

JUNI 2026

**Handlungsbedarf im Wohnbau durch Veränderungen der wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die verwendeten Baustoffe und ihre Auswirkungen auf Kosten und THG-Emissionen**

**Endbericht (V2)**

Barbara Bauer (IBO), Susanne Hofer (IBRI), Renate Hammer (IBRI), Peter Holzer (IBRI), Martin Huber (ecoplus), Andreas Krenauer (IBO), Philipp Korntner (BioBASE)\*, Andreas Pummer (IBRI), Michaela Smertnig (ecoplus), Sonja Siegl (BioBASE)\*, Thomas Timmel (BioBASE)\*

Das vorliegende Projekt wurde aus Mitteln der NÖ Wohnbauforschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autorinnen und Autoren. (F2-F\_2308-2024)



\*korrespondierende Autor:innen

# Inhalt

Kurzfassung .....	5
Einleitung.....	9
Nicht regulatorische, systemische Risiken.....	10
Planetary Boundaries .....	10
Regulatorischer Rahmen .....	13
Strategien und übergeordnete Regelwerke.....	14
EU Green Deal .....	14
Fit for 55 .....	14
Circular Economy Action Plan (CEAP) .....	15
EU Taxonomieverordnung.....	15
Renewable Energy Directive (RED III) .....	17
Sektorpezifische Regularien.....	17
Energy performance of buildings directive (EPBD, recast) .....	17
Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR).....	18
Construction Product Regulation (CPR) .....	19
Lieferkettenspezifische Regularien.....	21
Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) .....	22
EU-Entwaldungsverordnung (EUDR) .....	22
Chemikalienspezifische Regularien .....	23
EU Chemicals Strategy for Sustainability.....	23
REACH Verordnung .....	23
Regulation on Classification, Labelling and Packaging (CLP).....	24
Persistent Organic Pollutants (POP) .....	25
Biocidal Products Regulation (BPR) .....	25
Volatile Organic Compound Regulation VOC.....	25
Regulatorische Trends .....	25
Generic Risk Approach & Gruppen Regulierung (group regulation) .....	26
Safe and Sustainable by design .....	26
End-Of-Life und Recycling .....	27
Abfallrahmenrichtlinie.....	27
Neuerungen im nationalen Gesetz (Auswahl) .....	28
Umsetzung in den OIB Richtlinien .....	28
Nachhaltige Beschaffung und freiwillige Zertifizierung .....	29
Zusammenfassung Regulatorik .....	30

Bewertung von Nachhaltigkeit.....	32
Treibhauspotential als Hauptindikator und -risiko .....	35
Additive und Chemische Stoffe in Bauprodukten und Baustoffen .....	40
Kritische Substanzen und chemische Stoffgruppen.....	42
Anwendung in Baustoffen und Alternativen .....	48
PFAS – ein Präzedenzfall für weitreichende Gruppenverbote .....	55
Substitutionsstrategien bei Additiven.....	57
Dekarbonisierung von Baustoffen .....	58
Mineralische Materialien .....	58
Zement, Beton .....	58
Stahl.....	59
Gips.....	60
Lehm .....	61
Aluminium .....	62
Glas.....	62
Kunststoffe.....	63
Polyvinylchlorid (PVC).....	64
Polystyrol (EPS, XPS).....	65
Polyurethan.....	67
Biogene Materialien .....	69
Biogener CO <sub>2</sub> Speicher – Ein (regulatorischer) Vorteil? .....	69
Einsatz in Gebäuden und Bauprodukten (Auswahl) .....	72
Konstruktive Baustoffe .....	72
Stahlbeton .....	72
Aufbauten .....	74
Estrich .....	74
Beplankung.....	76
Putze .....	79
Unterkonstruktion Trockenbau (Stahl, Holz).....	82
Dämmung.....	83
Fenster .....	88
Böden & Bodenbeläge .....	91
Substitutionskosten .....	94
Zusammenfassung.....	97
Handlungsempfehlungen .....	99
Literaturverzeichnis & weiterführende Literatur.....	103

Anhang A: Verwendete EPDs (Environmental Product Declarations) .....	109
EPS.....	109
Biogene Dämmplatten.....	110
Steinwolle .....	110
XPS.....	111
Glasschaum .....	111
Bodenbeläge.....	112
Beplankung.....	113
Putze .....	114
Trockenbau-Unterkonstruktion .....	115
Fenster .....	116
Estrich .....	117
Beton.....	118
Bewehrungsstahl.....	118
Mauerziegel .....	119
Brettsper Holz .....	119
Anhang B: Besprechungsprotokoll Abschlussworkshop .....	120
Projekt titel .....	120
Anwesende Projektpartner.....	120
Wer trägt die Verantwortung für zukünftige Entwicklung im Bereich (biogene) Baustoffe?	121
Pickerlunde 1: Erfahrungsaustausch mit biogenen Baustoffen .....	122
Pickerlunde 2: Mit welcher Regulatorik hatten/haben Sie bereits Kontakt und wie relevant ist diese im alltäglichen Arbeitsumfeld? .....	124
Diskussion Regulatorik .....	125
Schlussfolgerungen & Empfehlungen .....	125
Disclaimer .....	128



# Kurzfassung

## **Ausgangslage**

Der Bausektor steht im Zentrum der ökologischen Transformation. Er verursacht derzeit rund ein Drittel der globalen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, verbraucht nahezu die Hälfte aller weltweit gewonnenen Rohstoffe und erzeugt mehr als ein Drittel des EU-Abfallaufkommens. In Österreich sind Gebäude für etwa ein Drittel des Energieverbrauchs und über 10 % der jährlichen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich, wobei ein großer Anteil der bauinduzierten Emissionen bereits in der Herstellung der Baustoffe entsteht. Materialentscheidungen wirken, auch aufgrund hoher Nutzungsdauern, langfristig auf Ressourcenverbrauch, Schadstoffbelastung und Recyclingfähigkeit.

Vor diesem Hintergrund untersucht die Studie, wo bei Bauprodukten Materialveränderungen, auch unter regulatorischem Druck, zu erwarten sind - sei es durch zu hohe Treibhausgasintensität, durch das Verbot einzelner Bestandteile oder durch zu hohe Umweltauswirkungen - und welche ökologischeren, vorzugsweise biobasierten Alternativen bereits verfügbar sind.

## **Regulatorischer und systemischer Rahmen**

Die Anforderungen an Baustoffe nehmen auf regulatorisch mehreren Ebenen gleichzeitig zu. Übergeordnete Strategien (EU Green Deal, Fit for 55, Circular Economy Action Plan) treffen auf konkrete Verordnungen, die teils unmittelbar wirken.

Die EU-Taxonomie steuert Kapitalflüsse und erzeugt wirtschaftlichen Druck zur Dekarbonisierung; nicht-konforme Gebäude riskieren schlechtere Finanzierungsbedingungen und Wertverluste in der Zukunft.

Die novellierte Bauprodukteverordnung (CPR 2024) macht Umweltkennwerte erstmals verpflichtend - Treibhausgasemissionen ab 2026, weitere LCA-Kategorien gestaffelt bis 2032 - und erweitert damit die Declaration of Performance in die Richtung von digitalen Produktpässen.

EPBD, ESPR, CBAM und ETS/ETS II verschieben den Fokus auf die Emissionen über den gesamten Lebenszyklus (Whole Life Carbon) und betreffen dadurch insbesondere emissionsintensive Materialien wie Zement, Stahl und Aluminium.

Das Chemikalienrecht (REACH, CLP, POP) entwickelt sich vom Einzelstoff- zum Gruppenansatz. Das geplante PFAS-Gruppenverbot gilt als ein besonders gravierendes Beispiel der eine ganze Stoffklasse betreffen wird. Aber auch neue Einstufungen von persistenten oder endokrin wirksamen Stoffen werden sich stark auf aktuelle Produkte auswirken.

Diese regulatorischen Risiken überschneiden sich hier weitgehend mit systemischen Risiken der planetaren Belastungsgrenzen (Klima, Biosphärenintegrität, biogeochemische Kreisläufe, neuartige Substanzen), die mehrheitlich bereits überschritten sind und auf regulatorischer Ebene noch besser adressiert werden müssen. Auf unmittelbarer nationaler Ebene konkretisieren etwa die Recyclinggips-Verordnung, das Mineralwolle-Deponieverbot und die in Entwicklung befindliche OIB-Richtlinie 7 (verpflichtende Gebäude-Ökobilanzierung, voraussichtlich 2027) diese Entwicklung.

## **Erkenntnisse**

Das Treibhauspotenzial (GWP) gilt als aktueller und gut messbarer Hauptindikator. Die klimaspezifische Relevanz eines Baustoffs ergibt sich aus der Kombination von Einsatzmenge und spezifischer Emissionsintensität. Beton dominiert die gebäudebezogenen Emissionen sowohl durch Masse als auch durch energieintensive Herstellung, gefolgt von Bewehrungsstahl und Zementestrich. Zugleich können massenmäßig geringe Materialien (Putze, Folien, Dämmstoffe) überproportional beitragen. Innenwände und Geschoßdecken weisen die höchsten Bauteilfaktoren auf und sind daher die wirksamsten Ansatzpunkte zur CO<sub>2</sub>-Reduktion.

Der Vergleich zweier baugleicher viergeschossiger Wohngebäude verdeutlicht das Potenzial der Bauweise: Die mineralische Variante verursacht in der Herstellung (A1–A3) etwa 200 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> BGF, durch die Holzbauweise werden 123 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> BGF als biogener Kohlenstoff gespeichert.

Damit bieten biogene Baustoffe den systemischen Vorteil temporärer Kohlenstoffspeicherung. Ein entscheidender regulatorischer Vorbehalt: Die Norm EN 15978 verlangt das Ausbuchen des biogenen Speichers in der Entsorgungsphase, wodurch dieser Vorteil in regulatorischen Bewertungen verloren gehen kann. Verfahren wie Pyrolyse könnten zukünftig den gespeicherten Kohlenstoff dauerhaft binden, werden aber aktuell nur über Modul D abgebildet. Die bauteilbezogenen Vergleiche (Estrich, Beplankung, Putze, Dämmung, Fenster, Böden) zeigen durchgehend günstigere GWP-Bilanzen biogener Alternativen in den Phasen A1–A3 bei meist hohen C3-Werten durch thermische Verwertung am Lebensende.

Bei Zement, Stahl, Aluminium und anderen „hard-to-abate“ Materialien entstehen erhebliche prozessbedingte Emissionen, die sich nicht allein durch erneuerbare Energie vermeiden lassen. Verfügbare Hebel reichen von kurzfristig wirksamen (Recycling, SCMs, alternative Bindemittel wie LC3 oder Geopolymere) bis zu längerfristigen Technologien (wasserstoffbasierte Direktreduktion, inerte Anoden, Carbon Capture and Storage).

Neben dem Klimaaspekt geraten chemische Additive zunehmend unter Druck - Phthalate, halogenierte Flammschutzmittel, PFAS, Diisocyanate, Formaldehyd, Isothiazolinone, Bisphenole und weitere. Historische Beispiele wie Asbest und HBCD zeigen, dass heute eingesetzte Stoffe sich nach Jahrzehnten als riskant erweisen können, was ein vorsorgendes Chemikalienmanagement erfordert. Für viele Substanzen existieren technisch verfügbare Alternativen, deren Substituierbarkeit jedoch je nach Anwendung von unkompliziert (viele Phthalate) bis herausfordernd (z.B.: PFAS in Spezialanwendungen, Polyurethanbeschichtungen und -dichtmassen) reicht.

Biobasierte Alternativen sind häufig teurer, die Gesamtkosten reduzieren sich auf Projektebene jedoch meist auf einen niedrigen einstelligen Prozentbereich. Die Mehrkosten relativieren sich zusätzlich durch vermiedene Haftungs-, Entsorgungs- und Gesundheitskosten, durch steigende CO<sub>2</sub>-Preise für konventionelle Materialien sowie durch Skaleneffekte. Hemmnisse liegen weniger in der Technologiereife als in fehlenden Wertschöpfungsketten, Normen, Ausbildungsstrukturen (Green Skills Gap) und politischen Anreizen. Vorteile wie die Vorfertigung sollten voll ausgeschöpft werden

## **Handlungsempfehlungen**

Für Bauträger:innen und Planende empfiehlt sich, Graue Emissionen (embodied carbon) bereits heute als Bewertungskriterium zu etablieren, um „Stranded Assets“ und künftige Wertverluste zu vermeiden. Defossilisierte und schadstoffarme Baustoffe sollten systematisch bevorzugt werden; biogene Materialien wie Holz, Zellulose, Hanf, Stroh und Lehm haben hohes Potenzial

das Treibhauspotenzial zu reduzieren. Ausschreibungen sind darüber hinaus vorausschauend auf zukunftsichere Materialien und Substitutionsstrategien auszurichten, um Nachträge und Haftungsfragen durch fortlaufende Stoffverbote zu vermeiden. Die proaktive Einführung von Gebäudematerialpässen und Digitalen Produktpässen fördert zudem die Transparenz bei kritischen Inhaltsstoffen und die Kreislaufführung von Materialien.

Hersteller:innen sind aufgefordert, emissionsintensive Produktion entlang konkreter Dekarbonisierungspfade mit definierten Zwischenzielen umzustellen. Essenziell ist der Einsatz erneuerbarer Energie, ein höherer Rezyklatanteil, sowie mittelfristig der Einsatz von Wasserstoff und CCS-Technologien, besonders in Hard-to-Abate Industrien. Problematische Additive sind systematisch über das gesamte Portfolio zu ersetzen, wobei „Regrettable Substitutions“ zu vermeiden sind. Nach dem Vorsorgeprinzip sollten dabei ganze Stoffgruppen mit strukturellen Risiken gemieden werden, statt nur einzelne Substanzen herauszugreifen und durch strukturähnliche zu ersetzen. Polymere, reaktiv eingebundene Alternativen sind zu bevorzugen, deren Abbauverhalten und Auswirkung auf Recyclingströme jedoch wissenschaftlich ausführlich zu prüfen. Investitionen in aktuelle, produktspezifische EPDs auf Basis primärer Betriebsdaten sind ebenso notwendig wie die Vorbereitung einer soliden Datenbasis der erweiterten LCA-Wirkungskategorien. Schließlich sollten biobasierte Lieferketten frühzeitig gegen die einschlägigen Sorgfaltspflichten, wie in EUDR, CSDDD gefordert, abgesichert und die Kaskadennutzung fest verankert werden, um die Potenziale nicht zu verschenken oder gar Verschlechterungen in der Nachhaltigkeit zu riskieren.

Die Politik ist in mehrfacher Hinsicht gefordert regulatorische Klarheit zu schaffen: zum Beispiel durch die zeitnahe Verabschiedung der OIB-Richtlinie 7 auf nationaler Ebene, eine konsistente Umsetzung von CPR, ESPR und EPBD sowie die Auflösung bestehender Widersprüche zwischen den Regelwerken, wie zum Beispiel einer einheitlichen Definition von Substances of Concern. Darüber hinaus braucht es zukünftig eine praxismgerechte Deklaration aller Inhaltsstoffe, da die bisherige SVHC-Schwelle von 0,1 Gew.-% für gefährliche Stoffe für ein vorausschauendes Risikomanagement nicht ausreichend ist. Es sollten Anreize für biogene und kreislauffähige Materialien gezielt gesetzt werden, etwa wie über den CRCF für langfristige CO<sub>2</sub>-Speicherung, während für die Ausbuchung biogener Speicher in der EN-15978-Standardvariante praxistaugliche Alternativen, die auf eine permanente Speicherung abzielen, faktenbasiert zu erarbeiten sind. Normung und Marktzugang für alternative Baustoffe wie Stroh, Lehm, Hanf und Pilzmyzel sollten erleichtert werden; dabei ist zu prüfen, ob bestehende Performance-Normen technisch begründet sind oder alternative Baustoffe ungerechtfertigt ausschließen bzw. den Marktzugang unnötig erschweren. Bestehende Green Skills Gaps gilt es durch gezielte Aus- und Weiterbildung zu schließen und traditionelle Techniken des Holzes, Lehm- oder Strohbaus in die Lehrpläne zu reintegrieren oder gezielt Schulungsmaßnahmen fördern.

Abschließend ist die Kreislaufwirtschaft, übergreifend für alle Baustoffe, aktiv zu steuern und zu unterstützen. Etablierte Instrumente sind die Erweiterung von Deponieverboten oder die Schaffung funktionierender Märkte für Sekundärrohstoffe mittels Rezyklatquoten und erweiterter Herstellerverantwortung. Zusätzlich muss die systematische Bevorzugung hochwertiger Sanierung gegenüber dem Neubau immer Priorität haben und dementsprechende Anreize gesetzt werden. Die öffentliche Hand muss Best-Practice Beispiele schaffen und als First Mover aufzeigen.



# Einleitung

Die Bauindustrie ist einerseits ein zentraler Wirtschaftsmotor, andererseits belastet sie Umwelt und Klima in erheblichem Ausmaß. Globale Bauinvestitionen machen rund 13 % der weltweiten Wirtschaftsleistung aus, und in vielen Ländern ist etwa jeder zehnte Arbeitsplatz in diesem Sektor angesiedelt. Im Jahr 2023 erreichte das globale Bauvolumen etwa 15,5 Billionen US-Dollar. Gleichzeitig verschlingt die Branche enorme Ressourcen: Nahezu die Hälfte aller weltweit gewonnenen Rohstoffe fließt in Bauvorhaben. Der Bausektor verursacht rund ein Drittel der globalen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und beansprucht einen vergleichbaren Anteil am weltweiten Energieverbrauch. Diese Zahlen verdeutlichen das Spannungsfeld zwischen wirtschaftlicher Bedeutung und ökologischem Fußabdruck der Bauwirtschaft auf globaler Ebene.

In der Europäischen Union gehört die Bauwirtschaft zu den größten Industriezweigen. Sie erwirtschaftet ca. 9 % des EU-Bruttoinlandsprodukts und beschäftigt direkt rund 18 Millionen Menschen. Zugleich verursacht der Gebäudesektor in Europa etwa 40 % des Endenergieverbrauchs und rund 36 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen – inklusive Heiz- und Kühlenergie in Gebäuden. Auch beim Ressourcenverbrauch und Abfallaufkommen steht die Branche im Fokus der Nachhaltigkeitsdebatte: Mehr als ein Drittel des gesamten Abfalls in der EU entsteht durch Bau- und Abbruchaktivitäten. Vor diesem Hintergrund forciert die europäische Politik eine "grüne" Transformation der Bauindustrie. Strategien wie der Europäische Green Deal und die Renovierungswelle für Gebäude setzen verstärkt auf Energieeffizienz, Kreislaufwirtschaft und klimafreundliche Baustoffe.

Auch in Österreich ist die Bauindustrie ein zentraler Wirtschaftssektor und steht im Zentrum von Nachhaltigkeitsbestrebungen. Über 40.000 Unternehmen mit rund 310.000 Mitarbeitenden erwirtschaften in diesem Bereich jährlich über 60 Milliarden Euro Umsatz und erbringen damit mehr als 5 % der heimischen Bruttowertschöpfung. Die Bauwirtschaft ist damit unbestritten ein wichtiger Pfeiler für Beschäftigung und Wohlstand. Gebäude sind dem globalen Trend folgend auch in Österreich für rund ein Drittel des Energieverbrauchs verantwortlich und verursachen über 10 % der jährlichen Treibhausgas-Emissionen. Das entspricht etwa 8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr 2020 allein im Gebäudebereich. Diese Umweltbelastung entsteht zum einen durch den Betrieb von Gebäuden (Heizung, Kühlung, Strom), zum anderen durch energieintensive und in Massen eingesetzte Baustoffe wie Zement, Stahl und Ziegel. Entsprechend stammen über die Hälfte der bauinduzierten Emissionen aus der Herstellung solcher Baustoffe.

Darüber hinaus enthalten Bauprodukte eine Vielzahl chemischer Substanzen, die während der Nutzungsphase in die Innenraumluft, den Hausstaub oder die Umwelt freigesetzt werden können. Schätzungen zufolge befinden sich über 100.000 verschiedene chemische Stoffe auf dem europäischen Markt, von denen viele auch in Bauprodukten wie Farben, Lacken, Klebstoffen, Dämmstoffen oder Kunststoffen eingesetzt werden. Gleichzeitig sind Gebäude langlebige Infrastrukturen mit typischen Nutzungsdauern von 50 bis über 100 Jahren, wodurch die verwendeten Materialien langfristig Umwelt- und Gesundheitswirkungen. Aufgrund der zusätzlich sehr großen Materialmengen beeinflussen Materialentscheidungen im Bauwesen den Ressourcenverbrauch, die Schadstoffbelastung und die Recyclingfähigkeit über Generationen hinweg.

# Nicht regulatorische, systemische Risiken

## Planetary Boundaries

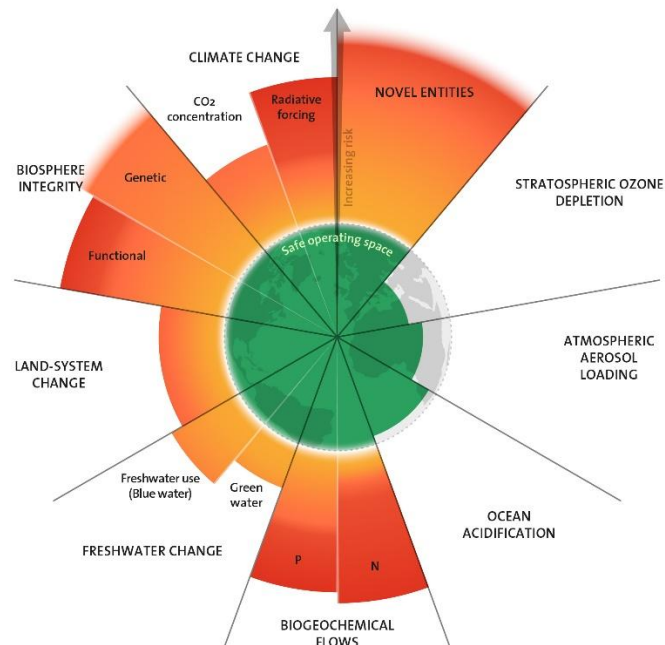


Abbildung 1: Visuelle Darstellung, in welchem Umfang die planetaren Grenzen ausgeschöpft oder überschritten sind, nach Richardson et al. (2023), Grafik: Wikimedia Commons (2025)

Die nachhaltige Transformation des Bau- und Immobiliensektors wird in der öffentlichen und politischen Diskussion, derzeit oft durch regulatorische Anforderungen und wirtschaftliche Risiken definiert. Neben juristischen und marktbezogenen Herausforderungen existieren auch systemische Risiken, die sich aus der Überschreitung biologischer, chemischer und physikalischer Belastungsgrenzen des Planeten ergeben. Diese Risiken sind weniger unmittelbar sichtbar, aber in ihrer Tragweite für die langfristige Stabilität sozio-ökonomischer Systeme potenziell gravierender.

Das Konzept der planetaren Grenzen bietet einen wissenschaftlich fundierten Referenzrahmen zur Einordnung dieser systemischen Umweltbelastungen. Es beschreibt neun zentrale Prozesse des planetaren Systems – darunter das Klima, die Integrität der Biosphäre, die biogeochemischen Kreisläufe von Stickstoff und Phosphor, die Landnutzung sowie die Süßwassernutzung –, für die jeweils quantitative Schwellenwerte vorgeschlagen wurden. Das Überschreiten dieser Schwellenwerte erhöht das Risiko nicht-linearer, schwer kontrollierbarer und teilweise irreversibler Veränderungen.

Im Kontext dieser planetaren Belastungsgrenzen stellt der Bausektor einen der einflussreichsten Treiber ökologischer Veränderungen dar. Er ist nicht nur für einen signifikanten Anteil der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich, sondern beeinflusst durch Flächenversiegelung, Rohstoffabbau, Materialproduktion, Abfallaufkommen und chemische Emissionen eine Vielzahl planetarer Prozesse. Insbesondere der Verlust an Biodiversität, die Veränderung globaler Landsysteme und die Beeinträchtigung der biogeochemischen Kreisläufe

stehen in direktem Zusammenhang mit der Art und Weise, wie gebaut, geplant und rückgebaut wird.

Eine Orientierung an den planetaren Grenzen impliziert daher eine systemisch-holistische Perspektive auf das Bauwesen. Sie verlangt nicht nur eine Reduktion negativer Umweltauswirkungen, sondern ein grundsätzliches Umdenken in Bezug auf Ressourcennutzung, Materialwahl, Planungskultur und die Lebenszyklen der gebauten Umwelt.

Grenze	Allgemeine Beschreibung	Aktueller Status	Relevanz für den Bausektor
<b>Klimawandel</b>	Konzentration von Treibhausgasen, insbesondere CO <sub>2</sub> , in der Atmosphäre.	<b>Überschritten</b> – hohes Risiko, mehrere Kippunkte bereits aktiv.	Herstellung energieintensiver Baustoffe, Betriebsenergie von Gebäuden, lange Lebenszyklen und fehlende Dekarbonisierungskonzepte
<b>Biosphärenintegrität</b>	Rückgang der Artenvielfalt und Verlust funktionaler Ökosysteme.	<b>Deutlich überschritten</b> – sehr hohes Risiko.	Flächenverbrauch, Habitatzerstörung, Licht- und Lärmemissionen, Beeinträchtigung ökologischer Korridore, Versiegelung und Fragmentierung von Landschaften.
<b>Landsystemveränderung</b>	Umwandlung natürlicher Flächen (z. B. Wald, Feuchtgebiete) in urbane oder landwirtschaftliche Nutzungen.	<b>Überschritten</b> – kritische Umwälzungen globaler Landschaften.	Urbanisierung, Verkehrswegebau, Rohstoffabbau, Erschließung neuer Baugebiete, Verlust natürlicher CO <sub>2</sub> -Senken wie Wälder oder Moore.
<b>Süßwassernutzung</b>	Entnahme und Verbrauch von Frischwasser aus Flüssen, Seen, Grundwasser.	<b>Regional überschritten</b> , global zunehmend angespannt.	Hoher Wasserbedarf in Baustoffproduktion (Beton, Ziegel), auf Baustellen, bei Baukühlung, zunehmend relevant in wasserstressgeplagten Regionen.
<b>Biogeochemische Kreisläufe</b>	Überschuss an reaktivem Stickstoff und Phosphor, z. B. aus Düngung und Industrie.	<b>Deutlich überschritten</b> – hoher Einfluss auf Boden und Wasser.	Erosion und Stoffeinträge von Baustellen, Emissionen aus industrieller Baustoffherstellung, Biomasseproduktion
<b>Atmosphärische Aerosole</b>	Feinstaub, Ruß, industrielle Schwebstoffe, beeinflussen Wolkenbildung, Klima und Gesundheit.	<b>Nicht exakt quantifiziert</b> , regional kritisch.	Emissionen bei Rückbau Bauprozessen, Verkehr, thermischer Abfallverwertung; Arbeitsschutz und lokale Umweltbelastung durch mineralischen Staub.

<b>Ozeanversauerung</b>	Absenkung des pH-Werts in den Ozeanen durch Aufnahme von CO <sub>2</sub> aus der Atmosphäre.	<b>Innerhalb des sicheren Bereichs</b> , aber abnehmend.	Indirekter Einfluss durch CO <sub>2</sub> -Emissionen, insbesondere aus Zementherstellung; Küstenschutzbauten und Offshore-Aktivitäten als potenzieller Eingriffsbereich.
<b>Stratosphärisches Ozon</b>	Abbau der Ozonschicht durch halogenierte Kohlenwasserstoffe (FCKW, H-FKW etc.).	<b>Erholung im Gange</b> , innerhalb sicherer Grenze.	Früher durch Kühlmittel in haustechnischen -Anlagen relevant; heute geringere direkte Relevanz, aber weiterhin bei Produktwahl von Dämmstoffen, Kältemitteln zu beachten.
<b>Neuartige Substanzen</b>	Künstliche Chemikalien, Mikroplastik, persistente organische Stoffe, Nanomaterialien.	<b>Vermutlich überschritten</b> , schlechte Datenlage.	Enthalten in Bauprodukten (z. B. Beschichtungen, Dämmstoffe, Kunststoffe), gelangen durch Abrieb, Ausgasung oder Entsorgung in Umwelt – hoher Regulierungsdruck erwartet.

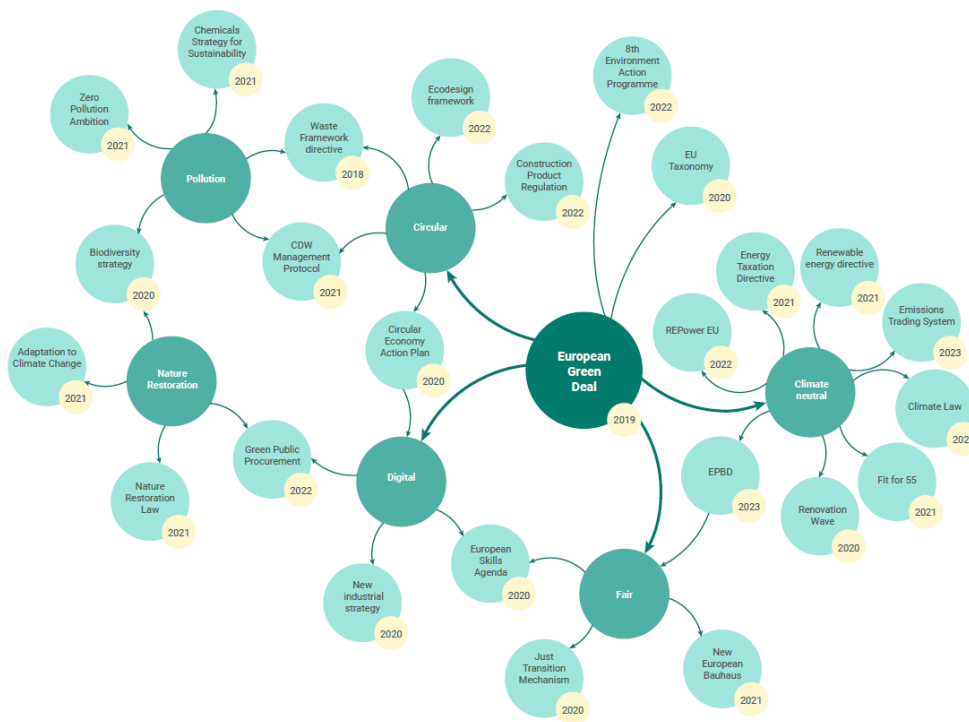
Die behandelten regulatorischen Risiken überschneiden sich weitgehend mit systemischen Risiken, wie den Planetary Boundaries, beziehungsweise sind eine direkte Folge daraus. Die Risiken der planetaren Grenzen werden aber nicht zwangsläufig im regulatorischen Kontext abgebildet. Da der Fokus auf Baumaterialien und -stoffe liegt, werden manche systemischen Risiken in den Hintergrund rücken. Diese bleiben aber dennoch von hoher Relevanz für den Bausektor in einem größeren Kontext.

Es zeigt sich somit, dass die regulatorischen Anforderungen an Baustoffe erheblich zunehmen müssen und sich in verschiedene Wirkungsebenen aufteilen müssen, um diesen Risiken und Herausforderungen in Zukunft gerecht zu werden.

# Regulatorischer Rahmen

Ein Überblick von Strategien, Umweltvorschriften und -regulatorien auf EU-Ebene, sind in folgender Abbildung dargestellt. Während einige bestimmte Rahmenwerke und Verordnungen speziell auf gewisse Themen ausgerichtet sind, wie z. B. Energie, sind andere übergreifend in alle Politikbereiche integriert, wie z. B. Digitalisierung und der sozial gerechte Übergang.

**Figure 3.1** EU policies of particular relevance to the buildings system and the key ambitions of the EGD



**Note:** Dates refer to the latest amendments or recast proposals.

**Source:** Adapted with permission from ETC CE.

Abbildung 2: EU Regelwerke von besonderer Relevanz für das Gebäudesystem und die zentralen Ziele des Europäischen Green Deals (EGD), EEA Report 09/2024, Addressing the environmental and climate footprint of buildings

Gesamt betrachtet gibt es eine Vielzahl von politischen Initiativen, die auf den Gebäude- und Bausektor abzielen oder diesen als Querschnittsthema treffen. So sind auch die relevanten Risiken nicht auf ganzheitlicher EU-Ebene angesprochen; die Politik in diesem Bereich ist derzeit thematisch strukturiert. Um spezielle Risiken für Hersteller zu definieren, muss also auf mehrere Strategien Rahmenverordnungen und auch daraus abgeleitete Gesetze und technische Papiere, sowie auf Gesetze die weiterführend auf nationaler Ebene abgeleitet und ratifiziert werden.

# Strategien und übergeordnete Regelwerke

## EU Green Deal

Der EU Green Deal (COM(2019) 640 final) ist die grundlegende Strategie der Europäischen Union mit dem darin definierten Ziel, Europa bis 2050 klimaneutral zu machen. Einer der Schwerpunkte liegt dabei auf der Transformation der Bau- und Baustoffindustrie.

Zur Umsetzung dieser Ziele werden verschiedene Maßnahmen unterstützt, wie

- Erhöhung der Renovierungsrate
- die energetische Sanierung bestehender Gebäude
- die Förderung energieeffizienter Neubauten
- der verstärkte Einsatz nachhaltiger, recycelter oder biobasierter Materialien.

Ein weiterer Kernpunkt in diesem Zusammenhang ist die zukünftige Gestaltung des Chemikaliensektors unter den Prinzipien „Zero Pollution und "Safe and Sustainable by Design" für chemische Stoffe, Gemische und folgend daraus Produkte, das darauf abzielt, sicherere und nachhaltigere Chemikalien zu entwickeln, die unter anderem in Bauprodukten und anderen Industrieprodukten verwendet werden. Dies soll die Umweltbelastung weiter reduzieren und die Gesundheit der Verbraucher schützen.

**Der EU Green Deal ist die zentrale strategische Initiative, die zu strengeren Klima- und Nachhaltigkeitsanforderungen für die Bau- und Baustoffindustrie führt.**

## Fit for 55

Das „Fit for 55“-Paket (COM(2021) 550 final) ist ein Legislativpaket der Europäischen Union im Rahmen des European Green Deal und zielt auf eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % bis 2030 gegenüber 1990 ab. Der Gebäudesektor ist dabei von besonderer Bedeutung, da er sowohl durch den Gebäudebetrieb (*operational carbon*) als auch durch materialbedingte Emissionen (*embodied carbon*) wesentlich zu den Gesamtemissionen beiträgt. Entsprechend adressiert das Paket zunehmend die Emissionen über den gesamten Gebäudelebenszyklus (*Whole Life Carbon*).

Zentrale Maßnahmen mit Relevanz für den Gebäudesektor und die Baustoffwahl umfassen:

- **EU ETS und ETS II:** CO<sub>2</sub>-Bepreisung für emissionsintensive Baustoffindustrien (z. B. Zement, Stahl) sowie für den Gebäudesektor zur Förderung emissionsarmer Materialien und Technologien.
- **Energy Performance of Buildings Directive (EPBD):** Verschärfte Energieeffizienzanforderungen und zunehmende Berücksichtigung von Lebenszyklusemissionen und *Whole Life Carbon*.
- **Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM):** CO<sub>2</sub>-Grenzausgleich für Baustoffe wie Zement und Stahl zur Vermeidung von Carbon Leakage und Förderung klimafreundlicher Produktion.

- **LULUCF und „Harvested Wood Products“:** Bilanzierung von Holzprodukten als Kohlenstoffspeicher, wodurch Holz als Baustoff zur Reduktion der Lebenszyklusemissionen und zur Substitution emissionsintensiver Materialien beitragen kann.
- **Kreislaufgerechte und emissionsarme Bauweise:** Förderung ressourceneffizienter Konstruktionen und CO<sub>2</sub>-armer Baustoffe zur Reduktion des *embodied carbon* über den gesamten Lebenszyklus.

Das „Fit for 55“-Paket etabliert damit einen regulatorischen Rahmen, der neben betrieblichen Emissionen verstärkt auch materialbedingte Emissionen adressiert und die Transformation hin zu klimaneutralen Gebäuden und Baustoffkreisläufen unterstützt.

## Circular Economy Action Plan (CEAP)

Der Circular Economy Action Plan (CEAP, COM (2020) 98 final), veröffentlicht im Jahr 2020 im Rahmen des European Green Deal, bildet den strategischen Rahmen für den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft in der Europäischen Union. Ziel ist die Reduktion des Ressourcenverbrauchs sowie die Förderung geschlossener Materialkreisläufe

Für die Bauindustrie ergeben sich daraus folgende regulatorisch relevante Kernkonzepte:

- Kreislauffähigkeit von Bauprodukten
- Verstärkter Einsatz von Sekundärrohstoffen
- Erhöhte Transparenz durch Einführung des Digital Product Passport (DPP) im Rahmen der Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)
- Erweiterte Nachhaltigkeitsanforderungen durch die Novellierung der Construction Products Regulation (CPR)

Der CEAP erhöht den regulatorischen Druck auf die Bauindustrie, Bauprodukte so zu gestalten, dass sie die Recyclingfähigkeit, Materialtransparenz und Kreislauffähigkeit nicht beeinträchtigen, wodurch langfristig Einschränkungen oder Substitutionsanforderungen für nicht kreislaufkompatible Produkte und Zusatzstoffe entstehen können.

## EU Taxonomieverordnung

Die EU-Taxonomieverordnung (VO EU 2020/852) definiert ein Klassifizierungssystem für ökologisch nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten und stellt ein zentrales Instrument der EU-Klimapolitik zur Steuerung der nachhaltigen Transformation der Wirtschaft dar. Ihr primäres Ziel ist es, Kapitalströme gezielt in nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten zu lenken und dadurch die Erreichung der europäischen Klimaziele zu unterstützen. Im Gegensatz zu anderen gelisteten regulatorischen Instrumenten wirkt die Taxonomie nicht primär über direkte technische Bauvorschriften oder Produkthanforderungen, sondern über den Finanzmarkt. Sie verpflichtet Finanzmarktakteure und große Unternehmen zur Offenlegung von Nachhaltigkeitskennzahlen

und definiert gleichzeitig klare Kriterien, anhand derer wirtschaftliche Aktivitäten als nachhaltig eingestuft werden können.

Wie Abbildung 3 zeigt, gilt eine wirtschaftliche Aktivität gemäß EU-Taxonomie als nachhaltig, wenn sie einen wesentlichen Beitrag zu mindestens einem der sechs Umweltziele leistet, keinem der anderen Umweltziele erheblich schadet („Do No Significant Harm“, DNSH-Prinzip) und soziale Mindeststandards eingehalten werden. Für den Sektor „Baugewerbe und Immobilien“ wurden bisher technische Kriterien für einen wesentlichen Beitrag zu folgenden drei Umweltzielen definiert:

- **Klimaschutz**
- **Anpassung an den Klimawandel**
- **Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft**

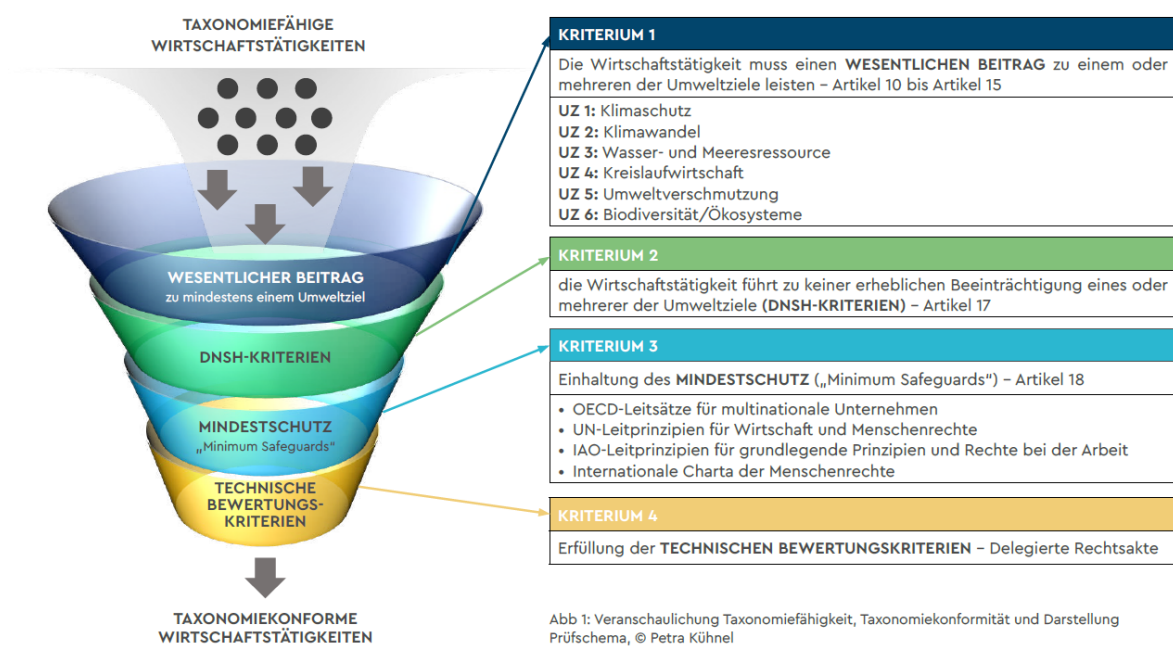


Abbildung 3: PRAXISLEITFADEN ZUR EU-TAXONOMIE-VERORDNUNG, ÖGNI, 2024 (S. 5/29)

Die übrigen Umweltziele - nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen, Vermeidung von Umweltverschmutzung sowie Schutz der Biodiversität - werden derzeit vor allem über DNSH-Kriterien adressiert. Diese stellen sicher, dass Bauprojekte und Baustoffe keine erheblichen negativen Auswirkungen auf Umwelt und Ökosysteme verursachen, auch wenn sie nicht aktiv zu diesen Zielen beitragen.

Aus dieser Struktur ergibt sich ein wachsender wirtschaftlicher und strategischer Druck auf die Bauwirtschaft und die Baustoffindustrie, der sich insbesondere in folgenden Bereichen manifestiert:

- Steigender Druck durch Finanzierungsbedingungen
- Risiko von Wertverlusten und „Stranded Assets“
- Steigende Anforderungen an Baustoffe und Bauweisen
- Erhöhter Dokumentations- und Nachweisaufwand
- Strategischer Transformationsdruck auf die gesamte Bauwirtschaft

Zusammenfassend wirkt die EU-Taxonomieverordnung als ein Steuerungsinstrument für Kapitalflüsse im Bau- und Immobiliensektor. Auch wenn sie derzeit primär indirekt über Offenlegungs- und Transparenzanforderungen wirkt, erzeugt sie einen zunehmenden wirtschaftlichen Druck zur Dekarbonisierung, zur Verbesserung der Ressourceneffizienz und damit die Transformation zu einer nachhaltigeren Bauwirtschaft.

