbildung 14: Relative jährliche Einstrahlung auf Flächen im Verhältnis zur Globalstrahlung (horizontale Fläche = 100%)⁹

⁸vgl. Bagda 2016, S. 51

⁹basierend auf Bagda 2016, S. 52

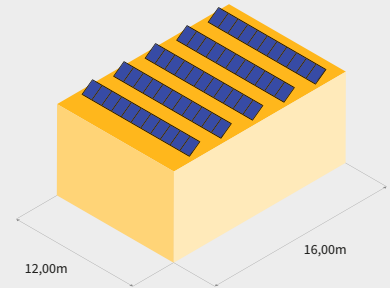
Um den Eigenverbrauch zu maximieren, muss jedoch der Stromverbrauch des Gebäudes im Laufe des Tages auf der Grundlage des Nutzerverhaltens berücksichtigt werden. Unter bestimmten Bedingungen kann es sinnvoll sein, die horizontale und vertikale PV-Anlage nach Osten und Westen auszurichten, um die Morgen- und Abendsonne zu nutzen.

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist die effiziente Raumnutzung. Nach Ost-West ausgerichtete PV-Dachpaneele mit einer Neigung von 15 bis 20 Grad erzeugen nur 85% der Energie, die mit der gleichen Menge an nach Süden ausgerichteten Paneelen generiert werden kann.¹⁰ Allerdings ist die Ost-West-Installation einer PV-Anlage flächeneffizienter (Abbildung 15). Dies bedeutet, dass PV-Anlagen mit Ost-West-Ausrichtung die doppelte installierte Kilowatt-Peak-Leistung einer südlich ausgerichteten PV-Anlage auf der gleichen Fläche liefern können.

Ökostrom

Als Ökostrom wird Strom bezeichnet, der aus erneuerbaren Quellen wie Wind, Wasser und Sonne gewonnen wird. Eine in der Schweiz relativ wirksame Möglichkeit zur Verringerung der CO₂-Bilanz eines Gebäudes besteht darin, einen Stromliefervertrag mit dem Gütesiegel "Naturemade Star" abzuschließen. Dies trägt dazu bei, die Treibhausgasemissionen in der Betriebsphase dank eines Strommixes zu reduzieren, der zu 100% aus erneuerbaren und ökologischen Energiequellen besteht. Generell ist ein hoher Prozentsatz an erneuerbarem Strom aus dem Netz ein entscheidender Faktor, um Netto-Null zu erreichen.

PV mit Süd-Ausrichtung



PV mit Ost-West-Ausrichtung

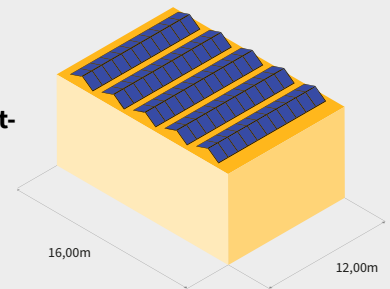


Abbildung 15: Raumnutzungsgrad bei unterschiedlicher PV-Ausrichtung^{11,12}

¹⁰vgl. Burkhardt 2022a

¹¹BuGG Bundesverband GebäudeGrün e. V. 2022

¹²Institut für angewandtes Stoffstrommanagement 2021



Natürliche Beschattung und passive Kühlung

Natürliche Beschattung kann einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Energiebedarfs für Kühlung und Heizung und damit zur Senkung der Betriebs-emissionen leisten.

Steht ein geeigneter Aussenbereich zur Verfügung, können Bäume und Pflanzen im Sommer als Beschattungselemente dienen, um so die solare Wärmebelastung und den so genannten «Wärmeinseleffekt» zu reduzieren.

Wärmeinseleffekt

Wärmeinseln sind städtische Gebiete, in denen höhere Temperaturen herrschen als in weniger besiedelten Gebieten. Bebauungen wie Gebäude, Strassen und andere Infrastrukturen absorbieren und strahlen die Sonnenwärme stärker ab als natürliche Landschaften wie Wälder und Wasserflächen.

Begrünte Fassaden und Dächer sind weitere effiziente Möglichkeiten, das Raumklima im Sommer und im Winter positiv zu beeinflussen. Bäume können eine

Fassade im Winter vor kalten Winden schützen. Laubbäume fungieren auch als natürlicher dynamischer Sonnenschutz: Sie spenden im Sommer Schatten, schränken aber im Winter, wenn sie ihre Blätter verloren haben, den solaren Wärmegewinn kaum ein. Bei der Gestaltung eines Begrünungskonzepts ist auch der Aspekt der biologischen Vielfalt zu berücksichtigen.

Massnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs für die Kühlung müssen auch Strategien für eine effiziente passive Kühlung umfassen. Dazu könnten eine effiziente Querlüftung in den Wohnungen oder eine natürliche Belüftung über Innenhöfe oder Treppenhäuser gehören. Bei Fenstern ist zu beachten, dass hohe Fensterflügel für die natürliche Kühlung effektiver sind als breite Fenster.

Strategien zur passiven Kühlung

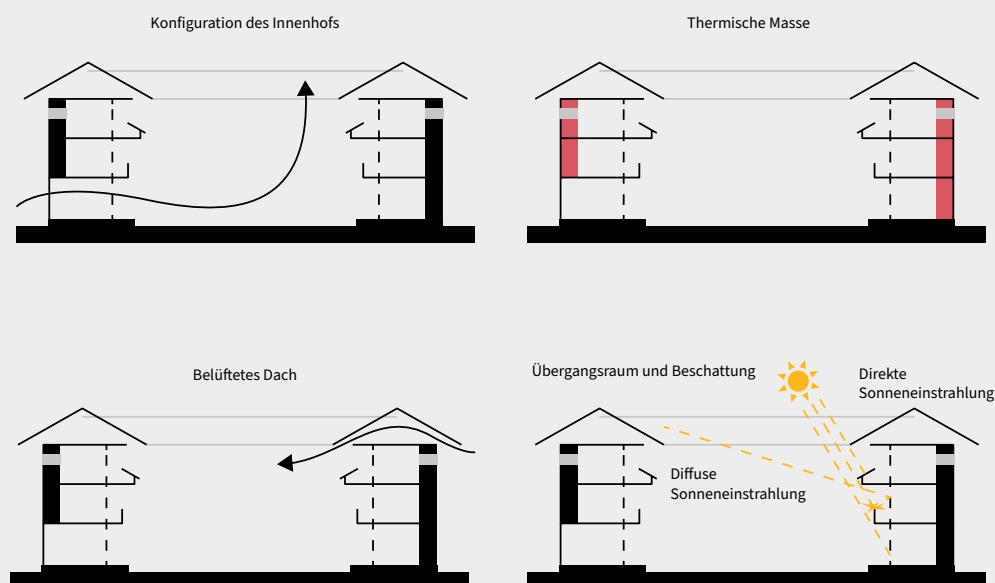


Abbildung 16: Beispiele für passive Kühlstrategien aus den passiven Kühlstrategien von Tulou in Fujian, China, 2018¹³

Untergeschosse

Auf Aushub und Fundamente entfallen etwa 10% der Erstellungsemissionen. Je nach Anzahl der Untergeschosse kann dieser Wert auch deutlich höher sein.

Tragende Elemente wie Fundamente, Bodenplatten und Aussenwände unter Erdgleiche können in der Regel nur aus CO₂-intensiven Stahlbetonbauteilen hergestellt werden. Aushubarbeiten bringen zudem eine enorme Verschiebung von Bodenmaterial mit sich, was einen hohen Energieaufwand während des Bauprozesses erfordert.