## Renewable Energy Directive (RED III)

Die Renewable Energy Directive III (RED III, RL (EU) 2023/2413), die im Oktober 2023 in Kraft getreten ist verfolgt das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien in der EU bis 2030 zu erhöhen. Dabei rückt nicht nur der Energiesektor in den Fokus, sondern auch die Nutzung von biogenen Rohstoffen aus Land- und Forstwirtschaft, die sowohl energetisch als auch stofflich eingesetzt werden können. RED III enthält somit neue Nachhaltigkeits- und Herkunftskriterien für Biomasse, die auch für alle Sektoren relevant sind, in denen nachwachsende Rohstoffe verwendet werden – darunter auch der Bausektor – auch wenn diese nicht zwingend energetisch genutzt werden.

Ein Kernpunkt der RED III ist die Definition der bevorzugten Kaskadennutzung von Biomasse. Dadurch werden biogene Rohstoffe – wie Holz – zunächst stofflich und möglichst effizient genutzt werden sollen, bevor sie energetisch verwertet (z. B. verbrannt) werden dürfen. Die stoffliche Nutzung, etwa als Baumaterial, hat somit Priorität vor der energetischen Verwertung. Dies bedeutet konkret, dass Holz zuerst als Baustoff, Möbel oder Werkstoff genutzt werden soll – also mit hoher Wertschöpfung und CO<sub>2</sub>-Bindung – bevor es im späteren Lebenszyklus (z. B. nach Rückbau) der Energiegewinnung zugeführt werden kann. Diese Vorgabe soll den Ressourcenschutz, die Klimawirkung und die Lebensdauer von biogenen Materialien maximieren.

## Sektorpezifische Regularien

### Energy performance of buildings directive (EPBD, recast)

Die überarbeitete EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, RL (EU) 2024/1275) verfolgt das Ziel, den europäischen Gebäudebestand bis 2050 in eine emissionsfreie, energieeffiziente und nachhaltige Struktur zu überführen. Im Fokus steht vor

allein die drastische Reduktion des Energieverbrauchs in Gebäuden, die Förderung erneuerbarer Energien, die Minimierung von Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden hinweg.

Figure 2. EPDs at product and building level (Source: ECOS)

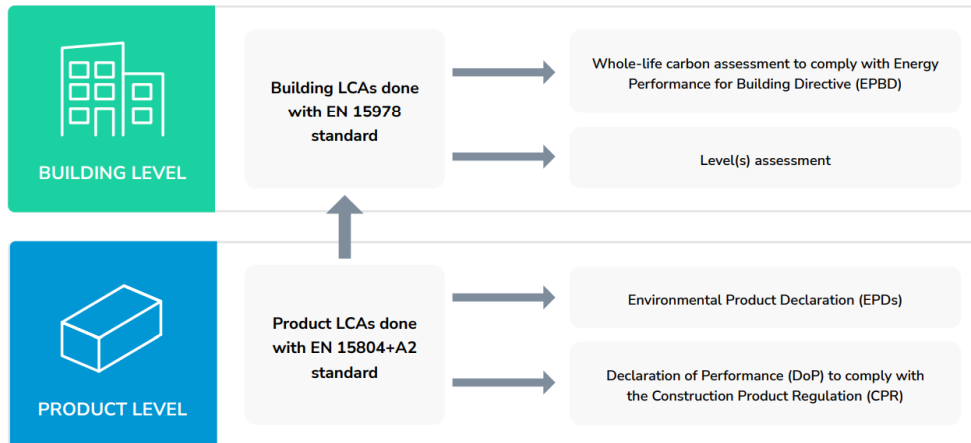


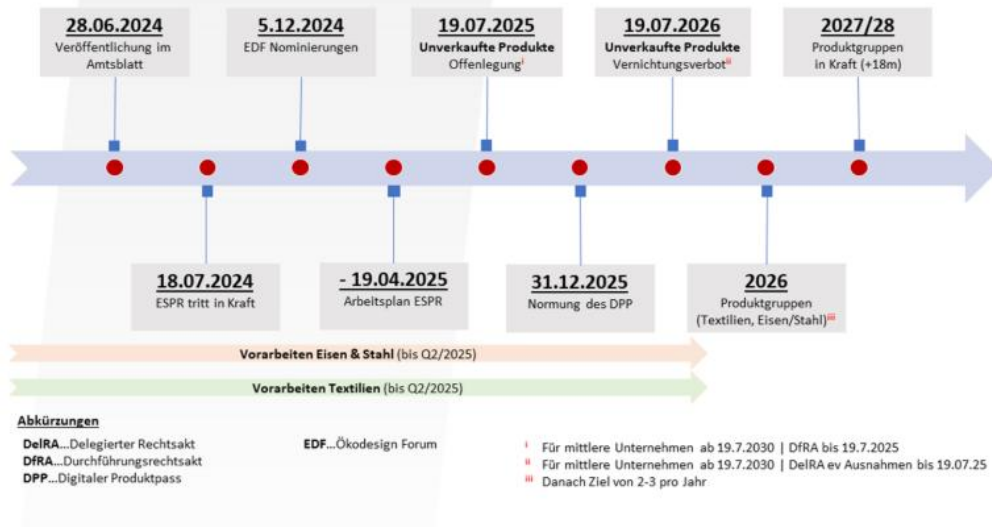
Abbildung 4: Informationsfluss von verpflichtenden Angaben in Bauprodukten laut CPR zur Erfassung von in Gebäuden laut EPBD (Quelle: ECOS, STRENGTHENING ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS, 2024)

Ein zentrales Element der Richtlinie ist das sogenannte „Whole-Life-Cycle“-Prinzip. Es bezieht nicht nur die Emissionen während der Nutzung eines Gebäudes ein, sondern auch jene, die bei Herstellung, Transport und Entsorgung der Baumaterialien entstehen. Das Global Warming Potential eines Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg soll künftig berechnet und berücksichtigt werden.

## Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)

Die Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR, VO (EU) 2024/1781) ist am 18. Juli 2024 in Kraft getreten und ersetzt die bisherige Ökodesign-Richtlinie. Sie erweitert den Anwendungsbereich über Produkte mit hohem Energieverbrauch hinaus und legt strengere Anforderungen an Haltbarkeit, Reparierbarkeit, Recyclingfähigkeit und die Umweltbilanz von Produkten fest. Eine zentrale Neuerung ist der digitale Produktpass (DPP), der Transparenz über Materialzusammensetzung, CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und Recyclingmöglichkeiten schafft. Hersteller:innen müssen künftig die Lebenszyklusbewertung (LCA) und die Umweltauswirkungen ihrer Produkte offenlegen. Sie setzt einen weiteren Rahmen für nachhaltig gestaltete Produkte und wird auch Bauprodukte betreffen, die nicht speziell in der neuen CPR geregelt sind bzw. überschneidende Vorgaben beinhalten (*lex specialis derogat legi generali*). Die Einführung der ESPR erfolgt schrittweise: Ab 2025 werden delegierte Rechtsakte spezifische Produkthanforderungen definieren.

## Wo steht die ESPR heute?



© WKO

Abbildung 5: Meilensteine der ESPR nach Beschluss und Veröffentlichung (Quelle: WKO)

### Substances of Concern (SoC)

In der ESPR werden besorgniserregende Stoffe (SoC) wesentlich breiter definiert als in früheren Regelwerken wie z.B.: REACH.

Ein Stoff gilt als SoC, wenn er:

- REACH-Kriterien erfüllt: Stoffe, die auf der Kandidatenliste für besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) stehen.
- CLP-Einstufung besitzt: Stoffe mit harmonisierter Einstufung als krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend (CMR), endokrine Disruptoren, atemwegssensibilisierend oder umweltgefährlich (gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008).
- Die Kreislaufwirtschaft behindert: Dies ist eine entscheidende Neuerung im Vergleich zu anderen regulatorischen Definitionen. Stoffe gelten auch dann als SoC, wenn sie die Wiederverwendung oder das Recycling von Materialien in dem Produkt negativ beeinflussen.

### Construction Product Regulation (CPR)

Die Bauprodukteverordnung 2024 (VO (EU) 2024/3110) ist die aktuelle europäische Verordnung, die harmonisierte Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten im EU-Binnenmarkt schafft. Sie wird im Englischen als Construction Product Regulation oder CPR bezeichnet.

Die aktuelle Bauprodukteverordnung wurde am 18. Dezember 2024 veröffentlicht und ist seit dem 7. Januar 2025 in Kraft. Die meisten ihrer Bestimmungen gelten jedoch erst ab dem 8. Januar 2026, ab dem auch die ersten Artikel der CPR 2011 schrittweise aufgehoben werden. Die CPR 2024 sieht eine kombinierte Leistungs- und Konformitätserklärung (Declaration of Performance and Conformity, DoPC) in Verbindung mit der CE-Kennzeichnung vor. Zudem regelt sie erstmals die Nachweise für die ökologische Nachhaltigkeit von Bauprodukten und führt, ähnlich der ESPR, zusätzlich ein Digitales Produktpasssystem ein.

## LCA environmental indicators

New CPR establishes by default, mandatory declaration of the following essential characteristics in three steps

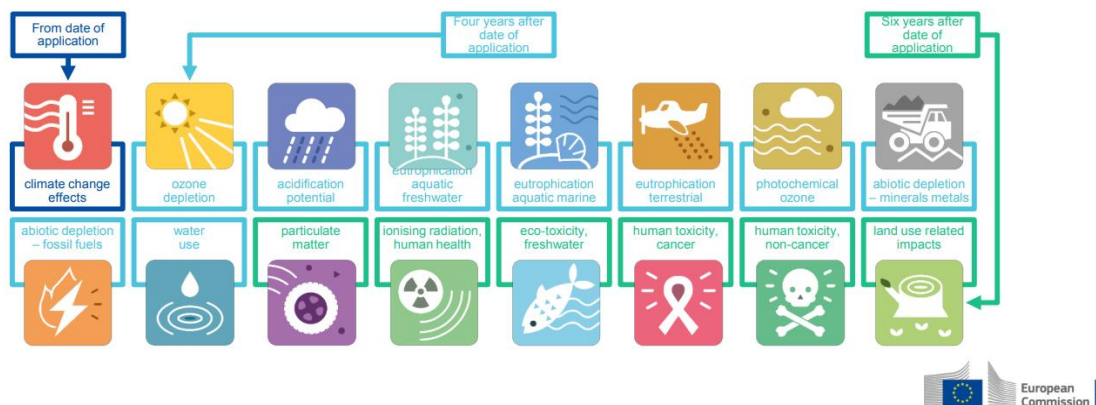


Abbildung 6: zeitlicher Verlauf der verpflichtenden Deklaration von LCA-Parametern nach der neuen Bauprodukteverordnung (Quelle: Europäische Kommission, CPR Conference New Construction Products Regulation, 10,2024)

Im Vergleich zur alten Bauprodukteverordnung (CPR 2011) gibt es einige wesentliche Unterschiede. Die CPR 2011 verlangte lediglich eine Leistungserklärung und betonte weniger die ökologische Nachhaltigkeit. Die CPR 2024 hingegen legt deutlich mehr Wert auf Nachhaltigkeit und Digitalisierung. Auch die regulatorische Steuerungsmöglichkeit durch die Europäische Kommission wurde erweitert.

## Overview of the new CPR timeframe



Abbildung 7: Meilensteine ab Beschluss der Bauprodukteverordnung NEU (Quelle: Europäische Kommission)

### Harmonisierte Zulassung in der neuen CPR

Die Europäische Kommission kann nun harmonisierte technische Spezifikationen selbst in Form von Kommissionsakten festlegen, wenn harmonisierte Normen nicht fristgerecht fertiggestellt werden oder den Marktbedürfnissen nicht entsprechen. Zudem werden produktbezogene Anforderungen eingeführt, die über die bloße Leistungsdeklaration hinausgehen und durch delegierte Rechtsakte der Kommission festgelegt werden können. Sie liefert also ein Instrument, das in dieser Reichweite und Funktion in der CPR 2011 nicht vorgesehen war.

Der CPR-Acquis-Prozess strukturiert und priorisiert, wann und in welcher Form neue harmonisierte technische Spezifikationen entwickelt und eingeführt werden und damit faktisch, wann sich produktspezifische Konformitätsanforderungen ändern.

## Lieferkettenspezifische Regularien

### Europäische Emissionshandelssystem (EU ETS)

Das Europäische Emissionshandelssystem (EU ETS, RL 2003/87/EC) ist ein Instrument der zur Reduktion und Bepreisung von Treibhausgasemissionen: Es setzt eine Deckelung (Cap) für Emissionen in bestimmten Sektoren wie Energieerzeugung, verarbeitendes Gewerbe und Flugverkehr fest und verpflichtet Unternehmen, für jede Tonne CO<sub>2</sub>, die sie emittieren, emissionsrechte (Allowances) zu erwerben und jährlich abzugeben. Dadurch wird ein Marktpreis für CO<sub>2</sub>-Emissionen geschaffen, der Unternehmen Anreize gibt, Emissionen zu reduzieren und in klimafreundliche Technologien zu investieren.

Auf Grundlage dieser bestehenden Struktur wurde mit dem EU ETS 2 ein neues, separates Emissionshandelssystem geschaffen, das ab 2027 (teilweise 2028) gelten soll und zusätzliche

Bereiche wie Gebäude, Straßenverkehr und kleinere Energieanlagen umfasst. Anders als im klassischen EU ETS sind, hier nicht die eigentlichen Emittenten, sondern die Inverkehrbringer von Brennstoffen verpflichtet, Emissionsrechte zu halten und zu handeln. Der Cap wird Jahr für Jahr gesenkt, um die Emissionen in diesen Sektoren deutlich zu verringern, was zu steigenden Preisen für Emissionsrechte führen kann.

## Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)

Der Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM, VO (EU) 2023/956) soll sicherstellen, dass für bestimmte emissionsintensive Importgüter vergleichbare CO<sub>2</sub>-Kosten anfallen, wie für innerhalb der EU produzierte Waren. Ziel ist es, Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden und die Verlagerung von emissionsintensiver Produktion in Länder mit weniger strengen Klimaschutzauflagen zu verhindern (Carbon Leakage). CBAM ist dabei eng an das EU-Emissionshandelssystem (EU ETS) angelehnt und ergänzt dieses auf der Importseite.

Seit dem 1. Oktober 2023 befindet sich CBAM in einer Übergangsphase, die bis Ende 2025 läuft. In diesem Zeitraum sind Importeure verpflichtet, die in ihren betroffenen Waren enthaltenen Treibhausgasemissionen zu melden, ohne dass bereits Zahlungsverpflichtungen entstehen. Ab dem 1. Januar 2026 beginnt die reguläre Anwendungsphase, in der für diese Emissionen CBAM-Zertifikate erworben und abgegeben werden müssen. Die Einführung erfolgt schrittweise und ist mit dem Auslaufen kostenloser Zuteilungen im EU ETS abgestimmt.

Für die Baustoff- und Baubranche ist CBAM besonders relevant, da zentrale Materialien wie Zement, Eisen und Stahl sowie Aluminium zu den erfassten Produktgruppen zählen. Diese Materialien haben einen hohen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. CBAM kann daher Einfluss auf Importpreise, Lieferketten und Materialentscheidungen im Bausektor haben und verstärkt den Anreiz, emissionsärmere Baustoffe einzusetzen oder CO<sub>2</sub>-arme Produktionsprozesse zu nutzen.

## EU-Entwaldungsverordnung (EUDR)

Die EU-Entwaldungsverordnung (EUDR, VO (EU) 2023/1115) soll sicherstellen, dass bestimmte Rohstoffe und daraus hergestellte Produkte, die auf dem EU-Markt in Verkehr gebracht oder aus der EU exportiert werden, nicht mit Entwaldung oder Waldschädigung in Verbindung stehen. Unternehmen müssen nachweisen, dass ihre Produkte legal erzeugt wurden und von Flächen stammen, die nach dem 31. Dezember 2020 nicht entwaldet wurden. Ziel ist es, den EU-Beitrag zu globaler Entwaldung, Treibhausgasemissionen und Biodiversitätsverlust deutlich zu reduzieren. Die Verordnung ist am 29. Juni 2023 in Kraft getreten und löst schrittweise die bisherige EU-Holzhandelsverordnung (VO (EU) Nr. 995/2010) ab.

Die Anwendung der EUDR erfolgt zeitlich gestaffelt und wurde bislang zweimal verschoben. Ursprünglich war der Start für den 30. Dezember 2024 vorgesehen. Ende 2025 einigten sich Kommission, Parlament und Rat auf eine weitere Verschiebung um zwölf Monate sowie auf inhaltliche Vereinfachungen, die in der Änderungsverordnung (EU) 2025/2650 vom 23. Dezember 2025 festgeschrieben wurden. Große und mittlere Unternehmen müssen die Vorgaben ab 30. Dezember 2026 erfüllen, kleine und Kleinstunternehmen ab 30. Juni 2027. Zentrale Pflicht ist

eine Sorgfaltserklärung, die u. a. Informationen zur Lieferkette, zum Ursprungsland sowie Geolokalisierungsdaten der Produktionsflächen enthält. Eine wesentliche Vereinfachung durch die Änderungsverordnung besteht darin, dass künftig nur noch jener Marktteilnehmer eine vollständige Sorgfaltserklärung abgeben muss, der ein Erzeugnis erstmals auf dem EU-Markt bereitstellt; nachgelagerte Händler sind von dieser Pflicht befreit. Klein- und Kleinstprimärerzeuger müssen lediglich eine einmalige vereinfachte Erklärung einreichen.

Am 22. Mai 2025 veröffentlichte die EU-Kommission zudem eine Länderliste nach Risikostatus: Für Rohstoffe aus Ländern mit geringem Entwaldungsrisiko gilt eine vereinfachte Sorgfaltspflicht. Die EU-Kommission hat sich verpflichtet, die beschlossenen Vereinfachungen bis April 2026 zu evaluieren und gegebenenfalls weitere Anpassungen vorzuschlagen.

Für die Baustoff- und Baubranche ist die EUDR insbesondere relevant, da zum Beispiel Holz, Holzprodukte und daraus hergestellte Baustoffe (z. B. Schnittholz, Platten, Möbel, Papier) unter den Anwendungsbereich fallen, aber auch biobasierte Grundstoffe für die chemische Industrie betroffen sein können.

## Chemikalienspezifische Regularien

### EU Chemicals Strategy for Sustainability

Die European Chemicals Strategy for Sustainability (CSS, COM(2020) 667 final) ist eine Initiative, um den Umgang mit Chemikalien sicherer und nachhaltiger zu gestalten. Sie wurde ebenfalls 2020 im Rahmen des European Green Deal vorgestellt und ist ein wesentlicher Bestandteil des Ziels aus dem Green Deal, eine schadstofffreie Umwelt ("Zero Pollution Ambition") zu schaffen. Die Strategie soll den Schutz von Menschen und Umwelt vor gefährlichen Chemikalien verbessern, während gleichzeitig Innovationen für sichere und nachhaltige Alternativen gefördert werden.

Ein wichtiger Aspekt der Strategie ist die Verschärfung der Chemikalienregulierung. Besonders besorgniserregende Stoffe wie endokrine Disruptoren (hormonaktive Substanzen), PFAS (Ewigkeitschemikalien) und andere toxische Stoffe sollen strenger kontrolliert oder schrittweise verboten werden. Die Strategie setzt sich zudem für das Prinzip "Safe and Sustainable by Design" ein, das als Leitfaden durch das Joint Research Centre (JRC) entwickelt wurde und bedeutet, dass Chemikalien bereits bei ihrer Entwicklung so konzipiert werden sollen, dass sie weniger schädlich für Mensch und Umwelt sind.

Ein wichtiges Hauptziel ist die Modernisierung der Chemikaliengesetzgebung, insbesondere der REACH- und CLP-Verordnung, um schnellere Risikobewertungen und bessere Verbraucherinformationen zu gewährleisten. Zudem sollen Substitutionsprozesse erleichtert und Innovationen im Bereich nachhaltiger Chemikalien unterstützt werden. Eine Novellierung 2026 ist sehr wahrscheinlich.

### REACH Verordnung

Die REACH-Verordnung (VO EG 1907/2006) ist das zentrale Chemikalienrecht der EU und regelt die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien. Sie soll Mensch und Umwelt vor gefährlichen Stoffen schützen, Innovation fördern und den EU-Chemikalienmarkt harmonisieren. Unternehmen müssen alle in der EU hergestellten oder importierten Stoffe (> 1 Tonne/Jahr) registrieren und deren Sicherheit nachweisen.

Besonders besorgniserregende Substanzen (SVHC) unterliegen dann oft Zulassungs- oder Beschränkungsverfahren, um Substitution durch sicherere Alternativen zu fördern.

### **Kandidatenliste (SVHC-Liste)**

Die Candidate List enthält besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC), z. B. CMR-Stoffe, PBT/vPvB-Stoffe oder endokrine Disruptoren. Die Aufnahme hat noch kein Verwendungsverbot zur Folge, löst aber unmittelbare Informationspflichten aus (z. B. Auskunftspflichten gegenüber Kunden und Meldepflichten bei Erzeugnissen). Sie ist häufig die Vorstufe für strengere regulatorische Maßnahmen und dient als Frühwarninstrument für Unternehmen.

### **Anhang XIV (Zulassungsliste / Authorisation List)**

Anhang XIV enthält Stoffe aus der Candidate List, deren Verwendung in der EU nach einem festgelegten „Sunset Date“ nur noch mit behördlicher Zulassung erlaubt ist. Unternehmen müssen für jede spezifische Verwendung nachweisen, dass Risiken angemessen beherrscht werden oder keine geeigneten Alternativen existieren. Ziel ist die schrittweise Substitution besonders gefährlicher Stoffe. Ohne Zulassung ist die Verwendung verboten.

### **Anhang XVII (Beschränkungsliste / Restriction List)**

Anhang XVII legt direkte Verbote oder Verwendungsbeschränkungen für Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse fest. Diese gelten für alle Marktteilnehmer gleichermaßen, ohne individuelles Zulassungsverfahren. Beschränkungen können z. B. Grenzwerte, Produktverbote oder Anwendungsverbote sein und werden häufig für verbrauchernahe oder umweltrelevante Risiken genutzt.

Die Verordnung folgt dem "No Data, No Market"-Prinzip, wodurch nicht registrierte Stoffe nicht verkauft werden dürfen. Bei Nichteinhaltung drohen Verkaufsverbote, hohe Bußgelder und Haftungsrisiken. REACH verbessert die Transparenz über Chemikalien, stärkt den Gesundheits- und Umweltschutz und fördert eine nachhaltigere Chemiewirtschaft in der EU.

Weitere Verordnungen in diesem Rahmen, die starken Einfluss auf Baustoffe- und Bauprodukte und deren Einsatz haben, sind:

## **Regulation on Classification, Labelling and Packaging (CLP)**

Die CLP-Verordnung (VO (EG) 1272/2008) regelt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen in der EU. Sie stellt sicher, dass Gefahren durch standardisierte Gefahrensymbole, Signalwörter und H-/P-Sätze klar kommuniziert werden und ist Grundlage für sichere Verwendung und Marktüberwachung von Chemikalien. Veränderungen in der Einstufung in der CLP ziehen oft weitreichende regulatorische Konsequenzen nach sich.

## Persistent Organic Pollutants (POP)

Die POP-Verordnung (VO (EU) 2019/1021) beschränkt oder verbietet persistente organische Schadstoffe, die sich in der Umwelt anreichern und gesundheits- oder umweltschädlich sind. Ziel ist die schrittweise Eliminierung dieser Stoffe entlang des gesamten Lebenszyklus, einschließlich Herstellung, Verwendung und Abfallmanagement.

## Biocidal Products Regulation (BPR)

Die BPR (VO EU) 528/2012) regelt das Inverkehrbringen und die Verwendung von Biozidprodukten (z. B. Desinfektionsmittel, Holzschutzmittel). Sie verlangt die Zulassung von Wirkstoffen und Produkten und stellt sicher, dass Biozide wirksam sind, ohne Mensch, Tier oder Umwelt unangemessen zu gefährden.

## Volatile Organic Compound Regulation VOC

VOC-Vorschriften begrenzen den Gehalt oder Ausstoß flüchtiger organischer Verbindungen aus Produkten wie Farben, Lacken oder Klebstoffen. Ziel ist die Reduktion von Luftschadstoffen und bodennahem Ozon sowie der Schutz von Gesundheit und Umwelt.

## Regulatorische Trends

Um Zulassungs-, Beschränkungs- und allgemeine Regulierungstrends unter REACH frühzeitig zu erkennen, ist es sinnvoll, mehrere sich ergänzende Instrumente der European Chemicals Agency (ECHA) parallel zu beobachten. CoRAP- und CLH-Intentions-Liste liefern sehr frühe Hinweise auf Stoffe, die behördlich bewertet oder künftig EU-weit harmonisiert eingestuft werden sollen. Die Candidate List (SVHC) markiert Stoffe mit hohem Besorgnisniveau und ist häufig die Vorstufe zu weitergehenden Maßnahmen, während Anhang XIV (Zulassungspflicht) und Anhang XVII (Beschränkungen) die verbindlichen regulatorischen Ergebnisse darstellen. Ergänzend zeigen die Restriction Roadmap und die Registry of Restriction Intentions (RRI), welche Stoffe oder Stoffgruppen politisch priorisiert sind bzw. konkret in Richtung Beschränkung entwickelt werden. Das PACT-Tool bietet einen Gesamtüberblick über laufende und geplante Regulierungsaktivitäten. Die SCIP-Datenbank macht sichtbar, wie relevant SVHC bereits im Markt sind. Zusammengenommen ermöglichen diese Quellen eine frühzeitige, strategische

Einschätzung regulatorischer Entwicklungen, insbesondere im Hinblick auf Gruppenregulierung und Substitutionsbedarf.

## Generic Risk Approach & Gruppen Regulierung (group regulation)

Der Generic Risk Approach (GRA) ist ein Ansatz der EU-Chemikalienpolitik, bei dem besonders gefährliche Stoffe unabhängig von ihrer konkreten Verwendung pauschal eingeschränkt oder verboten werden, sobald ihre intrinsischen Gefahreigenschaften feststehen (z. B. krebserzeugend, reproduktionstoxisch, endokrin wirksam, sehr persistent). Im Unterschied zum klassischen REACH-Ansatz, der auf einer detaillierten Einzelfall-Risikobewertung basiert, greift der GRA vor allem dort, wo eine breite oder sensible Exposition vorliegt, etwa bei Verbraucherprodukten. Beispiele sind das generelle Verbot von CMR-Stoffen in Verbraucherprodukten, unabhängig davon, ob einzelne Verwendungen technisch sicher gestaltet werden könnten, oder die pauschale Regulierung von Mikroplastik, ohne jede Anwendung einzeln zu bewerten.

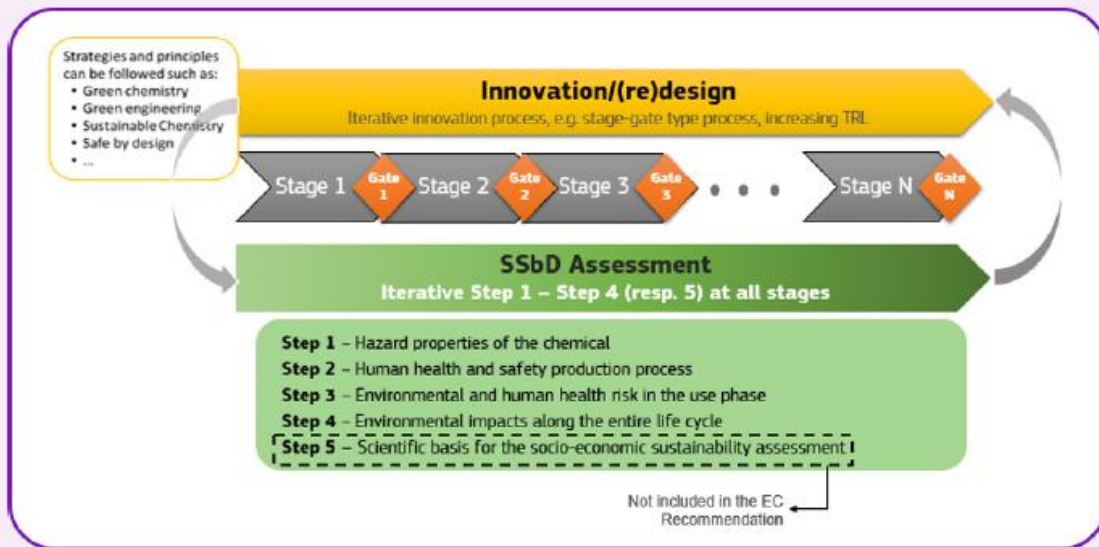
Der GRA stellt einen Paradigmenwechsel dar, weil er eng mit der Gruppenregulierung (group regulation) verbunden ist: Statt einzelne Stoffe nacheinander zu regulieren, werden ganze Stoffgruppen gemeinsam adressiert, um problematische Ausweichsubstitutionen zu vermeiden. Ein zentrales Beispiel ist die geplante PFAS-Gruppenbeschränkung, bei der tausende fluorierte Substanzen gemeinsam betrachtet werden, oder eine Regulierung bromierter Flammenschutzmittel als Stofffamilie. Auch bei endokrinen Disruptoren oder PMT/vPvM-Stoffen wird zunehmend gruppenbasiert vorgegangen. Für Bauprodukte und die chemische Industrie bedeutet dies, dass nicht nur einzelne Chemikalien, sondern ganze Klassen von Weichmachern, Beschichtungsstoffen oder Additiven regulatorisch unter Druck geraten können – mit erheblichen Auswirkungen auf Produktdesign, Materialwahl und Innovationsstrategien.

## Safe and Sustainable by design

Das Konzept Safe and Sustainable by Design (SSbD) ist ein von der Europäischen Kommission entwickeltes Rahmenwerk, das darauf abzielt, chemische Stoffe und Materialien von Anfang an sicher und nachhaltig zu gestalten. SSbD kombiniert etablierte Methoden der Risikobewertung und Nachhaltigkeitsbewertung, darunter die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, LCA), um sicherzustellen, dass Produkte nicht nur sicher in ihrer Anwendung sind, sondern auch geringe Umwelt- und Gesundheitsbelastungen aufweisen.

Das SSbD-Rahmenwerk ist in zwei Hauptbestandteile unterteilt: eine (Re)Design-Phase und eine vierstufige Bewertungsphase. Die (Re)Design-Phase basiert auf Konzepten wie der Grünen Chemie, Grünen Ingenieurwissenschaften und Zirkularität, um nachhaltige Lösungen zu fördern. Die Bewertungsphase wiederum umfasst eine Gefährdungsbewertung, eine Sicherheitsbewertung, eine ökologische Nachhaltigkeitsbewertung sowie optional eine sozioökonomische Analyse. Da das SSbD-Framework iterativ angelegt ist, wird die Bewertung kontinuierlich überarbeitet, um neue Erkenntnisse in den Entwicklungsprozess zu integrieren.

Figure 1. Overview of the SSbD framework



Source: Own elaboration

Abbildung 8: Prozessbeschreibung für die Entwicklung/ das Redesign von Chemikalien nach dem SSbD Regelwerk, JRC, 2024, Safe and Sustainable by Design chemicals and materials - Methodological Guidance

Obwohl das SSbD-Framework auf freiwilliger Basis angewendet wird, bietet es die Möglichkeit regulatorische Anforderungen zu erfüllen und nachhaltige Innovationen voranzutreiben. Zudem unterstützt SSbD die Identifikation von Alternativen für bedenkliche Substanzen und fördert umweltfreundliche Produktionsprozesse. In den kommenden Jahren soll das Framework weiter verfeinert werden, basierend auf den Rückmeldungen von Industriepartnern und Forschern.<sup>5</sup>

## End-Of-Life und Recycling

### Abfallrahmenrichtlinie

Die Abfallrahmenrichtlinie (Waste Framework Directive (WFD), RL 2008/98/EG) legt die Vorschriften für den Umgang mit Abfällen fest und hat demnach weitreichende Auswirkungen auf den Bausektor. Ziel ist eine nachhaltige Abfallwirtschaft und die Ressourcen effizienter zu nutzen. Im Mittelpunkt steht dabei die Abfallhierarchie, die die Prioritäten bei der Abfallbehandlung vorgibt: Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung (z.B.: energetisch) und zuletzt die Beseitigung. Für die Bauwirtschaft bedeutet das, dass Abfälle möglichst vermieden oder stofflich verwertet werden sollen, bevor an eine Entsorgung gedacht wird. Die WFD verpflichtet die EU-Mitgliedstaaten außerdem dazu, mindestens 70 % des nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfalls (nach Masse) durch Recycling oder andere Formen der stofflichen Verwertung wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen. Diese Anforderung findet sich im EU-Taxonomie DNSH-Ziel "Übergang zur Kreislaufwirtschaft" wieder.

## Neuerungen im nationalen Gesetz (Auswahl)

### **Recyclinggips-Verordnung 2026 (BGBl. II Nr. 415/2024)**

Mit BGBl. II Nr. 415/2024 wurde die Recyclinggips-Verordnung veröffentlicht, die am 1. Jänner 2025 in Kraft trat. Ziel ist hochwertiges Recycling und die Kreislaufführung von Gips durch Trennpflichten beim Bau oder Abbruch von Bauwerken. Seit 1. April 2025 müssen Gipsabfälle – darunter Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten und Calciumsulfatestrich – auf Baustellen separat gesammelt werden. Mit 1. Jänner 2026 gilt zudem ein Deponieverbot für Gipskartonplatten: Gipsabfälle dürfen nicht mehr ungetrennt entsorgt werden, stattdessen ist eine fachgerechte Sammlung und Zuführung zum Recycling erforderlich

### **Mineralwolle Deponieverbot 2027 (BGBl. II Nr. 144/2021)**

Mit der Novelle der Deponieverordnung wurde in § 10c eine eigenständige Regelung für künstliche Mineralwollabfälle (KMF) geschaffen. Ab Anfang 2027 ist die Ablagerung von Mineralwolleabfällen bzw. künstlichen Mineralfaserabfällen in Österreich nicht mehr zulässig. Bis dahin gilt eine Übergangsregelung mit verschärften Anlieferungs- und Ablagerungsbedingungen; auf der Baustelle sind KMF-Abfälle sortenrein zu sammeln und staubdicht (z. B. in KMF-Säcken oder Big Bags) zu verpacken. Für kleine Bauvorhaben mit maximal 3 t Mineralwolleanfall besteht eine Kleinmengenregelung, die eine weitere Deponierung unter erleichterten Bedingungen ermöglicht. Parallel dazu entsteht die notwendige Recycling-Infrastruktur – so errichtet Knauf am Standort Ferndorf in Kärnten bis Ende 2026 eine Aufbereitungsanlage

## Umsetzung in den OIB Richtlinien

Die OIB-Richtlinien 1 bis 6 regeln bautechnische Anforderungen in Österreich und werden einheitlich in den Bauordnungen der Bundesländer als verbindliches Recht angewandt. Sie orientieren sich an den Grundanforderungen der EU-Bauprodukteverordnung (CPR) und sind stark durch europäische Normen und Regulierungen geprägt.

Im Kontext von Gesundheit und Schadstoffen ist insbesondere die OIB-Richtlinie 3 („Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“) relevant. Sie formuliert grundlegende Schutzziele für den Menschen, indem Gebäude so geplant und errichtet werden müssen, dass keine gesundheitsgefährdenden Belastungen – etwa durch Emissionen aus Bauprodukten, Schadstoffe aus dem Baugrund oder unzureichende Luftqualität – entstehen. Die OIB 3 enthält jedoch keine stoffbezogenen Grenzwerte oder Verbote einzelner Chemikalien, sondern verweist implizit auf das europäische Chemikalienrecht und produktbezogene Regelwerke. Damit adressiert sie toxische Chemikalien primär auf Ziel- und Wirkungsebene, nicht auf Ebene der Materialinhaltsstoffe.

Die geplante OIB-Richtlinie 7 zur „nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen“ befindet sich aktuell in Entwicklung und ist noch nicht verbindlich. Sie wird auf die siebte Grundanforderung der Bauprodukteverordnung Bezug nehmen und zentrale Nachhaltigkeitsaspekte wie Kreislauffähigkeit, Lebensdauer, Rückbau- und Recyclingfähigkeit

sowie die Verwendung umweltverträglicher und schadstoffarmer Materialien regeln. Geplant ist zudem die verpflichtende Ökobilanzierung (LCA) von Gebäuden, um die Lebenszyklus-Treibhausgasemissionen zu bewerten – ein zentraler Bestandteil künftiger EU-Vorgaben.

Die neue Richtlinie steht im engen Zusammenhang mit dem EU Green Deal, dem Circular Economy Action Plan, der EU-Taxonomie-Verordnung, der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und der novellierten EPBD. Auch das EU-LEVEL(s)-Framework dient als methodische Grundlage. Sie adressiert Anforderungen wie die Lebenszyklusbetrachtung (inklusive grauer Energie, die Vermeidung von Bauabfällen gemäß Abfallrahmenrichtlinie (WFD) sowie die transparente Nachhaltigkeitsberichterstattung. Die Einführung der OIB-Richtlinie 7 ist voraussichtlich für 2027 geplant.

## Nachhaltige Beschaffung und freiwillige Zertifizierung

Beschaffungssysteme der öffentlichen Hand spielen eine Schlüsselrolle für nachhaltiges und schadstoffarmes Bauen, da sie über ihr großes Vergabevolumen Marktstandards setzen können. In Österreich legt der Aktionsplan für nachhaltige öffentliche Beschaffung (naBe) für den Bund verbindliche ökologische Kriterien in 16 Produktgruppen fest, darunter Hochbau und Tiefbau, einschließlich eines Produkt- und Chemikalienmanagements zur Vermeidung besonders besorgniserregender Substanzen. Niederösterreich hat die naBe-Kriterien 2022 für alle Landesbeschaffungen verpflichtend gemacht.

Auch setzt das Wiener Programm ÖkoKauf, ebenso wie der Vorarlberger Gemeindeverband und Gebäudebewertungssysteme wie „klimaaktiv bauen und sanieren“, Kommunalgebäudeausweis, „Total Quality Building und „wohngsund“ seit vielen Jahren auf die Vermeidung von problematischen Baustoffen und Additiven über regulatorische Verbote hinaus. So wirkt die öffentliche Hand als Multiplikator, der ökologische Standards in die gesamte Baubranche trägt.

Das in Österreich am weitesten verbreitete freiwillige Gebäudebewertungssystem ist klimaaktiv. Es ist in diversen Förderungen und Programmen verankert. Beispiele sind:

- Bundes- und Landesförderungen
- Aktionsplan nachhaltige öffentliche Beschaffung naBe
- UZ 49 – nachhaltige Immobilienfonds
- Österreichische Hotellerie- und Tourismusbank
- Konjunkturpaket für den Wohnbau
- Unternehmen, Gemeinden und Länder

Über 2.180 Gebäude wurden bereits nach den klimaaktiv-Kriterien geplant und errichtet, wobei das System europaweit als eines der anspruchsvollsten gilt. Der Standard verlangt den Ausschluss besonders besorgniserregender Substanzen, die Vermeidung problematischer Baustoffe und die Förderung ökologisch vorteilhafterer Produkte über den gesamten Lebenszyklus. Mit dem Kriterienkatalog 2025 wurden EU-Taxonomie-Anforderungen direkt integriert und neue Schwerpunkte bei Kreislaufwirtschaft und Lebenszyklusbilanzierung gesetzt.

Damit bilden freiwillige Zertifizierungssysteme, wie klimaaktiv, auch einen wichtigen Trendmonitor und ein Bindeglied zwischen freiwilliger Mehrverpflichtung und den zunehmend verbindlichen europäischen Nachhaltigkeitsanforderungen.

## Zusammenfassung Regulatorik

Im Rahmen europäischer Nachhaltigkeits- und Umweltstrategien ergeben sich für Bauproduktehersteller:innen und Bauträger:innen erweiterte Anforderungen in den Bereichen Klimaschutz, Ressourcenschonung, Kreislaufwirtschaft und Chemikaliensicherheit.

Die Bewertung von Bauprodukten erfolgt zunehmend und verpflichtend auf Grundlage quantifizierbarer Umweltkennwerte. Hierzu zählen unter anderem Treibhausgasemissionen, die zum Teil bereits ab 2026 verfügbar sein müssen, andere LCA-Kategorien folgen sukzessive bis 2032. Diese Indikatoren werden über Lebenszyklusanalysen (LCA) gemäß EN 15804 für Produkte und EN 15978 für Gebäude bestimmt. Die Bewertung kann auch auf Basis anderer Regelwerke erfolgen, die Konformität mit den genannten Standards aufweisen. Ein Beispiel sind Teile des umfangreichen Level(s) Regelwerkes oder des Product Environmental Footprints (PEF). Bauproduktehersteller:innen müssen produktspezifische Umweltdeklarationen (EPDs) bereitstellen.

Im Kontext der Circular Economy bestehen Anforderungen hinsichtlich Produktlebensdauer, Reparierbarkeit, Rückbaufähigkeit und Recyclingfähigkeit. Die Bauproduktenverordnung wird in überarbeiteter Form verpflichtende Umweltleistungsangaben in den Leistungserklärungen vorsehen. Darüber hinaus sind zukünftig Mindestquoten für Recycling oder Wiederverwendung bei Bau- und Abbruchabfällen einzuhalten (z. B. 70 % bei Renovierung, 90 % bei Neubau gemäß Taxonomie). Für die Materialauswahl in Bauprojekten werden Dokumentationspflichten hinsichtlich Rezyklatanteil, Trennbarkeit und Demontagefähigkeit erwartet. Digitale Produktpässe und Gebäudematerialpässe dienen der strukturierten Erfassung dieser Informationen.

Im Bereich des Chemikalienrechts unterliegen Bauprodukte strengen Vorgaben hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung. Stoffe, die gemäß REACH als besonders besorgniserregend (SVHC) eingestuft sind oder Beschränkungen gemäß POP-Verordnung unterliegen, dürfen nur eingeschränkt oder nicht verwendet werden bzw. haben besondere Transparenzpflichten. Neue Einstufungskriterien nach der CLP stellen einen kritischen Hebel für zukünftige Regulierung dar. Die SCIP-Datenbank dient dazu, Informationen über besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) in Produkten zu sammeln, die zu mehr als 0,1 Gew.-% enthalten sind. Bei Vorhandensein entsprechender Stoffe gelten weitergehende Kennzeichnungs-, Prüf- und Entsorgungspflichten. Dies betrifft unter anderem Produkte mit bestimmten Flammschutzmitteln, Weichmachern, Lösungsmitteln, Isocyanaten, Schwermetallen oder anderen regulierten Additiven. Diese grundlegenden Regularien bestehen schon jetzt. Durch die Neuausrichtung der Chemikalienpolitik („Save and Sustainable by Design“) und neuen Gefahrenklassen in Bezug auf Persistenz, Bioakkumulierbarkeit und hormoneller Wirksamkeit ist eine Einstufung weiterer Stoffe bzw. ganzer Stoffgruppen in die Kandidatenliste zu erwarten.

Gruppenverbote, wie sich zum Beispiel für Per- und Polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) geplant sind, können in Zukunft zu Kompletterboten mit strengst geregelten Ausnahmen führen.

Die EU-Taxonomie definiert zusätzlich technische Bewertungskriterien für nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten. Im Gebäudebereich betreffen diese insbesondere die Begrenzung der Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus (derzeit besonders im Neubau), Anforderungen an die Recyclingfähigkeit und Rückbaufähigkeit der verwendeten Materialien. Vorgaben zur Schadstofffreiheit und somit Verbindung zu regulierten oder eingestuft Additiven fließen hauptsächlich durch DNSH-Kriterien ein. Mit den entsprechenden technischen Definitionen in delegierten Akten, haben diese jedoch große Auswirkungen auf Produkte die regulierte Substanzen beinhalten. Die Einhaltung dieser Kriterien ist Voraussetzung für die Einordnung von Bauprojekten als ökologisch nachhaltig. Investitionen in nicht-konforme Projekte gelten nicht als förderfähig im Sinne nachhaltiger Finanzierungsmechanismen. Besonders im öffentlichen Sektor stellt dies eine hohe Relevanz dar (z.B.: Green Public Procurement - GPP).

Die Abfallrahmenrichtlinie verpflichtet Mitgliedstaaten zur Umsetzung der Abfallhierarchie. Für Bau- und Abbruchabfälle gilt eine EU-weit festgelegte Recyclingquote. Produkte sind dementsprechend so zu gestalten, dass diese Recyclingfähigkeit auch nach den entsprechend langen Lebenszyklen von Bauprodukte gegeben sind

Auf Seiten der Hersteller erfordern diese Entwicklungen angepasste Produktgestaltung, Nachweisdokumentation sowie Kenntnisse über Stoffverbote, Abfallklassifizierung und Recyclingfähigkeit. Die Nichtbeachtung führt unter anderem zu Einschränkungen beim Inverkehrbringen oder Zusatzkosten bei der Entsorgung. Bauträger haben die Verpflichtung Bauprodukte und Systeme auszuwählen, die die geltenden Anforderungen hinsichtlich Umweltleistung, Chemikalienkonformität und Kreislauffähigkeit erfüllen. Zusätzlich entstehen Berichtspflichten gegenüber Investoren, Behörden und Zertifizierungsstellen.

# Bewertung von Nachhaltigkeit

Neue Offenlegungs- und Berichtspflichten aus der EU-Taxonomieverordnung, der CPR sowie der geplanten ESPR erfordern eine umfassende Datenerhebung zu Umweltwirkungen von Gebäuden und Baustoffen. Aktuell liegen viele dieser Daten nur freiwillig oder unvollständig vor. Besonders die Erfassung von Treibhausgasemissionen (THG) wird 2026, ein Jahr nach Inkrafttreten der neuen CPR verpflichtend – weitere Umweltindikatoren folgen mit längeren Übergangsfristen, Oftmals ist zusätzlich die Datengrundlage für diese Indikatoren noch schwächer als für das Treibhausgaspotenzial.

Eine vielschichtige Risikolandschaft verlangt eine umfassende und ausgewogene Bewertungslogik. Die Auswahl von Bewertungskriterien muss differenziert erfolgen – sowohl nach Materialart als auch nach Risikoebene. Tabelle 1 gibt eine Übersicht der gängigen Ansätze und Normen zur Bewertung von Herstellungsprozessen, Baustoffen und Gebäuden.

Tabelle 1: Bewertungsinstrumente für Nachhaltigkeitsaspekte auf Bauprodukte- und Gebäudeebene

Bewertungsebene	Allgemein	Produkt		Gebäude	
		Ökobilanzierung	PEF (EU)	EPD (EN 15804 +A2)	Umwelleistung von Gebäuden
Standard / Normenbasis	ISO 14040 / 14044, ISO 14067	EU PEF Guide, EF 3.0 (ILCD-basiert)	EN 15804, EN ISO 14025	EN 15978	Basierend auf EN 15978, EN 15804, ISO 14040/44
Zweck / Zielsetzung	Grundsätze und Rahmenbedingungen der Ökobilanz für Produkte, Prozesse, Systeme Nicht für vertragliche oder regulative Zwecke oder für Zulassung und Zertifizierung vorgesehen.	Harmonisiertes Vergleichsinstrument für Produkte innerhalb der EU	Deklaration von Umweltwirkungen eines Bauprodukts	Berechnungsmethode zur Bewertung der umweltbezogenen Qualität eines Gebäudes und seines Standortes	Gebäudebewertung und EU-weite Harmonisierung
Lebenszyklusphasen (Modular aufgebaut)	Rohstoff bis Entsorgung inkl. Nutzung. Individuell definierbar.	Rohstoff bis Entsorgung inkl. Nutzung (vordefinierte Szenarien)	A1–A3, C1–C4, D verpflichtend, A4-A5, B1-B7 optional	Alle Phasen möglich (A1–A5, B1–B7, C1–C4, D)	An EN 15978 orientiert (Herstellung, Nutzung, End-of-Life)
Systemgrenzen	Cradle-to-grave oder cradle-to-gate (individuell definierbar)	Cradle-to-grave mit festen Regeln	Cradle-to-grave	Cradle-to-grave	Cradle-to-grave auf Gebäudeebene
Typische Anwendung	Forschung, Umweltbewertung, Strategieentwicklung	Ökodesign, Produktvergleich, Politikberatung	Produktvergleich, Gebäudebewertung, Marktkommunikation	Planung nachhaltiger Gebäude, Gebäudebewertung	Planung nachhaltiger Gebäude, politische Steuerung
Impact-Kategorien	Verschiedenste Wirkungsabschätzungsmethoden	16 Impact Kategorien (u.a. Klimawandel,	25 Indikatoren in den Bereichen Umweltwirkung	25 Indikatoren in den Bereichen Umweltwirkung	6 Makroziele und 16 Kernindikatoren.

	und Impact Kategorien verfügbar, solange transparent dargestellt.	Versauerung, Eutrophierung, Landnutzung, etc.)	en, Ressourcennutzung sowie Outputströme / Abfall	en, Ressourcennutzung sowie Outputströme / Abfall	
Berücksichtigung von Toxizität	Je nach Wirkungsabschätzungsmethode verschiedene Toxizitätspotenziale.	Humantoxizität (nicht Krebs / Krebs), Ökotoxizität	Optionale Indikatoren: Humantoxizität (nicht Krebs / Krebs), Ökotoxizität	Optionale Indikatoren: Humantoxizität (nicht Krebs / Krebs), Ökotoxizität	Kein Indikator, aber Makroziel 4: Gesunde und behagliche Räume
Verwendete Daten	Primär- und Sekundärdaten, frei definierbar	EF-Datenbank verpflichtend	Herstellerdaten + Sekundärdaten (z. B. ÖKOBAUDAT)	Herstellerdaten + Sekundärdaten + Gebäudedaten	Gebäudedaten + EPDs + LCA-Werte

### Branchen vs. Produkt vs. Generische EPDs

Vor allem in frühen Planungsphasen bzw. bis zur Angebotslegung der Ausschreibung von Gebäuden kann/ soll von den Planenden nicht antizipiert werden welche Produkte zum Einsatz kommen und welche Produkt-EPDs anzuwenden sind. Daher bieten sich Branchen EPDs bei der parallelen Ökobilanzierung von Planungsvorhaben an, um etwaige Schwankungsbreiten abzudecken. Produkt EPDs oder generische EPDs sollten daher nur angewandt werden, wenn sonst keine anderen EPDs verfügbar sind bzw. als Referenz zu den Branchen EPDs genutzt werden.

Der Oekoindex OI3 dient, in Österreich, zusätzlich zur Beurteilung der ökologischen Qualität von Materialien. Dabei werden die Umweltindikatoren Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial sowie der Verbrauch nicht erneuerbarer Primärenergie berücksichtigt. Der Index kann sowohl für einzelne Baustoffe und Bauteilkonstruktionen als auch für komplette Gebäude ermittelt werden. Als zusammengefasster Kennwert liefert er eine quantitative Einschätzung des Beitrags zur Klimaerwärmung, zur Umweltversauerung und zum Einsatz nicht erneuerbarer Energieressourcen.

Für die Berechnung des Oekoindex OI3 werden die Richtwerte aus baubook oder geeignete produktspezifische Kennzahlen aus Umweltproduktdeklarationen (EPDs) verwendet. Die baubook-Richtwerte basieren auf einer Verknüpfung der Ökobilanzindikatoren der IBO-Richtwerte mit den bauphysikalischen Kenndaten aus baubook.

### Digitale Produktpässe (DPP)

Für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft ist zusätzlich eine genaue Rückverfolgbarkeit verbauter Produkte bis zum Rückbau notwendig - inklusive ihrer Material- und Stoffzusammensetzung. Dafür sind in Zukunft Digitale Produktpässe (DPP) vorgesehen: strukturierte, maschinenlesbare Datensätze, die ein Bauprodukt über seinen gesamten Lebenszyklus begleiten und über einen eindeutigen Identifier zugänglich sind. Sie fungieren als zentrale Informationsquelle mit standardisierten Nachhaltigkeits- und Lebenszyklusdaten für Hersteller, Behörden, Planer, Recycler und Nutzer.

Regulatorisch stützt sich der DPP auf die Ökodesign-Verordnung (ESPR, VO (EU) 2024/1781) als horizontalen Rahmen und die novellierte Bauprodukteverordnung (CPR, VO (EU) 2024/3110), die als *lex specialis* sektorspezifische Anforderungen festlegt. Die CPR sieht eine phasenweise Einführung ab 2025 mit verpflichtenden DPPs für viele regulierte Bauprodukte bis 2030 vor;

konkrete Inhalte und Zeitpläne werden über delegierte Rechtsakte entlang des CPR-Arbeitsprogramms 2026–2029 festgelegt.

### **THG-Emissionen und andere LCA-Impact-Kategorien**

CO<sub>2</sub>-Bilanzen stehen aktuell im Fokus der meisten Regulierungen, wie etwa in der EU-Taxonomie Verordnung oder in EPBD. Es werden durch die neue CPR auch andere Lebenszyklusindikatoren an Bedeutung gewinnen, da diese nach und nach in die Produktdatenblätter mit aufgenommen werden müssen – darunter Versauerungspotenzial, Eutrophierung oder Ressourcenverbrauch. Sowohl etablierte als auch nachwachsende Materialien wie Holz können dabei unerwartete Belastungen aufweisen, die derzeit nicht thematisiert werden und so die Entscheidungsgrundlage und Formulierung klarer Kriterien deutlich komplexer machen. Die Erhebung dieser Kategorien ist durch Übergangsregelungen zwar zeitlich gestaffelt, wird aber ebenfalls verpflichtend.

# Treibhauspotential als Hauptindikator und -risiko

Die Analyse der aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen zeigt das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) stellt derzeit die zentrale Bewertungsdimension für die regulatorische Zukunftsfähigkeit von Baustoffen dar und fließt in diverse Instrumente für die Bewertung der Nachhaltigkeit mit ein (siehe Tabelle 1: Bewertungsinstrumente für Nachhaltigkeitsaspekte auf Bauprodukte- und Gebäudeebene ). Dabei zeigt sich in der Praxis, dass die klimaspezifische Relevanz eines Baustoffs nicht allein durch dessen eingesetzte Masse bestimmt wird, sondern maßgeblich von den spezifischen Emissionen pro Kilogramm Material abhängt. Untersuchungen von Lebenszyklusbilanzen von Gebäuden (Abbildung 9: Auflistung der Habitat 2030 BIG 10 Baustoffe in den Lebenszyklusphasen A1-A3 (Herstellungsphase) nach Emissionen (CO<sub>2</sub> Äquivalente in kg pro 1m<sup>3</sup>) auf Basis von Ökobaudat 2023 (nach EN 15804+A2)) zeigen, dass insbesondere Beton aufgrund seiner hohen Einsatzmenge und energieintensiven Herstellung den größten Anteil an den gebäudebezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht. Auch Zementestriche und Bewehrungsstahl zählen zu den dominanten GWP-Treibern, da sie in großen Volumina verwendet werden und relevante Emissionsfaktoren aufweisen. Stahlprofile, wie sie vor allem im Trockenbau als Unterkonstruktion eingesetzt werden, haben ebenfalls sehr relevante GWP-Emissionen. Aber auch biogene Materialien wie Brettschichtholz weisen fossile Emissionen v.a. durch die Verleimung auf. Dem gegenüber steht jedoch oft ein Vielfaches an biogenem Speicher, sodass die Netto-Emissionen von Brettschichtholz eindeutig negativ ausfallen, betrachtet man die Phasen A1-A3.

Die größten Anteile an GWP-Emissionen in aktuell üblichen Bauweisen werden durch folgende Produktgruppen verursacht. Da Parkett, Sonnenschutz und Substrate nicht im Scope der Arbeit sind werden diese nicht behandelt und die Reihung erweitert.

1. Beton
2. Bewehrungsstahl
3. Estrich
4. Stahlprofile
5. (Kunststoff)-Fenster
6. Mineralwolle
7. Brettschichtholz
8. Parkett
9. EPS
10. Sonnenschutz
11. Substrate
12. XPS
13. Gipsplatten

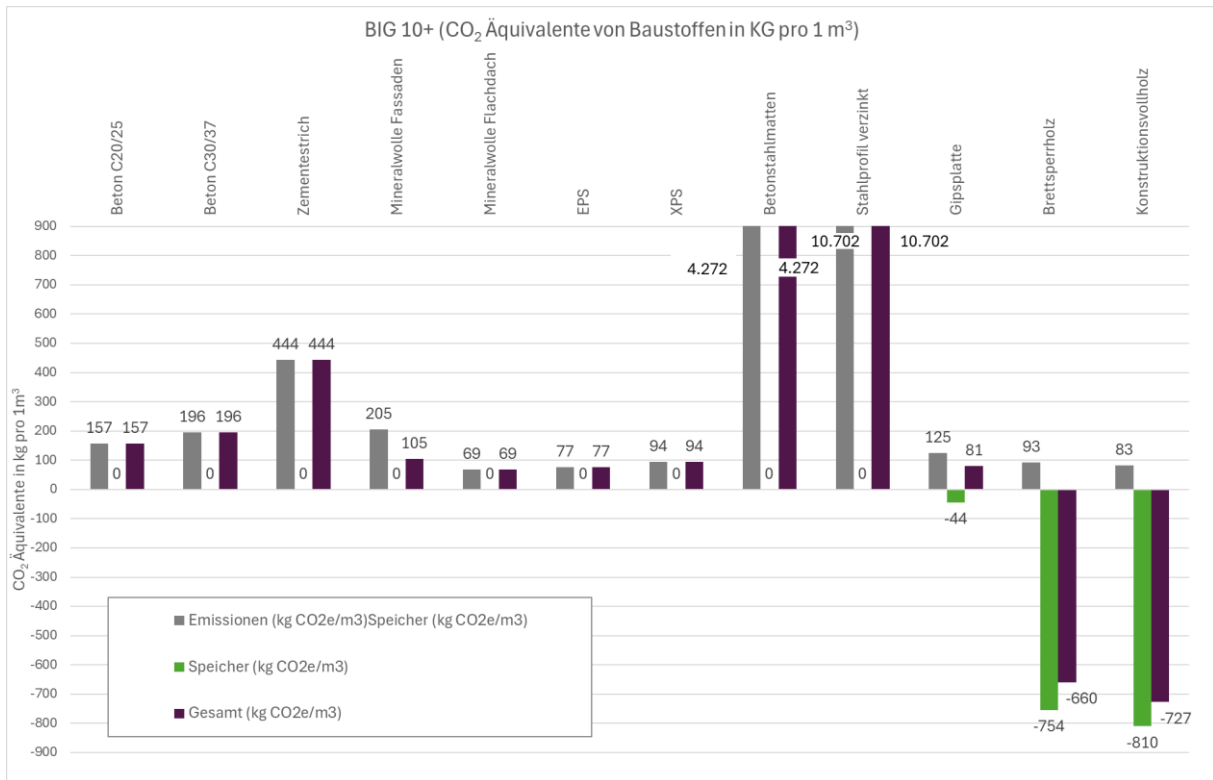


Abbildung 9: Auflistung der Habitat 2030 BIG 10 Baustoffe in den Lebenszyklusphasen A1-A3 (Herstellungsphase) nach Emissionen (CO<sub>2</sub> Äquivalente in kg pro 1m<sup>3</sup>) auf Basis von Ökobaudat 2023 (nach EN 15804+A2)

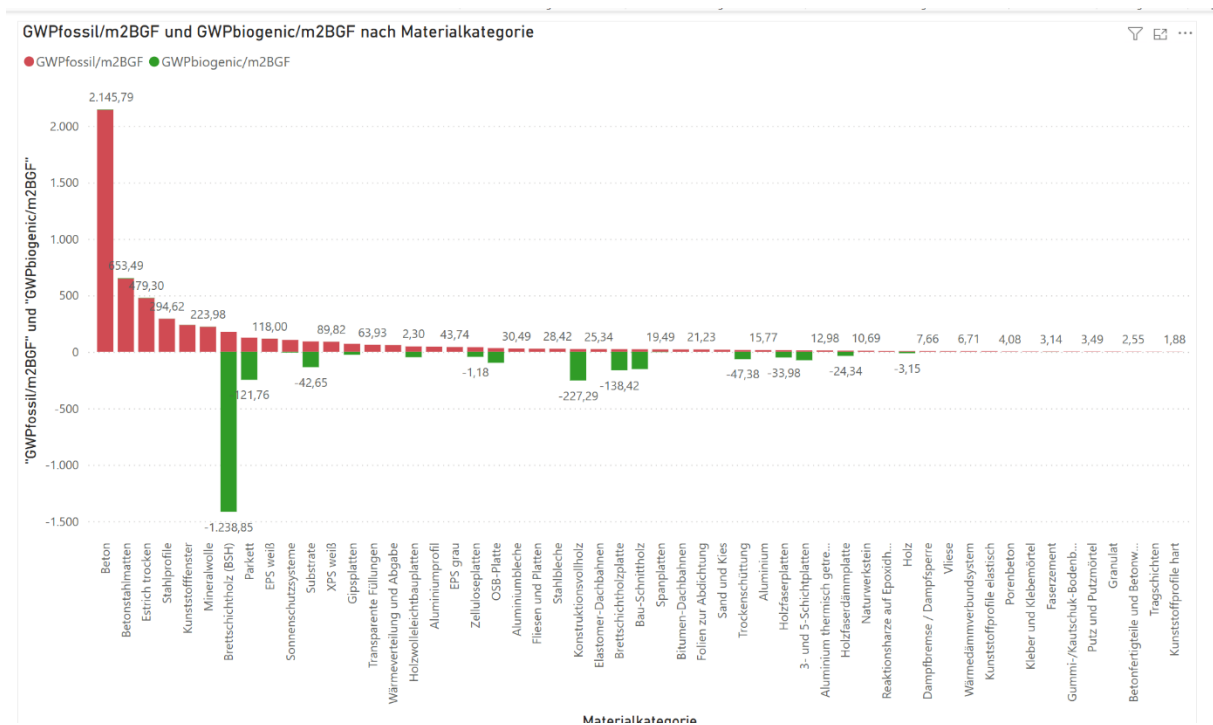


Abbildung 10: Überblick des GWP von Baustoffen basierend auf einer Auswertung von 8 Gebäuden, die mit der Lebenszyklusberechnungssoftware SCALE dokumentiert wurden (Lebenszyklusphasen A1-A3). GWP fossil (rot) und GWP biogen (grün, negativ) (Stand 24.04.2025)

Um den Einfluss von unterschiedlichen Bauteilen auf die Gesamtbilanz eines Gebäudes abzuschätzen, bietet sich ein Vergleich der Bauteilfaktoren des Gebäudes an und wird wie folgt berechnet:

$$\text{Bauteilfaktor} = \frac{m^2 \text{ Bauteil}}{m^2 \text{ Bruttogeschossfläche}}$$

Formel 1: Berechnung Bauteilfaktoren [m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>]

Bei der Analyse von acht exemplarischen Gebäuden (siehe Abbildung 11) jeweils ohne Tiefgarage, zeigt sich, dass vor allem Innenwände und Geschosßdecken hohe Bauteilfaktoren aufweisen und dementsprechend einen großen Einfluss auf die Gesamtbilanz eines Gebäudes aufweisen und daher hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Reduktion besonders betrachtet werden sollen.

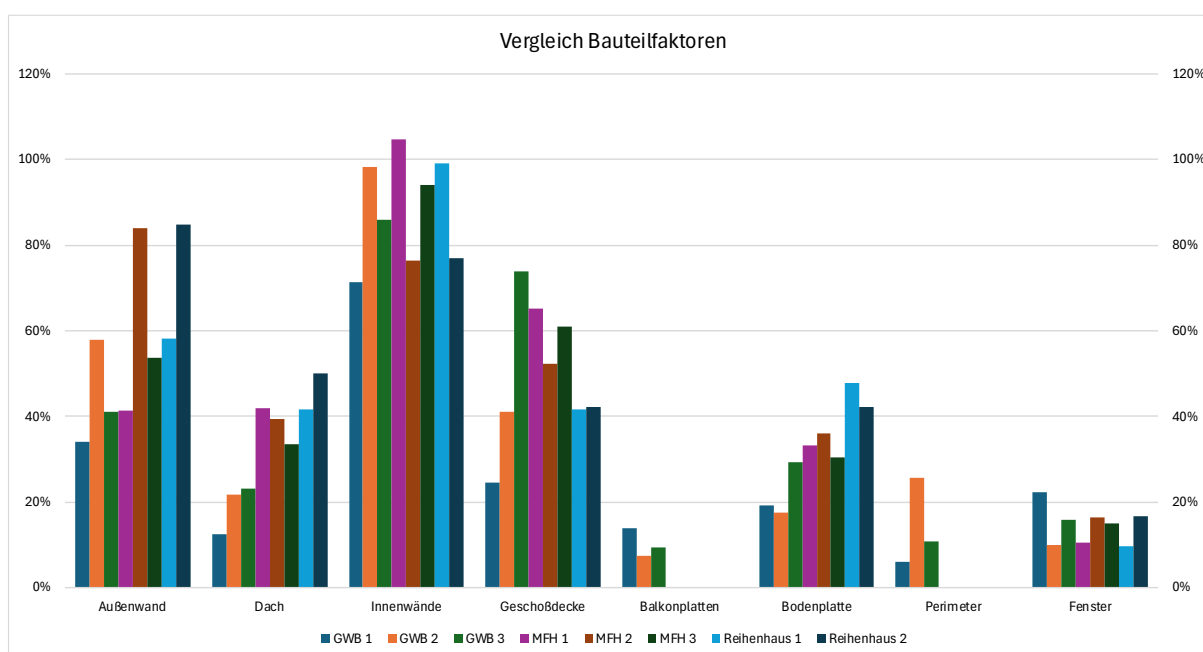


Abbildung 11: Vergleich von Bauteilfaktoren von acht exemplarischen Gebäuden berechnet nach Formel 1

Gleichzeitig können Materialien mit vergleichsweise geringen Massenanteilen – wie Putz, Dämmstoffe, Folien oder Kunststoffe – überproportional zum GWP beitragen, wenn ihre spezifischen Emissionen besonders hoch sind. Das bedeutet, dass sowohl volumenstarke Grundmaterialien als auch spezialisierte, aber emissionsintensive Komponenten bei der Bewertung berücksichtigt werden müssen.

Die Kriterienauswahl im Bereich GWP sollte daher nicht nur auf mengenmäßige Hauptkomponenten fokussieren, sondern gezielt Materialien identifizieren, die durch ihre hohe Emissionsintensität regulatorisch in den Fokus geraten könnten – etwa im Rahmen von CO<sub>2</sub>-Bepreisungen, Umweltdeklarationspflichten oder Klimaschutzanforderungen in der öffentlichen Beschaffung. Die Kombination aus stofflicher Funktion, Einsatzhäufigkeit und Emissionspotenzial ist entscheidend für die Ableitung klimabezogener regulatorischer Risiken.

Zur Einordnung des Einflusses der Wahl der Bauweise auf die Lebenszyklusbilanz von Gebäuden, werden zwei baugleiche viergeschossige Wohngebäude in mineralischer und Holzbauweise miteinander verglichen.

Bei der Analyse der Verteilung der Baustoffmassen bei mineralischer Bauweise (Abbildung 12) zeigt sich, dass Beton bzw. Stahlbeton (inkl. Bewehrung) und Zementestrich bereits ca. 93 % der gesamten Masse umfassen.

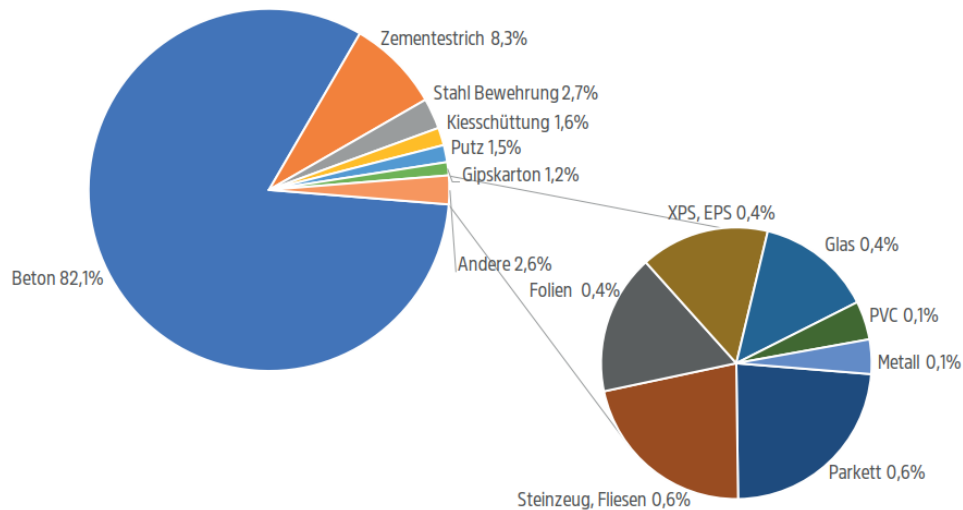


Abbildung 12: Auswertung der Baustoffmassen eines viergeschossigen Wohnbaus (exkl. Tiefgarage) in mineralischer Bauweise (Quelle: MAGK Architekten)

Eine Gegenüberstellung der Baustoffmassen (Säulen) und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Linien) in Abbildung 13 zeigen, dass jene Baustoffe mit den höchsten Massen nicht zwangsläufig auch die höchsten Emissionen aufweisen. Beton hat in dieser Gegenüberstellung das Alleinstellungsmerkmal, dass er sowohl die höchste eingesetzte Masse wie, aufgrund seiner energieintensiven Herstellung, ebenfalls die höchsten CO<sub>2</sub> Emissionen aufweist. Baustoffe wie Putze oder Folien, mit massenmäßig geringen Anteilen weisen jedoch höhere CO<sub>2</sub> Emissionen als massenmäßig einflussreichere Baustoffe wie Zementestrich oder Bewehrungsstahl auf.

Somit zeigt Abbildung 12, dass Beton den mit Abstand größten Anteil der CO<sub>2</sub> Emissionen ausmacht, gefolgt von Zementestrich und Bewehrungsstahl. Die restlichen Baustoffe machen im Gegensatz zu Beton und Zementestrich nur noch einen Bruchteil der Emissionen aus. Insgesamt weist das Gebäude in mineralischer Bauweise Emissionen in der Herstellung (Phasen A1-A3) von ca. 200 kg<sub>CO2</sub>/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> auf.

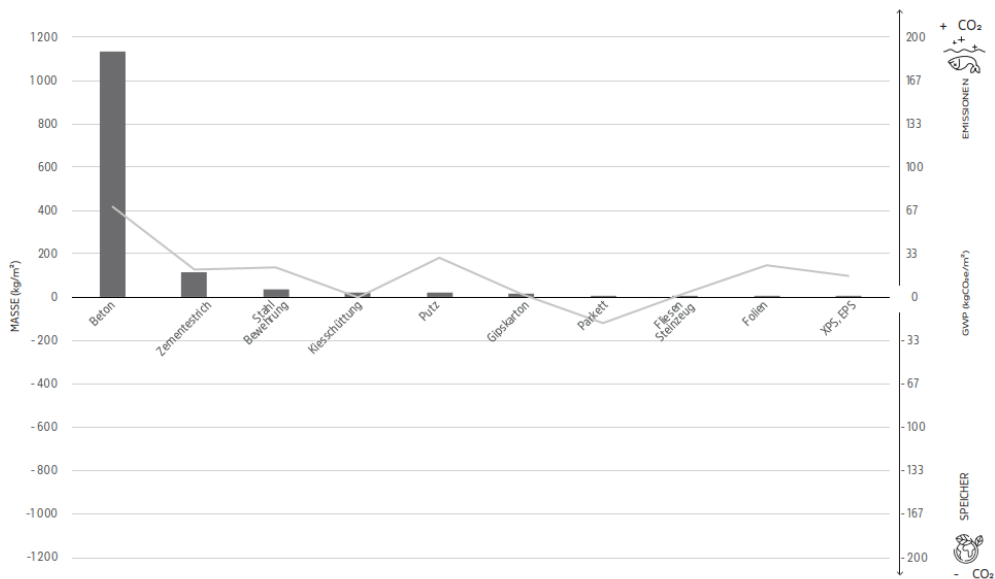


Abbildung 13: Darstellung Masse und GWP der „Big 10“ eines viergeschossigen Wohnbaus in mineralischer Bauweise (Quelle: MAGK Architekten)

Im Gegensatz zur mineralischen Bauweise zeigt sich bei der Holzbauweise ein differenziertes Bild. Die Baustoffmassen weisen eine deutlich höhere Durchmischung auf (siehe Abbildung 14), Beton inkl. Stahlbewehrung und Zementestrich weisen nur noch ca. 48 % der Masse auf. Nach den mineralischen Baustoffen weist Holz, das nun als primäre Tragkonstruktion fungiert, mit knapp 21 % den massemäßig nächst größtem Einfluss aus.

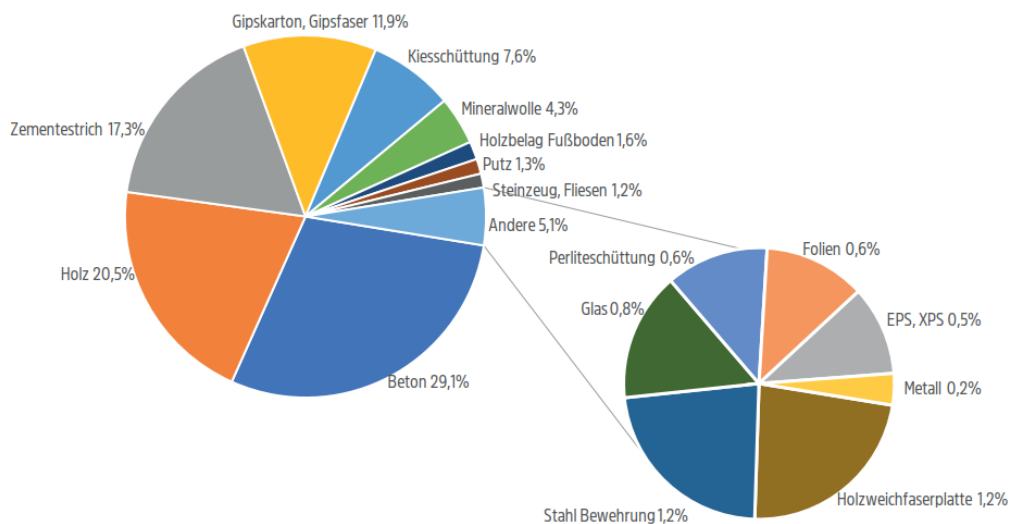


Abbildung 14: Auswertung der Baustoffmassen eines viergeschossigen Wohnbaus (exkl. Tiefgarage) in Holzbauweise (Quelle: MAGK Architekten)

Bei der Analyse der CO<sub>2</sub> Emissionen der Baustoffe bei Holzbauweise (Abbildung 15) zeigt sich ein sehr differenziertes Bild im Gegensatz zur mineralischen Bauweise. Vor allem bei dem

Baustoff Holz zeigt sich ein negativer GWP-Wert durch die Einspeicherung von CO<sub>2</sub> während der Lebensdauer des Holzes durch Photosynthese. Ebenfalls wurde Beton nur dort eingesetzt, wo es absolut notwendig ist, wie z.B. in der Gründung und dadurch konnten die CO<sub>2</sub> Emissionen signifikant reduziert werden. Durch die veränderte Bauweise kommen Baustoffe wie Mineralwolle vermehrt zum Einsatz wodurch dieser Baustoff die höchsten Emissionen aufweist.

Im Gesamtergebnis der Lebenszyklusbilanz ergeben sich für die Holzbauweise Herstellungsemissionen (A1-A3) von  $-123 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{m}^2_{\text{BGF}}$ .

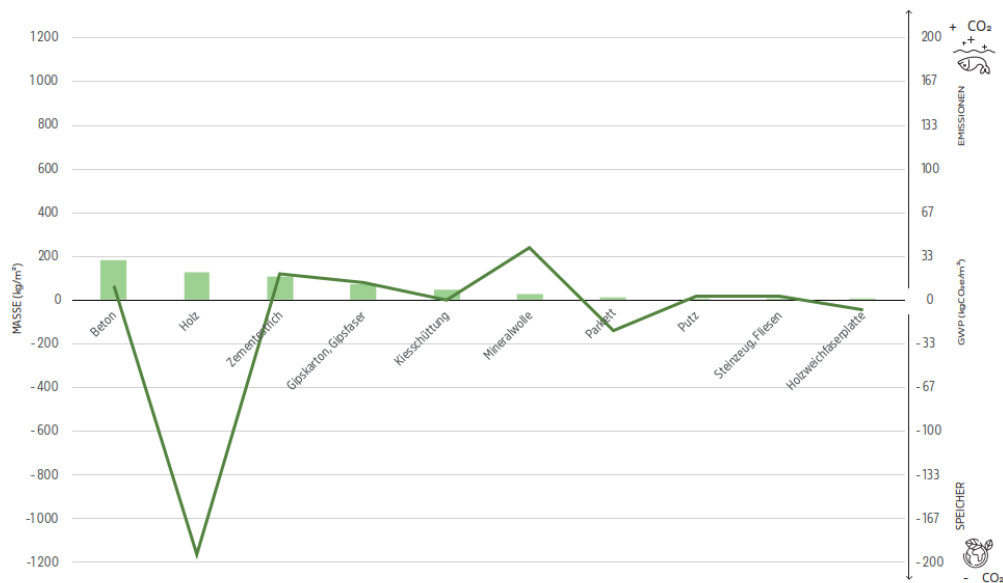


Abbildung 15: Darstellung Masse und GWP der „Big 10“ eines viergeschossigen Wohnbaus in Holzbauweise (Quelle: MAGK Architekten)

## Additive und Chemische Stoffe in Bauprodukten und Baustoffen

Während bei Beton, Stahl und anderen THG intensiven Baustoffen derzeit das Treibhausgaspotential regulatorisch im Vordergrund steht, werden bei anderen Produkten Kunststoffanteile und -sorten sowie chemische Additive von Baustoffen zunehmend stärker reguliert. Aktuelle Bauprodukte und Baustoffe enthalten oft zahlreiche bereits regulierte bzw. risikobehaftete Chemikalien, zum Teil durch gesetzliche Grenzwerte bereits eingeschränkt. Bauprodukte setzen diese Substanzen potenziell im gesamten Lebenszyklus frei. Dies reicht z.B.: von Formaldehyd und Lösemittel-VOCs aus Klebern und Farben über hormonell wirksame Weichmacher bis zu Flammschutzmitteln oder Bioziden. Dabei ist zu differenzieren in welcher Phase des Lebenszyklus unerwünschte Auswirkungen zu berücksichtigen sind. Reaktive Substanzen können die Gesundheit bei der Verarbeitung gefährden, Emissionen die Raumluftqualität in der Nutzung beeinträchtigen, Freisetzung von Stäuben oder Fasern bei Instandhaltung, Renovierung oder Rückbau problematisch werden.

Selbst vermeintlich inerte und weniger mobile Polymere, die derzeit regulatorisch als unproblematischer behandelt werden, zerfallen auf lange Sicht und bilden potenziell Mikroplastik oder setzen mobilere Abbauprodukte frei, die sich in Böden und Gewässern anreichern können.

Die Schäden solcher Stoffe wurden in der Vergangenheit oft unterschätzt oder unzureichend bewertet: Klassische Beispiele sind Asbest und HBCD (Hexabromcyclododecan). Asbest wurde jahrzehntelang für Isolierung und Brandschutz in Gebäuden eingesetzt – bis ab den 1970er Jahren seine krebserregende Wirkung (Lungenkrebs, Mesotheliom) nachgewiesen wurde. Erst spät wurde entsprechend reagiert: In Deutschland ist Asbest seit 1993, in der gesamten EU erst seit 2005 vollständig verboten. Ähnlich verhielt es sich bei HBCD, einem bromierten Flammenschutzmittel für Polystyrol-Dämmstoffe. HBCD erwies sich als hochpersistent und bioakkumulierend und ist toxisch gegenüber Wasserorganismen. Auf diesen Erkenntnissen basierend wurde HBCD als besonders besorgniserregender Stoff gelistet und schließlich über die Stockholmer Konvention als persistenter organischer Schadstoff verboten; findet sich aber in vielen bestehenden Dämmungen. Solche Beispiele verdeutlichen: Chemikalien, die heute verwendet werden, können sich nach Jahrzehnten als riskant erweisen – was die Dringlichkeit eines vorsorgenden Chemikalienmanagements unterstreicht.

In der EU werden viele potenzielle Schadstoffe in Bauprodukten jetzt bereits strenger reguliert als in vielen anderen Regionen, allerdings wird sich die Vorgehensweise weiter zu einem ausgeprägterem Vorsorgeprinzip verschieben, da gerade Gebäude und Bauprodukte mit ihren langen Lebenszyklen hier besondere Anforderungen haben. PFAS-Verbindungen („Ewigkeitschemikalien“) in Imprägnierungen und Dichtstoffen stehen zum Beispiel als eine der ersten Chemikaliengruppen als Ganzes auf dem Prüfstand: Sie sind kaum abbaubar und wirken teils gesundheitsschädlich, teils sind die Auswirkungen noch nicht bekannt. In vielen Bereichen – bei Beschichtungen, Dämmungen oder Kunststoffen – erzwingt bereits die EU-Restriktion oder Aufnahme in die SVHC-Liste eine Substitution durch ungefährlichere Alternativen. Dem Vorsorgeprinzip folgend bieten Umweltkennzeichnungen von Produkten (z.B. österreichisches Umweltzeichen, natureplus) aber auch die Anforderungen der öffentlichen Beschaffung (naBe, Ökobau-Kriterien) oder von Gebäudebewertungen (klimaaktiv) Orientierung für die Auswahl gesundheits- und umweltfreundlicherer Bauprodukte.

Neben dem regulatorischen Druck wachsen auch ohne Gesetze die Anforderungen. Durch negative Beispiele aus der Vergangenheit haben chemische Additive ein schlechtes Image, trotz der möglichen Performancegewinne, die sie unbestritten leisten. Insgesamt besteht ein zunehmendes Bewusstsein, dass eine ganzheitliche Nachhaltigkeit im Bau auch die Vermeidung von Gesundheitsrisiken durch Baustoffchemie einschließt. EU-Strategien wie das Ziel einer „toxic-free environment“ verknüpfen inzwischen Klimaschutz mit Chemikalienvorsorge.

Diese Entwicklungen machen es notwendig gefährliche Substanzgruppen in Bauprodukten früh zu identifizieren und durch weniger schädliche Alternativen zu ersetzen. Auch hier lassen sich Materialien und Stoffgruppen eingrenzen, die aufgrund ihrer human- und umwelttoxikologischen Wirkungen im Fokus der Substitutionsbemühungen sind. Tabelle 1 und 2 zeigen eine Auswahl von Additiven und chemischen Substanzen die regulatorisch in der Vergangenheit und aktuell stark betroffen sind.