Es gibt zwei Möglichkeiten zur Reduktion der Erstellungsemissionen von Untergeschossen. Die erste und wirksamere Möglichkeit besteht darin, die Anzahl der Untergeschosse auf ein striktes Minimum zu reduzieren, und dabei den notwendigen Lager- und Servicebereichen Vorrang

einzuräumen. Bei diesem Ansatz werden in der Regel Pkw-Stellplätze reduziert oder fallen weg, die durch Fahrradstellplätze ersetzt werden. Heute gibt es auch tragfähige Konzepte für die oberirdische Unterbringung von Pkw-Stellplätzen in Aufzugstürmen, sofern die Platzverhältnisse dies zulassen. Der zweite Ansatz, der mit dem ersten kombiniert werden kann, sollte die Wiederverwendung von Aushubmaterial in den Vordergrund stellen, das für Verfüllungen und Aussenanlagen und, wenn die Materialqualität dies zulässt, für die Herstellung von Beton oder Baustoffen auf Tonbasis eingesetzt wird. Dieses Verfahren gewährleistet einen geschlossenen Materialkreislauf.

Verglasungsanteil

Die Bestimmung des optimalen Verglasungsanteils eines Gebäudes ist keine einfache Aufgabe, da sie eine Vielzahl von Aspekten betrifft, die gegensätzliche Auswirkungen haben können. Hier einer der häufigsten Kompromisse: Je grösser die Verglasungsfläche an der Fassade ist, desto grösser ist das Risiko einer Überhitzung der Räume in den Sommermonaten und desto höher sind die Erstellungsemissionen, da Glas im Allgemeinen kohlenstoffintensiver ist als typische Aussenwand- und Fassadenmaterialien. Gleichzeitig jedoch lässt eine grössere Verglasungsfläche einen höheren Solareintrag im Winter und einem besseren Tageslichtfaktor zu.¹⁴

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte und auf der Grundlage der Analyse von 36 hauseigenen Entwicklungsprojekten scheint das ideale Gleichgewicht für einen Verglasungsanteil im Bereich von 50-70% für Büros und 20-50% für Wohngebäude zu liegen. Die Verglasungsfläche sollte immer projektspezifisch innerhalb dieser beiden Bereiche festgelegt werden, wobei Faktoren wie Erstellungsemissionen, das Tageslicht, der Solareintrag, die umliegenden Gebäude und die örtlichen klimatischen Bedingungen zu berücksichtigen sind.



Technische Anlagen

Einer der Schwerpunkte bei der Planung gebäudetechnischer Anlagen liegt auf der Reduzierung des Energieverbrauchs durch den Einsatz intelligenter, technisch einfacher und effizienter Optionen.

Wie aus den beiden folgenden Diagrammen ablesbar ist, unterscheidet sich die Verteilung des Endenergieverbrauchs für Büro- und Wohngebäude erheblich. Bei Wohn- und Bürogebäuden entfällt der grösste Teil des Energieverbrauchs auf die Heizung, gefolgt von der Warmwasserbereitung bei Wohngebäuden und der Klimatisierung bei Bürogebäuden. Auf Heizung, Warmwasser und Klimatisierung entfallen bis zu 81% des Energieverbrauchs in Wohngebäuden und 68% in Bürogebäuden. Daraus folgt, dass dies die wichtigsten Hebel sind, um die CO₂-Bilanz aus Betriebsemissionen eines Gebäudes zu verringern.¹⁵ Die Treibhausgasemissionen einer technischen Anlage hängen ganz eindeutig von der Energiequelle und der Höhe des Energieverbrauchs ab. Diese beiden Diagramme machen jedoch deutlich, an welchen Hebeln man ansetzen sollte, um die Betriebsemissionen am effektivsten zu senken.

Technische Anlagen sollten nicht nur unter dem Gesichtspunkt ihrer Betriebsemissionen, sondern auch unter dem Gesichtspunkt ihrer Erstellungsemissionen bewertet werden. Die interne Analyse von Entwicklungsprojekten zeigt, dass 15 bis 20% der Erstellungsemissionen durch technische Anlagen verursacht werden.

Die verfügbaren Daten über den in Anlagen eingebundenen Kohlenstoff sind noch sehr spärlich, so dass es in Zukunft notwendig sein wird, diesen Bereich genauer unter die Lupe zu nehmen und die Emissionen jeder Anlage während ihres gesamten Lebenszyklus zu messen. Hier gibt es noch grosses Verbesserungspotenzial.

Auf Projektebene stellt sich häufig die wichtige Frage, ob ein zentrales oder ein dezentrales Lüftungssystem in Bezug auf den Energieverbrauch und die Kohlenstoffemissionen während des gesamten Lebenszyklus effizienter ist. Dezentrale Lüftungssysteme benötigen zwar weniger Verteilungskanäle, benötigen jedoch eine Vielzahl kleinerer Anlagen anstelle einer grossen, was die Einsparungen an Erstellungsemissionen wieder zunichte machen könnte. Gleichzeitig ist die Effizienz eines zentralen Lüftungssystems höher als die mehrerer kleinerer dezentraler Lösungen. Allerdings ist der Energieverbrauch für die Verteilung bei zentralen Lösungen infolge von Druckverlusten höher. Letztendlich müssen diese Faktoren genauer analysiert werden, um eine fundierte Entscheidung für ein bestimmtes System treffen zu können.

Verteilung des Energieverbrauchs privater Haushalte (2020)

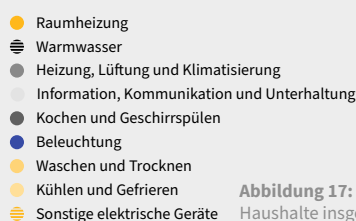
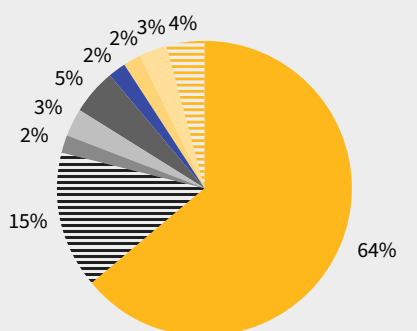


Abbildung 17: Endenergieverbrauch privater Haushalte insgesamt 60 TWh/a (2020)¹⁷

Verteilung des Energieverbrauchs von Büros für den Dienstleistungssektor (2020)

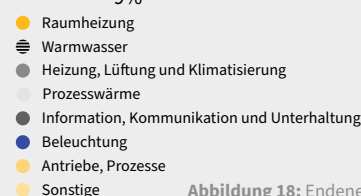
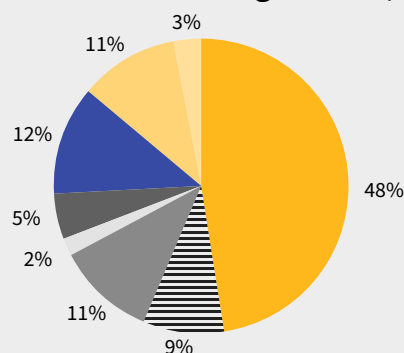


Abbildung 18: Endenergieverbrauch von Büros insgesamt 38 TWh/a¹⁶

¹⁵basierend auf Kemmler und Spillmann 2021, S. 45–58

¹⁶basierend auf Kemmler und Spillmann 2021, S. 58

¹⁷basierend auf Kemmler und Spillmann 2021, S. 45

Wärmeverbrauch

Die Betriebsemissionen des Heiz- und Kühlsystems eines Gebäudes hängen von drei Faktoren ab: erstens von der Dämmleistung des Gebäudes, zweitens von der betrieblichen Effizienz, einschliesslich des Verbrauchsverhaltens, und drittens von den für Heizung und Kühlung verwendeten Energiequellen und der damit verbundenen Kohlenstoffintensität.