## Kritische Substanzen und chemische Stoffgruppen

Die Reihung stellt keine Priorisierung dar. Die Gruppen sollen einerseits nach ihrer Funktion und dem regulatorischen Umfeld behandelt werden

Substanzklasse	Funktion	Grund für Regulierung	Regulatorischer Status (EU)
Phthalate (z. B. DEHP, DBP)	Weichmacher vor allem für PVC und andere Polymere zur Verbesserung der Flexibilität	<p><b>Reproduktionstoxisch</b> (kann Fruchtbarkeit und Entwicklung beeinträchtigen).</p> <p><b>Endokrine Disruptoren</b> (beeinflussen das Hormonsystem).</p> <p><b>Halbflüchtig</b>; können aus Kunststoffen migrieren, was zu menschlicher Exposition und Umweltbelastung führt (v.a. Niedermolekulare Weichmacher)</p>	Mehrere Phthalate (DEHP, DBP, BBP, DIBP) stehen aufgrund ihrer Einstufung als besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC – reproduktionstoxisch und hormonell wirksam) auf Anhang XIV der REACH-Verordnung (Zulassungspflicht). Ihre Verwendung in der EU erfordert eine Zulassung. Zudem sind sie gemäß Anhang XVII in allen Verbraucherprodukten mit >0,1 % Weichmachergehalt seit 2019 beschränkt, um die Exposition zu minimieren.
Halogenierte Flammschutzmittel (z. B. HBCDD, PBDEs, SCCPs u. MCCPs)	Flammschutzmittel	<p><b>Persistenz, Bioakkumulation, Toxizität:</b> Viele bromierte Flammschutzmittel (z. B. PBDEs, HBCDD) und einige chlorierte zersetzen sich nur sehr langsam und reichern sich in der Nahrungskette an, was zu einer langfristigen Belastung von Mensch und Tier führt.</p> <p><b>Hormonelle Störungen &amp; neurotoxische Entwicklungseffekte:</b> PBDEs stehen im Verdacht, die Schilddrüsenfunktion zu stören und bei Kindern zu Entwicklungsstörungen wie verminderter Intelligenz und Verhaltensveränderungen beizutragen.</p> <p><b>Krebserregend:</b> Einige Stoffe (z. B. TCEP, ein chloriertes Flammschutzmittel, und bestimmte PBDEs) gelten als krebserregend oder stehen im Verdacht, Krebs zu verursachen. Viele Flammschutzmittel zeigen zudem Leber- oder Schilddrüsentoxizität in Tierversuchen.</p> <p><b>Umweltpersistenz:</b> Weltweit nachgewiesen – von der Arktis bis hin zu Hausstaub; sie können über große Entfernungen transportiert werden.</p>	Stark reguliert. HBCDD ist verboten (Anhang XIV REACH; Verwendung in EPS/XPS-Dämmung seit 2015 eingestellt); Penta- und Octa-BDE seit Mitte der 2000er Jahre verboten (Stockholm-Konvention über persistente organische Schadstoffe – POPs). Deca-BDE wurde später ebenfalls als POP gelistet (Verbot in der EU ca. 2019). TBBPA (vor allem in Elektronik) steht unter Beobachtung (wurde im Rahmen der RoHS-Richtlinie diskutiert, aber bisher nicht verboten). MCCPs (mittelkettige Chlorparaffine) sind als SVHC eingestuft; ein Beschränkungsvorschlag unter REACH ist in Vorbereitung.

PFAS (z. B. PFOA, PFOS, PFHxA)	Repellent, Flammschutz	<p><b>Umweltpersistenz:</b> PFAS gelten als „ewige Chemikalien“, da sie extrem inert sind und sich kaum in der Umwelt abbauen – sie reichern sich in Böden, Gewässern und Organismen weltweit an.</p> <p><b>Bioakkumulation &amp; Gesundheitsrisiken:</b> Einige PFAS (z. B. PFOA, PFOS) sind stark bioakkumulierbar und wurden mit Gesundheitsproblemen wie Lebertoxizität, Krebs, hormonellen Störungen und Beeinträchtigungen des Immunsystems in Verbindung gebracht.</p>	PFOA und PFOS sind gemäß Stockholm-Konvention verboten. Die EU arbeitet an einer umfassenden PFAS-Beschränkung (REACH), die Tausende Substanzen betreffen könnte – mit Ausnahmen für „essenzielle Anwendungen“. PFHxA, PFBS und weitere Substanzen sind ebenfalls als SVHC gelistet oder in Beschränkungs Vorbereitung.
Diisocyanate (z. B. MDI, TDI)	Reaktive Komponenten (Monomere) zur Herstellung von Polyurethanen – sowohl für harte als auch flexible Schäume, Beschichtungen und Klebstoffe. Sie reagieren zu einem Polymer, können aber während der Verarbeitung oder bei unvollständiger Aushärtung als Rückstände auftreten.	<p><b>Atemwegssensibilisatoren:</b> Eine der Hauptursachen für beruflich bedingtes Asthma in der EU. Die Exposition gegenüber Diisocyanaten (Einatmen von Dämpfen oder Aerosolen) kann Asthma, Lungenschäden und Hautsensibilisierung auslösen. Sensibilisierte Personen reagieren bereits auf geringste Mengen mit schweren allergischen Reaktionen. MDI ist weniger flüchtig, aber beim Sprühen trotzdem gefährlich; TDI ist flüchtig und toxisch (eingestuft als Carc. 2 – vermutlich krebserregend – und Repr. 2 – möglicherweise fortpflanzungsgefährdend).</p> <p><b>Umweltauswirkungen:</b> Diisocyanate reagieren schnell und binden sich an Oberflächen, daher sind sie nicht persistent. Unreagierte Substanzen sind jedoch aquatisch toxisch.</p>	Neue REACH-Beschränkung (Anhang XVII) – seit August 2023 ist für jede gewerbliche oder industrielle Verwendung von Diisocyanaten (>0,1 %) eine verpflichtende Schulung und Zertifizierung vorgeschrieben, um Arbeiter zu schützen. Es gelten Arbeitsplatzgrenzwerte (z. B. 6 µg NCO/m³). Ziel der Regelung ist es, Asthmafälle zu reduzieren, nicht die Anwendung vollständig zu verbieten (für viele PU-Anwendungen gibt es derzeit keine umfassenden Ersatzstoffe)
Formaldehyd / Formaldehyd freisetzende Substanzen	Bestandteil von Bindemitteln und Klebstoffen (in Harzsystemen) sowie als Konservierungsmittel. Harnstoff-Formaldehyd- (UF) und Phenol-Formaldehydharze (PF) werden häufig als Leim in Holzwerkstoffen eingesetzt. Außerdem werden Formaldehydabspalter als Biozide in Farben, Beschichtungen und Dämmstoffen verwendet.	Formaldehyd ist laut IARC in Gruppe 1 eingestuft – bei längerer Exposition kann es Nasenrachenkrebs und Leukämie verursachen. Kurzfristig reizt es Augen, Nase, Rachen und kann asthmaphähnliche Symptome hervorrufen. Es kann aus Produkten ausgasen und beeinträchtigt die Innenraumluftqualität. Chronische Niedrigdosisexposition wird mit Kopfschmerzen und Atemwegsproblemen in Verbindung gebracht. In der EU ist Formaldehyd als Karzinogen der Kategorie 1B eingestuft. <p><b>Umweltverhalten:</b> Formaldehyd wird in Luft und Wasser relativ schnell abgebaut, ist jedoch in Innenräumen besonders relevant.</p>	Emissionen aus Produkten sind reguliert – ein neuer Grenzwert in REACH Anhang XVII (ab 2026) schreibt vor, dass Holzprodukte ≤ 0,062 mg/m³ (Prüfkammermessung) ausgasen dürfen, entsprechend der Emissionsklasse E1. Formaldehyd steht auf der EU-Krebsstoffliste. Viele EU-Staaten hatten bereits eigene Emissionsstandards, die nun vereinheitlicht wurden. Deutschland hatte seit den 1980ern hohe Formaldehydemissionen aus Dämmstoffen verboten und Holzprodukte streng reguliert.)

<p>Isothiazolinone (z. B. MIT, BIT)</p>	<p>Konservierungsmittel für wasserbasierte Produkte – werden Farben, Beschichtungen, Klebstoffen und Dichtstoffen zugesetzt, um mikrobiellen Befall während der Lagerung zu verhindern (Schutz im Gebinde)</p>	<p><b>Hautsensibilisatoren (Allergene):</b> Isothiazolinone sind starke Kontaktallergene. Besonders MIT gilt mittlerweile als „extrem allergen“ – bereits sehr geringe Konzentrationen können allergische Kontaktdermatitis auslösen.  <b>Reizwirkung:</b> Auch bei nicht-allergischen Personen können Isothiazolinone bei höherer Exposition Haut-, Augen- und Atemwegsreizungen verursachen.  <b>Aquatische Toxizität:</b> Diese Biozide sind giftig für Wasserorganismen – da sie Mikroben abtöten sollen –, was Umweltprobleme aufwirft, z. B. wenn Werkzeuge in Ausgüsse ausgewaschen werden.</p>	<p>Isothiazolinone sind gemäß Biozidprodukte-Verordnung (BPR) geregelt – bestimmte wie CMIT/MIT (im Verhältnis 3:1) sind mit Konzentrationsgrenzen zugelassen. Aufgrund der Allergiewelle plant die EU eine stärkere Einschränkung von MIT in Verbraucherfarben: Es laufen Diskussionen über Höchstkonzentrationen oder Verbote in bestimmten Anwendungen. Mischungen mit &gt;15 ppm MIT müssen bereits einen Allergenhinweis tragen, und niedrigere sichere Grenzwerte werden geprüft. Einige Mitgliedsstaaten fordern ein Verbot von MIT in Innenfarben für Privatkunden (Stand 2025: „Beschränkung in Vorbereitung“)</p>
<p>Phosphatester (z. B. TCEP, TCPP)</p>	<p>Flammschutzmittel in Schäumen, Kunststoffen und Textilien – häufig eingesetzt als Ersatzstoffe für verbotene PBDEs. Diese Additive werden z. B. Polyurethan, Polystyrol usw. beigemischt, um Brandschutznormen zu erfüllen.</p>	<p><b>Karzinogen &amp; reproduktionstoxisch (bei bestimmten Substanzen):</b> TCEP (Tris(2-chlorethyl)phosphat) gilt als möglicherweise krebserregend für den Menschen und ist als Repr. 1B (reproduktionstoxisch) eingestuft – verursacht Entwicklungsstörungen bei Tieren. TCPP (Tris(1-chlor-2-propyl)phosphat) führte in Tierversuchen zu Tumoren (eingestuft als Carc. 2).  <b>Mögliche Neurotoxizität:</b> Einige Studien deuten darauf hin, dass bestimmte organophosphorische Flammschutzmittel die neurologische Entwicklung beeinträchtigen können (sie sind strukturell mit Nervengiften verwandt, jedoch deutlich weniger wirksam).  <b>Umweltrisiken:</b> Im Allgemeinen weniger persistent als PBDEs, können aber dennoch aus Schäumen in Staub und Wasser übergehen. Einige Substanzen (z. B. TPP) sind aquatisch toxisch.</p>	<p>TCEP: Annex XIV, andere in SVHC/CLP</p>
<p>Melamin</p>	<p>duroplastische Harzsysteme, die in Hochdrucklaminaten, Oberflächenbeschichtungen und als Bindemittel in Holzwerkstoffen verwendet werden (oft in Kombination mit Harnstoff-Formaldehyd zur Verbesserung der Feuchtebeständigkeit). Melamin ist dabei ein Grundbaustein dieser Harze.</p>	<p>Melamin gilt als möglicherweise krebserregend und potenzieller endokriner Disruptor. Es wurde 2022 als besonders besorgniserregender Stoff (SVHC) in die REACH-Kandidatenliste aufgenommen – aufgrund „wahrscheinlich schwerwiegender Auswirkungen“ auf Gesundheit und Umwelt. In Tierversuchen führten hohe Dosen zu Blasensteinen und Krebs; beim Menschen wird Melamin (aus anderen Quellen) mit Nierenschäden in Verbindung</p>	<p>Melamin wurde 2022 in die REACH-SVHC-Kandidatenliste aufgenommen (wegen seiner Abbauprodukte und toxikologischen Bedenken). Ein vollständiges Verbot gibt es derzeit nicht, aber der Einsatz in Lebensmittelkontaktmaterialien wird überwacht (Migrationsgrenzwerte in Kunststoffen). Melaminharze sind nicht verboten, der Fokus liegt auf der Kontrolle von Formaldehydemissionen und der Belastung von Abwässern mit Melamin.</p>

	Melamin wird als Monomer in Bauprodukten auch als stickstoffbasiertes Flammenschutzmittel eingesetzt	gebracht. <b>Umweltverhalten:</b> Melamin ist in Wasser persistent und wirkt in hohen Konzentrationen toxisch auf Wasserorganismen.	
Bisphenole (z. B. BPA, BPS)	Monomere und Additive in Polymerharzen. BPA wird als Härter in Epoxidharzen und zur Herstellung von Polycarbonatkunststoffen verwendet	<b>Endokrine Disruptoren:</b> BPA und einige Analoge wirken wie Hormone (z. B. Östrogen) und können das Fortpflanzungs- und Stoffwechselsystem beeinflussen. <b>Reproduktionstoxisch:</b> BPA ist als fortpflanzungsgefährdend eingestuft (kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen). <b>Umweltpersistenz und Toxizität für Wasserorganismen:</b> BPA zersetzt sich schlecht und wirkt schädlich auf aquatische Ökosysteme.	Bisphenol A (BPA) steht seit 2017 als besonders besorgniserregender Stoff (SVHC) auf der REACH-Kandidatenliste wegen hormoneller und reproduktionstoxischer Wirkungen. Einzelne Verwendungen sind eingeschränkt: BPA ist in Thermopapier verboten und ab 2025 in der EU vollständig in Lebensmittelkontaktmaterialien untersagt. BPS (ein häufiger Ersatzstoff) wurde 2023 ebenfalls wegen ähnlicher Bedenken als SVHC eingestuft.
Borate (z. B. Borsäure)	Flammenschutzmittel und Holzschutzmittel (Fungizid/Insektizid). Borate setzen beim Erhitzen Wasser frei, was die Feuerbeständigkeit verbessert, und sind giftig für holzerstörende Organismen.	<b>Reproduktionstoxizität:</b> Borsäure und Borate sind in der EU als Repr. 1B eingestuft (können Fruchtbarkeit und ungeborene Kinder schädigen), basierend auf Tierversuchen. Daher sind sie seit 2010–2011 auf der SVHC-Kandidatenliste. <b>Ökotoxizität:</b> Hohe Konzentrationen können aquatische Organismen schädigen. Bor ist jedoch ein natürlich vorkommendes Element, und geringe Expositionen gelten als weniger bedenklich als bei synthetischen organischen Stoffen.	Borsäure, Borax und Boroxid wurden 2010–2011 aufgrund ihrer Reproduktionstoxizität in die SVHC-Kandidatenliste aufgenommen. Sie sind nicht verboten, aber Produkte, die Schwellenwerte überschreiten, müssen gemäß REACH kommuniziert werden. In der Biozidprodukte-Verordnung (BPR) sind Borverbindungen weiterhin für den Holzschutz erlaubt, jedoch mit Gefahrenkennzeichnung und Anwendungshinweisen. Einige EU-Staaten geben zusätzliche Empfehlungen zur Begrenzung der Verwendung in verbrauchernahen Produkten (v. a. wegen möglicher Exposition von Kindern)
Kobalt - Carboxylate	Sikkative (Trockner) Kobaltverbindungen werden vor allem in Ölen zur Oberflächenbehandlung vereinzelt eingesetzt.	<b>Reproduktionstoxisch</b> Eine Gefährdung ist beim Auftragen (z.B. Sprühen) oder Abschleifen von Altbeschichtungen durch Einatmen des Staubes möglich.	Co-Verbindungen sind tw. als CMR-Stoffe eingestuft bzw. in die SVHC-Kandidatenliste aufgenommen. Für einzelne Verbindungen gelten Arbeitsplatz- bezogene Expositionsgrenzwerte
Polyvinylchlorid (PVC)	Thermoplastischer Kunststoff, der im Bauwesen aufgrund seiner Haltbarkeit, Flexibilität (mit Weichmachern) und Feuerbeständigkeit (durch den Chlorgehalt) weit verbreitet ist	<b>Toxizität durch Zusatzstoffe:</b> PVC-Produkte können schädliche Zusatzstoffe enthalten (Phthalate, Blei, Cadmium, Organozinnverbindungen). Historisches (Legacy-)PVC hat Blei und Phthalate in die Umwelt freigesetzt (z. B. aus Deponien oder durch den Zerfall zu Mikroplastik). Diese Zusätze bergen Risiken wie hormonelle Störungen, Neurotoxizität usw. (siehe entsprechende Stoffeinträge).	zunehmender Regulierungsdruck auf PVC aufgrund von Additivrisiken und Umweltbelastungen. Eine ECHA-Studie von 2023 kam zu dem Schluss, dass „sofortige Maßnahmen“ erforderlich sind, um die Gesundheits- und Umweltauswirkungen von PVC zu reduzieren. Es wurden sichere Alternativen identifiziert, und ein Verbot oder Ausstieg bis 2030 wird empfohlen. Die EU „Restrictions Roadmap“

		<p><b>Chlorgehalt:</b> Beim Verbrennen (z. B. bei Bränden oder Müllverbrennung) kann PVC Dioxine und Salzsäure freisetzen. Dioxine sind hochtoxische persistente organische Schadstoffe (POPs). Unkontrolliertes Verbrennen oder Brände in Gebäuden können so gefährliche Schadstoffe freisetzen.</p> <p><b>Mikroplastik:</b> Grundsätzlich ist das ein Problem für alle Kunststoffe, auch von PVC. PVC ist langlebig und kann über Jahrzehnte fragmentieren. Bauabfälle oder verschlissene Produkte (z. B. Rohre, Bodenbeläge) tragen zur Mikroplastikbelastung bei.</p> <p><b>End-of-Life-Problematik:</b> PVC zu recyceln wird für Fensterprofile und Bodenbeläge seit Jahren entwickelt, die Rücklaufquoten sind gering. – gemischte Kunststoffabfälle verursachen Verunreinigungen, und toxische legacy Additive erschweren das Recycling. Hier gibt es derzeit Ausnahmen für Grenzwerte von Blei-Stabilisatoren</p>	<p>listet PVC und seine Additive als prioritäre Gruppe für mögliche Beschränkungen. Einzelne Additive (z. B. Blei, bestimmte Phthalate) sind bereits verboten. Einige Mitgliedsstaaten fördern PVC-freies Bauen im öffentlichen Sektor.</p>
Polyurethan (PUR/PIR)	<p>Dämmstoffschaum sowie Kleb- und Dichtstoff. PUR ist vielseitig: Es wird als Hartschaumplatte, Spritzdämmung, Kleber, Beschichtung und Montageschaum (z. B. 1K-Schaum) verwendet. PIR ist eine Variante für Dämmplatten mit höherer thermischer Stabilität.</p>	<p><b>Isocyanat-Toxizität:</b> Wie unter „Diisocyanate“ beschrieben, können die Ausgangsstoffe (MDI, TDI) Asthma und Sensibilisierung bei Verarbeitern verursachen. Bei der Verarbeitung von Spritzschaum oder Mischungen vor Ort besteht Expositionsgefahr.</p> <p><b>Flammschutzmittel:</b> PUR-/PIR-Schäume enthalten häufig Flammschutzmittel zur Erfüllung der Brandschutzvorschriften – darunter problematische Stoffe wie TCPP (oft in PUR-Schaum). Ohne spezielle „Low-Smoke“-Formulierungen bringt PUR damit chemische Risiken durch FRs mit sich.</p> <p><b>Brandverhalten:</b> Bei Feuer verbrennt PUR unter starker Rauchentwicklung und setzt giftige Gase wie Blausäure (HCN) und Kohlenmonoxid (CO) frei. Dies ist ein wesentliches Thema des baulichen Brandschutzes, das durch geeignete Brandschutzschichten entschärft werden kann.</p> <p><b>Nicht gut recycelbar:</b> Die meisten PU-Schäume sind Duroplaste und lassen sich nicht einschmelzen oder recyceln. Am Lebensende werden sie meist</p>	<p>Die neue Schulungspflicht für Diisocyanate (ab 2023) regelt faktisch die Verwendung von Polyurethan durch sicheres Handling. Ein Verbot von PU besteht nicht, aber die Arbeitsschutz- und Brandschutznormen entwickeln sich weiter – z. B. nach dem <b>Grenfell-Tower-Brand</b> in Großbritannien, der die Entflammbarkeit von Dämmstoffen wie PIR in den Fokus rückte. In manchen Ländern ist deren Einsatz an Hochhäusern nun eingeschränkt. Umweltregulierung erfolgt eher indirekt – z. B. könnten PUR-Produkte von einem möglichen PFAS-Verbot betroffen sein, wenn fluorierte Tenside bei der Herstellung verwendet werden.</p>

		deponiert (teilw. i. d. EU, nicht in Österreich) oder verbrannt (Österreich)	
Polystyrol (EPS/XPS)	Dämmstoff	<p>Historisch wurde HBCD als Flammschutzmittel verwendet (inzwischen verboten), das sehr persistent und toxisch war. Moderne EPS-Produkte enthalten ein alternatives Flammschutzmittel, doch EPS selbst trägt erheblich zur Mikroplastikverschmutzung im Bausektor bei – es zerfällt zu Granulat bzw. fällt Staub durch Zuschnitt an. Als Abfall in Deponien oder in der Umwelt zersetzt sich EPS durch UV-Licht. Recycling ist schwierig - viel EPS wird deponiert (teilw. i. d. EU) oder verbrannt (Österreich).</p> <p><b>Gesundheit:</b> Styrol (Restmonomer im Schaum) gilt als möglicherweise krebserregend. Bei der Verarbeitung von Polystyrolprodukten mit Heißdrahtschneidern können Styrolämpfe eingeatmet werden. Bei Bränden können styrolhaltige Gase entstehen.</p>	<p>HBCD in Polystyrol wurde gemäß Stockholmer Konvention 2015 verboten. EPS/XPS verwenden nun alternative polymerbasierte Flammschutzmittel. Polystyrol steht im Rahmen der EU-Kunststoffstrategie unter Beobachtung – kein direktes Verbot, aber Einwegverpackungen aus EPS werden gezielt reduziert. Ziel: 30 % weniger Mikroplastikfreisetzung bis 2030. Einige EU-Länder haben Rücknahme- oder Recyclingsysteme für EPS-Dämmstoffe.</p>
<p>Mikroplastik Keine einzelne Substanz, sondern Fragmente unter 5 mm, die durch den Abbau von Plastik entstehen (einschließlich solcher aus dem Bausektor)</p>	<p>Unbeabsichtigtes Nebenprodukt des Materialabbaus – im Bauwesen entsteht es durch Freisetzung auf der Baustelle (Schneiden, Schütten) Verwitterung von Kunststoffen, Dichtstoffen, Farben (abblätternde Farbsplitter), Kunstrasen usw.</p>	<p><b>Umweltpersistenz:</b> Mikroplastik ist in der Regel nicht biologisch abbaubar und kann über Jahrhunderte bestehen bleiben. Es sammelt sich in Böden und Sedimenten an. Mikroplastik wurde weltweit nachgewiesen – von den Ozeanen bis zu Berggipfeln sowie in allen Organismen.</p>	<p><b>EU:</b> Die EU hat 2023 im Rahmen der REACH-Verordnung eine Beschränkung für absichtlich zugesetztes Mikroplastik in Produkten verabschiedet, was langfristig u.a. Mikroperlen in Farben und Mischungen verbieten sollte. Diese sind derzeit aber noch nicht eingeschränkt. Die Einschränkung betrifft außerdem auch kein sekundäres Mikroplastik durch Abnutzung. Die EU untersucht aktiv Quellen – Farben und Beschichtungen gelten als Hauptverursacher von Mikroplastikverschmutzung. Industrieemissionsvorgaben könnten künftig Maßnahmen zur Erfassung von Farbstaub oder Mikroplastik vorschreiben. Die Europäische Kommission hat zudem Maßnahmen gegen Pelletverluste (bei der Kunststoffproduktion) vorgeschlagen. Insgesamt ist Mikroplastik ein prioritäres Thema der EU-Kunststoffstrategie, wobei der Bausektor als ein zu regulierender Bereich gilt.</p>

## Anwendung in Baustoffen und Alternativen

Substanzklasse	Verwendung in Bauprodukten	Alternativen/Lösungsansätze	Substituierbarkeit
<b>Additive</b>			
Phthalate (z. B. DEHP, DBP)	PVC-Böden, Kabelisolierungen, Dichtstoffe, Kleber	<b>Phthalatfreie Weichmacher:</b> z. B. Citratesäureester, Adipate, Terephthalate (DOTP) und epoxidierte Pflanzenöle mit geringerer Toxizität. <b>PVC-freie Materialien:</b> Verwendung alternativer Polymere (PE, PP, Gummi) oder Materialien, die keine Phthalate benötigen.	Viele Phthalate wurden im europäischen Bausektor in den letzten zehn Jahren ersetzt. Austauschbare Weichmacher-Alternativen sind verfügbar (mit teils leichten Leistungseinbußen), daher ist die technische Substitution unkompliziert. Die verbleibenden Herausforderungen liegen in den Kosten und der langfristigen Sicherheitsbewertung der Ersatzstoffe.
Halogenierte Flammenschutzmittel (z. B. HBCDD, PBDEs, MCCPs)	Dämmstoffe: Polystyrol-Dämmplatten (EPS/XPS) enthielten früher HBCD; PU-Schäume enthalten oft Flammenschutzmittelzusätze. Elektronik & Kabel: PBDEs, TBBPA in Kabelisolierungen, Leiterplatten usw. Farben, Beschichtungen, Dichtstoffe: Teilweise bromierte Additive für Flammenschutz. Textilien: Vorhänge, Teppiche oder Wandverkleidungen (z. B. in öffentlichen Gebäuden) enthalten zur Einhaltung von Brandschutzvorschriften häufig bromierte oder chlorierte Flammenschutzmittel.	<b>Halogenfreie Flammenschutzmittel:</b> z. B. Aluminiumhydroxid, Magnesiumhydroxid (in Polymerverbundstoffen); organophosphor-basierte FRs (Phosphatester, DOPO usw.) sowie stickstoffbasierte Flammenschutzmittel. Diese weisen in der Regel geringere Bioakkumulationspotenziale auf. <b>Polymergebundene Flammenschutzmittel:</b> Für Polystyrol-Dämmstoffe wurde ein großmolekulares, bromiertes Flammenschutzmittel entwickelt, um HBCD zu ersetzen; aufgrund der Molekülgröße ist die Bioverfügbarkeit reduziert (auch wenn es weiterhin bromiert ist). <b>Materialsubstitution/-gestaltung:</b> Einsatz von von Natur aus schwer entflammaren Materialien (z. B. Mineralwolle oder Glasfaserdämmung benötigen keine Flammenschutzmittel; Metall oder behandeltes Holz kann FR-behandelte Kunststoffe ersetzen)	Alternativen können die Anforderungen an die Flammenausbreitung oft erfüllen, benötigen jedoch teilweise höhere Einsatzmengen oder beeinträchtigen die Materialeigenschaften (z. B. durch reduzierte Festigkeit bei mehr Füllstoff). Die Nachrüstung neuer Flammenschutzmittel in bestehende Polymerrezepturen erfordert oft eine Neuzertifizierung und teurere Inhaltsstoffe. Dennoch wurden viele halogenierte FRs erfolgreich in Dämmstoffen und Elektronik ersetzt; Herausforderungen bestehen noch in Spezialanwendungen, bei denen halogenierte FRs besonders effektiv oder bereits in Altmaterialien vorhanden sind.
PFAS (z. B. PFOA, PFOS, PFHxA)	Imprägnierungen und Versiegelungen von Fassaden, Beton, Holz oder Bodenbelägen (z. B. Fluorpolymerbeschichtungen),	<b>PFAS-freie Materialien:</b> Einsatz alternativer Textilfasern, Imprägnierungen auf Basis von Silikon, Wachs, Polyurethan oder Nanotechnologie, die wasser- und	Technisch ist eine Substitution in vielen Anwendungen möglich, aber PFAS sind in der Industrie tief verankert. Ihre einzigartigen Eigenschaften (z. B. Hitzebeständigkeit,

	Dachabdichtungen, Dämmstoffe mit PFAS-haltigen Flammschutzmitteln, feuerhemmende Textilien (z. B. Vorhänge in öffentlichen Gebäuden), bestimmte Farben, Schäume und Dichtstoffe.	schmutzabweisend wirken, aber ohne Fluorchemie auskommen. <b>Materialverzicht/-substitution:</b> Reduktion von beschichteten Materialien, wo nicht funktional notwendig (z. B. bei dekorativen Fassadenflächen). <b>Systematische Umstellung:</b> Hersteller müssen Lieferketten prüfen und auf PFAS-freie Rezepturen umstellen	Chemikalienresistenz) machen den Ersatz in Spezialanwendungen – wie Brandschutz oder bestimmten Abdichtungen – besonders herausfordernd. Zudem ist die Stoffgruppe sehr groß, was Regulierung und Risikobewertung erschwert. Dennoch steigt der Druck durch Politik, NGOs und Zertifizierungssysteme, Alternativen zu entwickeln und einzusetzen.
Diisocyanate (z. B. MDI, TDI)	<b>Polyurethanprodukte:</b> – Harte PU-Dämmstoffe (Platten, Spritzschaum), – PU-Spritzdämmung und Dichtstoffe, – PU-Schaumdichtstoffe, – PU-basierte Klebstoffe und Beschichtungen (z. B. Polyurethan-Bodenbeschichtungen, Holzversiegelungen), – Elastische Dichtstoffe. Auch enthalten in 1-Komponenten-Montageschäumen (OCF) aus der Dose. Während der Anwendung sind Diisocyanate bis zur vollständigen Aushärtung vorhanden.	<b>Nicht-isocyanatbasierte Polyurethane (NIPU):</b> Neue PU-Systeme mit alternativer Reaktivchemie (noch nicht breit im Bausektor kommerziell etabliert). <b>MS-Polymere (silylterminierte Polyether):</b> Können in bestimmten Fällen PU-Dichtstoffe und -Kleber ersetzen (isocyanatfrei). <b>Alternative Dämmstoffe:</b> Mineralwolle, Zellulose, Holzfaserdämmung, PIR (verwendet MDI, aber geringere Emissionen), biobasierte Schäume – vermeiden Exposition gegenüber Diisocyanaten auf der Baustelle. <b>Technische Schutzmaßnahmen:</b> Geschlossene Auftragssysteme zur Risikominderung. Vorteile durch Pre-Manufacturing	Die Leistungsfähigkeit von Polyurethan ist schwer zu ersetzen – es bietet hervorragende Dämmwerte und mechanische Eigenschaften. Nicht-isocyanatbasierte Technologien sind noch in der Entwicklung. In einigen Anwendungen (z. B. Dichtstoffe, Klebstoffe) existieren Alternativen mit etwas geringerer Leistung oder höherem Preis. Bei der Dämmung kann Spritzschaum durch Faserdämmstoffe oder geschäumtes Glas ersetzt werden. Da es derzeit keine vollwertigen „Drop-in“-Ersatzstoffe für viele PU-Anwendungen gibt, konzentriert sich die Branche kurzfristig auf Risikomanagement (Schulung, PSA) statt auf vollständige Substitution.
Formaldehyd / Formaldehyd freisetzende Substanzen	<b>Holzwerkstoffe:</b> Sperrholz, Spanplatten und MDF verwenden UF- oder PF-Harze (wichtigste Quelle für Formaldehydemissionen in Innenräumen). <b>Dämmstoffe:</b> Alte UF-Schaumdämmungen (UFFI) in Wänden (v. a. 1970er-Jahre) wiesen hohe Emissionen auf; Glaswolldämmstoffe können formaldehydbasierte Bindemittel enthalten (viele sind inzwischen formaldehydfrei). <b>Farben und Beschichtungen:</b> Manche	<b>Formaldehydarme/-freie Harze:</b> Alternativen zu UF in Holzplatten sind z. B. polymeres MDI (isocyanatbasiertes Bindemittel, praktisch formaldehydfrei) sowie biobasierte Kleber (auf Sojaprotein- oder Ligninbasis). Viele Hersteller bieten NAUF-Produkte (no-added-urea-formaldehyde) wie Spanplatten oder Sperrholz an. <b>Alternative Konservierungsmittel in Farben:</b> z. B. Benzisothiazolinon oder MIT (wobei auch diese problematisch sind). <b>PF- oder MF-Harze statt UF:</b> Diese binden Formaldehyd stärker und reduzieren die	Die Holzwerkstoffindustrie hat funktionierende Alternativen entwickelt (z. B. pMDI-gebundenes OSB, Sojharzleime für Sperrholz) und sehr emissionsarme Produkte etabliert – allerdings meist mit leicht höheren Kosten oder veränderten Produktionsprozessen. Die Reformulierung von Farben ohne formaldehydhaltige Biozide ist machbar (wurde vielfach umgesetzt), kann aber zu kürzerer Haltbarkeit führen oder alternative Konservierungsmittel erforderlich machen. Da viele Hersteller bereits umgestellt haben, ist die Substitution technisch möglich, jedoch mit moderatem Aufwand verbunden

	<p>enthalten formaldehydabspaltende Biozide oder Zusatzstoffe mit Emissionen.</p> <p><b>Fußböden und Möbel:</b> Produkte aus Holzwerkstoffen können ebenfalls Formaldehyd ausgasen.</p>	<p>Emission.</p> <p><b>Formaldehydfreie Bindemittel:</b> Z. B. PU- oder Epoxidsysteme für Holz oder mechanische Verbindungsmethoden – vermeiden die Quelle vollständig.</p>	
<p>Isothiazolinone (z. B. MIT, BIT)</p>	<p><b>Wasserbasierte Farben und Lacke:</b> Fast alle Latex-/Acrylfarben enthalten geringe Mengen Konservierungsmittel zum Schutz vor Verderb.</p> <p><b>Dichtstoffe und Fugendichtmassen (wasserbasierte Typen), Klebstoffe (z. B. PVAC-Leime):</b> Ebenfalls mit Bioziden zur Lagerstabilität ausgestattet.</p> <p><b>Spachtelmassen, Gipsprodukte:</b> Wenn sie als Nassprodukt verpackt sind, enthalten sie häufig Biozide. Auch andere wasserhaltige Bauprodukte können betroffen sein.</p>	<p><b>Biozidfreie Farbsysteme:</b> z. B. Trockenpulverfarben (werden trocken verkauft und vor Ort mit Wasser gemischt) benötigen keine Konservierung im Gebinde; alternativ Verpackung in zwei kleinen Gebinden zur schnellen Verwendung - allerdings praxistauglich im großen Maßstab.</p> <p><b>Alternative Konservierungsmittel:</b> Einige Formulierungen setzen auf weniger sensibilisierende Biozide wie Benzisothiazolinon (BIT) oder Bronopol – auch diese können Allergien auslösen und stehen unter Beobachtung. Nicht-isothiazolonhaltige Alternativen (z. B. CIT/MIT-Abspalter oder Zinkpyrithion) haben ebenfalls eigene Risiken.</p> <p><b>Materialumstellung:</b> Verwendung von Produkten mit hohem pH-Wert oder natürlicher Widerstandsfähigkeit (z. B. Kalkfarben sind durch ihre Alkalität selbstkonservierend; neue Systeme nutzen verkapselte antimikrobielle Technologien).</p>	<p>Der mikrobielle Schutz wasserbasierter Produkte ohne wirksames Biozid ist technisch sehr anspruchsvoll. Isothiazolinone sind beliebt, da sie bei niedriger Dosierung sehr wirksam und kostengünstig sind. Biozidfreie Farben auf Wasserbasis hätten eine stark verkürzte Haltbarkeit oder müssten gekühlt werden. Der Umstieg auf Pulversysteme oder grundlegend andere Chemien (z. B. lösemittelbasiert - mit VOC-Problematik) wäre ein tiefgreifender Wandel. Zwar gibt es Fortschritte bei ultra-niedrig-bioziden Formulierungen, aber Industrie und Anwender müssten sich auf kürzere Haltbarkeit oder neue Handhabung einstellen.</p>
<p>Phosphatester (z. B. TCEP, TCPP, TPP)</p>	<p><b>Polyurethanschäume:</b> Z. B. harte PU-Dämmplatten oder Spritzschaum enthalten häufig TCPP oder verwandte Flammschutzmittel.</p> <p><b>Polystyrol-Dämmstoffe:</b> (XPS/EPS-Platten verwendeten früher HBCD; moderne Formulierungen nutzen phosphorbasierte oder polymergebundene FRs.)</p> <p><b>Textilien &amp; Polstermöbelschaum:</b> Organophosphate kommen häufig in Schäumen für Möbelpolsterung vor</p>	<p><b>Mineralische Flammschutzmittel:</b> z. B. Aluminiumhydroxid oder Magnesiumhydroxid – setzen beim Brand Wasser frei und kühlen so das Material.</p> <p><b>Stickstoffbasierte Flammschutzmittel:</b> z. B. Melaminpolyphosphat in intumeszierenden Beschichtungen oder bestimmten Kunststoffen.</p> <p><b>Barriereansätze:</b> Anstatt FR direkt ins Material zu mischen, kann eine feuerfeste Ummantelung (z. B. Gipskartonplatte über Dämmung) eingesetzt werden, um</p>	<p>Ein Ersatz ist technisch möglich, kann aber höhere Dosierungen alternativer Flammschutzmittel erfordern, um denselben Brandschutz zu erreichen – was die Materialeigenschaften beeinflussen kann. Der Ersatz von TCPP in PU-Schaum erfordert z. B. eine aufwändige Reformulierung. Da diese Organophosphate ursprünglich selbst als Ersatzstoffe für bromierte FRs eingeführt wurden, arbeitet die Branche bereits an Weiterentwicklungen. Der Übergang ist daher mit Innovation und Tests gut handhabbar.</p>

	(mehr im Möbelbereich als im Bauwesen). <b>Intumeszierende Beschichtungen:</b> Phosphorhaltige Inhaltsstoffe, die im Brandfall verkohlen und aufschäumen.	Brandschutz ohne chemische Zusätze zu erreichen.	
Melamin	<b>Lamine und Beschichtungen:</b> Melamin-Formaldehyd-Harze werden in dekorativen Laminaten eingesetzt (z. B. bei Küchenarbeitsplatten wie Formica, oder als Deckschicht bei Laminatfußböden), aufgrund ihrer Härte und Hitzebeständigkeit. Auch in bakelitähnlichen Beschichtungen und langlebigem Küchenzubehör. <b>Holzwerkstoffe:</b> Kleine Mengen Melamin werden Harnstoffharzen beigemischt, um MUF-Harze herzustellen (melamin-urea-formaldehyde) – diese erhöhen die Feuchtebeständigkeit von z. B. Sperrholz oder Spanplatten im Badbereich. <b>Melaminschaum (z. B. Basotect):</b> Wird als Dämm- und Akustikmaterial verwendet; mögliche Risiken bestehen vor allem bei der Herstellung. <b>Melamin-Salze als Additive:</b> Melamincyanurat, Melaminphosphat und Melaminpolyphosphat werden als halogenfreie Flammschutzmittel in Holzwerkstoffen, PUR-Dämmstoffen und Baukunststoffen eingesetzt.	<b>Für Lamine und Platten:</b> Harnstoffharze mit Formaldehyd-Fängern oder phenolische Harze können Melamin-Formaldehyd in bestimmten Anwendungen ersetzen (wobei phenolische Harze dunkel gefärbt sind). <b>Biobasierte Harze:</b> Neue Ansätze mit Harzen auf Basis von Soja, Lignin oder Furanen könnten in Sperrholz oder Faserplatten eingesetzt werden. <b>Oberflächenbeschichtungen:</b> Für Anwendungen mit hohen Anforderungen an Härte könnten Polyurethane oder UV-gehärtete Acrylharze als Ersatz dienen.	Ein vollständiger Ersatz von Melamin in allen Anwendungen ist nicht trivial: MF-Harze bieten außergewöhnliche Härte und Hitzebeständigkeit – Eigenschaften, die Alternativen nur schwer erreichen. In Anwendungen mit geringeren Anforderungen können andere Harze genügen. Die größte Herausforderung liegt in hochwertigen Laminaten (z. B. Küchenoberflächen) – Alternativen sind hier meist teurer oder bieten etwas geringere Leistung (z. B. Kratzfestigkeit, Hitzebeständigkeit). Dennoch ist ein schrittweiser Ersatz durch fortlaufende Harzentwicklung machbar.
Bisphenole (z. B. BPA, BPS)	Epoxidbasierte Bodenbeschichtungen, Betonversiegelungen und -kleber, reaktive Fugenmörtel; Polycarbonatverglasungen, Platten, Leuchten. Auch enthalten in manchen Farben, Dichtstoffen und	<b>“BPA-freie“ Epoxidharze:</b> Epoxidharze mit Alternativen wie Bisphenol F oder anderen Monomeren (wobei einige Analoga ebenfalls hormonell wirken können). <b>Bisphenolfreie Harze:</b> z. B. biobasierte Epoxide (aus Pflanzenölen, Cardanol) oder alternative Duroplaste (Polyurethan- oder	Technisch ist die Substitution in vielen Fällen möglich (mehrere BPA-freie Produkte sind verfügbar), jedoch sind Ersatzstoffe oft teurer oder zeigen leicht abweichende Eigenschaften. Bei Hochleistungsanwendungen wie Industrieböden oder strukturellen Klebern ist die Suche nach

	Grundierungen (als Harzbestandteil oder Additiv)	Acrylsysteme ohne BPA). <b>Für Polycarbonat:</b> Verwendung von gehärtetem Glas oder alternativen Kunststoffen (PETG, Acryl), sofern technisch möglich	gleichwertigen Alternativen noch im Gange – die Umstellung erfolgt daher schrittweise
Borate (z. B. Borsäure)	Zellulose-Dämmung (loses Recyclingpapier wird häufig mit ca. 10 % Borsäure behandelt, um Brand- und Schädlingschutz zu gewährleisten). Holzschutzmittel (Borathaltige Holzschutzmittel gegen Termiten und Fäulnis, v. a. für Innenanwendungen). Flammschutzbeschichtungen (gelegentlich in intumeszierenden Farben oder Beschichtungen enthalten)	<b>Phosphatbasierte Flammschutzmittel:</b> z. B. Ammoniumphosphate in Zellulosedämmung (auch zur Behandlung von Holz geeignet). <b>Alternative Holzschutzmittel:</b> z. B. Kupferbasierte Mittel (für Außenholz; jedoch ohne Flammschutzwirkung) oder organische Biozide gegen Pilze/Insekten. <i>(Hinweis: Eine einzige Alternative, die sowohl Flammschutz als auch Biozidwirkung bietet, ist schwer zu finden – oft ist ein Kombiansatz notwendig.)</i> <b>Technische Maßnahmen:</b> z. B. dickere Zellulosedämmung oder feuerbeständige Ummantelungen verwenden, damit weniger chemischer Flammschutz nötig ist.	In Dämmstoffen kann Ammoniumphosphat Borate beim Flammschutz ersetzen, ist jedoch korrosiver gegenüber Metallen und kann bei Überdosierung zu Schimmelgeruch führen. Beim Holzschutz bieten Borate eine einzigartige Kombination aus Wirksamkeit und geringen Kosten. Alternativen wie Kupfersalze bekämpfen zwar Pilze und Insekten, bieten aber keinen Brandschutz. Daher erfordert die Substitution meist den Einsatz zweier unterschiedlicher Additive, was die Formulierung komplexer macht
<b>Polymere</b>			
Polyvinylchlorid (PVC)	Bodenbeläge (PVC-/Vinylböden, Wandverkleidungen), Rohrleitungen und Formstücke (Wasser, Abwasser – enorme Einsatzmengen), Kabelisolierungen, Fensterrahmen (uPVC), Fassadenverkleidung (Vinyl Siding v. a. in Nordamerika), Dachbahnen (PVC-Membranen), Dichtstoffe (teilweise Acryl-/PVC-Mischungen). PVC ist allgegenwärtig in Bauanwendungen – sowohl in starren Produkten (z. B. Rohre, Profile) als auch in flexiblen (Folien, Membranen)	<b>Alternative Polymere:</b> Für Rohre: Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP) sind vielfach bewährte Alternativen (Wasser-/Heizungsleitungen). Für Kabel: Polyolefin-Isolierungen (z. B. PE-basiert) statt PVC. Für Böden: Linoleum, Gummi oder polyolefinbasierte Bodenbeläge. Für Fenster: Aluminium, Holz oder glasfaserverstärkte Rahmen statt uPVC. <b>Reformulierung von Stabilisatoren und Weichmachern:</b> Wo PVC weiterhin eingesetzt wird, sollten nur ungiftige Additive verwendet werden (z. B. Ca-Zn-Stabilisatoren, phthalatfreie Weichmacher - bereits EU-Standard). Dies löst nicht das Chlor-Problem am Lebensende, verbessert	Die Vielseitigkeit und der geringe Preis von PVC machen eine vollständige Substitution kurzfristig schwierig. In manchen Bereichen (z. B. Rohre, Kabel) sind Alternativen bereits weit verbreitet. In anderen (z. B. Fensterrahmen, Vinylböden) existieren zwar Alternativen, diese sind aber meist teurer oder wartungsintensiver. Zudem ist PVC im Bauwesen fest etabliert. Ein Ausstieg wäre nur schrittweise mit regulatorischer Unterstützung möglich. Langfristig umsetzbar, aber aufwendig - insbesondere angesichts der globalen Verbreitung / Relevanz von PVC.