Der eigentliche Schlüssel für die Dekarbonisierung von Neubauten ist die Energiequelle, da die gesetzlich vorgeschriebenen Dämmwerte bereits relativ hoch sind. Darüber hinaus kann sich eine Erhöhung des Dämmwertes negativ auf die Menge der Erstellungsemissionen auswirken. Es überrascht nicht, dass ein Heiz- oder Kühlsystem, das ausschliesslich auf erneuerbaren Energien wie Wärmepumpen basiert, welche durch eine PV-Anlage vor Ort oder durch geothermische Energie gespeist werden, eine deutlich bessere Klimabilanz aufweist als fossile Systeme. Die Aufgabe besteht also darin, den Anteil der erneuerbaren Energien für Heiz- und Kühlsysteme (einschliesslich Wasser) zu maximieren.

Hierbei ist zu beachten, dass, unabhängig vom verwendeten Heizsystem, die Treibhausgasemissionen auch von der korrekten Installation, der Instandsetzung und dem betrieblichen Management eines Gebäudes abhängen.

Zahlreiche Systeme weltweit arbeiten in einem ineffizienten Bereich, was zu einer Leistungslücke zwischen den vorausgerechneten und den tatsächlichen Kohlenstoffwerten führt. Ein hohes Mass an betrieblicher Effizienz ist daher von entscheidender Bedeutung.

In einer vom Globalen Emissions-Modell integrierter Systeme (Global Emissions Model of Integrated Systems - GEMIS) durchgeführten Studie wurden verschiedene Heizsysteme auf der Grundlage ihrer Treibhausgasemissionen verglichen. Abbildung 19 zeigt die wichtigsten Ergebnisse der GEMIS-Studie. Die in der gleichen Grafik dargestellten Schweizer Daten der KBOB zeigen ein ähnliches Bild – mit Ausnahme aller Systeme, die auf Wärmepumpen basieren. Diese Diskrepanz, gemessen in kg CO₂/kWh, ist auf den Stromverbrauchermix in der Schweiz zurückzuführen, der aufgrund eines höheren Anteils an erneuerbaren Energien eine deutlich niedrigere Kohlenstoffintensität aufweist.

Treibhausgasemissionen verschiedener Heizsysteme

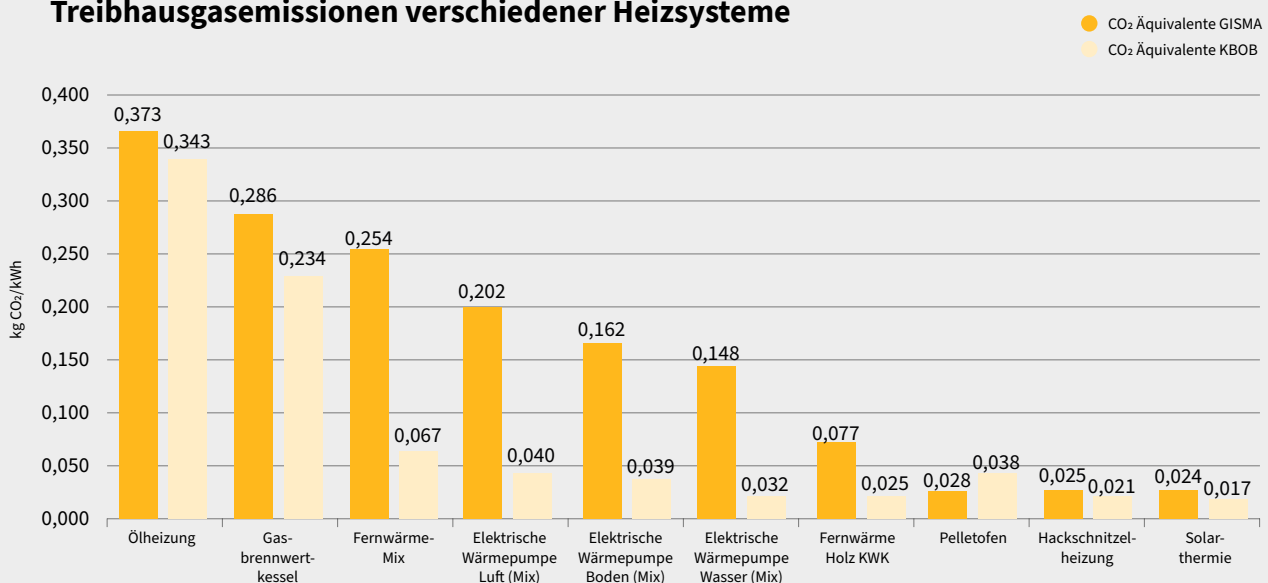


Abbildung 19: Treibhausgasemissionen der verschiedenen Heizsysteme ^{18 19}

¹⁸basierend auf IINAS GMBH 2021

¹⁹basierend auf Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB 2022

Materialien und Produkte

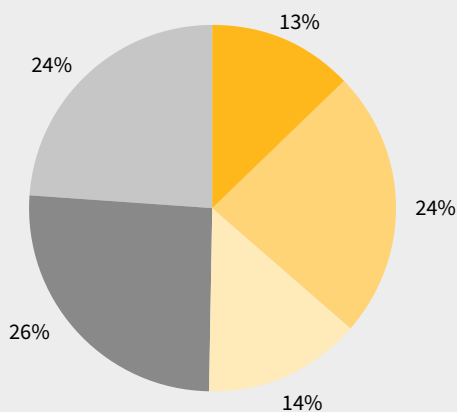
Es wurde ein Datensatz zu Erstellungsemissionen sowie Kohlenstoffemissionen des gesamten Lebenszyklus in Gebäuden in Europa ausgewertet, um die Verteilung der Erstellungsemissionen auf Gebäudeebene zu bestimmen und die wichtigsten Hebel für Veränderungen zu ermitteln.

Die Bewertung von 168 Mehrfamilienhäusern und 53 Bürogebäuden ermöglicht uns die Berechnung der durchschnittlichen Treibhausgasemissionen verschiedener Gebäudekomponenten und Haustechnik. Wenngleich es sich dabei um Durchschnittswerte handelt, lassen sich die wichtigsten Hebel mit relativ hoher Genauigkeit identifizieren (siehe Abbildung 20 und Abbildung 21). Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln angedeutet, hängen die Zahlen natürlich stark von den spezifischen Gebäude-

parametern ab, wie z. B. der Grösse, Kompaktheit, Anzahl der Untergeschosse, angewandten Tragstruktur, dem Fassadentyp und der Haustechnik. Ein Vergleich von acht Implenia Entwicklungsprojekten auf der Grundlage der Norm SIA 2040 ergibt verhältnismässig grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Projekten (Abbildung 22). Die spezifische Verteilung der Erstellungsemissionen muss daher immer auf Projektebene ermittelt werden.

Erstellungsemissionen (A-C)

(Durchschnitt von 169 Mehrfamilienhäusern)

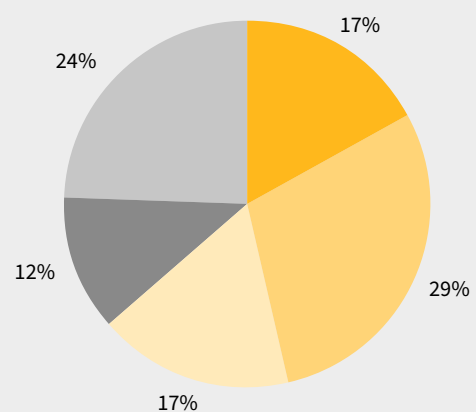


- Unterbau
- Oberbau
- Fassade
- Innenwände und Trennwände (inkl. Innenausbau)
- Haustechnik

Abbildung 20: Erstellungsemissionen (A-C) von 169 Mehrfamilienhäusern

Erstellungsemissionen (A-C)

(Durchschnitt von 53 Bürogebäuden)

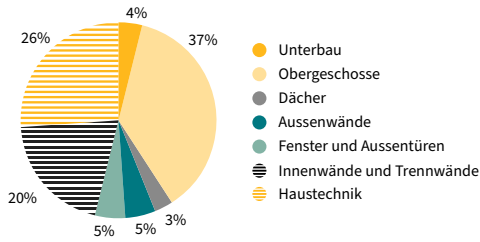


- Unterbau
- Oberbau
- Fassade
- Innenwände und Trennwände (inkl. Innenausbau)
- Haustechnik

Abbildung 21: Erstellungsemissionen (A-C) von 53 Bürogebäuden

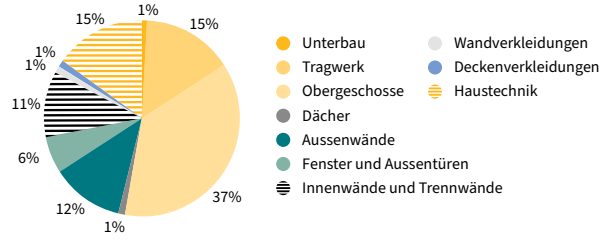
Vergleich der Erstellungsemissionen von acht Implemia Entwicklungsprojekten

Erstellungsemissionen (A-C), Projekt Krokodil



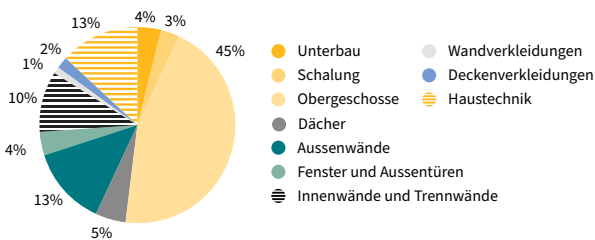
- Nutzung: Wohngebäude, Supermarkt, Verwaltungsgebäude
- Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 31'035
- Oberirdische Geschosse: 6 (auf einer Seite 7)
- Unterirdische Geschosse: 1,5 (2. UG nur teilweise)
- Struktur: 1-7 Geschosse in Holzbauweise, Erdgeschoss in Stahlbetonbauweise

Erstellungsemissionen (A-C), Projekt Rocket



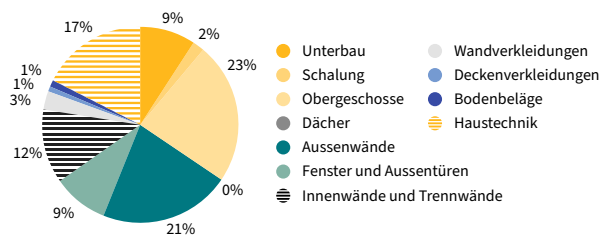
- Nutzung: Wohngebäude, Gewerbebau, Hotel
- Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 44'800
- Oberirdische Geschosse: 32
- Unterirdische Geschosse: 3-4
- Struktur: Horizontale Konstruktion (Holz-Stahlbeton-Kombination), vertikale Holzkonstruktion

Erstellungsemissionen (A-C), Projekt Tigerli



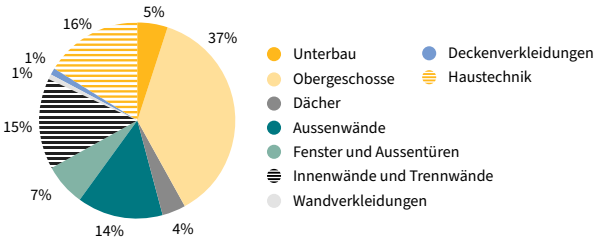
- Nutzung: Sozialer Wohnungsbau
- Gewerbliche Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 7'481
- Oberirdische Geschosse: 6-7
- Unterirdische Geschosse: 3-4
- Struktur: Horizontale Konstruktion (Holz-Stahlbeton-Kombination), vertikale Holzkonstruktion

Erstellungsemissionen (A-C), Projekt Roy



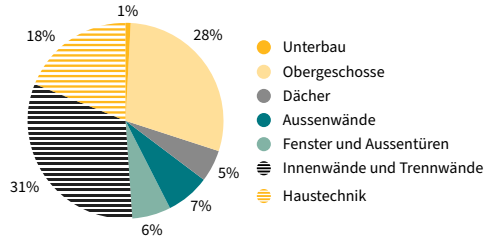
- Nutzung: Wohngebäude, Supermarkt
- Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 31'739
- Oberirdische Geschosse: 6-7
- Unterirdische Geschosse: 1
- Struktur: Stützen und Decken aus Stahlbeton

Erstellungsemissionen (A-C), Projekt Bigboy



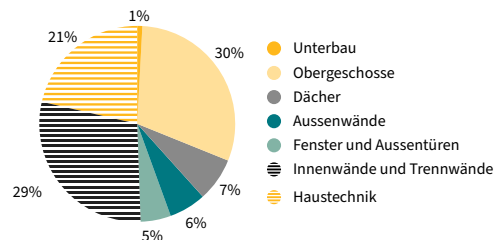
- Nutzung: Wohngebäude, Supermarkt, Einzelhandel
- Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 15'994
- Oberirdische Geschosse: 15
- Unterirdische Geschosse: 2
- Struktur: Stahlbeton

Erstellungsemissionen (A-C), Projektausschreibung Highrise



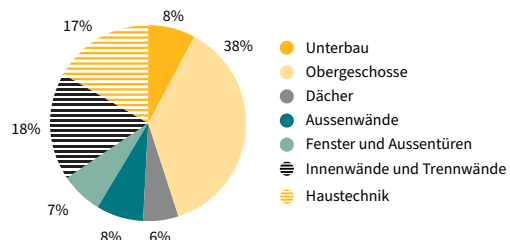
- Nutzung: Wohngebäude, Supermarkt, Einzelhandel
- Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 5'884
- Oberirdische Geschosse: 10
- Unterirdische Geschosse: 2
- Struktur: Stützen und Decken aus Stahlbeton

Erstellungsemissionen (A-C), Projektausschreibung Riegel



- Nutzung: Wohngebäude, Einzelhandel, Supermarkt
- Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 6'428
- Oberirdische Geschosse: 6
- Unterirdische Geschosse: 2
- Struktur: Stützen und Decken aus Stahlbeton

Erstellungsemissionen (A-C), Projekt sue&til



- Nutzung: Wohngebäude
- Fläche m² (Bruttoinnenfläche): 40'139
- Oberirdische Geschosse: 5-6
- Unterirdische Geschosse: 1
- Struktur: Holzbau