		<p>aber die Produktsicherheit während der Nutzung.</p> <p><b>Design für Langlebigkeit und Recycling:</b> Einsatz modularer, recyclingfähiger Dachbahnen, Rücknahmesysteme usw. kann die Umweltwirkung mindern, wenn auf PVC nicht verzichtet werden kann.</p>	
Polyurethan (PUR/PIR)	<p><b>Dämmstoffe:</b> Hartschaumplatten und Spritzschaum für Wand- und Dachdämmung</p> <p><b>Dichtstoffe und Schäume:</b> z. B. 1K-Montageschaum aus der Dose (feuchtigkeitsvernetzender PU-Schaum).</p> <p><b>Klebstoffe und Beschichtungen:</b> viele Baukleber und Bodenbeschichtungen sind PU-basiert. Ebenso PU-Bodenbeläge (elastisch, v. a. in gewerblichen Bereichen) und Hinterfüllschnüre für Fugen.</p>	<p><b>Mineralische/natürliche Dämmstoffe:</b> Wie bei EPS können Mineralwolle, Glasfaser, Zellulose, Holzfaser viele Anwendungen von PU-Platten ersetzen (allerdings meist dicker für gleiche Dämmleistung).</p> <p><b>Nicht-isocyanatbasierte Polyurethane (NIPU):</b> Neue Technologien mit alternativer Chemie, z. B. durch Reaktion von zyklischen Carbonaten mit Aminen. Noch nicht im breiten Baueinsatz, könnten aber sichere PU-Alternativen für Kleber und Schäume ermöglichen.</p> <p><b>Aerogele/Vakuuminisulationspaneele:</b> Für besonders hohe Dämmwerte bei geringer Dicke – z. B. in Platz-kritischen Sanierungen.</p> <p><b>Silanterminierte Polymere (STP):</b> Bereits als Ersatz für PU-Klebstoffe in bestimmten Anwendungen im Einsatz (isocyanatfrei).</p>	<p>Es ist schwierig, die Kombination aus hoher Dämmwirkung, geringem Gewicht und vielseitiger Anwendung von Polyurethan vollständig zu ersetzen. In vielen Fällen kann man auf Alternativen umsteigen (z. B. dickere Mineralwolle, andere Dichtstoffe), aber oft mit Leistungseinbußen oder höherem Aufwand. Besonders für Spritzschaum gibt es derzeit wenig leicht zu verarbeitende Alternativen. Der schrittweise Ersatz ist möglich (v. a. durch neue Technologien wie NIPU oder leistungsstarke mineralische Produkte), aber ein kompletter Verzicht auf PU im Bauwesen wäre ein tiefgreifender Wandel, der v. a. durch starke Regulierung oder weitere Innovation getragen werden müsste.</p>
Polystyrol (EPS/XPS)	<p>WDVS, Perimeterdämmung, Trittschalldämmung</p>	<p><b>Mineralische Dämmstoffe:</b> Stein- oder Glaswolle kann EPS in den meisten Anwendungen ersetzen (nicht brennbar, aber schwerer).</p> <p><b>Biobasierte Materialien:</b> Holzfaserplatten und Zellulosedämmung (als Einblasdämmung oder Platten) bieten biologisch abbaubare Alternativen.</p> <p><b>Polyiso (PIR) - Hartschaum</b> mit höherem Dämmwert als XPS, in vielen Dächern als Ersatz genutzt (hat jedoch eigene Probleme mit Flammenschutz und Isocyanaten).</p> <p><b>Neue Materialien:</b> Aerogelmatten (sehr leistungsfähig, aber teuer), sowie Hanf- oder Korkdämmstoffe für spezielle Anwendungen.</p>	<p>Technisch gibt es für jede Anwendung von EPS/XPS eine Alternative – aber meist mit höheren Kosten oder leicht geringerer Leistung. Der Umstieg auf Mineralwolle oder PIR-Platten ist bereits verbreitet. Die Herausforderungen sind wirtschaftlich und praktisch: EPS ist billig, leicht und einfach zu verarbeiten. Eine Reduktion des Einsatzes erfordert, Kostenanreize zu überwinden und ggf. Bauweisen anzupassen. Mit zunehmendem Regulierungsdruck (z. B. Brandschutzvorschriften, Mikroplastikdebatte) steigt der Ersatz, aber es ist ein moderater Aufwand zusätzlich notwendig, um gängige Baustandards zu verändern.</p>

		<p><b>Für lastabtragende Anwendungen:</b> Schaumglas oder leichte Zuschlagstoffe können EPS-Geofoam ersetzen.</p>	
Mikroplastik	Diverse Kunststoffprodukte	<p><b>Materialsubstitution:</b> Verwendung natürlicher Materialien (z. B. Holz, Stein, Metall) oder langlebiger Kunststoffe, die weniger stark fragmentieren. Beispielsweise mineralische Farben oder besonders UV-beständige Polymere einsetzen, die weniger kreiden und abblättern.</p> <p><b>Präventive Maßnahmen:</b> Schutzmaßnahmen wie transparente Schutzlacke auf Farbanstrichen zur Reduktion von Abblätterung, oder Filter/Vorrichtungen auf Baustellen zur Erfassung von Schaumstoffschnitten und Staub. Auch regelmäßige Wartung (z. B. frühzeitiges Überstreichen) trägt zur Vermeidung bei.</p> <p><b>Biologisch abbaubare/kompostierbare Materialien:</b> In bestimmten Anwendungen (z. B. Erosionsschutzmatten, Füllstoffe im Kunstrasen) können Biopolymere verwendet werden, die tatsächlich in der Umwelt abgebaut werden. (<i>Viele „biologisch abbaubare“ Kunststoffe benötigen allerdings spezielle Bedingungen oder zersetzen sich nur langsam.</i>)</p>	<p>Mikroplastik entsteht durch die normale Nutzung vieler Produkte. Seine Vermeidung erfordert ein umfassendes Umdenken in Materialwahl und Baupraktiken. Einige Lösungen (wie der Einsatz kunststofffreier Alternativen) können bestimmte Quellen gezielt reduzieren – aber Kunststoffe sind tief auch im Bausektor verankert. Mikroplastik zu vermeiden, heißt oft, den gesamten Lebenszyklus eines Produkts zu betrachten – nicht nur einen Stoff zu ersetzen. Alle freigesetzte Partikel zu erfassen und zu kontrollieren ist nahezu unmöglich. Es handelt sich daher um ein systemisches Problem, das hohen Aufwand erfordert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– besseres Produktdesign (mit geringerem Abrieb),</li> <li>– Filtration von Luft und Abwasser,</li> <li>– und langfristig die Reduktion des gesamten Kunststoffeinsatzes zugunsten nachhaltiger Materialien.</li> </ul>

## PFAS – ein Präzedenzfall für weitreichende Gruppenverbote

PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) sind, wie bereits beschrieben, eine große Gruppe synthetischer Chemikalien, die aufgrund ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften in zahlreichen Produkten eingesetzt werden. Sie gelten als besonders bedenklich, weil sie in der Umwelt persistent sind – sie bauen sich praktisch nicht ab und werden daher auch „Ewigkeitschemikalien“ genannt. PFAS können sich in Böden, Gewässern, Tieren und im menschlichen Körper anreichern. Studien zeigen Zusammenhänge mit Krebs, hormoneller Wirksamkeit, Immunschwächung und Fortpflanzungsproblemen.

Die Europäische Union arbeitet derzeit an einer weitreichenden Regulierung und Beschränkung aller PFAS. Ein gemeinsamer Vorschlag einiger Mitgliedsstaaten zielt auf ein EU-weites universelles Verbot - mit wenigen Ausnahmen, wie für sicherheitskritische Anwendungen - von PFAS ab. Die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) prüft diesen Vorschlag im Rahmen der REACH-Verordnung. Ziel ist es, PFAS in Produktion, Verwendung und Abfallströmen schrittweise zu eliminieren und durch umweltfreundlichere Alternativen zu ersetzen. Erste politische/regulatorische Maßnahmen (für ein Gruppenverbot) sind mit 2027 zu erwarten.

Wie die Abbildung 16 anschaulich darstellt, finden sich PFAS im Baubereich in vielen Bereichen Anwendung. Dabei können PFAS im Produkt oder/und der Beschichtung enthalten sein. Ein weitreichendes Verbot wird damit auch Auswirkungen auf viele Bauprodukte haben. Vor allem wenn weitere PFAS-Untergruppen, wie bereits Perfluorooctansäure (PFOA)-Salze und verwandte Verbindungen, Perfluorooctansulfonsäure und ihre Derivate (PFOS), sowie Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), ihre Salze und PFHxS-verwandte Verbindungen Eingang in die POP- Verordnung finden sollten, werden bereits verbaute Stoffe im Rückbau besonders beachtenswert. Die Vermeidung von PFAS, hat neben ihren problematischen Eigenschaften, höchste vorausschauende Relevanz und wird derzeit auch in der EU mit hoher Priorität vorangetrieben.

## PFAS in CONSTRUCTION PRODUCTS - a literature study overview



### PFAS CLASSES

NON-POLYMERS		PFAS is in the product
		PFAS is in a surface treatment of the product
		PFAS is both in the product and in the surface treatment
PER-FLUORO-ALKYL SUBSTANCES		PFAS is in the product
		PFAS is in a surface treatment of the product
		PFAS is both in the product and in the surface treatment
POLY-FLUORO-ALKYL SUBSTANCES		PFAS is in the product
		PFAS is in a surface treatment of the product
		PFAS is both in the product and in the surface treatment
POLYMERS		PFAS is in the product
		PFAS is in a surface treatment of the product
FLUOROPOLYMER SUBSTANCES		PFAS is both in the product and in the surface treatment



Copyright PFAS CIRCLE 2025. Images used in accordance with Ramball Adobe Stock license. Graphics by Anna-Mette Monnelly and Martha Lewis.

Abbildung 16 zeigt Bauprodukte, die laut einer Literaturrecherche wahrscheinlich PFAS enthalten. Jedes Bauprodukt in der Abbildung ist mit farbigen Kreissegmenten verbunden, die die Art der im Material und/oder in seiner Oberflächenbehandlung enthaltenen PFAS kennzeichnen. Der PFAS Circle wurde von Henning Larsen Architects und Søren Jensen Consulting Engineers A/S entwickelt und qualitätsgesichert. Copyright PFAS CIRCLE 2025. Grafik von Anna-Mette Monnelly und Martha Lewis. (übernommen aus: Mikkelsen, L., & Chéret, H. (2025, September). *PFAS in building materials: Challenges and solutions on the path towards circular construction* [Report]. Green Transition Denmark

## Substitutionsstrategien bei Additiven

Additive sind aufgrund der vergleichsweise einfacheren und flexibleren Verarbeitbarkeit meist niedermolekulare (kleinere) Substanzen. Niedermolekulare Additive können sich relativ leicht in der (meist polymeren) Matrix der Baustoffe bewegen, dadurch aber auch an die Oberfläche wandern und in Luft, Wasser oder andere Kontaktmedien migrieren.

Da die Toxizität eines Materials bzw. einer Substanz neben den chemischen Eigenschaften auch von der Exposition abhängt zielen heutige Ansätze auch darauf ab diese Exposition durch fest in die Baustoffe eingebundene Additive zu verhindern, wo sich keine passenden Alternativen – in Bezug auf die Performance, ökologischen oder toxikologischen Eigenschaften - finden lassen.

Polymere Additive – mit höheren Molekulargewichten - sind deutlich größer, stärker in die Matrix eingebunden und migrieren deshalb wesentlich langsamer, idealerweise findet keine Migration statt.

Ihre geringe Migrationsrate bedeutet sowohl weniger Exposition für Mensch und Umwelt als auch eine längere Funktionsdauer im Baustoff. Da sie biologische Barrieren aufgrund ihrer Größe kaum passieren können, ist ihre systemische Bioverfügbarkeit grundsätzlich geringer – selbst wenn Spuren freigesetzt werden, ist die toxikologische Relevanz deutlich reduziert.

Ein aktueller regulatorischer Vorteil ist, dass Polymere in REACH von der Registrierungspflicht befreit (Art. 2(9)) sind, während niedermolekulare Additive vollständig registriert, bewertet und ggf. zugelassen werden müssen.

Polymere Additive sind jedoch keine risikofreie Lösung. Sie können potenziell – je nach Umwelteinwirkungen auf den Baustoff oder das Bauprodukt - durch verschiedene Faktoren wie UV, Hitze oder mikrobielle Aktivität in niedermolekulare Abbauprodukte zerfallen. Im Kontext der Kreislaufwirtschaft können im (mechanischen) Recyclingprozess durch thermomechanische Belastung potenziell auch NIAS (Non-Intentionally Added Substances) entstehen, die als Mischung deutlich schlechter einschätzbare toxikologische Wirkungen entfalten können. Diese Unsicherheiten werden in Zukunft auch regulatorisch eine Rolle spielen (müssen).

Weiterführend kann auch eine feste Einbindung in den Baustoff durch reaktive Additive von Vorteil sein. Besonders innovative – aber noch wenig am Markt verfügbare - Ansätze arbeiten mit dynamischer Einbindung in die Werkstoffmatrix (Covalent Adaptable Networks), um die Additive gezielt wieder entfernen zu können und Recyclingströme nicht zu erschweren oder zu stören. Lösungsmittelbasierte, selektive Recyclingmethoden unterstützen diese Entwicklungen.

Biobasierte Additive können aber müssen kein verbessertes Umwelt- oder Toxizitätsprofil aufweisen. In Hinblick auf Umweltpersistenz und Anreicherung haben sie aber oft bessere Risikoprofile – insbesondere im Vergleich zu sehr persistenten halogenierten Substanzen.

# Dekarbonisierung von Baustoffen

## Mineralische Materialien

### Zement, Beton

Zement bildet die Grundlage für zahlreiche Baustoffe und Bauprodukte. Es handelt sich um ein hydraulisches Bindemittel, das mit Wasser reagiert, erhärtet und dabei feste, dauerhafte Baustoffe bildet. Hergestellt wird Zement durch das Brennen eines fein gemahlene Rohstoffgemischs aus Kalkstein und Ton bei hohen Temperaturen, wobei Klinker entsteht, der anschließend mit weiteren Bestandteilen vermahlen wird. In der Bauwirtschaft ist Zement vor allem als Hauptbestandteil von Beton, Mörtel und Estrich von großer Bedeutung und wird allen Bereichen eingesetzt. Die Zementindustrie steht vor Herausforderungen durch den hohen Energiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Herstellung.

Die Zementindustrie zählt zu den sogenannten Hard-to-Abate-Industrien, da ein erheblicher Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen prozessbedingt entsteht. Beim Brennen des Kalksteins wird Calciumcarbonat chemisch in Calciumoxid umgewandelt, wobei zwangsläufig Kohlendioxid freigesetzt wird. Diese Emissionen lassen sich nicht allein durch den Einsatz erneuerbarer Energien vermeiden und erschweren die vollständige Dekarbonisierung der Zementherstellung.

Zur Emissionsreduktion stehen derzeit verschiedene Ansätze zur Verfügung

#### **Dekarbonisierungspotenziale**

##### **Optimierung der Betonzusammensetzung & Betonrecycling**

Die Optimierung der Betonzusammensetzung reduziert den Zementbedarf und damit direkt die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dies kann durch optimierte Mischungsdesigns, den Einsatz recycelter Materialien sowie eine verbesserte Materialeffizienz erreicht werden.

##### **Alternative Bindemittel (ACMs)**

Alternative Bindemittel reduzieren den Anteil des emissionsintensiven Portlandzementklinkers. Calcium-Sulfoaluminat-Zemente können – zum Beispiel - die CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa 30–40 % senken, da sie geringere Brenntemperaturen und weniger Kalkstein erfordern. Geopolymere und alkalisch aktivierte Materialien, die aus industriellen Nebenprodukten wie Flugasche oder Hüttensand hergestellt werden, ermöglichen Emissionsreduktionen von etwa 40–80 %, da keine Kalkstein-Kalzinierung erforderlich ist. Magnesiumbasierte Zemente können die Emissionen um etwa 50–70 % reduzieren und zusätzlich CO<sub>2</sub> während der Erhärtung binden. Aktivierte silikatbasierte Bindemittel erreichen Reduktionen von etwa 57–83 %, da sie Recyclingmaterialien nutzen. CO<sub>2</sub>-gehärteter Beton ermöglicht zusätzlich eine Emissionsreduktion von etwa 30 %, indem CO<sub>2</sub> dauerhaft im Beton gespeichert wird.

##### **Alternative Klinkertechnologien & Supplementary Cementitious Materials (SCMs)**

Alternative Klinkertechnologien und Supplementary Cementitious Materials (SCMs) reduzieren auch den Anteil des emissionsintensiven Portlandzementklinkers. Alternative Klinker wie

belitreiche Klinker ermöglichen Emissionsreduktionen von etwa 10 %, da ihre Herstellung weniger Kalziumoxid und geringere Brenntemperaturen erfordert. LC3-Zement (Limestone Calcined Clay Cement) ersetzt bis zu 50 % des Klinkers durch kalzinierten Ton und Kalkstein und kann die CO<sub>2</sub>-Emissionen um etwa 30 % reduzieren, ohne die mechanischen Eigenschaften wesentlich zu beeinträchtigen. Karbonatisierbare Kalziumsilikatklinker bieten zusätzliche Einsparpotenziale von etwa 30–50 %, da sie während der Erhärtung CO<sub>2</sub> aufnehmen und dauerhaft im Material binden können. Magnesiumbasierte Klinker aus Magnesiumsilicaten weisen mit etwa 50–70 % ein besonders hohes Reduktionspotenzial auf, da sie sowohl geringere Prozess-Emissionen verursachen als auch CO<sub>2</sub> sequestrieren können. Ergänzend dazu ersetzen SCMs wie Flugasche, Hüttensand, Silicastaub oder kalziniertes Ton einen Teil des Portlandzements, wodurch der Bedarf an energieintensivem Klinker direkt reduziert wird. Dies führt nicht nur zu einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern verbessert auch die Dauerhaftigkeit und Lebensdauer von Beton, wodurch langfristig zusätzliche Emissionen durch geringeren Reparatur- und Neubedarf vermieden werden.

Eine vielversprechende Ergänzung innerhalb der SCMs stellt Biokohle (Biochar) dar, ein kohlenstoffreiches Material aus pyrolysierten Biomasse, das als partieller Zementersatz eingesetzt werden kann. Biochar reduziert den Zementbedarf und damit die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen, während gleichzeitig biogener Kohlenstoff langfristig im Beton gespeichert wird. Studien zeigen, dass ein Zementersatz von etwa 10 wt% durch Biochar die Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 17,8 % senken kann, wobei zusätzlich etwa drei Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne Biochar sequestriert werden können.

### **Energieeffiziente Produktionsverfahren & Carbon Capture Technologien**

Weitere Emissionsreduktionen können durch effizientere Produktionsprozesse erreicht werden. Dazu gehören die Verbesserung der Ofeneffizienz, die Reduzierung der Brenntemperaturen sowie der Einsatz alternativer Brennstoffe wie Biomasse oder industrielle Reststoffe. Zusätzlich ermöglichen erneuerbare Energien und CO<sub>2</sub>-Abscheidungstechnologien (CCUS) eine deutliche Verringerung der direkten Prozessemissionen und bieten langfristig ein hohes Potenzial zur Dekarbonisierung der Zementproduktion.

## **Stahl**

Stahl wird hauptsächlich in Tragstrukturen, Bewehrungen und Fassadenelementen eingesetzt. Die Kombination aus hoher Festigkeit, Duktilität und Dauerhaftigkeit macht Stahl zu einem unverzichtbaren Konstruktionsmaterial.

Die Stahlproduktion erfolgt hauptsächlich über zwei Prozessrouten: die Hochofen-Konverter-Route (BF-BOF) auf Basis von Eisenerz und die Elektroofenroute (EAF), die überwiegend Stahlschrott verwendet. In der Hochofenroute wird Koks als Reduktionsmittel eingesetzt, wodurch Sauerstoff aus dem Eisenerz entfernt wird, und Eisen entsteht. Dieser chemische Reduktionsprozess erzeugt unvermeidbar CO<sub>2</sub> als prozessbedingtes Nebenprodukt.

Aufgrund dieser prozessbedingten Emissionen sowie des hohen Energiebedarfs gilt auch die Stahlindustrie als „Hard-to-Abate“-Sektor. Kohlenstoff dient nicht nur als Energieträger, sondern auch als Reduktionsmittel – der Kohlenstoff bindet sich an den Sauerstoff und entweicht als CO<sub>2</sub>. Selbst mit 100 % erneuerbarem Strom bleibt dieser prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Ausstoß, solange Koks verwendet wird.

### **Dekarbonisierungspotenziale**

## **Recyclingbasierte Elektro Stahlproduktion (EAF)**

Die Elektroofenroute gilt als wichtigste kurzfristig verfügbare Dekarbonisierungsstrategie. Dabei wird Stahlschrott elektrisch eingeschmolzen, wodurch der Bedarf an kohlenstoffbasierter Erzreduktion entfällt. Wird erneuerbarer Strom verwendet, können die Emissionen erheblich reduziert werden. Diese Technologie ist vollständig kommerzialisiert und weist einen Technologiereifegrad (TRL) von 9 auf.

Der entscheidende limitierende Faktor ist jedoch die Verfügbarkeit von hochwertigem Schrott, insbesondere für anspruchsvolle Bauanwendungen, sowie die notwendige Sortenreinheit.

## **Wasserstoffbasierte Direktreduktion (H<sub>2</sub>-DRI)**

Die Direktreduktion mit Wasserstoff stellt eine Schlüsseltechnologie für die nahezu emissionsfreie Primärstahlproduktion dar. Im Gegensatz zur Hochofenroute wird Wasserstoff als Reduktionsmittel eingesetzt, wodurch statt CO<sub>2</sub> hauptsächlich Wasserdampf entsteht.

Diese Technologie basiert auf dem etablierten Direktreduktionsverfahren mit Erdgas, und befindet sich derzeit in der Demonstrations- und frühen Markteinführungsphase (TRL 6–8). Studien zeigen, dass wasserstoffbasierte Stahlproduktion langfristig nahezu emissionsfreie Primärstahlproduktion ermöglichen kann, sofern erneuerbarer Wasserstoff verfügbar ist. Gleichzeitig stellt die großskalige Versorgung mit grünem Wasserstoff eine zentrale infrastrukturelle Herausforderung dar.

## **Carbon Capture Technologien**

Die CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung stellt auch bei der Stahlherstellung eine wichtige Option dar, um bestehende Hochofenanlagen weiter zu nutzen und deren Emissionen zu reduzieren. Trotz technischer Fortschritte bestehen erhebliche Einschränkungen hinsichtlich Kosten, Energiebedarf und Abscheideeffizienz. Derzeit existieren keine großskaligen CCS-Lösungen für hochofen-basierte Stahlproduktion, die kommerziell etabliert sind.

## **Gips**

Als Baustoff spielt Gips der in der Bauwirtschaft vor allem für den Innenausbau eine wichtige Rolle spielt. Grundlegend ist Gips ein mineralisches Bindemittel, das aus dem natürlich vorkommenden Gipsstein gewonnen wird. Durch das Brennen des Gipssteins bei vergleichsweise (z.B. im Vergleich zu Zementklinker) niedrigen Temperaturen entsteht Calciumsulfat-Halbhydrat, das nach dem Anmischen mit Wasser wieder erhärtet.

In der Bauwirtschaft wird Gips vor allem für Produkte wie Gipsputz, Gipskartonplatten, Gipsfaserplatten und Formteile eingesetzt, die sich durch gute Verarbeitbarkeit, glatte Oberflächen und feuerhemmende Eigenschaften auszeichnen. Durch Weiterverarbeitung entstehen Bauelemente für Wände, Decken und Verkleidungen. Eine der zentralen Herausforderungen bei der Nutzung von Gips liegt in seiner begrenzten Feuchtebeständigkeit sowie im nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen, weshalb Recycling von Gipsprodukten und alternative Rohstoffquellen zunehmend an Bedeutung gewinnen (müssen). Diesem Umstand wird in Österreich mit der Recycling-Gips Verordnung Rechnung getragen.

Gips als wesentlicher Bestandteil von Gipsplatten bzw. Gipsfaserplatten findet unter anderem im Innenausbau als Vorsatzschale, Ständerwände bzw. Deckenbekleidung Einsatz. Bei erhöhten

Anforderungen an Schallschutz, Feuerschutz bzw. für den Einsatz in Nassräumen sind Gipsplatten mit spezifischen Eigenschaften bzw. Alternative Beplankungen geeignet.

## Lehm

Lehm ist weltweit verfügbar, meist oberflächennah lagernd, wodurch geringe Abbau- und Transportaufwände möglich sind. Die lokale Verfügbarkeit ist ein zentraler Faktor für seine ökologische Bilanz.

Die Herstellung von Lehm als Baustoffe erfordert keine thermischen Umwandlungen. Nach dem Abbau werden Lehme mechanisch aufbereitet durch Mischen oder Kneten. Der Baustoff Lehm wird gestampft (Stampflehm), gepresst (Lehmsteine), gespritzt oder als Putz aufgetragen. Die Trocknung findet unter Umgebungsbedingungen statt. Industriell hergestellte Lehmstoffe (z.B. Lehmsteine, Trockenbauplatten) werden häufig mit Pflanzenfasern, Stroh, Hanf oder Holzfasern ergänzt, um Zugfestigkeit, Rissicherheit und Wärmedämmung zu verbessern. Der Energieeinsatz beschränkt sich auf mechanische Prozesse und Transport. Brennprozesse entfallen.

Lehmstoffe werden im Hochbau in tragenden und nichttragenden Konstruktionen eingesetzt, wobei die mechanischen Eigenschaften und die Feuchteempfindlichkeit die konstruktiven Randbedingungen definieren.

Nichttragende Innenwände werden häufig als Lehmsteinmauerwerk oder in Form industriell vorgefertigter Lehmplatten ausgeführt. Im Holzbau dient Lehm als Ausfachung in Fachwerk- und Hybridkonstruktionen, wobei die Kombination aus tragender Holzstruktur und aussteifender, massebildender Lehmschicht bauphysikalische Synergien erzeugt. Lehmputze werden auf massiven oder leichten Untergründen appliziert und übernehmen Funktionen der Oberflächenregulierung hinsichtlich Feuchte, Raumakustik und thermischer Speichermasse.

Bauphysikalisch zeichnet sich Lehm durch eine hohe Sorptionsfähigkeit und Feuchtepufferkapazität aus.

Der energetische Aufwand beschränkt sich auf Abbau, Transport, mechanische Aufbereitung und Trocknung. Bei regionaler Gewinnung und geringer Transportdistanz können die spezifischen Treibhausgasemissionen deutlich unter denen konventioneller mineralischer Baustoffe liegen.

Unstabilisierter Lehm ist vollständig reversibel: Durch Wasserzugabe kann das Material erneut plastifiziert, wiederverwendet oder ohne Qualitätsverlust in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden. Dadurch wird ein nahezu geschlossener Materialkreislauf ermöglicht und mineralischer Bauschutt vermieden.

Systemisch kann Lehm über seine Feuchte- und Wärmespeicherfähigkeit den Bedarf an aktiver Kühlung reduzieren und somit betriebliche Emissionen mindern, wobei das Einsparpotential nutzungs- und klimazonenabhängig ist.

## Aluminium

Die Aluminiumgewinnung unterteilt sich in zwei grundlegende Pfade: die Primärproduktion (Gewinnung aus Bauxit) und die Sekundärproduktion (Recycling). Die Primärerzeugung erfolgt über den Bayer-Prozess (Tonerde-Gewinnung) und die anschließende Schmelzflusselektrolyse (Hall-Héroult-Verfahren). Dabei wird die Tonerde unter hohem Stromeinsatz reduziert. Da hierbei Kohlenstoffanoden verbraucht werden, entsteht chemisch bedingt CO<sub>2</sub>.

Aluminium wird im Bauwesen vorrangig für Fensterprofile, Fassadensysteme, Dachdeckungen sowie im konstruktiven Leichtbau eingesetzt. Seine Merkmale umfassen eine Kombination aus geringem Eigengewicht (ca. ein Drittel von Stahl), hoher Korrosionsbeständigkeit und guter Formbarkeit.

Aufgrund des sehr hohen Strombedarfs und der prozessbedingten Emissionen bei der Elektrolyse gilt auch die Primäraluminiumindustrie als energieintensiver „Hard-to-Abate“-Sektor.

### **Dekarbonisierungspotenziale**

#### **Sekundäraluminium (Recycling)**

Das Recycling von Aluminiumschrott ist die effektivste kurzfristige Strategie. Für das Einschmelzen von Sekundäraluminium werden lediglich etwa 5 % der Energie benötigt, die für die Primärgewinnung anfällt. Da kein chemischer Reduktionsprozess aus Erz notwendig ist, entfallen die prozessbedingten Direktmissionen nahezu vollständig. Die Technologie ist vollständig kommerzialisiert. Die Verfügbarkeit von hochwertigem „Post-Consumer“-Schrott ist ggf. limitierend

#### **Inerte Anoden**

Die Umstellung von Kohlenstoffanoden auf inerte Anoden (z. B. aus Keramik-Metall-Verbundstoffen) gilt als technologisch bedeutendster Hebel. Bei diesem Verfahren wird während der Elektrolyse Sauerstoff anstelle von CO<sub>2</sub> freigesetzt. Dies würden die direkten Prozessemissionen der Schmelzhütten eliminieren. Die Technologie erreicht bereits hohe TRL erfordert aber eine vollständige Umrüstung bestehender Elektrolysezellen.

#### **Umstellung auf Grünstrom**

Da die Primärproduktion massiv von elektrischer Energie abhängt, ist die Kopplung der Hütten an regenerative Energiequellen (Wasserkraft, Wind, Solar) der entscheidende Faktor für den verbleibenden CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

#### **Carbon Capture (CCS)**

Ähnlich wie bei Stahl wird auch für die Aluminiumindustrie der Einsatz von CCS-Technologien diskutiert, um die Emissionen der Elektrolyseöfen zu reinigen. Dies gilt jedoch aufgrund der geringen CO<sub>2</sub>-Konzentration im Abgas der Hall-Héroult-Zellen als technisch schwieriger und kostspieliger im Vergleich zu anderen Industriezweigen.

## Glas

Die Glasherstellung basiert auf dem Schmelzen mineralischer Rohstoffe – vorrangig Quarzsand, Soda und Kalkstein – bei sehr hohen Temperaturen in kontinuierlich betriebenen Wannenöfen.

Das im Bauwesen dominante Flachglas wird im Floatverfahren hergestellt. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen wieder auf zwei Wegen: als energiebedingte Verbrennungsemissionen (überwiegend aus Erdgas) sowie als prozessbedingte Direktmissionen durch die thermische Zersetzung der Karbonat-Rohstoffe im Ofen.

Glas wird im Bauwesen für Fassaden, Fenster, Glasdächer und den konstruktiven Glasbau eingesetzt. Seine zentralen Merkmale sind chemische Inertheit, Transparenz und eine theoretisch unbegrenzte Recyclingfähigkeit ohne Qualitätsverlust. Aufgrund der hohen Prozesstemperaturen und -emissionen gilt auch die Glasindustrie als Hard-to-Abate-Sektor.

### **Dekarbonisierungspotenziale**

**Glasrecycling:** Die Erhöhung des Scherbeneinsatzes (Cullet) ist der kurzfristig wirksamste und bereits kommerziell etablierte Hebel. Da Cullet bei niedrigeren Temperaturen schmilzt als Primärrohstoffe, sinken sowohl Energieverbrauch als auch prozessbedingte Karbonat-Zersetzungsemissionen. Die größte Herausforderung liegt in der Erschließung von End-of-Life-Glas aus dem Gebäuderückbau.

**Elektrifizierung und Hybridschmelze** Elektrisches Schmelzen sowie die Kombination aus elektrischer Zusatzheizung und konventionellen Brennern (Hybridschmelze) gelten als vielversprechendste technologische Optionen.

**Wasserstoff als Brennstoff** Die Substitution von Erdgas durch grünen Wasserstoff in den Wannenöfen wird intensiv erprobt. Wesentliche Barrieren sind derzeit Kosten und Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff. Die Nutzung von Wasserstoff als Brennstoffersatz wird allerdings auch als problematisch gesehen.

**Carbon Capture (CCS)** CCS wird als ergänzende Option diskutiert, gilt aber aufgrund der vergleichsweise geringen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Abgas als technisch aufwendig und eher als letzter Baustein einer Netto-Null-Strategie.

## **Kunststoffe**

Kunststoffe sind im Bauwesen aufgrund ihrer vielseitigen Materialeigenschaften weit verbreitet und erfüllen zahlreiche funktionale Anforderungen. Klimarelevanten Auswirkungen, ausgedrückt über das Global Warming Potential (GWP), aber insbesondere die enthaltenen Additive sowie die stoffübergreifende Thematik des Mikroplastikeintrags in die Umwelt haben hier zunehmend – auch regulatorische - Bedeutung.

Viele Baukunststoffe enthalten eine Vielzahl von funktionellen Zusatzstoffen, wie Weichmacher, Flammschutzmittel oder Stabilisatoren, die Recyclingfähigkeit einschränken können oder mit Umwelt- und Gesundheitsrisiken verbunden sein können, aber auch essenzielle Materialeigenschaften ausmachen, die sie in Kunststoffen schwer ersetzbar machen. Diese Stoffe können während des gesamten Lebenszyklus von Bauprodukten – von der Herstellung über die Nutzung bis zum Rückbau – freigesetzt werden und tragen unter anderem zur Entstehung von Mikroplastik und dessen potenziellen Risiken bei. Gleichzeitig zeigt sich, dass ein hoher Kunststoffanteil in Baukonstruktionen nicht zwangsläufig mit einem hohen GWP einhergeht. Eine rein CO<sub>2</sub>-basierte Bewertung greift daher zu kurz, da sie wesentliche Aspekte

wie additive-bedingte Risiken, Kreislauffähigkeit und potenzielle Kunststofffreisetzungen nicht berücksichtigt.

Folgende Kunststoffe werden als Fokus gewählt, da sie im Bausektor potenziell regulatorisch am stärksten betroffen sind. Im Fall von Mikroplastik sind alle Kunststoffe – mit der teilweisen Ausnahme von bioabbaubaren – gleichermaßen betroffen.

## Polyvinylchlorid (PVC)

### Hart-PVC vs Weich-PVC

PVC ist einer der meistproduzierten Kunststoffe weltweit und im Bauwesen in zwei grundlegend verschiedenen Ausprägungen relevant. Hart-PVC (uPVC, unplasticized PVC) enthält keine oder nur geringe Mengen an Weichmachern und ist daher steif und dimensionsstabil. Es wird im Bauwesen für Fensterprofile, Rohre, Fassadenverkleidungen eingesetzt. Weich-PVC enthält erhebliche Mengen an Weichmachern (typischerweise 30–50 Gew.-%) und ist flexibel. Typische Anwendungen sind Bodenbeläge (Vinyl), Dichtungen, Kabelummantelungen und Folien. Diese Unterscheidung ist nicht nur technisch, sondern auch regulatorisch und recyclingtechnisch von zentraler Bedeutung, da Hart- und Weich-PVC unterschiedliche Additivprofile aufweisen und getrennt verwertet werden müssen.

### Herstellung und Dekarbonisierungspotenziale

PVC wird durch Polymerisation von Vinylchlorid-Monomer (VCM) hergestellt, das seinerseits aus Ethylen und Chlor gewonnen wird. Die Chlorproduktion erfolgt über die energieintensive Chlor-Alkali-Elektrolyse. Der Produktionsprozess ist damit sowohl fossil-abhängig (Ethylen aus Erdöl/Erdgas) als auch stromintensiv. Dekarbonisierungspotenziale liegen primär in der Umstellung der Chlor-Alkali-Elektrolyse auf erneuerbaren Strom sowie in der Substitution fossiler Ethylenquellen durch bio-basiertes Ethylen (z. B. aus Bioethanol). Da PVC durch seinen Chloranteil (ca. 57 Gew.-%) chemisch grundlegend von rein kohlenwasserstoffbasierten Kunststoffen abweicht, sind die Dekarbonisierungspfade spezifisch und unterscheiden sich von Polyolefinen wie PE oder PP. Das wird aufgrund von Allokationseffekten auch in der THG-Bilanz sichtbar.

### Kritische Polymereigenschaften – Polyvinylchlorid

PVC ist thermisch vergleichsweise instabil: Bereits bei Verarbeitungstemperaturen ab ca. 160–200 °C beginnt es, Chlorwasserstoff (HCl) abzuspalten, was zu Verfärbung, Kettenabbau und Materialdegradation führt. Daher sind Wärmestabilisatoren ein zwingend notwendiger Bestandteil jeder PVC-Formulierung. Darüber hinaus ist reines PVC ohne Weichmacher spröde. Die Materialeigenschaften werden durch ein komplexes Additivsystem maßgeblich bestimmt, was PVC einerseits sehr anpassungsfähig, andererseits aus Recycling- und Schadstoffperspektive anspruchsvoll bis problematisch – und dadurch auch regulatorisch anfällig - macht.

### Kritische Additive:

#### Weichmacher

Weichmacher machen PVC flexibel und sind für Weich-PVC-Produkte unverzichtbar. Historisch dominante Weichmacher waren ortho-Phthalate (z. B. DEHP, DBP, BBP), die als reproduktionstoxisch eingestuft wurden und unter REACH der Zulassungspflicht unterliegen

bzw. in vielen Anwendungen verboten sind. Als Alternativen werden heute nicht-phthalatische Weichmacher eingesetzt, insbesondere DINCH (Diisononylcyclohexan-1,2-dicarboxylat) und DPHP sowie zunehmend bio-basierte Weichmacher auf Basis von Zitronensäure- oder Fettsäureestern. Diese gelten als toxikologisch günstiger, sind jedoch in der Regel teurer. Bei Recycling-PVC aus dem Gebäudebestand ist das Vorhandensein regulierter Altweichmacher (insbesondere DEHP) ein wesentliches Qualitätsproblem.

### **Stabilisatoren: Fokus Blei und Ersatzstoffe**

Historisch wurden hierfür Bleiverbindungen (z. B. Bleisulfat, Bleistearat) eingesetzt, die zwar hocheffektiv, aber aufgrund ihrer Toxizität problematisch sind.

Die Bleistabilisatoren-Substitution in PVC-Fensterprofilen ist in der EU seit Ende 2015 vollständig. Ca/Zn-Stabilisatoren (Calcium-Zink-Carboxylate) dominieren heute die Neuproduktion; sie bieten ausgezeichnete Performance gegenüber Bleisystemen.

Blei und Blei-Verbindungen sind gemäß REACH (Anhang XVII, Eintrag 63) beschränkt und dürfen nicht in Gehalten über 0,1 Gew.-% in Erzeugnissen enthalten sein. Eine Ausnahme gilt für Recycling Hart-PVC bis 2033, hier darf der Gehalt über 0,1 Gew.-% betragen, es besteht allerdings eine Kennzeichnungspflicht. Diese Ausnahme galt bis 28. Mai 2025 nicht für PVC-Erzeugnisse, die rückgewonnenes Weich-PVC enthalten. Für PVC-Erzeugnisse, die rückgewonnenes Hart-PVC enthalten, gilt diese Beschränkung ebenfalls nicht, wenn des rückgewonnenen Hart-PVC, wenn die Bleikonzentration weniger als 1,5 Gew.-% beträgt. Diese Ausnahme gilt bis zum 28. Mai 2033. Ab dem 28. Mai 2026 darf rückgewonnenes Hart-PVC, nur noch für die Erzeugung von Produkten einer Produktkategorie der Buchstaben a-d des Stoffeintrags Nr. 63 Anhang XVII der Reach-VO verwendet werden. Jedenfalls müssen Produkte, die Recycling-PVC enthalten dauerhaft gekennzeichnet werden. Spätestens wenn die Ausnahmen auslaufen, wird auf das Recycling von PVC besonders zu achten sein.

### **Recyclingfähigkeit**

In der EU werden Bau- und Konstruktionsanwendungen mit rund 60 % des gesamten recycelten PVC-Volumens dominiert. Mechanisches Recycling ist für sortenreines Hart-PVC (insbesondere Fensterprofile und Rohre) etabliert.

Allerdings bleibt PVC-Recycling in Europa trotz jahrzehntelanger Bemühungen eine Herausforderung. Die europäische Industrie (VinylPlus) meldete für 2023 rund 738.000 Tonnen recyceltes PVC, was etwa 24% des anfallenden Abfalls entspricht – wobei ein Teil dieser Menge auf industrielle Produktionsabfälle (post industrial) entfällt. Unabhängige Studien (Lahl 2024) beziffern die tatsächliche Post-Consumer-Quote deutlich niedriger, auf etwa 12%. Haupthindernisse sind, die wie beschrieben, hohe Additivkomplexität des Materials, das Vorhandensein der inzwischen verbotenen Additive wie Blei und Phthalate, sowie wirtschaftliche Interessen der Hersteller:innen an der Vermarktung von Neuware.

Chemisches Recycling gilt als mögliche Ergänzung, befindet sich aber nach drei Jahrzehnten Ankündigungen noch immer weitgehend im Pilotstadium.

## **Polystyrol (EPS, XPS)**

Grundlegend handelt es sich um einen thermoplastischen Kunststoff, der aus dem petrochemischen Rohstoff Styrol hergestellt wird. Für bauwirtschaftliche Anwendungen sind vor allem expandiertes Polystyrol (EPS) und extrudiertes Polystyrol (XPS) von Bedeutung, die sich in ihren Herstellungsmethoden und Eigenschaften unterscheiden. EPS entsteht durch das Aufschäumen von Polystyrol-Granulat mit Wasserdampf und wird zu leichten Dämmplatten geformt, während XPS durch ein kontinuierliches Extrusionsverfahren hergestellt wird und dadurch eine geschlossene, druckfeste Zellstruktur aufweist. In der Bauwirtschaft werden EPS und XPS vor allem zur Wärmedämmung von Fassaden, Dächern, Böden und erdberührten Bauteilen eingesetzt. Zu den zentralen Herausforderungen zählen die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen, Fragen des Brandschutzes sowie die Verbesserung von Recyclingfähigkeit und Umweltverträglichkeit dieser Dämmstoffe.

### **Einsatz in Gebäuden (Auswahl), Bauprodukten**

EPS und XPS wird an unterschiedlichen Stellen in einem Gebäude eingesetzt. Vorrangig als Wärmedämmung in Fassaden und Dächern. Anwendungsfälle umfassen ebenfalls Trittschalldämmplatten in Fußbodenaufbauten.

Aufgrund des Einsatzes in Fassaden und Fußböden werden große Mengen an EPS in einem Gebäude verbaut. Vor allem in Gebäuden mit einer erhöhten Geschoßanzahl ist die eingesetzte Masse in den Fußböden höher als jene in der Fassade.

### **Herstellung und Dekarbonisierungspotenziale**

Der Produktionsprozess von EPS-Dämmplatten basiert derzeit überwiegend auf Wasserdampf, der typischerweise durch die Verbrennung von Erdgas erzeugt wird. Diese Dampferzeugung ist der energieintensivste Teil der Herstellung und Hauptquelle für CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die Umstellung auf elektrische Dampferzeugung ist technisch möglich. Dabei würde Wasserdampf durch elektrisch betriebene Heizsysteme (z. B. Widerstandsheizungen oder Induktionssysteme) erzeugt.

### **Kritische Additive: Halogenierte Flammschutzmittel**

Das früher verwendete halogenorganische Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCDD) wurde als persistenter Schadstoff eingestuft, und in die POP-VO aufgenommen. Für HBCDD-haltige Abfälle gilt daher ein Zerstörungsgebot. Als Ersatz dazu wurden Polymere halogenierte Flammschutzmittel eingeführt. Diese sind, aufgrund ihrer polymeren Struktur, zum einen nicht über REACH geregelt und zum anderen wird damit argumentiert, dass die höhermolekularen polymeren Flammschutzmittel weniger in die Umwelt gelangen und generell zu geringerer Exposition führen können können.

Jüngere Untersuchungen zeigen, dass die polymeren Flammschutzmittel unter Umweltbedingungen in kleinere (umweltrelevante) Moleküle zerfallen und in die Umwelt gelangen können. Die Alternativ eingesetzten polymeren halogenierten Flammschutzmittel können also nicht im Vorhinein als unproblematisch angesehen werden.

### **POP-Verordnung und Recycling**

Aufgrund der Aufnahme von HBCDD in die POP-VO und das damit verbundene Zerstörungsgebot, ist ein Recycling nur technisch aufwendig möglich, da im Bestand noch Dämmstoffe mit HBCDD-Belastung vorhanden sind. Grundsätzlich ist aber eine gute Recyclingfähigkeit gegeben. Es werden drei Recyclingwege unterschieden: mechanisches,

chemisches (Depolymerisation) und lösungsmittelbasiertes Recycling (Dissolution). Das mechanische Recycling – Verdichtung und Regranulierung – ist für sauberes, sortenreines EPS etabliert, scheidet im Gebäuderückbau jedoch häufig aus, da EPS mit Klebemörtel oder anderen Schichten verbunden ist. Chemische und lösungsmittelbasierte Verfahren können Schadstoffbelastungen wie HBCDD aus Altmaterial entfernen und eine werkstoffkonforme Verwertung ermöglichen, befinden sich aber wirtschaftlich noch in der Skalierungsphase.

## Polyurethan

Polyurethane bilden im Kontext der Baustoffe keine einheitliche Werkstoffklasse, sondern ein breites Eigenschaftsspektrum. Im Bauwesen sind folgende Segmente dominant (Möbel sind out of scope der Studie):

PUR/PIR-Hartschaumstoffe dienen als Wärmedämmstoffe für Flachdächer, hinterlüftete Fassaden, Perimeterdämmung und Kühlräume.

Sprühpolyurethan (SPF) wird in situ aufgetragen und dient gleichzeitig als Luft- und Dampfsperre. Darüber hinaus finden PUR-Systeme als Abdichtungsmembranen, Reaktionsharze, Vergussmassen und elastomere Fugendichtstoffe Verwendung. Diese Nutzungsvielfalt ist technisch vorteilhaft, erschwert aber Recycling und regulatorische Einheitlichkeit erheblich.

### Herstellung und Dekarbonisierungspotenziale

PUR basiert auf zwei Hauptkomponenten: Isocyanaten (im Bauwesen fast ausschließlich MDI – Methylendiphenyldiisocyanat) und Polyolen (meist polyetherbasiert). Die MDI-Synthese erfolgt über Benzol → Anilin → Methylendiphenyldiamin (MDA) → Phosgenierung mit dem Hochrisikostoff Phosgen ( $\text{COCl}_2$ ). Polyetherpolyole werden aus fossilem Propylenoxid bzw. Ethylenoxid hergestellt. Beide Prozessketten sind damit vollständig fossil-abhängig und energieintensiv.

Bio-basierte Polyole aus Rizinusöl, Sojaöl oder Zuckerderivaten sind kommerziell verfügbar und können fossile Polyole partiell substituieren.

### Kritische Additive

**Treibmittel:** Historische FCKW wurden durch HFCs ersetzt, die der EU-F-Gas-VO (EU) 2024/573 unterliegen. Nachfolger sind HFOs ( $\text{GWP} < 10$ ), jedoch als PFAS-Vorläufer ökologisch nicht unproblematisch – sie können persistente Trifluoressigsäure (TFA) als Metaboliten bilden. Cyclopentan und  $\text{CO}_2$  sind GWP-günstige Alternativen mit technischen Einschränkungen.

**Flammschutzmittel:** TCPP (Tris(2-chlorisopropyl)phosphat) ist in nahezu allen PUR-Bauprodukten enthalten, wird derzeit nicht auf der SVHC-Kandidatenliste geführt, ist aber persistent sowie ökotoxikologisch bedenklich. Eine formale Einstufung als PBT- oder vPvB-Stoff liegt bislang nicht vor. Ein Verfahren für eine neue CLH-Einstufung bzw. REACH SVHC-Einstufung ist in Diskussion. HBCD ist bereits unter der POPs-Verordnung (EU) 2019/1021 verboten, aber in Altbeständen ein Entsorgungsproblem.

### Recyclingfähigkeit

Die thermoset-artige, dreidimensional vernetzte Struktur von PUR macht mechanisches Recycling auf Werkstoffebene grundsätzlich problematisch. Chemisches Recycling –

insbesondere Glycolyse, Hydrolyse und Aminolyse – ermöglicht prinzipiell die Rückgewinnung der Polyolkomponente. Diese Verfahren sind wissenschaftlich gut dokumentiert befinden sich aber im Bauwesen weitgehend im Pilot- oder Nischenstadium. Eine industrielle Skalierung scheitert bislang auch an der Sortenreinheit der Abfallströme.

# Biogene Materialien

## Biogener CO<sub>2</sub>-Speicher

Der zentrale systemische Vorteil biogener Baustoffe gegenüber klassischen konstruktiven Materialien wie Beton und Stahl liegt darin, dass biobasierte Produkte neben ihrer Funktion als „Baustoff“ zugleich einen temporären CO<sub>2</sub>-Speicher darstellen: Der in der Biomasse gebundene Kohlenstoff bleibt während der Nutzungsdauer des Gebäudes im Materialpool und wird erst bei Rückbau/Verwertung (je nach End-of-Life-Pfad) wieder freigesetzt oder in nachgelagerten Produktzyklen weitergeführt.

Demgegenüber sind Beton- und Stahlbauteile primär Emittenten in der Herstellungsphase (Energie- und Prozess-emissionen) und besitzen keine analoge, biogen begründete Speicherfunktion.

Für die robuste Einordnung im Rahmen dekarbonisierter Materialien ist allerdings Transparenz in der Bilanzierung entscheidend: Wissenschaftliche Übersichten zeigen, dass unterschiedliche LCA-Methoden zur Modellierung biogener Aufnahme, temporärer Speicherung und Freisetzung zu stark divergierenden Ergebnissen führen können – weshalb die getrennte Ausweisung biogener Kohlenstoffindikatoren und konsistente Regeln (z. B. über EPD-/Normenlandschaft) für belastbare Vergleiche zentral sind.

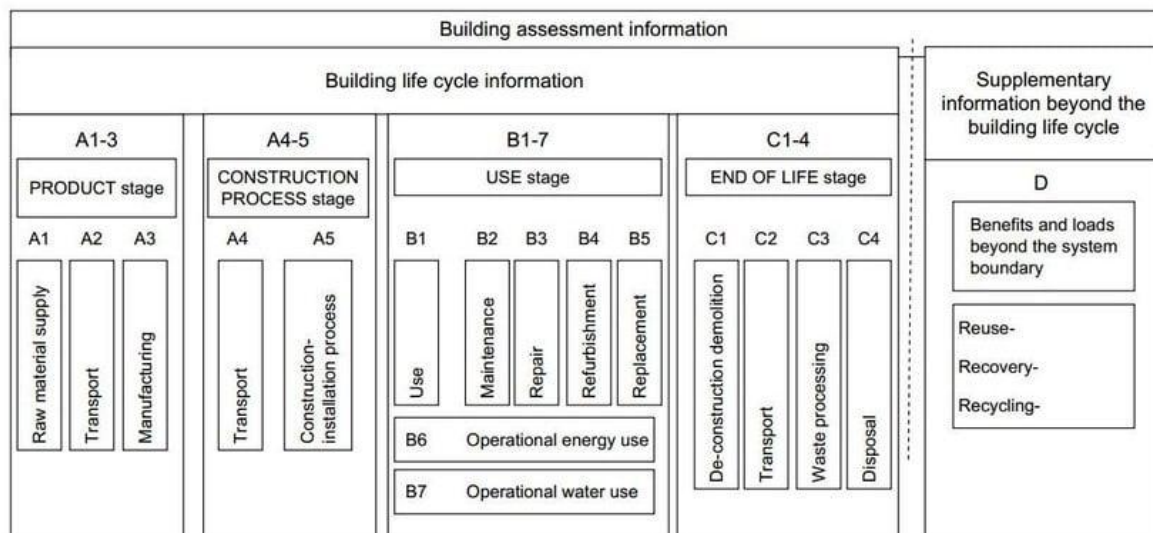


Abbildung 17: Gebäude LCA Stufen nach EN 15978 (Obrecht et al 2019)

## Biogener CO<sub>2</sub> Speicher – Ein (regulatorischer) Vorteil?

Lieferketten bei biobasierten Baustoffen und Bauprodukten

Die Lebenszyklusbilanz von Gebäuden wird in EN15978 definiert und umfasst alle Lebenszyklusphasen von Herstellung und Errichtung über Betrieb und Rückbau und Entsorgung.

Bei der Grundbetrachtung ist es bei Baustoffen mit biogenem Speicher verpflichtend diesen in der Rückbau- und Entsorgungsphase auszubuchen und dementsprechend den biogenen Speicher aufzulösen. Durch das Modul D (Vorteile und Lasten jenseits der Systemgrenze) können lt. Norm Szenarien aufgezeigt werden bei denen alternative Ansätze angenommen werden, um z.B. ein Ausbuchen von biogenen Speichern abzuwenden bzw. zu reduzieren. Alternativen dafür kann z.B. Re-Use von Holz-Bauteilen sein oder eine Alternative Entsorgungsmöglichkeit von biogenen Materialien mithilfe von Pyrolyse. Vor allem die Pyrolyse von Holzbaustoffen ermöglicht potenziell es in der Rückbau- und Entsorgungsphase den in den biogenen Materialien gespeicherten Kohlenstoff langfristig zu binden und daher aktiv CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu entnehmen.

Diese Möglichkeit bietet sich jedoch nur bei der Berücksichtigung von Phase D und spiegelt sich in der Betrachtung der "Standard"-Variante (ausbuchen des biogenen Speichers in der Entsorgung) nicht wider. Wird daher die Standard-Variante der EN15978 als Bewertungskriterium für regulatorische Vorgaben verwendet kann dieser Vorteil von biogenen Baustoffen nicht angewandt werden.

### *Plattenwerkstoffe und Klebstoffinnovationen*

Plattenwerkstoffe sind zentral Ausbau und modulare Bauweisen. Klimaseitig verschiebt sich der Hotspot gegenüber Vollholz häufig stärker in Richtung Prozessenergie und Bindemittel: Konventionelle, formaldehydbasierte Harze (z. B. UF/MUF/PF-Systeme) prägen Emissionsprofil und Innenraumhygieneanforderungen, weshalb die Forschung seit Jahren intensiv an biobasierten und formaldehydfreien Alternativen arbeitet.

Aus heutiger Sicht lassen sich drei technologieorientierte Möglichkeiten unterscheiden. Erstens „Drop-in“-biobasierte Klebstoffe, die petrochemische Komponenten (teilweise oder vollständig) ersetzen, etwa ligninbasierte Systeme (inkl. formaldehydfreier Rezepturen) oder tanninbasierte Formulierungen. Beispiele für vollständig biobasierte, formaldehydfreie Holzklebstoffe dieser Art sind Lignin-Glyoxal-Basis oder tannin-citronensäurebasierte Systeme mit nachgewiesenen Festigkeits- und Wasserbeständigkeitsprofilen.

Zweitens Klebstoffreduktion durch optimierte Holz-/Faseroberflächen, Prozessführung und Pressregime. Drittens klebstofffreie („binderless“) Platten, bei denen Selbstbindung über thermomechanische Vorbehandlung (z. B. Dampfdruckaufschluss) und lignin-/hemicellulosegetriebene Bindemechanismen ermöglicht wird; dies ist besonders attraktiv, wenn Nebenprodukte und Reststoffe in kreislaforientierte Wertschöpfung überführt werden sollen.

### *Aufbauten*

Bei Bauten (Dämmung, Innenwände, leichte Trenn- und Vorsatzschalen) liegt hohes Potenzial biogener Baustoffe in großvolumiger Anwendung, schneller Skalierbarkeit und dem Austausch fossiler (EPS/XPS) bzw. mineralischer Dämmstoffe – bei vergleichbarer Wärmeleitfähigkeit im anwendungsüblichen Bereich. Eine aktuelle systematische Aufarbeitung ordnet eine große Bandbreite biobasierter Dämmstoffe (u. a. Zellulose, Holzfaser, Strohballen, Hanf- und Flachfasern sowie Verbundvarianten mit unterschiedlichen Bindern) und zeigt, dass viele Produkte im „cradle-to-gate“ durch biogene Kohlenstoffspeicherung günstige

Klimabilanzen erreichen können, während gleichzeitig Datenlücken und Methodikdivergenzen (v. a. zur Bilanzierung biogener Flüsse) die Vergleichbarkeit limitieren.

# Einsatz in Gebäuden und Bauprodukten (Auswahl)

Basierend auf den Auswertungen der mengenmäßig relevantesten Treibhausgasemittenten werden folgend Bauprodukte und deren Alternativen dargestellt.

Das Treibhauspotenzial (GWP) wird in EPDs als  $\text{kg CO}_2\text{-Äq.}$  ausgewiesen und modular nach Lebenszyklusphasen bilanziert. „GWP-total“ bezeichnet die Summe aller berücksichtigten Module innerhalb definierter Systemgrenzen. Die Aussage ist daher abhängig von Systemgrenze, Datensatz und funktioneller Einheit.

Eine Angabe in  $\text{kg CO}_2\text{-Äq./kg}$  beschreibt die Emissionsintensität eines Materials auf Massenbasis, ist jedoch für Bauteilvergleiche nicht ausreichend. Im Bauwesen ist daher eine flächenbezogene Betrachtung erforderlich, z. B.  $\text{kg CO}_2\text{-Äq./m}^2$  Bauteil.

Unterschiedliche Baustoffe erfüllen gleiche Anforderungen (Tragfähigkeit, U-Wert) mit unterschiedlichen Dicken und Dichten. Daher ist ein Vergleich nur auf Basis einer äquivalenten Funktion zulässig. Ein reiner  $\text{kg}$ -Vergleich führt aufgrund variierender Einbaustärken und Materialkennwerte zu verzerrten Ergebnissen.

Um Konstruktionen aussagekräftig vergleichen zu können müssen die Werte projektspezifisch bzw. Aufbauspezifische ermittelt werden.

In den nachfolgenden Analysen werden ausschließlich die Lebenszyklusphasen A1–A3 (Herstellung) sowie Phase C (Entsorgung) betrachtet. Diese Einschränkung erfolgt bewusst und aus folgenden Gründen:

Die Phasen A1–A3 umfassen die Gewinnung der Rohstoffe, den Transport sowie die eigentliche Herstellung des Bauprodukts. Auf diese Herstellungsphase entfällt der größte Anteil der produktbezogenen Treibhausgasemissionen - sie ist damit der emissionsseitig relevanteste und gleichzeitig durch EPD-Daten am verlässlichsten belegte Abschnitt des Lebenszyklus.

Phase C berücksichtigt den Rückbau, den Transport zur Entsorgung sowie die Abfallbehandlung bzw. Deponierung am Lebensende eines Produkts.

Die Nutzungsphase (B1–B7) sowie Modul D (Potenziale außerhalb der Systemgrenze, z. B. Recycling-Gutschriften) werden in diesen Analysen nicht berücksichtigt, da die entsprechenden Daten produktübergreifend nur unvollständig oder mit hoher Unsicherheit vorliegen und eine vergleichbare Auswertung auf Materialebene erschweren würden. Für eine abschließende Bewertung können diese Phasen jedoch entscheidende Vor- bzw. Nachteile von Bauprodukten ausmachen.

## Konstruktive Baustoffe

### Stahlbeton

**Stahlbeton** besitzt vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Grundsätzlich wird Stahlbeton dort eingesetzt, wo statisch hohe Anforderungen und Dauerhaftigkeit notwendig sind, wie zum Beispiel Fundamente, Geschoßdecken, Stützen, Träger oder Unterzüge. Jedoch können auch

Außen-, Innenwände oder Außenanlagen (Wege, Balkonplatte, etc.) aus Stahlbeton ausgeführt werden.

### Bewertung und Vergleich

Bei der Bewertung der CO<sub>2</sub> Emissionen von Stahlbeton wird von einer Druckfestigkeitsklasse von C20/25 mit einem Bewehrungsanteil von 2 % ausgegangen. Als Referenzgröße wird eine Wandfläche von 1 m<sup>2</sup> mit einer Stärke von 25 cm angenommen.

Die CO<sub>2</sub> Emissionen von Stahlbeton reichen, in den Phasen A1-A3, von 43 kg<sub>CO2</sub>/m<sup>2</sup><sub>Wand</sub> bei der Anwendung einer generischen EPD bis hin zu 14 kg<sub>CO2</sub>/m<sup>2</sup><sub>Wand</sub> bei der Anwendung einer Eco Beton EPD.

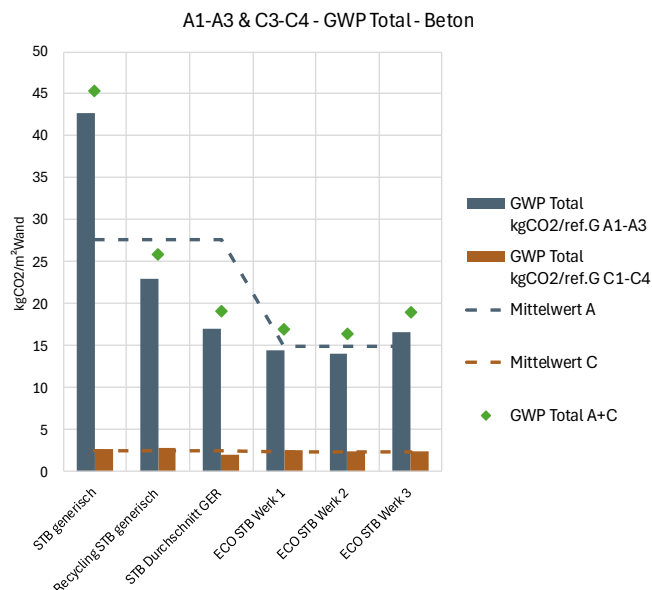


Abbildung 18: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C1-C4) von drei Stahlbeton Mischungen mit 2 % Bewehrungsanteil

### (biobasierte) alternative Baumaterialien

Im Tragwerk liegt das größte Dekarbonisierungspotenzial biogener Baustoffe in (i) Vollholzprodukten (z. B. Schnittholz, Konstruktionsvollholz) und (ii) Engineered Wood Products (EWP) wie Brettschichtholz, Brettsperrholz und Furnierschichtholz. Diese ermöglichen tragende Systeme vom Einfamilien- bis zum mehrgeschossigen Wohn- und Verwaltungsbau, häufig in vorgefertigten, materialeffizienten Elementen. Mass-Timber/Timber-Hybrid-Lösungen können im Vergleich zu funktional äquivalenten Stahl- und Stahlbetonlösungen häufig geringere Herstellungsemissionen aufweisen, wobei die Spannweite stark von Datenbasis, Systemgrenzen und Annahmen (z. B. Transport, End-of-Life, biogene Kohlenstoffbilanzierung) abhängt.

Vergleich der Herstellungsemissionen (Abbildung 19) zeigt auch, dass mit Strom produzierter Ziegel ein großes Potenzial zur Emissionsreduktion hat, jedoch Brettschichtholz bei gleicher Wandstärke, hinsichtlich GWP Total, mit deutlich negativen Emissionen bilanziert wird. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es bei Holz Einschränkungen beim Einsatz in Gebäuden gibt. Vor

allem erdberührte Bauteile können nicht bzw. nur sehr eingeschränkt in Holz gebaut werden da hier besondere Feuchteschutzanforderungen zur Anwendung kommen. Sofern nicht sehr große Deckenspannweiten notwendig sind, kann Holz auch in großvolumigen Gebäuden als primäre Tragstruktur eingesetzt werden. Die Einhaltung von Brandschutzanforderungen bei Holzgebäuden ist mit geringen Einschränkungen möglich.

Beim Einsatz von biogenen Baustoffen, wie in diesem Beispiel Brettsperrholz, sind die hohen C3 Emissionen auffallend. Dies ist dadurch begründet, dass nach der Lebensdauer diese Baustoffe thermisch verwertet, werden können und dadurch die in A1 gespeicherten Emissionen wieder aufgelöst und in die Atmosphäre abgegeben werden. Mithilfe von Technologien wie der Pyrolyse von biogenen Baustoffen kann dieser Effekt jedoch abgefangen werden und der Kohlenstoff langfristig gespeichert werden. Dabei wird er Brennstoff unter Ausschluss oder starkem Mangel an Sauerstoff verbrannt. Anstatt zu verbrennen und Emissionen abzugeben entsteht Pyrolysegas- und -öl sowie Biokohle in welcher der Kohlenstoff, der während der Wachstumsphase der biogenen Baustoffe aufgenommen wurde, gespeichert wird.

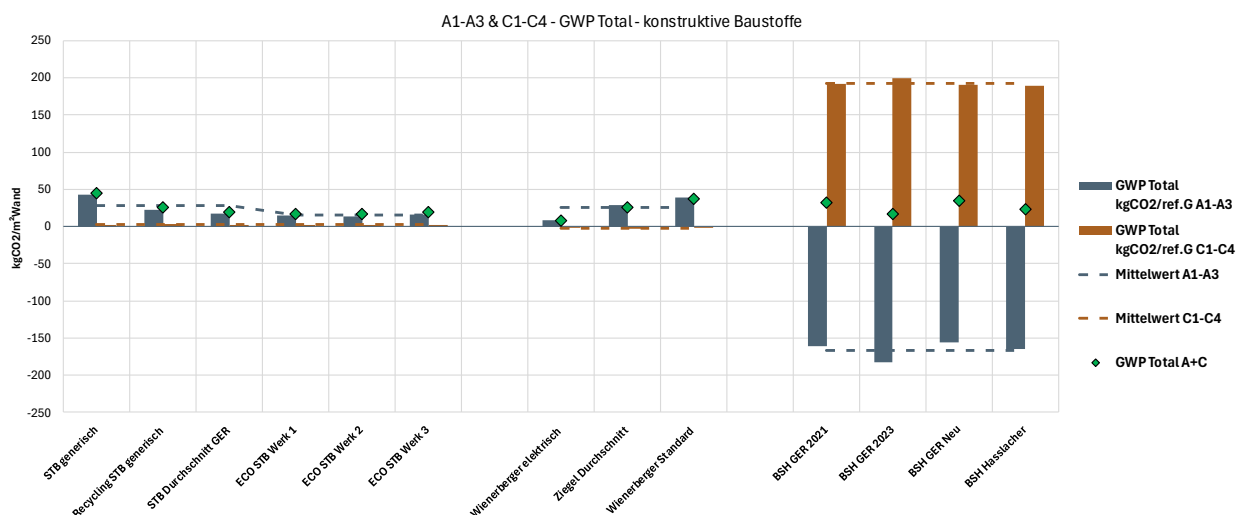


Abbildung 19: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C1-C4) von verschiedenen exemplarisch ausgewählten konstruktiven Baustoffen

## Aufbauten

### Estrich

#### Zementestrich

Konventionelle Zementestriche verursachen ebenfalls durch den hohen Klinkeranteil erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionen. Nachhaltige Alternativen zielen daher erneut auf den Einsatz nachwachsender Rohstoffe oder auf zementfreie bzw. zementarme Bindemittel ab. Ergänzend spielen konstruktive Alternativen durch Trockenestrichsysteme eine wichtige Rolle, da sie Bauprozesse und Rückbaubarkeit verbessern können.

## Mineralische zementarme Alternativen

**Alkali-aktivierte bzw. Geopolymer-Estriche** ersetzen Portlandzement durch reaktive Alumosilikate wie Flugasche, Hüttenschlacke oder Metakaolin, die mit alkalischen Aktivatoren reagieren. Sie erreichen hohe Festigkeiten und sind auch für industrielle Anwendungen geeignet. Ihr CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist in vielen Fällen deutlich geringer als der von Zementestrichen, wobei die Herstellung der Aktivatoren die Umweltbilanz beeinflusst. Insgesamt gelten sie als leistungsfähige mineralische Low-Carbon-Alternative.

**Calciumsulfat- (Anhydrit-) Estriche** sind zementfrei und zeichnen sich durch gute Selbstverlaufseigenschaften sowie geringe Schwindneigung aus. Werden Recycling- oder Nebenproduktgipse eingesetzt, verbessert sich die ökologische Bilanz zusätzlich. Die Herstellung erfordert niedrigere Brenntemperaturen als Zementklinker, jedoch sind diese Systeme empfindlich gegenüber dauerhafter Feuchtigkeit und daher primär für trockene Innenräume geeignet.

**Magnesiumbasierte Estriche**, etwa auf Basis von Magnesium-Phosphat-Zement, erhärten sehr schnell und erreichen hohe Frühfestigkeiten. Sie werden häufig im Industrie- und Sanierungsbereich eingesetzt. Ihre Nachhaltigkeit ist differenziert zu bewerten, da die Herstellung von Magnesiumoxid und Phosphaten energieintensiv sein kann. Die ökologische Performance ist daher stark rohstoff- und prozessabhängig.

**Trockenestrichsysteme** bestehen aus vorgefertigten Plattenelementen, beispielsweise aus Gipsfaser, Holzwerkstoffen oder zementgebundenen Leichtbauplatten, die auf Dämmschichten oder Ausgleichschüttungen verlegt werden. Sie benötigen keine Trocknungszeit, reduzieren den Feuchteintrag auf der Baustelle und ermöglichen eine schnelle Weiterverarbeitung. Nachhaltigkeitsvorteile ergeben sich aus kürzeren Bauzeiten, geringerer Baustellenenergie, potenzieller Rückbaubarkeit sowie dem Einsatz biobasierter oder recyclingfähiger Plattenmaterialien. Die Umweltbilanz hängt wesentlich vom verwendeten Plattenwerkstoff ab.

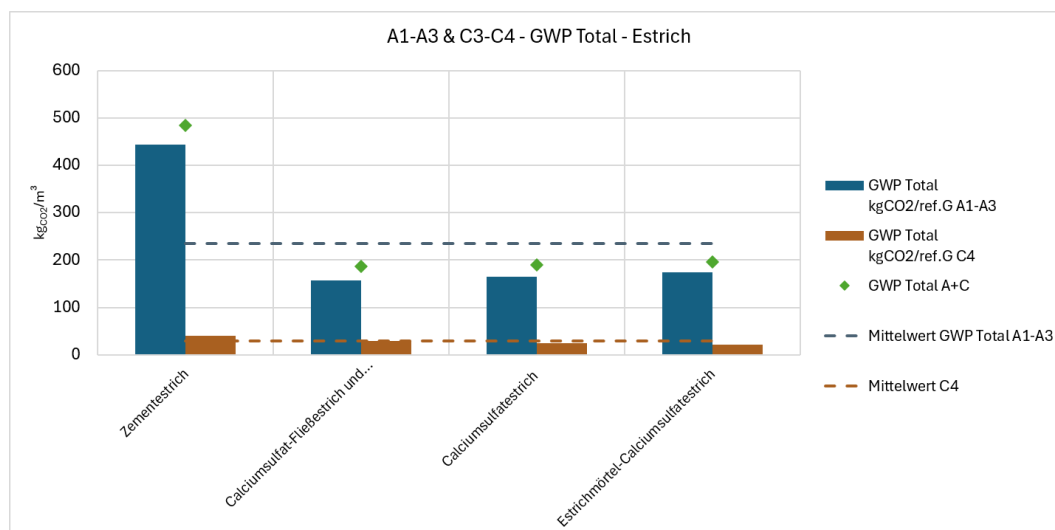


Abbildung 20: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C4) von ausgewählten Zementestrichen

## Biogene Alternativen

**Hanf-Kalk-Estrich (Hempcrete)** besteht aus Hanfschäben als biogenem Zuschlag und einem Kalkbinder. Der Hanf speichert während des Wachstums CO<sub>2</sub>, das im Material langfristig gebunden bleibt. Dadurch kann eine günstige Klimabilanz erreicht werden, insbesondere bei regionaler Rohstoffgewinnung. Aufgrund der geringen Rohdichte handelt es sich meist um Leicht- oder Ausgleichsestriche mit begrenzter Druckfestigkeit. Sie eignen sich vor allem im Wohnungsbau in Kombination mit tragfähigen Deckschichten.

**Leichtestriche** mit Kork, Holzfaser oder Cellulose kombinieren mineralische Binder mit biogenen Zuschlägen. Ziel ist die Reduktion energieintensiver mineralischer Bestandteile sowie die Verbesserung von Wärme- und Schalldämmeigenschaften. Die ökologische Qualität hängt stark vom Binderanteil ab. Mechanisch sind diese Systeme weniger belastbar als klassische Zementestriche und werden überwiegend in Wohn- oder Leichtbaukonstruktionen eingesetzt.

## Beplankung

Beplankungen sind flächige, plattenförmige Bauprodukte zur Ausbildung definierter Schichten in Wand-, Decken- und Dachaufbauten. Sie erfüllen primär konstruktive, bauphysikalische, brandschutztechnische und ausbaupraktische Funktionen und sind damit Systemkomponenten, keine isolierten „Materialien“. Beplankungen werden aus mineralischen (zementgebundenem Gips), organisch (z.B. Holz, Stroh) und erdgebundenen (Lehm) Rohstoffen erzeugt. Beplankungen bei Trennwänden sind auf Unterkonstruktionen aufgebracht. Je nach Materialität und Ansprüchen variiert die Stärke der Platten.

Gipsfaserplatten (DIN EN 15283-2) sind faserverstärkte Gipsplatten ohne Kartonummantelung. Gipskartonplatten (DIN EN 520; national häufig DIN 18180) bestehen aus einem Gipskern mit beidseitigem Karton. EN 520 regelt Auswahl/Typisierung und Anwendung u. a. für Beplankungen von Wänden/Decken/Unterdecken.

### Einsatz im Gebäude

**Gipsplatten mit erhöhtem Feuerschutz** haben das Ziel die Formstabilität des Kerns unter Temperatur, verzögerter Festigkeitsabfall, entsprechend den definierten Feuerwiderstandsklassen zu gewährleisten. Dies gelingt durch Zuschläge (z.B. Glasfasern, Mikrosilika) und/oder einer höheren Dichte. Diese Gipsplatten kommen speziell bei Schachtwänden, Unterdecken, Brandschutzbekleidungen und Trennwänden mit erhöhten Anforderungen zum Einsatz

Durch die Imprägnierung von Gipsplatten mit hydrophobierenden Additiven wird die Wasseraufnahme reduziert. Speziell in Einsatzbereichen wie Bäder, Küchen und Räumlichkeiten mit temporär erhöhter Luftfeuchtigkeit werden imprägnierte Platten verbaut.

Perforierte Gipsplatten sogenannte **Lochplatten** können Schall absorbieren und werden aufgrund ihrer akustischen Wirksamkeit als Akustikdecken bzw. Wandabsorber in Räumen mit erhöhten Anforderungen an den Schallschutz, beispielsweise in Büros, Schulen und Versammlungsräumen verbaut.

Da Innenwände die größte Fläche in Gebäuden ausmachen (siehe Abbildung 11) ist auf die Auswahl der Konstruktion sowie der Baustoffe besonderes Augenmerk zu legen. Ein Wechsel des Baustoffs kann zu signifikanten Veränderungen in der Lebenszyklusbilanz eines Gebäudes führen.

## Herstellung und Dekarbonisierungspotenzial

Die Umwelteinwirkungen von Beplankungen werden durch die Prozessenergie (Trocknung, Pressen, Kalzinierung), die Bindemittel/Additive (wie Harze, Hydrophobierung, Fasern, Brandschutzadditive) sowie Rohstoffaufbereitung und Transport bestimmt. Mineralische Platten zeigen typischerweise eine GWP-Prägung durch Prozesswärme. Biogene Platten können in A1–A3 zusätzlich eine biogene Kohlenstoffspeicherung ausweisen, deren Relevanz von Nutzungsdauer und End-of-Life abhängt. Dekarbonisierung erfolgt primär über erneuerbare Prozesswärme/Strom, bindemittelarme Rezepturen, Rezyklateinsatz und Prozessoptimierung. Während der Planung kann bereits auf Basis von Anforderung und Funktion, z.B. bei Nassräumen, sinnvolle Entscheidungen zugunsten geeigneter Materialität der Beplankung getroffen werden, um die Kreislauffähigkeit bzw. ein gesundes Raumklima zu fördern.

Werden die GWP-Werte von Gips-Beplankungen analysiert (Abbildung 21) zeigt sich, dass Gipsfaserplatten, aufgrund der Faserverstärkung, höhere GWP Fossil Werte aufweisen als Gipsplatten ohne Faserverstärkung. Da als Faserverstärkung hauptsächlich Zellulosefasern aus Altpapier angewandt werden variieren die GWP Total Werte je nach Beimischungsverhältnis dieser Faserverstärkung, wie beim Vergleich der Fermacell und der Verbands-EPD zu sehen ist. Bei Gipsplatten zeigen sich nur geringfügige Unterschiede in den GWP-Werten je nach Plattenart.

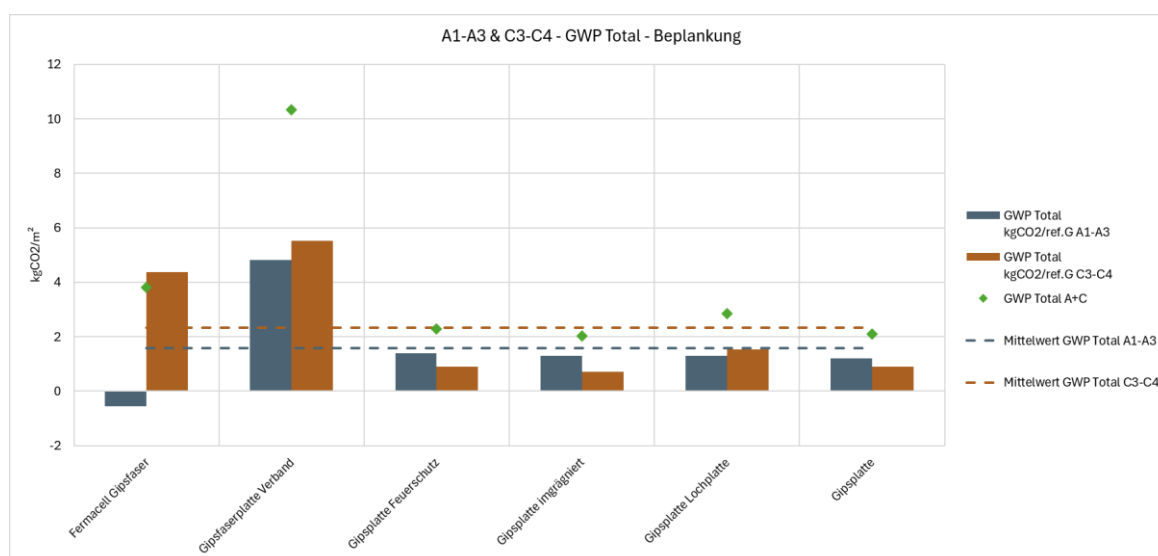


Abbildung 21: GWP Total Emissionen von exemplarischen Gipsplatten

## Rückbau- und Recyclingfähigkeit

Kreislauffähigkeit ist weniger eine reine Materialeigenschaft als eine Konstruktions- und Detailfrage: sortenreiner Rückbau (mechanische Befestigung, minimale Verbunde), begrenzte Beschichtungsvielfalt, definierte Schichttrennbarkeit und schadstoffarme Oberflächen sind entscheidend. Verbundkleber, mehrschichtige Beschichtungen, Spachtelmassen und Installationsdurchdringungen reduzieren die Qualität von Recyclingströmen.

Unbeschichtete oder dünn mineralisch beschichtete Varianten, mechanische Befestigung, keine vollflächige Verklebung mit der Unterkonstruktion, klare Trennbarkeit von Dicht- und Ausgleichsschichten bei Beplankungen ist demnach für Kreislaufwirtschaft entscheidend.

## Alternativen

Biobasierte Alternativen zu gipsbasierten Beplankungen sind Holzwerkstoffe (z. B. Birke-Sperrholz), Holzfaserplatten und Strohplatten. Als kreislaufstarke, jedoch nicht biobasierte Alternative kommt Lehm(bau)platte hinzu. Der sinnvolle Ersatz auf Basis der Funktion ist ausschlaggebend: Aussteifung, Brandschutz, Akustik, Feuchteführung, Robustheit, Oberflächenqualität und Befestigbarkeit müssen systemisch erfüllt werden.

**Holzfaserplatten** sind biogen und dienen zusätzlich als innenseitige Dämmschicht. Kreislauftechnisch sind Holzfaserplatten robust, solange Additiv- und Beschichtungsanteile gering bleiben und die Montage demontierbar erfolgt. Holzfaserplatten eignen sich als innere Schicht in Holzbauwänden, als Bekleidung in Vorsatzschalen oder als Teil von Akustik-/Dämmsystemen

**Strohplatten** weisen in A1–A3 häufig hohe biogene Kohlenstoffspeicherung auf. Die ökologische Qualität ist stark vom Bindemittel und den Deckschichten abhängig. Kreislauffähig werden Strohplatten nur dann, wenn Rezeptur, Emissionen und End-of-Life-Pfade transparent sind und die Konstruktion Rückbau erlaubt (verschraubt, keine Verbundkleber, keine schwer trennbaren Beschichtungen)

**Lehmplatten** sind keine biobasierte, aber eine kreislaufwirtschaftlich sehr starke Alternative zu Gips. Sie sind rehydrierbar, gut rückbaubar und gering an Chemie. Sie verbessern Innenraumhygrothermik durch Sorption und Feuchtepufferung und können so systemisch Komfort und Feuchtesicherheit unterstützen. A1–A3 wird primär durch Trocknung und Transport bestimmt. Das Kreislaufpotenzial ist hoch, wenn Oberflächen diffusionsoffen und rückbaufähig bleiben; problematisch sind mehrlagige Beschichtungen.

Die nachfolgende Grafik (Abbildung 22) stellt unterschiedliche Gipsplatten anhand deren GWP vergleichend dar. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde immer von der gleichen Plattenstärke ausgegangen. Dabei zeigt sich, dass vor Strohplatten, vor allem das Produkt Stramentec<sup>1</sup>, sowie Sperrholzplatten ein großes Potenzial der Klimaneutralität aufweisen. Lehmbauplatten weisen vergleichbare GWP-Werte auf wie Gipsplatten sind, jedoch aufgrund ihrer sehr guten Kreislauffähigkeit und des guten Feuchtigkeitsaustausches mit der Raumluft, Gipsplatten qualitativ vorzuziehen. Wie bei allen biogenen Baustoffen weisen auch diese hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Phase C3 und C4 auf. Dies ist der Verbrennung und dem daraus folgendem Auflösen des biogenen CO<sub>2</sub>-Speichers nach dem Erreichen der Lebensdauer geschuldet.