Abbildung 22: Vergleich von acht Entwicklungsprojekten im Hinblick auf ihre Erstellungsemissionen

Um die Erstellungsemissionen von Bauteilen zu reduzieren, müssen während des gesamten Planungs- und Entwicklungsprozesses verschiedene Optionen für die unterschiedlichen Bauteile auf CO₂-Ebene verglichen werden. Ein solcher Vergleich ermöglicht es, die Option mit der geringsten CO₂-Bilanz zu ermitteln und gegebenenfalls weitere Optimierungen vorzunehmen. Dank der SIA 2040-Analyse konnte Implenia Benchmarks auf Ebene der einzelnen Komponenten erarbeiten und so dem Entwicklungsteam mehr Sicherheit geben. Abbildung 23, in der verschiedene Geschossdeckenvarianten verglichen werden, legt nahe, dass ein Vergleich der Kostenauswirkungen der verschiedenen Optionen ebenfalls interessant ist. Das Team kann dann Varianten identifizieren, die nicht nur auf CO₂-Ebene, sondern auch in finanzieller Hinsicht besser abschneiden. Die CO₂-Bepreisung gewinnt zunehmend an Bedeutung, so dass es sich lohnt, auch diesen Aspekt in die Berechnung einzubeziehen.

Die wichtigsten Gebäudekomponenten in Bezug auf Erstellungsemissionen:

- Tragwerk
- Aussenwand-Konstruktionen (tragend)
- Innenwand-Konstruktionen (tragend)
- Innenwand-Konstruktionen (nicht tragend)
- Fassadenverkleidungen
- Bodenplatten-Konstruktionen
- Dachplatten-Konstruktionen
- Fundamente
- Fensterrahmen und Verglasungen
- Bodenbeläge

CO₂-Bepreisung

CO₂-Bepreisung schafft Anreize für Unternehmen, ihre Emissionen

zu verringern, indem ein Preis für Treibhausgasemissionen eingeführt wird. Obwohl die CO₂-Bepreisung in den meisten Ländern noch nicht verbindlich vorgeschrieben ist, beziehen einige Unternehmen bereits einen geschätzten internen Kohlenstoffpreis als so genannten «Schattenpreis» in ihren Geschäftsplan ein.

Geschossdeckenkonstruktionen

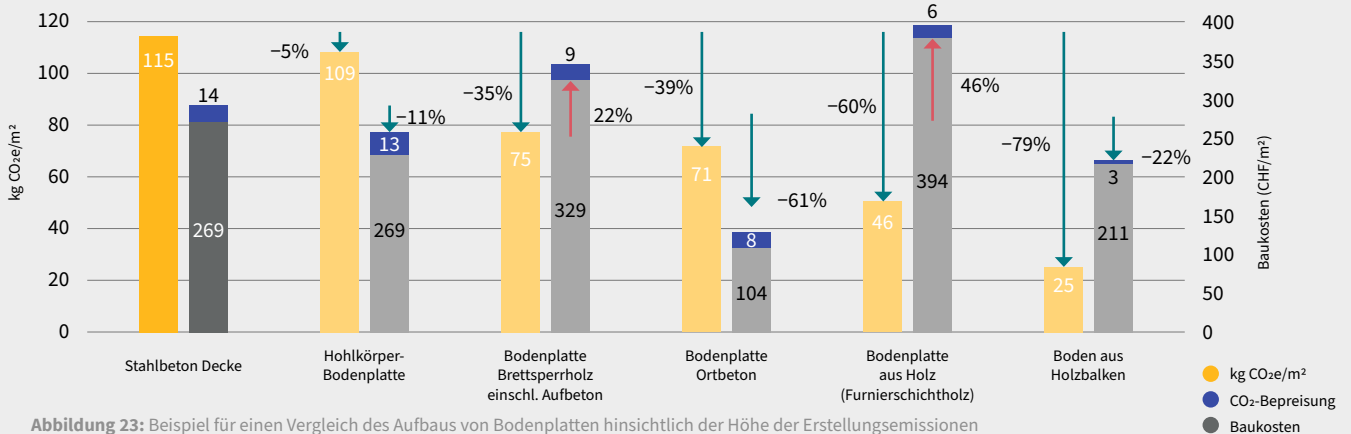


Abbildung 23: Beispiel für einen Vergleich des Aufbaus von Bodenplatten hinsichtlich der Höhe der Erstellungsemissionen und der Baukosten (eigene Grafik).

Ist der Aufbau eines Bauteils definiert, können weitere Optimierungen auf Ebene der einzelnen Materialschichten vorgenommen werden. Beispielsweise kann weniger Material oder es können umweltfreundlichere alternative Materialien oder Produkte verwendet werden (z. B. höherer Recyclinganteil, energieeffizienter Produktionsprozess, kurze Transportwege). Dabei ist es wichtig, Materialien und Produkte mit ähnlichen Leistungsniveaus zu vergleichen.

Es versteht sich, dass die ausgewählten Materialien und Produkte die funktionale Leistung des Bauteils nicht beeinträchtigen sollten (z. B. Akustik oder Brandschutz). Bei einem angemessenen Vergleich verschiedener Wärmedämmstoffe müsste beispielsweise ein angestrebter u-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) definiert und mit den jeweiligen Lambda-Werten (Wärmeleitfähigkeit) der untersuchten Produkte verglichen werden.

Wärmedämmung

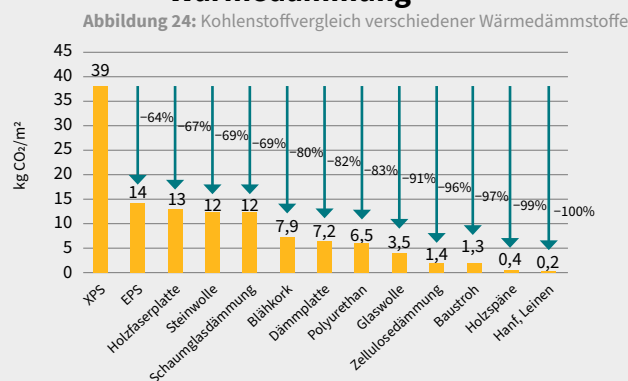


Abbildung 24: Kohlenstoffvergleich verschiedener Wärmedämmstoffe

Holzprodukte

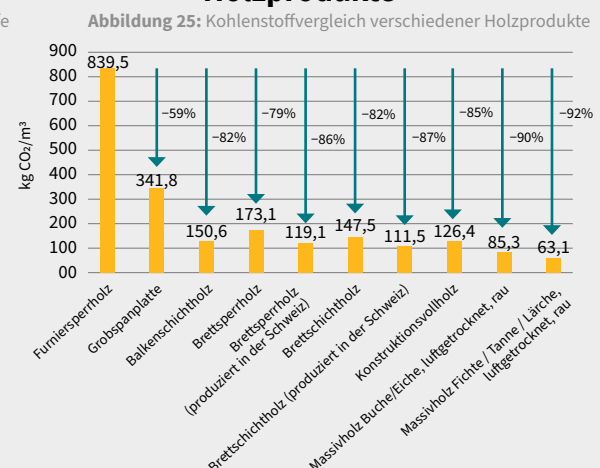


Abbildung 25: Kohlenstoffvergleich verschiedener Holzprodukte

Exkurs über Baumaterialien

Materialien mit hohem Kohlenstoffgehalt:

Materialien, die während ihres Lebenszyklus eine beträchtliche Menge an Betriebs- und Erstellungsemissionen verursachen.