In der Planung ist es speziell bei alternativen Beplankungen wichtig, die unterschiedliche, materialspezifischen Plattenstärken einzuplanen.

---

<sup>1</sup> <https://stramentec.com/> [zuletzt abgerufen am 16.04.2026]

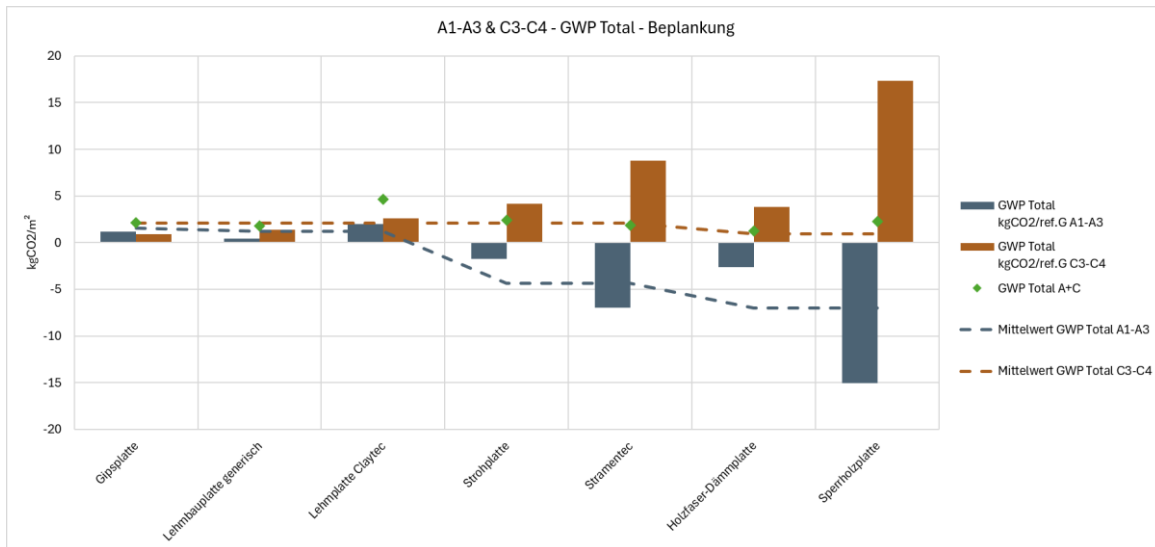


Abbildung 22: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von Gipsplatten und alternativer Beplankung

## Putze

Putze sind mineralisch oder organisch gebundene Mörtelsysteme, die als Oberflächenbeschichtung auf Wand- und Deckenbauteilen im Innen- und Außenbereich eingesetzt werden. Sie übernehmen bauphysikalische, konstruktive und gestalterische Funktionen.

Mineralische Putze wirken aufgrund ihrer Masse und Porenstruktur feuchteregulierend. Kalk- und Lehmputze können temporär Luftfeuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben (Sorption), wodurch sie zur Stabilisierung der relativen Luftfeuchte beitragen. Zementgebundene Systeme weisen hingegen eine höhere Druckfestigkeit und Witterungsbeständigkeit auf und kommen bevorzugt in hoch beanspruchten Bereichen zum Einsatz. Gipsbasierte Putze werden überwiegend im trockenen Innenbereich verwendet, da sie empfindlich gegenüber dauerhafter Feuchtebelastung sind.

### Herstellung und Dekarbonisierungspotenzial

Die Einteilung der betrachteten Putze erfolgt nach ihrem Bindemittel: Gips, Kalk, Kalk-Zement, Zement und Lehm.

**Gipsgebundene Putze** verursachen primär durch den Energieeinsatz im Trocknungs- und Mahlprozess CO<sub>2</sub>-Emissionen, nicht jedoch durch eine prozessbedingte Entsäuerung wie bei Kalk oder Zement. Dekarbonisierungspotenziale liegen in der Elektrifizierung der Brennprozesse, im Einsatz erneuerbarer Energien sowie in der verstärkten Nutzung von Recyclinggips.

**Kalkgebundene Putze** basieren auf gebranntem Kalk (CaO), der durch Kalzinierung von Kalkstein bei etwa 900 °C hergestellt wird. Dabei wird CO<sub>2</sub> aus dem Carbonat freigesetzt. Diese prozessbedingte Emission ist chemisch unvermeidbar.

Ein wesentliches Charakteristikum von Kalkputzen ist jedoch die Recarbonatisierung während der Nutzungsphase. Dabei reagiert das Calciumhydroxid mit atmosphärischem CO<sub>2</sub> zu Calciumcarbonat zurück. Theoretisch kann ein erheblicher Teil der zuvor freigesetzten CO<sub>2</sub>-Menge wieder gebunden werden, abhängig von Putzdicke, Exposition und Lebensdauer.

Dekarbonisierungspotenziale ergeben sich aus dem Einsatz erneuerbarer Energien für den Brennprozess, der Integration von Carbon Capture and Storage sowie der Reduktion von Bindemittelmengen.

**Kalkzement- und Zementputze** gehören zur Gruppe der hydraulisch erhärtenden Putze. Das zentrale Bindemittel ist Portlandzement, der durch Brennen eines Kalkstein-Ton-Gemisches bei etwa 1450 °C hergestellt wird. Dieser Prozess ist sowohl energieintensiv als auch mit erheblichen prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden.

Industrielle Anbieter wie Saint-Gobain entwickeln zunehmend klinkerreduzierte Zemente sowie optimierte Werk trockenmörtel mit reduziertem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Dennoch bleiben Zementputze im Vergleich zu Kalk-, Gips- oder Lehmsystemen emissionsintensiver.

**Lehmputze** basieren auf tonhaltigen Erden, Sanden und pflanzlichen Zuschlägen. Im Gegensatz zu gebrannten mineralischen Bindemitteln erfolgt keine Kalzinierung. Die Herstellung beschränkt sich im Wesentlichen auf Trocknung, Siebung und Mischung.

Unternehmen wie Claytec haben industrielle Lehmsysteme entwickelt, die gleichbleibende Qualität bei gleichzeitig geringem Energieeinsatz ermöglichen.

Da kein chemischer Entsäuerungsprozess stattfindet, entstehen nur geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen. Lehmputze weisen daher das höchste Dekarbonisierungspotenzial unter den betrachteten Systemen auf. Ihre bauphysikalischen Vorteile liegen insbesondere in der hohen Sorptionsfähigkeit und der positiven Beeinflussung des Raumklimas.

Die ökologische Bewertung von Putzen wird maßgeblich durch das eingesetzte Bindemittel bestimmt. Während Zement- und Kalkzementputze hohe technische Leistungsfähigkeit bieten, sind sie mit erheblichen CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden. Kalkputze bieten durch Rearbonatisierung ein partielles Kompensationspotenzial. Gipsputze weisen aufgrund niedriger Brenntemperaturen eine moderate Emissionsbilanz auf. Lehmputze stellen hinsichtlich grauer Energie, Recyclingfähigkeit und Kreislaufpotenzial die vorteilhafteste Variante dar.

Nachfolgende Grafik zeigt das GWP Total der verschiedenen Putze, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen wurde unabhängig von tatsächlichen Materialstärken die gleiche Putzstärke (10 mm) angenommen. Hierbei zeigen sich vor allem bei Zementputzen erhöhte CO<sub>2</sub>-Emissionen, zurückzuführen auf die energieintensive Zementherstellung. Durch den Verzicht von Zement bei Gips- bzw. Kalk-Putzen kann das GWP-Total nahezu halbiert werden.

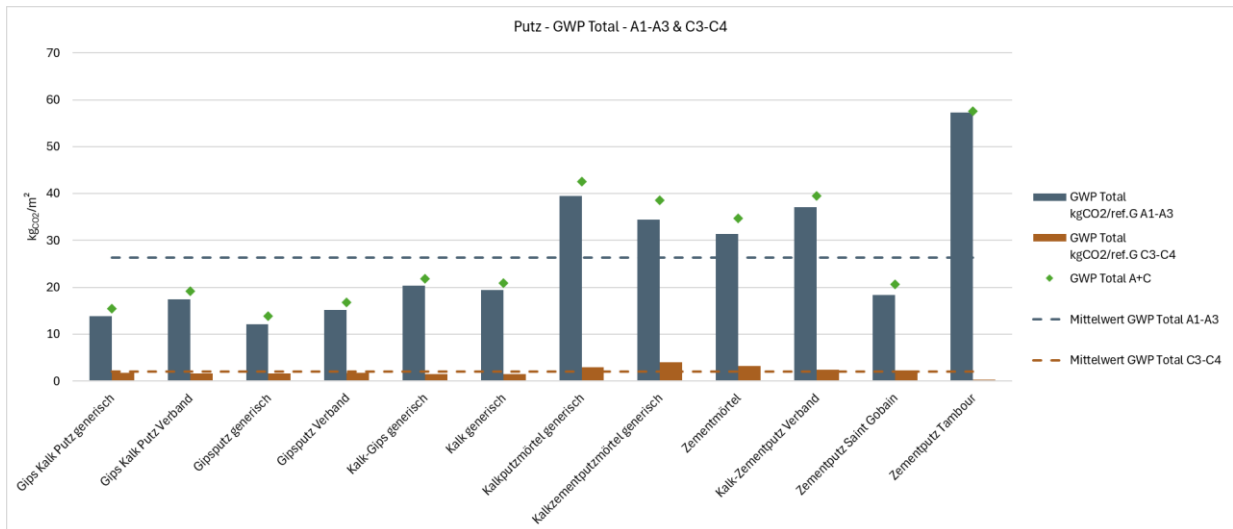


Abbildung 23: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von exemplarischen mineralischen Putzen

## Alternativen

Ein Vergleich mit alternativen Putzen (Abbildung 24) zeigt, dass Lehmputze, je nach Hersteller:in stark unterschiedliche, GWP-Total Werte aufweisen. Das ist auf das angewandte Trocknungsverfahren zurückzuführen. Werden solare Trocknungsverfahren wie z.B. bei Levita angewandt oder auf Trocknungsverfahren gar komplett verzichtet wie bei Asanto können sehr geringe GWP-Total Werte erreicht werden. Wird jedoch ein fossiles Trocknungsverfahren wie bei Claytec angewandt erreichen die GWP-Total Werte nahezu jene von Gipsputzen.

**Reine Kalkputze** stellen eine nachhaltigere Alternative zu zementhaltigen Systemen dar, insbesondere im Wohnungsbau mit Fokus auf Diffusionsoffenheit und Schimmelprävention.

**Lehmputze** bilden die ökologisch günstigste Alternative unter den mineralischen Putzen. Sie sind jedoch nicht dauerhaft wasserbeständig und daher vorwiegend für Innenräume und nur bedingt für Feuchträume geeignet.

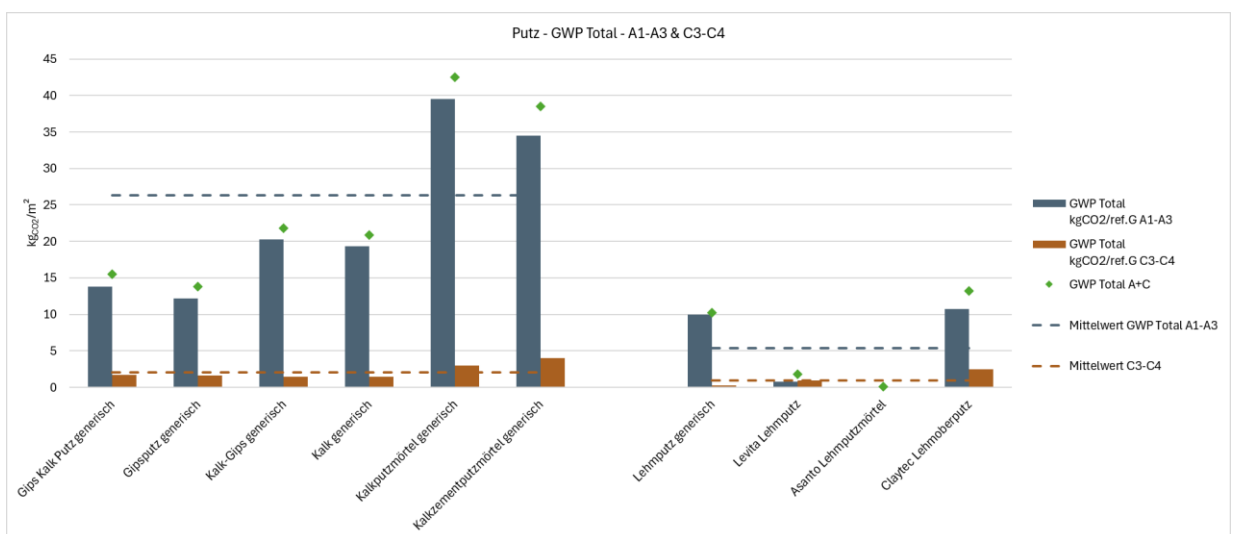


Abbildung 24: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von mineralischen Putzen und exemplarischen Alternativen

## **Recyclingfähigkeit**

Die Recyclingfähigkeit mineralischer Putze hängt maßgeblich von ihrer sortenreinen Trennung beim Rückbau ab.

Gipsputze sind grundsätzlich gut recyclingfähig, da Gips in geschlossenen Stoffkreisläufen erneut zu Halbhydrat verarbeitet werden kann. Voraussetzung ist die Vermeidung von Verunreinigungen.

Kalk- und Kalkzementputze werden im Rückbau meist dem mineralischen Bauschutt zugeführt und als Recyclinggranulat verwendet (Downcycling). Eine hochwertige stoffliche Rückführung ist technisch möglich, jedoch wirtschaftlich selten umgesetzt.

Zementputze weisen aufgrund ihrer hydraulischen Bindung eine geringe Wiederverwertbarkeit als Bindemittel auf. Sie werden überwiegend gebrochen und als Gesteinskörnung im Straßen- oder Tiefbau eingesetzt.

Lehmputze besitzen die höchste Kreislauffähigkeit: Sie können angefeuchtet, neu gemischt und wiederverwendet werden, sofern keine Fremdstoffe eingebracht wurden. Damit erfüllen sie zentrale Prinzipien zirkulären Bauens.

## **Know-How Gap**

Ein Know-how-Gap betrifft die planerische Praxis. Obwohl Lehm- und reine Kalkputze bauphysikalische Vorteile hinsichtlich Diffusionsoffenheit und Feuchtepufferung aufweisen, dominieren in Ausschreibungen weiterhin Kalkzement- und Zementputze. Diese Präferenz resultiert weniger aus technischen Notwendigkeiten als aus etablierten Erfahrungswerten, Haftungssicherheiten und normativen Standards.

Ein weiteres Wissensdefizit betrifft die handwerkliche Ausführung alternativer Putzsysteme.

Alternative Putze – insbesondere Lehmputze – erfordern spezifische Verarbeitungskompetenz. Fehlendes Schulungsangebot oder geringe Erfahrung im Handwerk führen zu Vorbehalten gegenüber längeren Trocknungszeiten, speziellen Untergrundanforderungen und mechanischer Empfindlichkeit. Dadurch entsteht eine Markthemmnis-Situation trotz ökologischer Vorteile zugunsten konventioneller, emissionsintensiver Systeme

## **Unterkonstruktion Trockenbau (Stahl, Holz)**

Innenwände in Gebäuden werden aktuell hauptsächlich als Trockenbauwände mit Unterkonstruktion ausgeführt. Als Unterkonstruktion werden konventionell Stahlbleche angewandt. Alternativ dazu kann Konstruktionsvollholz (KVH) als Unterkonstruktion eingesetzt werden. Eine Unterkonstruktion aus KVH kann sowohl bei Gipsplatten als auch bei Alternativen Produkten wie Lehm- oder Strohbauplatten angewandt werden.

Eine Substitution von Stahlprofilen durch Konstruktionsvollholz (KVH) als Unterkonstruktion ist ohne funktionelle Einbußen möglich. Jedoch muss darauf geachtet werden, dass der Baustellenprozess darauf ausgelegt sein muss.

Ein Vergleich der GWP-Total Werte (Abbildung 25) von Profilen mit der identischen Profiltiefe (100 mm) zeigt, dass diese Maßnahme in der Phase A1-A3 ein großes Potenzial aufweist. Wie bei allen biogenen Baustoffen ist in der C-Phase die konventionelle thermische Verwertung des Materials dargestellt. Durch Pyrolyse kann dieser Wert signifikant reduziert werden.

Da Innenwände die größte Fläche in Gebäuden ausmachen (siehe Abbildung 11) bietet die Substitution von KVH-Profilen einen signifikanten Hebel in der Reduktion der Gesamtlebenszyklusbilanz eines Gebäudes

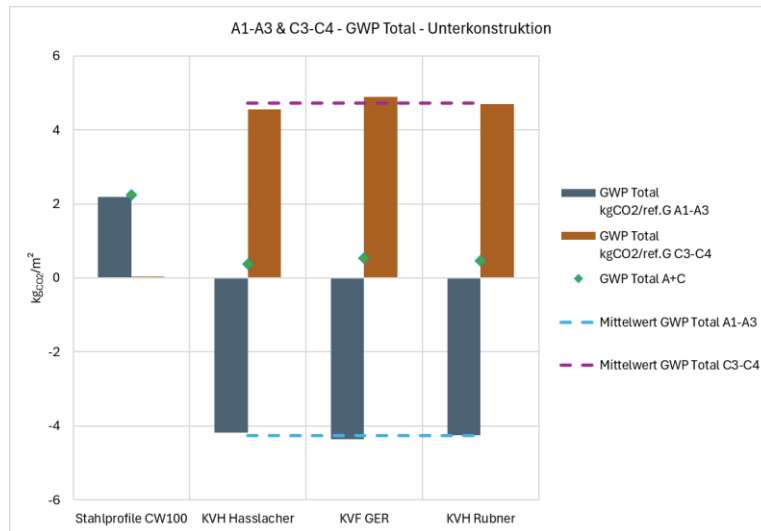


Abbildung 25: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von Stahl- und Konstruktionsvollholz für Trockenbau-Unterkonstruktionen

## Dämmung

Dämmmaterialien dienen der Reduktion von Wärmeverlusten sowie der Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes. Sie kommen in Außenwänden, Dächern, Decken, Böden und teils auch in Innenbauteilen zum Einsatz. Darüber hinaus übernehmen sie je nach Material und Aufbau auch schalltechnische, brandschutztechnische und bauphysikalische Funktionen. Dämmmaterialien werden aus mineralischen, fossilen, nachwachsenden oder recycelten Rohstoffen hergestellt. Je nach Anwendungsbereich, bauphysikalischen Anforderungen und konstruktivem Aufbau unterscheiden sie sich in Materialität, Form, Dichte und Dämmwirkung. Der wichtigste Kunststoff und somit der meistverwendete fossile Dämmstoff ist Polystyrol in Form von EPS oder XPS.

## GWP

Eine Analyse von exemplarischen EPS EPDs (

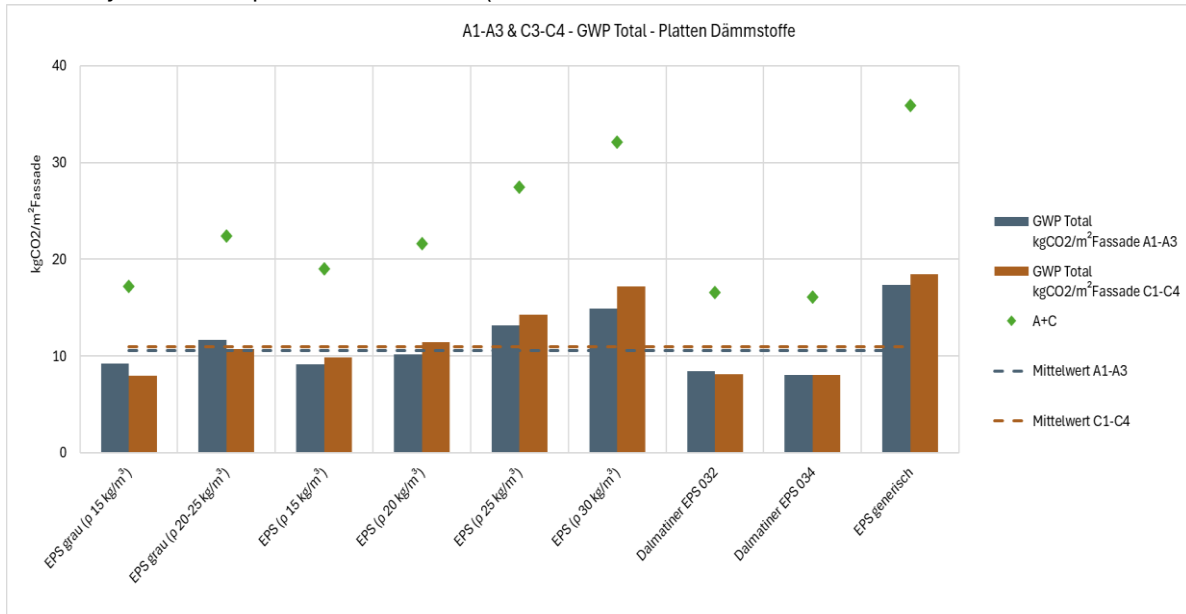


Abbildung 26) zeigt ein homogenes Bild der dargestellten CO<sub>2</sub> Emissionen. Bei Analyse wurde darauf geachtet, dass jedes EPD den identische Wärmedurchlasswiderstand, in diesem Fall 5 m<sup>2</sup>.K/W was einer Dämmstärke von 20 cm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/m<sup>2</sup>. K entspricht, aufweist, um einen Vergleich zwischen unterschiedlichen Produkten zu ermöglichen.

Die CO<sub>2</sub> Emissionen von EPS stehen in direktem Zusammenhang mit deren Rohdichte, wodurch die unterschiedlichen GWP-Werte mancher Produkte begründet werden können

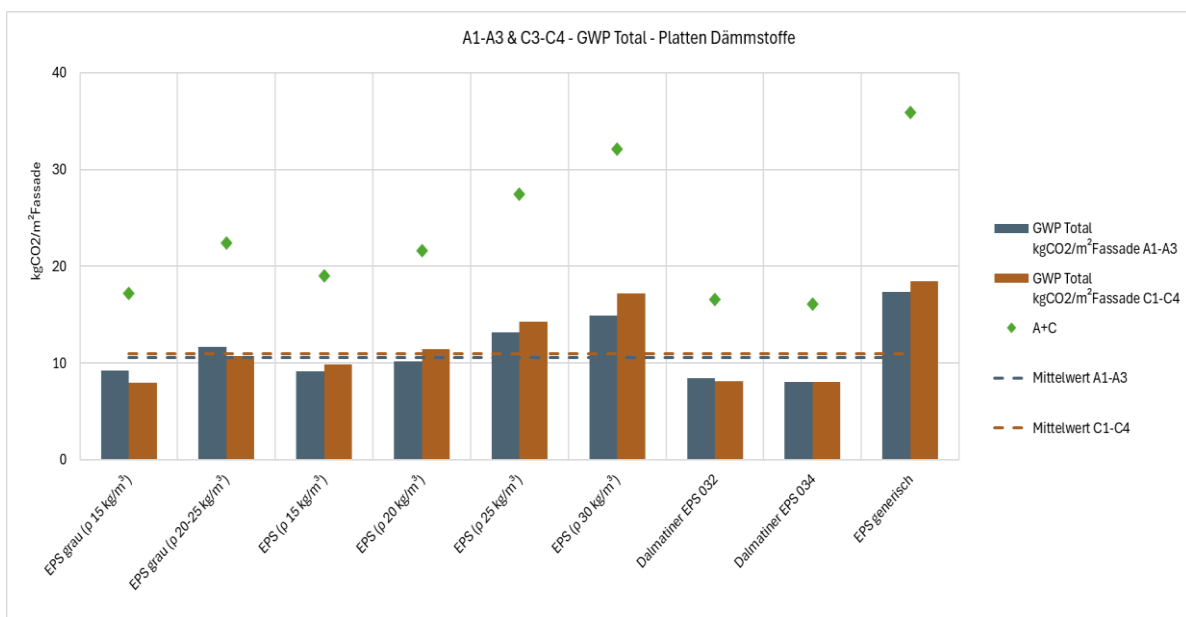


Abbildung 26: Vergleich GWP Total (A1-A3 & C3-C4) von unterschiedlichen exemplarischen EPS EPDs der ÖKOBAUDAT

**Biobasierte Alternativen**

Biobasierte Alternativen zu EPS- und XPS-Dämmplatten sind vorrangig Produkte aus Holz- oder Faserpflanzen (Hanf, Flachs, Stroh). Diese können im Arbeitsablauf nahezu gleich angebracht werden wie konventionelle EPS-Platten. Als weitere Alternative, jedoch nicht aus biogenem Ursprung, können Steinwolle-Platten eingesetzt werden.

### **Holzfasler-Dämmplatten**

Holzfasler-Dämmplatten werden aus Nadelholzfäsern im Nass- oder Trockenverfahren hergestellt und mit geringen Bindemittelanteilen zu Platten gepresst. Ihre Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,038–0,055 W/(m·K). Der hohe sommerliche Wärmeschutz durch das Wärmespeichervermögen ist ein Differenzierungsmerkmal gegenüber EPS/XPS. Insgesamt gilt Holzfasler als leistungsfähige, diffusionsoffene Low-Carbon-Alternative.

### **Hanf- und Flachsmatten-**

Diese Dämmstoffe nutzen Bastfasern, die mit 10–15 % Binderfasern zu Matten verarbeitet werden. Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,035–0,043 W/(m·K). In einer szenariobasierten LCA von elf biobasierten Dämmstoffen gehören Schafwolle und Hanffasler zu den insgesamt am wenigsten umweltbelastenden Materialien über alle Wirkungskategorien hinweg. Industrieflanf ist als Dämmstoff besonders vielversprechend aufgrund seiner günstigen thermischen Eigenschaften, Feuchtregulierung und der potenziellen Verfügbarkeit. Binder und Additive dominieren die Umweltwirkung.

### **Schafwolle**

Das vorhandene Fasermaterial, wird gewaschen, kardiert und zu Matten, Rollen oder Einblasprodukten verarbeitet, teilweise ergänzt durch geringe Mengen an Ungezifierschutz (typischerweise Borsalze) und textilen Stützfasern. Die günstige Wärmedämmleistung von Schafwolle im Vergleich zu konventionellen Materialien qualifiziert sie als vielversprechende Alternative für nachhaltige Bauweisen. Ein besonderer Vorteil ist die hygroskopische Pufferfähigkeit: Wolle kann bis zu 35 % ihres Eigengewichts an Feuchtigkeit aufnehmen, ohne dass die Dämmeigenschaften signifikant beeinträchtigt werden, und gibt dabei sogar Wärme ab. Insgesamt gilt Schafwolle als gesundheitlich unbedenklicher, diffusionsoffener und kreislauffähiger Naturdämmstoff mit besonderem Mehrwert im Bereich Raumklimaregulierung und Schadstoffadsorption (u. a. Formaldehyd)

### **Einblasstroh**

Einblasstroh wird aus gehäckseltem Getreidestroh hergestellt, das maschinell auf eine Faserlänge von ca. 5–30 mm zerkleinert und mittels Einblasmaschine in Hohlräume von Holzrahmenkonstruktionen eingebracht wird. Die Einblasdämmung aus gehäckseltem Stroh erfüllt die Anforderungen des baulichen Brandschutzes ist und hinsichtlich ihrer Brandeigenschaften mit üblichen natürlichen Einblasdämmstoffen vergleichbar. Gegenüber Strohballen bietet Einblasstroh den Vorteil der Vorfertigung in der Werkhalle, womit es sich besonders für den modernen Holzrahmenbau eignet. Die ökologische Bilanz ist hervorragend, da Stroh als landwirtschaftliches Abfallprodukt ohne zusätzlichen Anbau verfügbar ist und nur minimale Verarbeitungsenergie benötigt wird.

### **Einblas - Zelluloseflocken (Altpapier)**

Zellulose-Einblasdämmung besteht zu ca. 80 % aus recycelten Papierfasern (vorwiegend Zeitungspapier), die zerkleinert und mit ca. 15–20 % Flammschutzmitteln wie Borsäure oder Ammoniumsulfat behandelt werden. Die Zellulosefaserdämmung ist ein umweltfreundliches

Material mit guten thermischen Eigenschaften und niedriger grauen Energie. Die typische Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,038–0,045 W/(m·K). Die Hygroskopizität, potenzielle Brennbarkeit und mögliches Pilzwachstum stellen materialspezifische Herausforderungen dar, die durch Know-How in der Anwendung beherrschbar sind. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz wird durch den hohen Recyclinganteil und den niedrigen Energiebedarf in der Herstellung begünstigt. Insgesamt gilt Zellulose-Einblasdämmung als kosteneffiziente Alternative mit bewährter Praxistauglichkeit.

Einblasverfahren erlauben eine lückenlose Verfüllung auch komplexer Hohlräume und eignen sich besonders für die Sanierung.

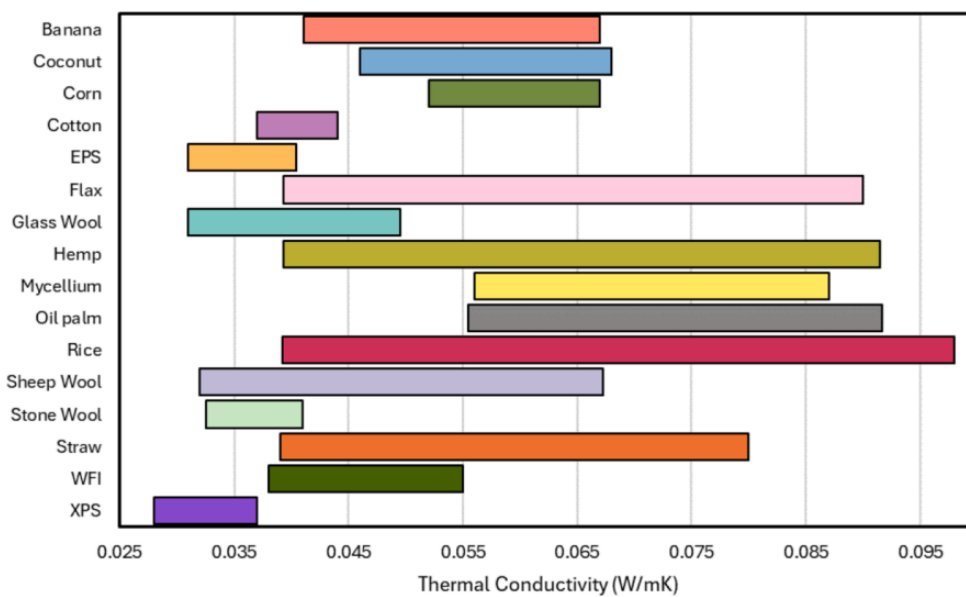


Abbildung 27: Temperaturleitfähigkeit ausgewählter Dämmstoffe: O'Brian et al 2025

Bei der Gegenüberstellung der Alternativen zu EPS-Dämmplatten in Abbildung 27 zeigt sich, dass Holz- und Hanffaser-Platten aufgrund ihres biogenen Speichers hinsichtlich GWP Total deutlich besser abschneiden als EPS. Bei der Analyse der Hanffaserplatte ist zu beachten, dass die Datenquelle keine Werte zu den C3-Emissionen ausweist und daher in der Grafik die Hanffaserplatte keine C3-Emissionen aufweist.

Wie bei allen biogenen Baustoffen zeigt sich ein hoher Wert in der Phase C3, durch die thermische Verwertung am Lebensende des Baustoffs. Durch Verfahren wie Pyrolyse kann dies signifikant reduziert werden.

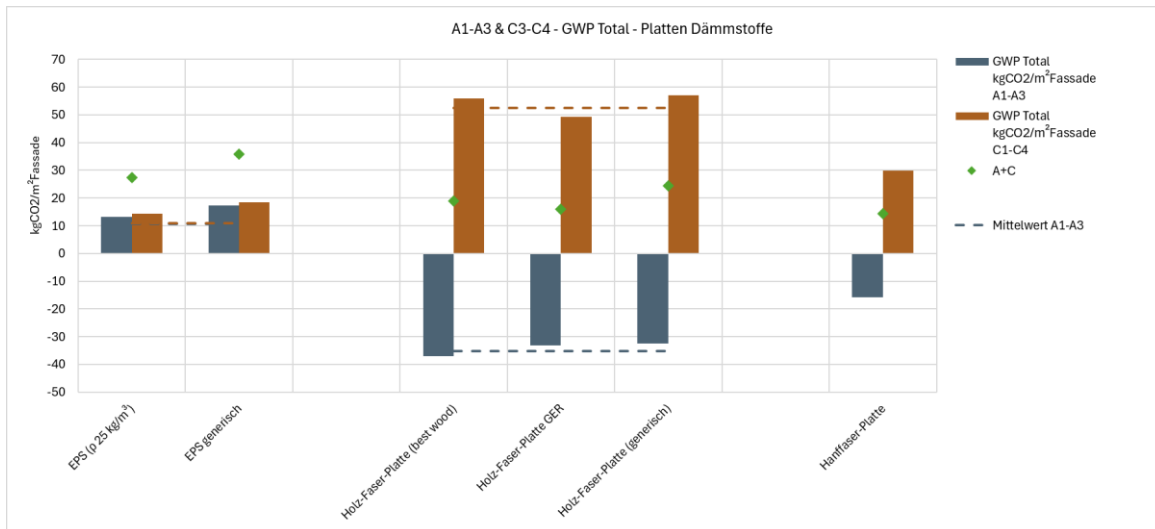


Abbildung 28: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von unterschiedlichen exemplarischen EPS-Plattenwerkstoffen und biogenen Alternativen

## Mineralische Alternativen

### Steinwolle

Steinwolle wird aus Basaltgestein bei ca. 1500 °C geschmolzen und zu Fasern versponnen. Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,035–0,040 W/(m·K). In vergleichenden LCA-Studien zeigen EPS, Steinwolle und Glaswolle sehr ähnliche Umweltwirkungen, wobei der Produktionsprozess bei Steinwolle den dominierenden Einflussfaktor darstellt. Am Lebensende stellen Kontamination und Recycling-Schwierigkeiten nach dem Rückbau die größten Herausforderungen dar. Herausragende Vorteile sind die Nichtbrennbarkeit (Euroklasse A1, >1000 °C) und der hohe Recyclinganteil (~75 %) im Herstellungsprozess. Insgesamt ein robuster, brandtechnisch überlegener Dämmstoff mit hoher Marktdurchdringung, dessen Ökobilanz durch energieintensive Produktion und Entsorgungsprobleme belastet wird.

Werden die GWP-Werte von Produkten aus Steinwolle mit jene von EPS verglichen (Abbildung 29) zeigen sich signifikant höhere GWP-Werte von Steinwolle gegenüber jenen von EPS. Das ist

auf den Herstellungsprozess zurückzuführen in dem ein Hochtemperaturverfahren mit Temperatur um die 1100 °C zur Anwendung kommt.

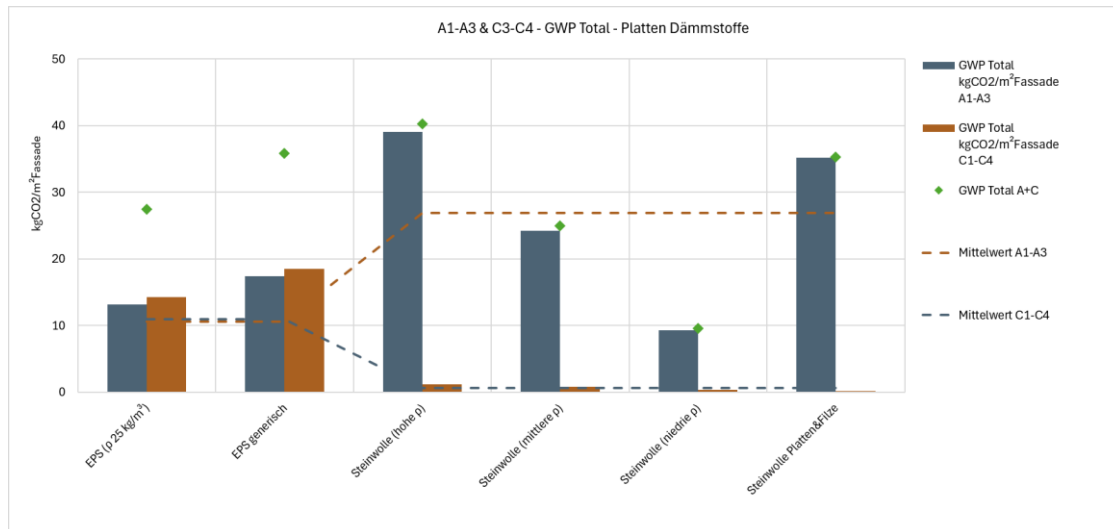


Abbildung 29: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3) von unterschiedlichen exemplarischen EPS-Plattenwerkstoffen und Produkten aus Steinwolle

### Glasschaum (Schaumglas)

Glasschaum ist ein anorganischer, mineralischer Dämmstoff, der überwiegend aus Recycling-Altglas (66–100 %) hergestellt wird. Glasmehl wird mit geringen Mengen Kohlenstoff versetzt und bei 900–1100 °C aufgeschäumt; die dabei entstehende geschlossenzellige Struktur macht das Material wärmedämmend, wasserdicht, dampfdiffusionsdicht, druckfest, maßbeständig, nicht brennbar (Euroklasse A1), säurebeständig und schädlingssicher. Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei 0,037–0,060 W/(m·K). Glasschäume aus Altglas werden bei deutlich niedrigeren Temperaturen (850–1000 °C) als konventionelle Glasschmelzen (>1400 °C) hergestellt und stellen einen relevanten Verwertungsweg für Glas dar. Haupteinsatzgebiete sind die Perimeterdämmung, Flachdachdämmung und Gründungsdämmung unter Bodenplatten. Glasschaum gilt als Spezialdämmstoff, dessen Ökobilanz durch den hohen Recyclinganteil begünstigt, aber durch den Energiebedarf der Produktion belastet wird.

Werden die GWP-Werte der mineralischen Alternativen mit jenen von XPS verglichen (Abbildung 30), zeigt sich, dass bei gleichem Wärmedurchlasswiderstand Glasschaum-Produkte höhere GWP-Total Werte aufweisen als konventionelle XPS-Systeme. Dies ist auf die höhere Wärmeleitfähigkeit von Glasschaum und somit notwendigen höheren Materialeinsatz sowie das Hochtemperaturverfahren in der Herstellung zurückzuführen. Bei einem Produkt wie Glasschaum zeigt sich jedoch, dass die Konzentration auf die GWP-Werte nur ein Aspekt der Bewertung über die Umweltwirksamkeit eines Baustoffes ist. Glasschaum bietet unabhängig der

GWP-Werte Vorteile hinsichtlich Lebensdauer, Wiederverwendung, chemischer Zusatzstoffe und Recyclingfähigkeit im Vergleich zu XPS.

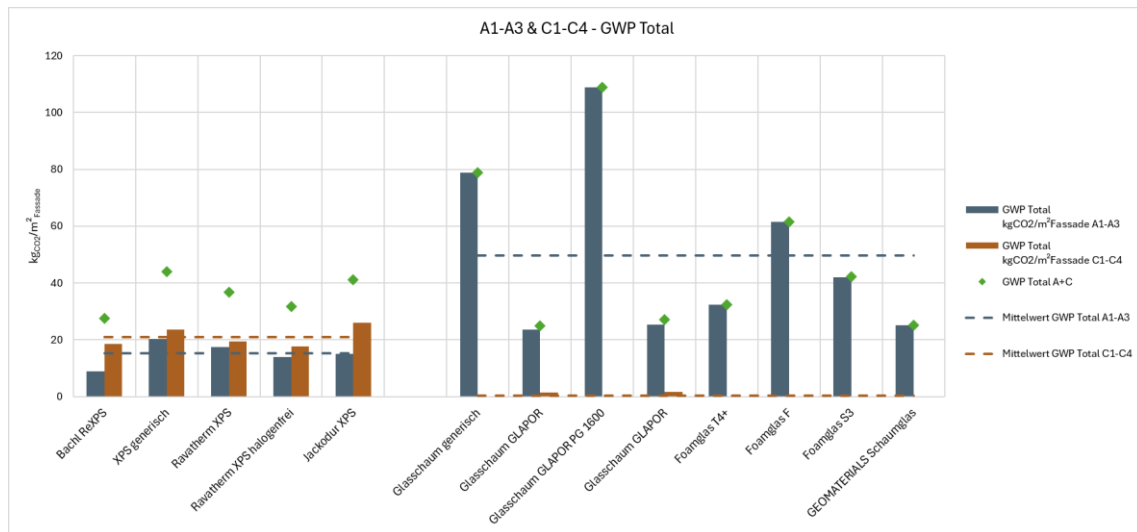


Abbildung 30 : GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von unterschiedlichen exemplarischen XPS und mineralischen Alternativen

## Know-How Gap

Alternative Plattenprodukte sind analog wie EPS-Platten einzusetzen und anzuwenden. Der Know-How Gap bei der Verarbeitung wird als gering eingestuft. Da Holzfaser- und Hanffaser-Platten bereits lange am Markt verfügbar sind und bereits vielfältig eingesetzt wurden wird hier auf Best-Practice Beispiele verzichtet.

## Fenster

Fenster erfüllen sowohl funktionale als auch bauphysikalische Anforderungen. Sie dienen der Belichtung und Belüftung von Innenräumen, ermöglichen den Sichtbezug nach außen und tragen wesentlich zum Wärme-, Schall- und Witterungsschutz bei. Fenster bestehen in der Regel aus Rahmen, Verglasung, Beschlägen und Dichtungsebenen und werden je nach Anforderung aus unterschiedlichen Materialien wie Holz, Aluminium, Kunststoff oder Materialkombinationen hergestellt. Je nach Nutzung, Lage im Gebäude und energetischen Anforderungen variieren Aufbau, Größe und technische Ausführung der Fenster. Hart-PVC spielt dabei als eines der meist verbauten Rahmenmaterialien eine bedeutende Rolle

## GWP PVC-Fenster

Eine Analyse hinsichtlich GWP von PVC Fenster (Abbildung 31) zeigt, dass die Bandbreite zwischen unterschiedlichen EPDs zwischen 73 bis 97 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>Fenster liegt wobei ein Fenster aus recyceltem PVC hinsichtlich GWP mit 46 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>Fenster nochmal besser abschneidet. Da in den EPDs lediglich das gesamte Fenstersystem ausgewiesen wird kann keine Aussage

über den Anteil des Glases und des Rahmens bzw. den restlichen Komponenten auf die Emissionen getroffen werden.