Beispiele:

- Die meisten Stahlerzeugnisse
- PUR-, PIR-, XPS-Dämmung

Kohlenstoffarme Materialien:

Materialien, die im Vergleich zu herkömmlichen Materialien geringere Betriebs- und Erstellungsemissionen aufweisen, ohne die funktionalen Anforderungen und Leistungseigenschaften des Endprodukts zu beeinträchtigen.

Beispiele:

- Recycelte Metalle
- Linoleum
- Lehm

Kohlenstoffneutrale Materialien:

Materialien, die im Laufe ihres gesamten Lebenszyklus der Atmosphäre so viel Kohlenstoff entziehen, wie sie freisetzen.

Beispiele:

- Die meisten Holzprodukte, weil sie das CO₂ am Ende ihres Lebenszyklus freisetzen
- Produkte, die Kohlenstoff binden können (z. B. bestimmte Betonprodukte)

Kohlenstoff-negative Materialien:

Materialien, die der Atmosphäre mehr Kohlenstoff entziehen, als sie im Laufe ihres gesamten Lebenszyklus freisetzen.

Beispiele:

- Schnell wachsende Naturfasern (z. B. Hanf, Stroh, Wolle)
- Myzel (Materialien auf Pilzbasis)



Kapazität für die Lagerung vor Ort

Aushubarbeiten bringen eine enorme Verschiebung von Bodenmaterial mit sich, was einen hohen Energieaufwand während des Bauprozesses erfordert. Dies wirkt sich wiederum auf die CO₂-Bilanz der gesamten Ausführungsphase aus. Wie in einem früheren Kapitel angedeutet, ist die Wiederverwendung von Aushubmaterial ein wichtiger Hebel zur Verringerung der CO₂-Bilanz eines Gebäudes. Wird jedoch Aushubmaterial zur Verfüllung, zur Landschaftsgestaltung oder zur Betonherstellung vor Ort verwendet, muss ausreichend Platz für die Lagerung des Materials während der Ausführungsphase vorhanden sein. Dies gilt auch für die Wiederverwendung bestehender Gebäudeteile bei Ersatzneubauprojekten, da diese Bauteile während der gesamten Bauzeit ordnungsgemäss gelagert werden müssen. Soll eine Wiederverwendung in Frage kommen, müssen die Planer bereits bei der Wahl des Projektstandorts an den verfügbaren Lagerplatz denken. Ist ausreichend Platz für die Lagerung vorhanden, muss dieser frühzeitig in das Baulogistik-Konzept einbezogen werden. Aufgrund des Platzbedarfs bieten Grossprojekte, die in mehreren Bauabschnitten errichtet werden, in der Regel die besten Voraussetzungen für eine Wiederverwendung.

Kohlenstoffkompensation

Der Begriff «Netto-Null» bedeutet nicht, dass es gar keine Emissionen gibt, denn er lässt die Möglichkeit zu, verbleibende Kohlenstoffemissionen durch Sequestrierung oder «Negativ-Emissionsstrategien» auszugleichen.

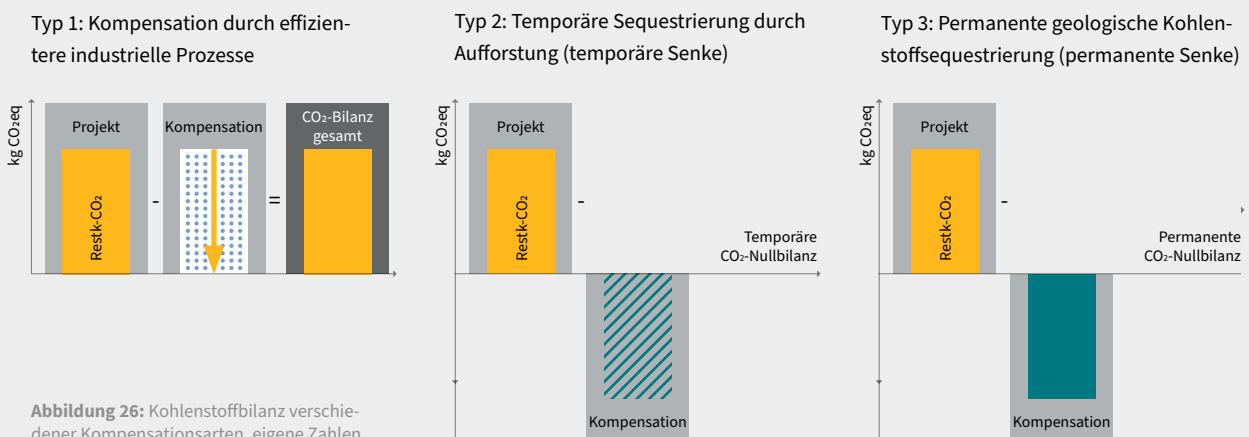
Die verbleibenden Kohlenstoffemissionen auf Gebäudeebene werden nicht durch das Gebäude selbst, sondern anderweitig durch Investitionen in Kompensationsprogramme kompensiert. Allerdings ist das Konzept der Kohlenstoffkompensation im Zusammenhang mit Netto-Null umstritten. Kritiker weisen zu Recht darauf hin, dass die bloße Möglichkeit, Kohlenstoffgutschriften von Dritten zu kaufen, den Anreiz für Unternehmen verringert, durch Planung, Innovation usw. an ihrer eigenen CO₂-Bilanz zu arbeiten, und dass dadurch die eigentliche Ursache des Problems umgangen werde. Das vorliegende Dokument schliesst sich dieser Meinung an und sieht die Kohlenstoffkompensation lediglich als Zwischenlösung, wenn ein Gebäude aufgrund technischer Anforderungen oder anderer Gegebenheiten nicht den Netto-Null-Standard erreichen kann. Die Kompensation sollte daher nur dann zur Erreichung von Netto-Null eingesetzt werden, wenn alle technischen Massnahmen versagt haben oder wenn unkontrollierbare äussere Faktoren (z. B. eine gesetzliche Verpflichtung zum Anschluss an ein auf fossilen Brennstoffen basierendes Fernwärmesystem) die Erreichung des Ziels unmöglich machen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Treibhausgasemissionen auszugleichen. Nicht jede Methode hat einen langfristigen Kompensationseffekt. Einige Arten der

Kompensation können lediglich Treibhausgasemissionen verhindern, andere können die Emissionen nur kurz- und mittelfristig binden, während wieder andere als langfristige Kohlenstoffsенke dienen können.

Um Netto-Null durch Kompensation zu erreichen, muss die Kompensation selbst Kohlenstoff aus der Atmosphäre entziehen und zur Bindung dieses Kohlenstoffs in Biomasse oder in Mineralien führen. Allein die Vermeidung von Treibhausgasemissionen, beispielsweise durch effizientere Industrieprozesse, führt nicht zu einer Kohlenstoffkompensation. Die Gesamtgleichung bleibt kohlenstoffpositiv. Bei der biologischen Sequestrierung ist ebenso Vorsicht geboten. Biobasierte Materialien können während des Wachstums einer Pflanze oder eines Baumes durch Photosynthese Kohlendioxid binden, oder sie wachsen wieder nach, wenn die Biomasse geerntet wurde. Der aufgenommene Kohlenstoff bleibt jedoch nur so lange in der Biomasse gebunden, bis diese verbrennt oder verrottet. Holz, beispielsweise, setzt dabei die gleiche Menge Kohlenstoff frei, die es zuvor gespeichert hat. Die geologische Kohlenstoffsequestrierung bietet eine langfristige Lösung: Kohlenstoff wird dabei aus der Atmosphäre entnommen und in unterirdischen geologischen Formationen (Gestein) für unbestimmte Zeit gebunden.

Kohlenstoffbilanz der verschiedenen Arten von Kompensationen



Schlussfolgerung

Da der Bau- und Immobiliensektor für 37% der Treibhausgasemissionen verantwortlich ist, birgt er ein grosses Potenzial, einen Beitrag zur Erreichung der globalen Klimaziele zu leisten.

Um diese Ziele zu erreichen, ist in den kommenden Jahren mit einer verstärkten Regulierung durch den Staat zu rechnen, da ein Rahmen für CO₂ neutrale Gebäude geschaffen wird. Die Nachfrage des Marktes nach klimaresilienten CO₂-neutralen Gebäuden ist bereits spürbar gestiegen, vor allem bei institutionellen Anlegern. Um diese Nachfrage zu befriedigen, sind Immobilienentwickler, Bauunternehmer und Bewirtschafter dazu angehalten, ihre Ansätze, Prozesse und Entscheidungen anzupassen und

das Thema Treibhausgasemissionen auf allen Ebenen des Entscheidungsprozesses zu berücksichtigen. Auch wenn es bereits Forderungen nach klimapositiven Gebäuden gibt, so hat der Weg zu CO₂-neutralen Gebäuden gerade erst begonnen. Abschliessend sollten auf der Grundlage der diesem Papier zugrunde liegenden Forschung und Analyse die folgenden Aktionsleitlinien für die Dekarbonisierung in Richtung Netto-Null berücksichtigt werden:



Einführung von **Kohlenstoffindikatoren** in allen Projektphasen und Anwendung von Instrumenten zur Emissionsmessung.

Festlegung eines **erreichbaren Kohlenstoffziels** für ein Projekt in einem frühen Entwicklungsstadium entsprechend des Standorts und der Nutzungstypologie des Projekts.



Sorgfältige Ermittlung von **optimalen Entwurfsparametern** eines Projekts in Bezug auf Kompaktheit, Grösse, Ausrichtung, Potenzial für erneuerbare Energien, Verglasungsgrad, Tragwerk und Geschossen mithilfe von Machbarkeitsstudien und vergleichende Analysen.

Schwerpunktsetzung auf **Erstellungsemissionen**: Optimierung des Aufbaus der einzelnen Komponenten und Entscheidung zugunsten kohlenstoffneutraler oder -negativer Materialien, wo möglich. Fokussierung auf **LCA-Indikatoren** bei der Entscheidungsfindung während des gesamten Entwurfsprozesses.



Erzeugung und Erwerb **erneuerbarer Energien** für Heizung, Kühlung und Stromverbrauch.

Entscheidung zugunsten effizienter **technischer Anlagen** nur dann, wenn dies wirklich notwendig ist. Sicherstellung, dass diese während der Betriebsphase effizient betrieben werden.



Einführung neuer Projektmanagement-Prozesse, basierend auf phasenübergreifender **Zusammenarbeit** und **gemeinsamen Anreizen** zur Erreichung der angestrebten CO₂-Bilanz.

Literaturverzeichnis

- Bagda, Engin (2016): Photovoltaik-Fassaden. Leitfaden zur Planung. (Netzschkau): DAW SE, Geschäftsbe- reich LITHODECOR (Lithodecor innovative Fassaden- systeme).
- BuGG Bundesverband GebäudeGrün e. V. (Hrsg.) (2022): BuGG-Fachkongress «Solar-Gründach» 20. – 21. Oktober 2022 in Berlin und online. Online ver- fügbar unter <https://www.gebaeudegruen.info/fach- kongress>, geprüft am 9.8.2022.
- Burkhardt, Jens (2022a): Photovoltaik Neigungs- winkel – Tabelle, Ertrag & Optimum. Online verfügbar unter <https://echtsolar.de/photovoltaik-neigungswin- kel/>, geprüft am 28.7.2022.
- Büttner, Sina; Stampfli, Janine; Domingo-Irigoyen, Silvia; Settembrini, Gianrico; Schrader, Björn (2021): Bereit für den Klimawandel? Handlungsempfehlun- gen für Bauherrschaften und Planende. Hochschule Luzern - Technik & Architektur, Luzern. Institut für Ge- bäudetechnik und Energie IGE, geprüft am 28.3.2022.
- CRREM-Projekt (2021): CRREM Global Pathways. Online verfügbar unter <https://www.crrem.org/pathways/>, geprüft auf <https://www.crrem.org/pa- thways/>.
- Hill, Stephen; Dalzell, Ann; Allwood, Mel (2021): Net Zero Carbon Buildings: Three Steps to Take Now. ARUP, geprüft am 4/6/2022.
- IINAS GMBH (Hrsg.) (2021): 2021_GEMIS-Ergebnis- se_Daten_Version_5. Online verfügbar unter <https://iinas.org/downloads/gemis-downloads/>, geprüft am 9.8.2022.
- Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (Hrsg.) (2021): Planung von Photovoltaikanlagen. Online verfügbar unter <https://solar.stoffstrom.org/solar-leitfaden/planung-von-solaranlagen/planung- von-photovoltaikanlagen/>, geprüft am 10.8.2022.
- Kemmler, Andreas; Spillmann, Thorsten (2021): Analy- se des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2020 nach Verwendungszwecken. Online verfügbar unter <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/ statistik-und-geodaten/energiestatistiken/energiever- brauch-nach-verwendungszweck.html>, geprüft am 10.7.2022.
- Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschafts- organe der öffentlichen Bauherren KBOB (Hrsg.) (2022): Ökobilanzdaten im Baubereich. Online ver- fügbar unter https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/ home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oeko- bilanzdaten_baubereich.html, geprüft am 16.8.2022.
- Liu, Zhu; Deng, Zhu; Davis, Steven J.; Giron, Clement; Ciais, Philippe (2022): Monitoring global carbon emis- sions in 2021 (*Überwachung der globalen Kohlenstoff- emissionen im Jahr 2021*). In Nature Reviews. Earth & environment (*Erde und Umwelt*) 3 (4), S. 217-219. DOI: 10.1038/s43017-022-00285-w.
- SIA-Effizienzpfad Energie. Ergänzungen und Fallbei- spiele zum Merkblatt SIA 2040:2017 (2018). Zürich: SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Dokumentation D / sia, 0258).
- Sobek, Werner (2020): Werner Sobek: 17 Thesen: Zumtobel Group.
- Umweltprogramm der Vereinten Nationen (2020): 2020 Global Status Report for Buildings and Construc- tion (*Globaler Statusbericht 2020 für den Bausektor*). Towards a Zero-emissions, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector - Executive Sum- mary (*Auf dem Weg zu einem emissionsfreien, effizien- ten und widerstandsfähigen Gebäude- und Bausektor - Kurzfassung*), geprüft am 4.4.2022.
- Yang, Jiayi; Cadima, Paula (2018): Passive cooling strategies of Tulou in Fujian, China (*Passive Kühlstra- tegien von Tulou in Fujian, China*).

Haftungsausschluss

Dieses Dokument, Material, jede zugehörige mündliche Präsentation und/oder Erörterung (im Folgenden zusammen das «MATERIAL») wurde von IMPLENIA Ltd. und/oder seinen Tochtergesellschaften (im Folgenden «IMPLENIA») ausschliesslich zu Informationszwecken erstellt und kann vertrauliche und/oder rechtlich geschützte Informationen enthalten. Das MATERIAL kann zukunftsgerichtete Informationen und Aussagen enthalten, einschliesslich Aussagen über die Aussichten für die Geschäfte von IMPLENIA. Diese Aussagen beruhen auf aktuellen Erwartungen, Schätzungen und Prognosen hinsichtlich der Faktoren, die sich auf die künftige Leistung von IMPLENIA auswirken können, einschliesslich der globalen wirtschaftlichen Bedingungen und der wirtschaftlichen Bedingungen in den Regionen und Branchen, die wichtige Märkte für IMPLENIA darstellen. Diese Erwartungen, Schätzungen und Prognosen sind im Allgemeinen an Aussagen erkennbar, die Wörter wie «erwartet», «glaubt», «schätzt», «Ziele», «plant», «Ausblick» oder ähnliche Ausdrücke enthalten.

Zahlreiche Risiken und Unwägbarkeiten, von denen viele ausserhalb der Kontrolle von IMPLENIA liegen, könnten dazu führen, dass die tatsächlichen Ergebnisse von IMPLENIA wesentlich von den in diesem MATERIAL enthaltenen zukunftsgerichteten Informationen und Aussagen abweichen, und könnten die Fähigkeit von IMPLENIA beeinträchtigen, einzelne oder alle seiner erklärten Ziele zu erreichen. Die in diesem MATERIAL enthaltenen Informationen und Meinungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie werden zum Datum dieses MATERIALS oder zum hier angegebenen Datum bereitgestellt und können sich ohne vorherige Ankündigung ändern.

Obwohl IMPLENIA davon ausgeht, dass die Erwartungen, die sich in all diesen zukunftsgerichteten Aussagen widerspiegeln, auf vernünftigen Annahmen beruhen, kann IMPLENIA nicht garantieren, dass diese Erwartungen erfüllt werden. IMPLENIA lehnt auch jegliche Verpflichtung ab, diese zukunftsgerichteten Aussagen zu aktualisieren, um sie an zukünftige Ereignisse oder Entwicklungen anzupassen.

Dieses MATERIAL stellt weder ein Angebot zum Verkauf noch eine Aufforderung zur Abgabe eines Angebots zum Kauf oder zur Zeichnung von Aktien von IMPLENIA AG dar. Dieses MATERIAL stellt (i) kein Prospekt im Sinne von Artikel 652a des Schweizerischen Obligationenrechts, (ii) kein Kotierungsprospekt im Sinne von Artikel 27 ff. des Kotierungsreglements der SIX Swiss Exchange AG oder einer anderen Börse oder eines geregelten Handelsplatzes in der Schweiz, (iii) kein Prospekt im Sinne des Schweizerischen Bundesgesetzes über die Finanzdienstleistung und (iv) kein Prospekt nach anderweitig anwendbaren Rechtsvorschriften dar.

Dieses MATERIAL stellt weder ein Angebot zum Verkauf noch eine Aufforderung zum Kauf von Aktien von IMPLENIA Ltd. oder anderen Wertpapieren in den Vereinigten Staaten dar.

Dieses MATERIAL ist nicht zur direkten oder indirekten Veröffentlichung, Übermittlung oder Verteilung in den Vereinigten Staaten, ihren Territorien oder Besitzungen oder an Personen in den Vereinigten Staaten (im Sinne von Regulation S des U.S. Securities Act von 1933 in der jeweils gültigen Fassung (im Folgenden der «Securities Act»)) bestimmt und richtet sich ausschliesslich an Personen ausserhalb der Vereinigten Staaten, wie in Regulation S des Securities Act definiert, und ist an diese gerichtet. Dieses MATERIAL stellt kein «öffentliches Angebot von Wertpapieren» im Sinne der Prospektverordnung (EU) 2017/1129 der Europäischen Union dar und ist kein öffentliches Angebot im Vereinigten Königreich. Die hierin enthaltenen Informationen stellen weder ein Verkaufsangebot noch eine Aufforderung zur Abgabe eines Kaufangebots in einer Rechtsordnung dar, in der ein solches Angebot oder eine solche Aufforderung vor der Registrierung, einer Befreiung von der Registrierung oder der Qualifizierung gemäss den Wertpapiergesetzen einer Rechtsordnung rechtswidrig wäre. Weder dieses MATERIAL noch Teile oder Kopien davon noch die darin enthaltenen Informationen und alle damit zusammenhängenden Materialien dürfen in die Vereinigten Staaten oder in eine Rechtsordnung, die dies verbietet, mitgenommen oder übertragen werden oder direkt oder indirekt in den Vereinigten Staaten oder in einer Rechtsordnung, die dies verbietet, oder an dort ansässige Personen verteilt oder weitergegeben werden.

Alle in diesem MATERIAL verwendeten Informationen und Materialien, einschliesslich Text, Bilder, Logos und Produktnamen, sind entweder Eigentum von IMPLENIA oder werden von IMPLENIA mit Genehmigung verwendet.

IMPLENIA unternimmt zwar alle zumutbaren Anstrengungen, um die Richtigkeit und Vollständigkeit aller Inhalte sicherzustellen, gibt jedoch keinerlei Garantien oder Zusicherungen ab, dass die Inhalte dieses MATERIALS vollständig, richtig, zuverlässig oder zeitnah sind oder dass sie nicht gegen Rechte Dritter verstossen. IMPLENIA übernimmt keine Haftung für direkte, indirekte oder Folgeschäden, die sich aus dem Vertrauen auf dieses MATERIAL ergeben.

Der Inhalt dieses MATERIALS darf ohne schriftliche Zustimmung von IMPLENIA weder reproduziert, verändert oder kopiert, noch für kommerzielle Zwecke verwendet oder an Dritte weitergegeben werden. Alle genannten Marken sind gesetzlich geschützt.

Copyright © 2023 Implenla AG und/oder ihre Tochtergesellschaften. Alle Rechte vorbehalten.

Durch die Teilnahme an dieser Präsentation und/oder die Annahme dieses MATERIALS erklären Sie sich mit den oben genannten Bedingungen einverstanden.

Danksagung und Kontakte

Das Projektteam des Net Zero White Paper möchte sich bei allen bedanken, die an der Erstellung dieses Dokuments mitgewirkt haben. Ein besonderer Dank geht an Tobias Gottschling, der im Rahmen seiner Bachelorarbeit massgeblich zu diesem Papier beigetragen hat, sowie an Benoît Klein und Yves Deluz von der Nachhaltigkeitsabteilung von Implenla, die durch die auf Basis von SIA 2040 durchgeführte Portfolioanalyse viele wertvolle Erkenntnisse geliefert haben.

Nicolas Fries

Circular Economy and Innovation Manager
D +41 58 474 16 06
nicolas.fries@implenia.com

Christian Bandi

Team Leader Real Estate Development
M +41 79 784 35 84
christian.band@implenia.com

Implenia Schweiz AG

Division Real Estate -
Real Estate Development
Thurgauerstrasse 101A
8152 Opfikon (Glattpark)

Nachhaltigkeitsbericht



Nicolas Fries



Christian Bandi