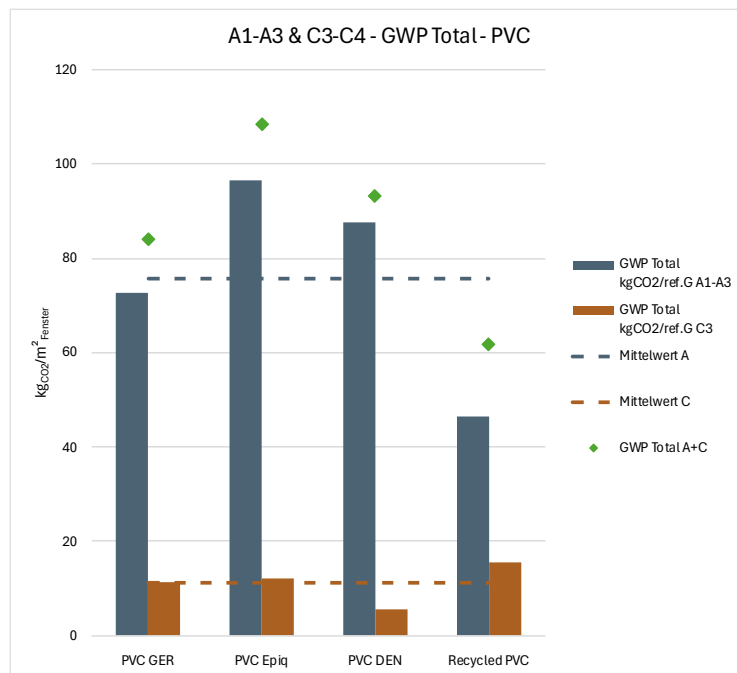


Abbildung 31: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von vier exemplarischen PVC-Fenster EPDs

## (biobasierte) Alternativen

### Holzfenster

Holzfenster bestehen aus verleimten Kanteln, die gefräst, meist oberflächenbehandelt und mit Beschlägen, Dichtungen und Isolierverglasung ausgestattet werden. Holz hat den geringsten Umwelteinfluss hinsichtlich grauer Energie, GWP und Versauerungspotenzial – auch ohne Berücksichtigung der Kohlenstoffspeicherung im Material. Der regelmäßige Wartungsbedarf (Schleifen, Lasieren/Lackieren alle 5–10 Jahre) beeinflusst die Lebenszyklusbilanz, wird jedoch durch die niedrige graue Energie und die Möglichkeit der energetischen Verwertung am Lebensende kompensiert. Insgesamt ist Holz das ökologisch vorteilhafteste Rahmenmaterial mit sehr guter thermischer Leistung, jedoch höherem Instandhaltungsaufwand.

### Holz-Aluminium-Fenster

Holz-Aluminium-Fenster kombinieren einen tragenden Holzrahmen (innen) mit einer außenseitigen Aluminiumschale, die als Witterungsschutz fungiert. Holz-Aluminium-Fenster teilen – abgesehen von der durch die Aluminiumverkleidung erhöhten Umweltwirkung – die ökologischen Eigenschaften von Holzfenstern und lassen sich am Lebensende in ihre Grundkomponenten Aluminium und Holz zerlegen. Die Aluminium-Vorsatzschale eliminiert den Wartungsaufwand der Holzaußenseite, erhöht jedoch die graue Energie gegenüber reinen Holzfenstern signifikant. Thermisch profitiert diese Bauart vom niedrigen Uf-Wert des Holzkerns (ca. 1,1–1,4 W/(m<sup>2</sup>·K)). Vorteile ergeben sich aus einer längeren Nutzungsdauer und geringerer Ersatzhäufigkeit. Insgesamt stellt Holz-Aluminium einen ausgewogenen Kompromiss dar:

nahezu wartungsfrei wie Aluminium, ökologisch deutlich günstiger als reines Aluminium, bei gegenüber reinem Holz erhöhtem, aber noch moderatem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

## GWP-Vergleich

Werden alternative Fenstermaterialien zu PVC hinsichtlich GWP analysiert (Abbildung 32) zeigt sich, dass Holz-Alu Fenster, aufgrund der Alu-Deckschale, nur gering niedrigere bzw. nahezu identische CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweisen als PVC-Fenster. Reine Holz-Fenster jedoch weisen mit ca. 37 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>Fenster deutlich geringere CO<sub>2</sub> Emissionen auf. Dem gegenüber stehen reine Aluminium oder Kunststoff-Aluminium Fenster mit CO<sub>2</sub> –Emissionen zwischen 92 bis 167 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>Fenster. Hier zeigt sich auch der große Energieverbrauch und entsprechend hohe CO<sub>2</sub> Emissionen von Aluminium.

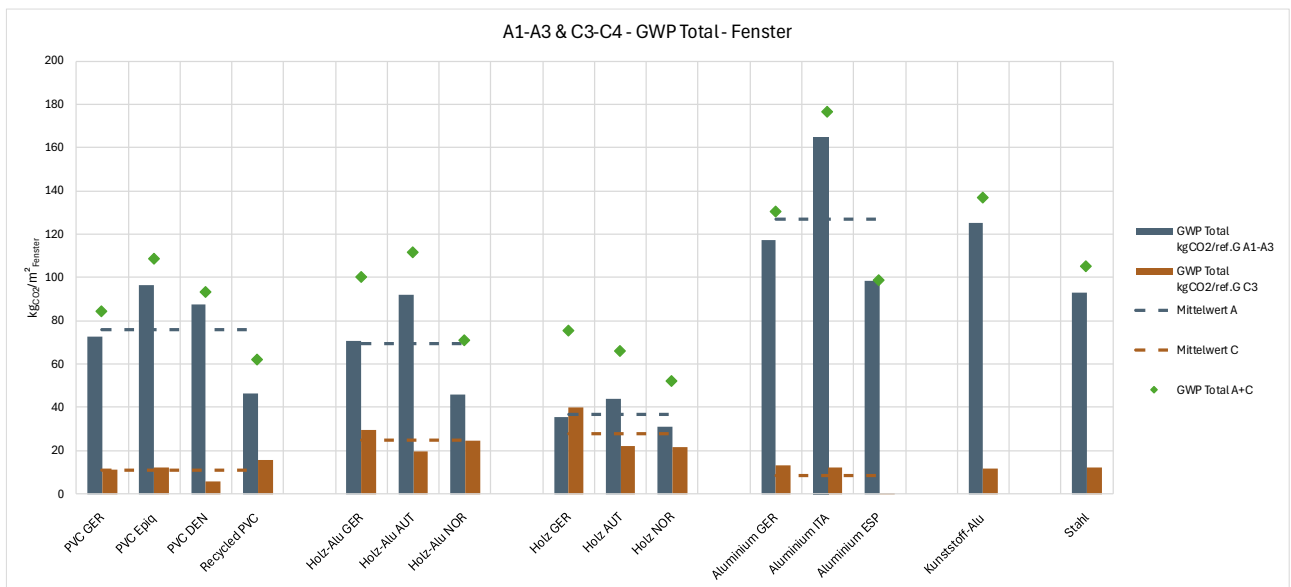


Abbildung 32: GWP Total Emissionen (A1-A3 & C3-C4) von PVC-Fenster zu exemplarischen Alternativen

Hinsichtlich unterschiedlicher Lebensdauer der verglichenen Materialien muss angemerkt werden, dass Holz-Fenster bei unzureichendem Schutz vor UV-Strahlung und Nässe geringere Lebensdauern aufweisen können als Holz-Alu oder PVC-Fenster. Wobei auch PVC-Fenster bei erhöhter UV Exponierung geringere Lebensdauern aufweisen können. Die Lebensdauer von Holzfenstern kann präventiv durch die Auswahl des Holzes oder konstruktiv durch Schutz vor Bewitterung erhöht werden. Gegebenenfalls kann damit auf chemischen Holzschutz verzichtet werden.

## Böden & Bodenbeläge

Böden erfüllen sowohl funktionale als auch gestalterische Anforderungen. Sie bilden die nutzbare Oberfläche von Räumen und tragen wesentlich zu Komfort, Dauerhaftigkeit, Reinigung, Akustik und Raumwirkung bei. Bodenbeläge kommen in unterschiedlichen Nutzungsbereichen zum Einsatz und werden je nach Anforderungen an Beanspruchung, Pflege,

Feuchtebeständigkeit und Gestaltung aus verschiedenen Materialien hergestellt. Je nach Aufbau, Materialität und Einsatzbereich unterscheiden sich Bodenbeläge in ihren technischen Eigenschaften, ihrer Lebensdauer und ihren ökologischen Auswirkungen.

## GWP PVC-Böden

Beim Vergleich von drei exemplarischen PVC-Böden (Abbildung 33) zeigt sich, dass die fossilen Emissionen geringfügige Abweichungen aufweisen, jedoch ein Boden einen hohen biogenen Anteil aufweist. Dies ist dadurch begründet, dass dieser Boden mit der HDF-Trägerplatte versehen ist und daher einen hohen Holzanteil aufweist. Die geringe Datengrundlage zu EPDs von PVC-Böden ermöglicht leider keine breitere Untersuchung von unterschiedlichen Produkten.

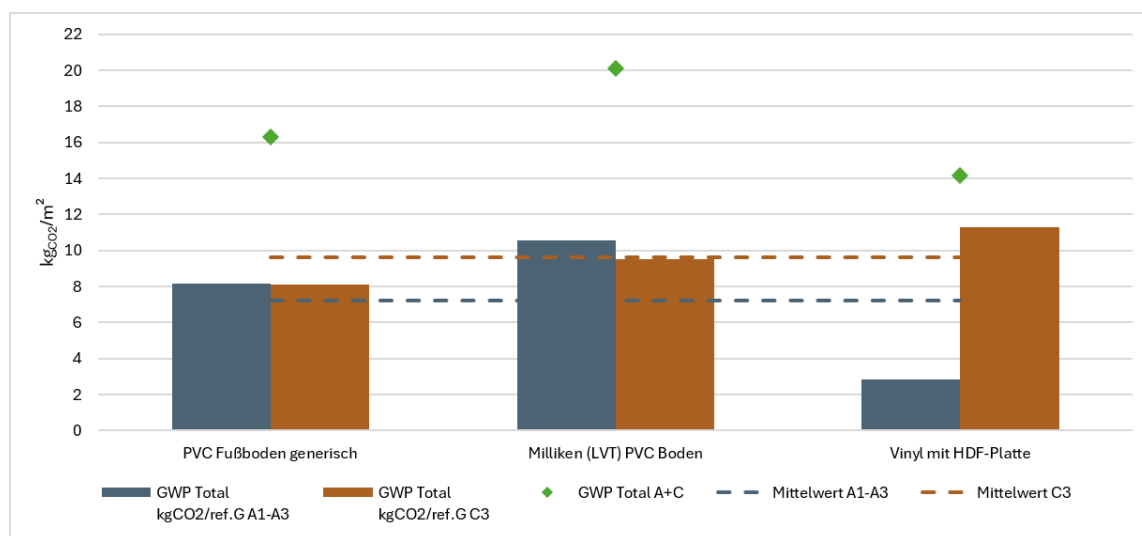


Abbildung 33: A1-A3 Emissionen von drei exemplarischen PVC-Böden

Bei einer Analyse von möglichen Alternativen von PVC-Böden kommen hauptsächlich Parkett, Laminat, Linoleum und Kork zur Anwendung.

## Parkett (Massiv & Mehrschicht)

Holzparkett umfasst zwei Produktkategorien: Massivparkett aus durchgehend massivem Holz sowie Mehrschichtparkett (Fertigparkett) mit einer dünnen Edelholz-Deckschicht auf einem Träger aus Sperrholz oder HDF. Der Holzanteil beider Systeme liegt bei 90–100 %, wodurch biogener Kohlenstoff im Produkt in den Phasen A1-A3 gespeichert wird. Die ökologische Qualität beider Systeme hängt wesentlich von den eingesetzten Klebstoffen und der Oberflächenbehandlung ab: PU-Lacke oder formaldehydhaltige Harze verschlechtern potenziell die Nachhaltigkeit und Wohnqualität, während wasserbasierte Öl- und Wachssysteme als ökologisch vorzugswürdig gelten. Bei Mehrschichtparkett sind zudem die im Trägermaterial verwendeten Bindemittel ein relevanter Einflussfaktor auf die Emissionseigenschaften des Endprodukts. Massivparkett kann mehrfach abgeschliffen und neu behandelt werden, was eine lange Nutzungsdauer ermöglicht. Mehrschichtparkett ist aufgrund höherer Dimensionsstabilität breiter einsetzbar, jedoch aufgrund des Verbundaufbaus schlechter werkstofflich recycelbar.

Gegenüber PVC entfallen chlororganische Verbindungen und Weichmacher vollständig; beide Parkettarten sind am Lebensende (zumindest) thermisch verwertbar

### **Laminat**

Laminat besteht ebenso zu rund 90–95 % aus Holzwerkstoffen (HDF/MDF-Trägerplatte), ergänzt durch bedrucktes Dekorpapier und eine Melaminharzschicht. Die verwendeten Bindemittel – insbesondere Melamin-Formaldehyd- und Harnstoff-Formaldehyd-Verbindungen – sind hinsichtlich ökologischer Performance und regulatorisch relevant, jedoch durch die polymere Form weniger problematisch. Der Verbundaufbau aus Holzwerkstoff, Kunstharz und Melamindecklage verkürzt oft die effektive Nutzungsdauer verkürzt, da Schäden nicht so leicht behoben werden können

### **Kork**

Korkböden werden aus der Rinde der Korkeiche (*Quercus suber*) gewonnen, die alle 9–12 Jahre geschält werden kann, ohne dass der Baum dabei gefällt wird. Aus funktionaler Sicht bietet Kork hervorragende Wärme- und Trittschalldämmung, ist elastisch, antistatisch und wirkt antimikrobiell. Die Klimabilanz von Korkböden ist über den Lebenszyklus erheblich günstiger als jene von PVC. Schwachpunkte von Kork sind seine begrenzte mechanische Belastbarkeit unter punktuellen Drucklasten (z. B. Möbelrollen), seine Empfindlichkeit gegenüber dauerhafter Feuchteinwirkung sowie die Notwendigkeit regelmäßiger Pflege (Ölen, Wachsen).

### **Linoleum**

Linoleum ist ein resilienter Bodenbelag, der aus organischen und natürlichen Rohstoffen wie Leinöl, Kiefernharz, Holz- und Korkmehl sowie Kalkstein besteht. Als natürliches Verstärkungsmaterial für die Kompaktheit und Festigkeit des Produkts dient ein Träger aus Jute. Das Material gilt als besonders nachhaltig, da seine Bestandteile entweder aus nachhaltigem Anbau stammen oder Abfallprodukte anderer Industrien sind. Linoleum zeichnet sich durch eine hohe Lebensdauer von über 30 Jahren, antistatische sowie hypoallergene Eigenschaften aus und wirkt aufgrund des Leinöls und Kiefernharzes natürlich antibakteriell. Kritisch zu beachten ist, dass Linoleum durch dauerhafte Exposition gegenüber Alkalien (Laugen) und anhaltender Feuchtigkeit potenziell eingeschränkt ist.

In der Gesamtbetrachtung der dargestellten Lebenszyklusphasen (Abbildung 34) zeigen sich klare Unterschiede zwischen den Bodenbelägen. Kunststoffbasierte Produkte weisen die höchsten GWP-Total-Beiträge auf und schneiden über die Lebenszyklusphase A1-A3 am ungünstigsten ab. Holz- und holzbasierte Beläge weisen den niedrigsten GWP-Total Wert in den Phasen A1-A3 auf, gefolgt von Laminat. Bodenbeläge aus Linoleum weisen in diesem Vergleich leicht positive GWP-Total-Werte auf, Korkbodenbeläge leicht negative. Wird der Fokus auf den gesamten Lebenszyklus gelegt, zeigt sich, dass durch die geringen fossilen Emissionen von Kork- und Linoleumbodenbeläge, am besten abschneiden. Wobei auch hier durch eine alternative thermische Verwertung durch Pyrolyse die C3 Emissionen von Parkett und Laminat signifikant reduziert werden können. Dies ist bei Bodenbelägen aus PVC nicht möglich.

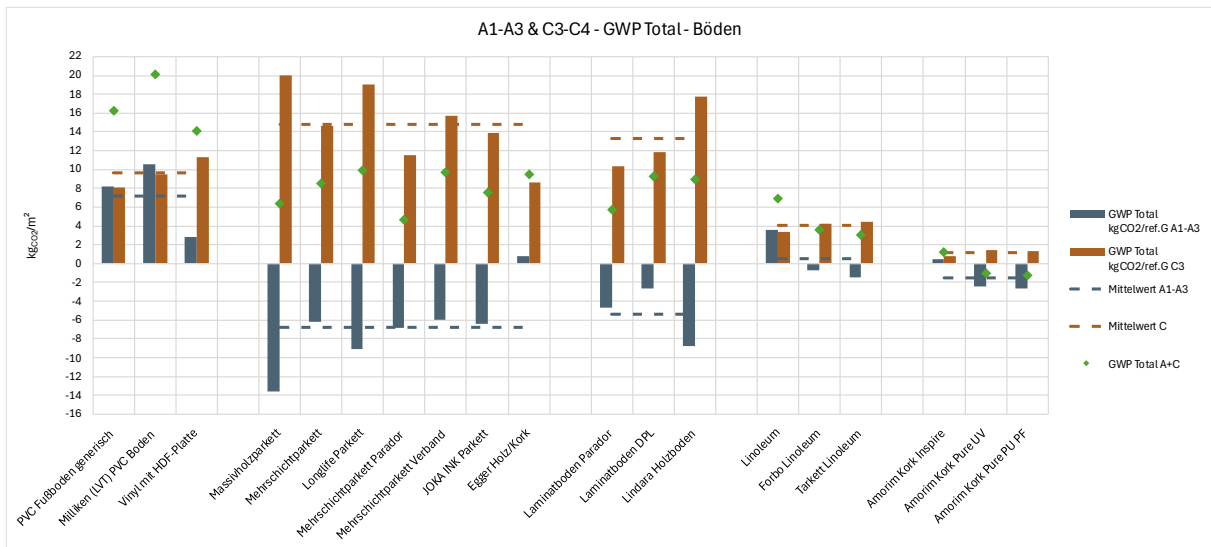


Abbildung 34: Vergleich GWP Total (A1-A3 & C3-C4) von PVC-Böden zu exemplarischen Alternativen

# Substitutionskosten

Die wirtschaftliche Bewertung von Bauweisen die auf biogenen Baustoffen und -materialien beruht erfordert eine differenzierte Betrachtung, da zwischen reinen Bauwerkskosten, Projektkosten und Lebenszykluskosten unterschieden werden muss.

Die Bauwerkskosten im Holzbau je nach Gebäudetyp weiterhin über jenen konventionellen Massivbauweisen - genannte Beispiele sind Kindergärten, Ein- und Zweifamilienhäusern oder Passivhäuser, lassen sich aber gut auf den Wohnbau verallgemeinern. Auch andere internationale Studien zeigen kein einheitliches Bild: Während ältere Untersuchungen teilweise geringere Baukosten für CLT gegenüber Beton anführen, weisen neuere Analysen eher auf höhere Anfangsinvestitionen hin, teils im Bereich von rund 6 % bis über 20 %. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass diese Mehrkosten nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Durch den hohen Vorfertigungsgrad von z.B.: CLT kann die Bauzeit deutlich reduziert werden, was Einsparungen bei Personal, Baustellenorganisation, Projektmanagement und Finanzierung ermöglicht. Darüber hinaus können aufgrund des geringeren Eigengewichts auch beispielsweise niedrigere Gründungskosten entstehen.

Die Wirtschaftlichkeit des Holzbaus hängt aber nicht allein von den Errichtungskosten ab. Vielmehr ist entscheidend, wie sich Baukosten, Bauzeit, Finanzierung, Marktpositionierung und langfristige Nutzungskosten zueinander verhalten. Die Analysen zeigen, dass die kürzere Bauzeit zwar ein Vorteil ist, ihr Einfluss im Verhältnis zu Baukosten und insbesondere zu den erzielbaren Erlösen in der Praxis trotzdem oft begrenzt bleibt. Ausschlaggebend ist dann vielmehr, ob ein Holz- oder Holzhybridbau als nachhaltiges, qualitativ hochwertiges Produkt am Markt positioniert werden kann. Gleichzeitig weisen Lebenszyklusanalysen darauf hin, dass CLT-Bauten über die gesamte Nutzungsdauer häufig wirtschaftliche Vorteile bieten, etwa durch niedrigere Betriebs-, Wartungs- oder Rückbaukosten sowie bessere ökologische Kennwerte, die gegenüber konventionellen Baustoffen in Zukunft regulatorische (Preis-)Vorteile haben werden.

Schnell nachwachsende biobasierte Baustoffe wie Stroh können eine wichtige Ergänzung oder Alternative zu klassischen Baustoffen aber auch sogar zum klassischen Fokus auf Holz sein. Im Globalen Norden wird der Einsatz für die Anwendungen von schnellwachsenden Fasermaterialien in der nicht konstruktiven Anwendung für Sanierung, Ausbau und Dämmung gesehen. (Im globalen Süden findet sich mit Bambus auch ein relevantes schnellwachsendes konstruktives Material)

Bio-basierte Dämmstoffe fallen zum Beispiel wirtschaftlich jedoch sehr unterschiedlich aus: Cellulose schneidet in den meisten Ländern als vergleichsweise günstige und zugleich klimatisch vorteilhafte Option ab, während zum Beispiel Holzwolle auch hohe Kosten (und Emissionen) aufweist. Der Austausch konventioneller Materialien durch biobasierte Lösungen ist meist problemlos möglich, die Wirtschaftlichkeit hängt aber stark vom konkreten Produkt und Produktionskontext ab. Besonders lokale Rohstoffe können hier große Vorteile ausspielen, sofern die passenden Lieferketten bereits vorhanden sind und diese auf die stoffliche Nutzung abzielen. Skaleneffekte sind derzeit noch bei weitem nicht ausgereizt, denn obwohl Europa der führende Markt für biobasierte Materialien ist, sind Größenordnungen zwischen den Produktionsvolumina von konventionellen und biobasierenden Baustoffen. Die Wachstumsraten in diesen Branchen sind stabil bis gut. Es sind also noch weitere Verbesserungen Verfügbarkeit und Effizienz zu erwarten.

Neuartige Produkte oder Rohstoffe können zusätzlich durch Normung und Zulassung regulatorische Hürden und zusätzliche Kosten haben. Markteintritte sind so vor allem für kleinere Unternehmen oder Start-Ups langwierig und risikobehaftet, insbesondere wenn keine harmonisierten Standards etabliert sind und individuelle Zulassungen notwendig werden.

Auch Qualifizierungs- oder Know-How Gaps in der Planung und Verarbeitung von nachhaltigen Materialien sind Kostentreiber. In Umfragen wird besonders die Bauindustrie mit einem besonders hohen Green Skills Gap hervorgehoben - in 2024 wurde die Bauindustrie als eine der relevantesten Branchen für Green Skills genannt, wogegen nur 26 % der Arbeitskräfte ausreichend auf das Thema sensibilisiert und qualifiziert waren.

Die Hindernisse werden demnach weniger in der Technologie selbst als in fehlenden Wertschöpfungsketten, Normen, Ausbildungsstrukturen und in den dafür politischen Anreizen gesehen. Eine abgestimmte Politik zwischen Bau-, Energie-, Agrar- und Wohnungssektor ist notwendig. Zum Teil sind diese neuen notwendigen Netzwerke in klassischen Wertschöpfungsketten nicht abgebildet. Das ist eine allgemeine Herausforderung von neuen Wertschöpfungsnetzen der Bioökonomie in diversen Branchen. Diese Herausforderungen werden zunehmend auch durch politische Strategien, wie die aktualisierte Bioökonomiestrategie, adressiert. Durch stabilere und neue erschlossene Rohstoffversorgung können sich auch Preisvorteile ergeben.

Während die Kosten nachhaltiger Materialien durch Ausbau der Wertschöpfungsketten und Abbau der Hindernisse potenziell sinken, steigen die Kosten konventioneller Baustoffe durch mehrere Faktoren relativ dazu potenziell an.

Die aktuellen hohen Energiekosten stellen Europas Industrie allgemein vor große Herausforderungen. Das gilt für die Produktion aller Baustoffe, jedoch haben Verarbeiter von biobasierten Produkten jetzt bereits die energetische Nutzung von biogenen Reststoffen in ihre Produktionsprozesse inkludiert. Zusätzlich wird die CO<sub>2</sub>-Bepreisung über das ETS-System und der Implementierung des CBAM – und die resultierende Reduktion der freien Zertifikate - in den nächsten Jahren deutliche Preisanstiege für Allowances bringen. Mechanismen wie das CRCF bieten hingegen zusätzliche Anreize langfristige CO<sub>2</sub> Speicherung in Bauprodukten zu valorisieren. Da viele Industrien der Baustoffsektors als Hard-to-abate gelten werden sind diese durch (regulatorische) CO<sub>2</sub> Bepreisung besonders stark betroffen. Technologische Lösungen wie CCUS sind außerdem mit zusätzlichen Anlageninvestitionen und zusätzlichem hohen Energieaufwand verbunden, werden aber für die vollständige Reduktion unerlässlich sein.

Die EU-Taxonomie schafft derzeit bereits einen messbaren „Brown Discount“ von Gebäuden mit zum Beispiel schlechten Energieeffizienzklassen in Gebäuden. In dieser Deutlichkeit schlagen sich graue Emissionen (embodied carbon cost) derzeit nicht in Bewertungen von Gebäuden oder Investitionsentscheidungen nieder. Versäumnisse in der Einpreisung können aber zukünftig Gefahren wie stranded assets oder einer „Carbon Bubble“ durch systematische Überbewertung bedeuten.

Vor diesem Hintergrund können auch toxische Altlasten zunehmend relevant werden. Regulatorische Änderungen können zu Mehrkosten in der Entsorgung und so der Entwertung von Gebäuden führen. Verminderte Recyclingfähigkeit und Erweiterte Herstellerverantwortung kann zu erhöhten Anschaffungskosten durch Ökomodulation führen. Regulierung und Verbote können es unmittelbar regulatorisch notwendig machen Chemikalien und Additive zu ersetzen. Wachsende Transparenz erhöht auch die Anforderungen bei den Kunden. Biobasierte Alternativen sind meist bereits aktuell vorhanden, jedoch teurer. So können alternative

Klebstoffe bis zu 40 % höhere Kosten haben. Isocyanatfreie Montageschäume können Preisunterschiede von 25 % bis über 40 % angenommen werden. Weichmacherfreie Alternativen zu PVC, wie Linoleum, werden ca. mit den doppelten Kosten angegeben. Über die gesamte Wertschöpfungskette bis hin zu den Gesamtprojektkosten können sich diese Kosten jedoch wieder deutlich in den niedrigen einstelligen Prozentbereich reduzieren. Für breit eingesetzte Additive wie PFAS müssen zum Teil erst Alternativen gefunden werden bzw. Einsatzzwecke definiert werden wo diese als nicht ersetzbar gelten. Der Kostenaufschlag für Alternativen bei Chemikalien und Additiven ergibt sich aber oft aus einer unvollständigen Kostenrechnung, die Gesundheits- und Umweltexternalitäten oder Schulungskosten konventioneller Stoffe nicht einpreist. Besonders hier ist Transparenz und regulatorischer Ausgleich wichtig.

Die revidierte Bauproduktenverordnung (2024/3110), die ab 2026 verpflichtende Umweltproduktdeklarationen und digitale Produktpässe fordern, sowie die ab 2028 geltende Pflicht zur Berechnung des Lebenszyklus-Treibhauspotenzials neuer Gebäude (EPBD-Recast) schaffen weitere Kostenebenen und auch gegebenenfalls weitere Gaps in Know-How und Expertenkapazitäten, da eine enorme Datenmenge produziert, bereitgestellt und evaluiert werden muss um Transparenz für Performance, Umweltauswirkungen und Kreislauffähigkeit zu schaffen. Diese neu geschaffene Transparenz kann im Optimalfall aber auch vermehrt ein „Level Playing Field“ schaffen und somit eine positive Einpreisung nachhaltiger Entscheidungen vereinfachen und auch eine Gesamtkostenrechnung vereinfachen bzw. diese in Ansätzen erst möglich machen.

# Zusammenfassung

## **Wirtschaftliche Risiken durch CO<sub>2</sub>-Bepreisung und Taxonomie**

Regulatorische Veränderungen erzeugen über verschiedene Mechanismen wirtschaftlichen Druck. Die CO<sub>2</sub>-Bepreisung verteuert die eingebetteten Emissionen emissionsintensiver Baustoffe (Zement, Stahl, Aluminium) und damit direkt die Materialkosten. Die EU-Taxonomie steuert zugleich den Zugang zu grüner Finanzierung, bislang jedoch fokussiert auf betriebliche Effizienzkriterien. Projekte riskieren schlechtere Finanzierungsbedingungen, Wertabschläge und langfristig „Stranded Assets“. Die in der Taxonomie nicht direkt berücksichtigten grauen Emissionen werden vorrangig durch die novellierte EPBD adressiert. Ihre verpflichtende Lebenszyklus-GWP-Betrachtung die ab 2030 greifenden nationalen Grenzwerte machen Herstellungsemissionen erstmals zu einer Auflage.

## **Haftungs- und Folgekostenrisiken durch Legacy-Chemikalien**

Bauträger:innen tragen zwar keine rückwirkende Rechtshaftung für ehemals zulässige Stoffe, wohl aber die wirtschaftliche Last – als Eigentümer:in - bei Rückbau, Entsorgung und Wertminderung. Materialien mit Additiven wie PFAS, halogenierten Flammschutzmitteln oder Weichmachern können nach regulatorischen Neueinstufungen (z.B.: als endogene Disruptoren oder persistent) zu erheblichen Sanierungs- und Entsorgungskosten führen.

## **Dokumentations- und Berichtspflichten**

Mit der novellierten CPR, ESPR, EPBD und der EU-Taxonomie steigen die Pflichten zur Erfassung von Umweltkennwerten, Lebenszyklusemissionen und Materialzusammensetzungen erheblich. Bauträger:innen, die keine strukturierten Daten- und Dokumentationsprozesse aufbauen (Gebäudematerialpässe, LCA, DPP), riskieren Ausschluss von Förderungen, Finanzierungen und öffentlichen Aufträgen. Planende müssen künftig mit deutlich mehr Daten, Wirkungskategorien und Bewertungssystemen arbeiten, ohne dass harmonisierte Standards oder Tools diese Komplexität bereits abdecken können.

## **Erweiterte Sorgfaltspflichten bei der Materialwahl**

Planende schulden eine Planung nach dem Stand der Technik – dieser verschiebt sich durch neue Regelwerke und wissenschaftliche Erkenntnisse zunehmend in Richtung schadstoffarmer und klimafreundlicher Materialien. Durch intelligentes und vorrausschauendes Planen können eventuell geringere Performance-Parameter von biogenen Baustoffen antizipiert und dadurch mit konventionellen Baustoffen gleichgesetzt werden. Beispielhaft können Holzbauteile vor Witterung möglichst geschützt verbaut werden, um eine möglichst lange Lebensdauer zu ermöglichen.

## **Risiko lückenhafter Ausschreibungen und Substitutionspfade**

Die dynamische Entwicklung von Stoffverboten (PFAS, Gruppenregulierungen, SVHC-Listungen, CLP-Neueinstufungen) kann ausgeschriebene Produkte während der Projektlaufzeit betreffen. Planende riskieren Nachträge, Bauverzögerungen und Haftungsfragen, wenn sie Ausschreibungen nicht auf zukunftsichere Materialien ausrichten und Substitutionsstrategien nicht vorausschauend berücksichtigen.

## **Marktausschluss durch fehlende Konformität und Dokumentation**

Die novellierte CPR verpflichtet ab 2026 sukzessive zu Umweltproduktdeklarationen, digitalen Produktpässen und Lebenszyklusdaten. Hersteller:innen ohne aktuelle, produktspezifische EPDs und strukturierte Inhaltsstoffdokumentation verlieren ggf. den Marktzugang – insbesondere im öffentlichen Bau, bei taxonomiekonformen Projekten und in ambitionierten Gebäudezertifizierungen.

### **Rezepturrisiken durch Gruppenregulierungen und CO<sub>2</sub>-Bepreisung**

Die Chemikalienpolitik entwickelt sich vom Einzelstoff- zum Gruppenansatz (PFAS, halogenierte Flammenschutzmittel, Bisphenole). Gleichzeitig erhöhen ETS, CBAM und auslaufende freie Zuteilungen die Produktionskosten für emissionsintensive Baustoffe. Hersteller:innen, die Rezepturen und Prozesse nicht frühzeitig umstellen, riskieren (relativ) abrupte Produktionsstopps, Regrettable Substitution und den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Anbietern mit dekarbonisierten oder biobasierten Alternativen.

### **Erweiterte Produktverantwortung und Kreislaufwirtschaftspflichten**

Mit ESPR, CEAP und nationalen Verordnungen (z.B.: Recyclinggips, Deponieverbote, erweiterte Herstellerverantwortung) verschiebt sich die Verantwortung für End-of-Life-Kosten zunehmend zurück zu den Hersteller:innen. Produkte, die nicht kreislauffähig konstruiert sind oder Legacy-Chemikalien enthalten, werden zu wirtschaftlichen Belastungen – von Rücknahmepflichten über Entsorgungskosten bis zu Reputationsrisiken bei Kund:innen und Finanzierenden.

### **GWP-Vorteile durch biogene Baustoffe**

Durch den Einsatz von biogenen Baustoffen kann das Ergebnis einer Lebenszyklusbilanz von Gebäuden, vor allem in der Phase A1-A3 signifikant reduziert werden. Vor allem der Bauteilaufbau von Innenwänden oder Geschoßdecken muss, aufgrund des hohen Flächenanteils der Bauteile am Gesamtgebäude, detailliert analysiert werden. Vor allem die Substitution von Stahlprofilen durch KVH kann als "low-hanging-fruit" identifiziert werden. Ein potenzieller Schritt zu klimaneutralen Baustoffen wird ebenfalls im Einsatz der Pyrolyse als alternatives Verwertungsszenario in der Entsorgung von biogenen Baustoffen identifiziert. Durch dieses Verfahren kann der in den biogenen Baustoffen gespeicherte Kohlenstoff langfristig, in Form von Biokohle, gespeichert werden und wird nicht, wie derzeit, konventionell verbrannt und wieder an die Atmosphäre abgegeben.

# Handlungsempfehlungen

## **Strategische Ausrichtung und Risikomanagement**

Bauträger:innen sollten die absehbare Verschärfung regulatorischer Anforderungen frühzeitig in ihre Investitions- und Projektentscheidungen einpreisen. Graue Emissionen (embodied carbon) sollten bereits heute, als Bewertungskriterium verstärkt etabliert werden, um dem Risiko von „Stranded Assets“ und Wertverlusten durch eine künftige Einpreisung von CO<sub>2</sub>-Kosten vorzubeugen.

## **Vorsorgeprinzip vor Einzelfallbewertung bei Additiven**

Bei Stoffgruppen mit bekannten strukturellen Risiken (z. B.: halogenierte Verbindungen, endokrine Disruptoren) sollte nicht auf die Regulierung einzelner Substanzen gewartet, sondern die gesamte Gruppe gemieden werden, um Regrettable Substitution zu vermeiden.

## **Chemikalienvorsorge stärken**

Die Substitution besorgniserregender Additive sollte durch gezielte Förderung sicherer Alternativen schon in der Entwicklung (Safe and Sustainable by Design) begleitet werden. Gleichzeitig sollten Verarbeitungsbetriebe bei Schulungs- und Umstellungskosten unterstützt werden.

## **Materialwahl und Ausschreibung**

Bei Neubau und Sanierung sollten defossilisierte und schadstoffarme Baustoffe systematisch bevorzugt werden, wenn es die Anforderungen an die Performance zulassen. Freiwillige Zertifizierungssysteme stellen bereits jetzt wichtige Leitlinien mit hohen Standards dafür zur Verfügung. Der Einsatz biogener Materialien (z.B.: Holz, Zellulose, Hanf, Stroh, Lehm) reduziert nicht nur das GWP, sondern mindert auch oft zukünftige Entsorgungs- und Haftungsrisiken durch problematische Additive. Biobasierte sind aber nicht automatisch als schadstofffrei anzusehen.

## **Anreize für biogene und kreislauffähige Materialien**

Die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe sollte durch Förderinstrumente (z. B. CRCF für langfristige CO<sub>2</sub>-Speicherung in Bauprodukten), steuerliche Anreize und bevorzugte Vergabe im öffentlichen Bau gestärkt werden. Die Ausbuchung biogener Speicher in der EN 15978-Standardvariante sollte regulatorisch überdacht werden, um langfristige Kohlenstoffbindung korrekt abzubilden.

## **Dokumentation und Digitalisierung**

Gebäudematerialpässe und digitale Produktpässe (DPP) sollten proaktiv eingeführt und mit vorausschauenden Kriterienkatalogen umgesetzt werden, um kommenden Berichtspflichten der CPR und ESPR gerecht zu werden und die Rückbaufähigkeit sowie den Restwert des Gebäudes langfristig zu sichern. Vorausschauende Dokumentation beugt Mehrfachbelastungen vor – dies erfordert jedoch konsistente und rechtssichere Rahmenbedingungen von der Politik.

## **Gesamtkostenbetrachtung**

Die Mehrkosten von Alternativen reduzieren sich auf Projektebene meist auf einen niedrigen einstelligen Prozentbereich. In der Kostenrechnung sollten zudem vermiedene Haftungs-,

Entsorgungs- und Gesundheitskosten berücksichtigt werden. Weiters kann davon ausgegangen werden, dass bei vermehrtem Einsatz von biogenen Baustoffen die Kosten dieser, aufgrund von Skalierungseffekten, in Zukunft niedriger sein werden.

### **Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette**

Die Transformation des Bausektors gelingt nicht im Alleingang. Hersteller:innen sollten aktiv Kooperationen mit Planer:innen, Bauträgern:innen, Forschungseinrichtungen und Entsorgern suchen – etwa in Pilotprojekten für kreislauffähige Bauteile, geschlossene Materialkreisläufe oder neue Anwendungsfelder biobasierter Materialien. Besonders kleine und mittlere Unternehmen können durch Brancheninitiativen (Verbände, Cluster, gemeinsame Forschungsprojekte) Ressourcen bündeln und regulatorische Anforderungen gemeinsam bewältigen.

### **Normung und Marktzugang erleichtern**

Für alternative Baustoffe (z.B.: Stroh, Lehm, Hanf, Pilzmyzel etc.) sollten harmonisierte Normen, standardisierte Rechenwerte und Prüfverfahren verstärkt geschaffen werden. Dies senkt Markteintrittshürden besonders für kleinere Unternehmen und Start-ups und reduziert Zertifizierungskosten. Weiters sollten aktuelle Normen und Richtlinien hinsichtlich notwendiger Performance von Baustoffen analysiert werden, um zu prüfen, ob diese technisch begründet sind oder lediglich dazu dienen alternative Baustoffe auszuschließen.

### **Dekarbonisierung der Produktion**

Emissionsintensive Hersteller:innen (z.B.: Zement, Beton, Stahl, Ziegel, Glas, Aluminium) sollten konkrete Dekarbonisierungspfade mit klaren Zwischenzielen definieren. Kurzfristig umsetzbare Maßnahmen sind die Umstellung auf erneuerbare Energien, die Erhöhung des Rezyklatanteils, der Einsatz alternativer Brennstoffe und die Optimierung von Prozessen. Mittelfristig sollten alternative Bindemittel (LC3, Geopolymere, Calciumsulfoaluminat-Zemente), elektrifizierte Schmelzprozesse, wasserstoffbasierte Reduktion oder Carbon-Capture-Technologien evaluiert und pilotiert werden. Die CO<sub>2</sub>-Bepreisung über ETS und CBAM wird die Wirtschaftlichkeit konventioneller Prozesse zunehmend unter Druck setzen.

### **Absicherung biobasierter Lieferketten**

Hersteller:innen und Verarbeitende nachwachsender Baustoffe sollten frühzeitig robuste Strukturen zur Erfüllung der wachsenden Sorgfalts- und Nachweispflichten aus EUDR, CSDDD und RED III aufbauen. Kurzfristig umsetzbare Maßnahmen sind die lückenlose Rückverfolgbarkeit der Rohstoffherkunft, die Etablierung digitaler Dokumentationssysteme sowie die Integration von Lieferanten in standardisierte Audit- und Risikoanalysen. Mittelfristig sollten regionale und möglichst kurze Lieferketten priorisiert werden, um Abhängigkeiten von Drittstaaten mit schwacher Datenlage zu reduzieren und gleichzeitig die Kaskadennutzung gemäß RED III – stoffliche vor energetischer Verwertung – konsequent in der Beschaffungsstrategie zu verankern. Langfristig empfiehlt sich der Aufbau neuer Wertschöpfungsnetze mit land- und forstwirtschaftlichen Partnern, um auch nicht etablierte Rohstoffquellen (z.B.: Reststoffe) besser nutzbar zu machen.

### **Additive/Zusätze fest in die Matrix einbinden**

Hersteller:innen sollten problematische Additive nicht nur dort ersetzen, wo es regulatorisch erzwungen wird, sondern systematisch über das gesamte Produktportfolio. Dabei ist Regrettable Substitution zu vermeiden: Der Wechsel von einem regulierten Stoff auf einen strukturell

ähnlichen, aber noch nicht regulierten Nachfolger löst das Problem oft nur scheinbar bzw. temporär. Polymere, reaktiv eingebundene Alternativen sollten bevorzugt werden, wobei deren Abbauverhalten unter realen Umweltbedingungen wissenschaftlich belastbar zu prüfen ist. Biobasierte Alternativen sind nur dann zu bevorzugen, wenn diese auch alle Anforderungen an die Sicherheit gleichermaßen erfüllen.

### **EPDs und Ökobilanzdaten qualitativ verbessern**

Die Datenqualität von EPDs ist derzeit sehr heterogen und erschwert belastbare Vergleiche. Hersteller:innen sollten in aktuelle, produktspezifische EPDs auf Basis primärer Betriebsdaten investieren, statt sich auf generische Branchendaten zu verlassen. Dabei sollten auch die ab 2026 sukzessive verpflichtenden weiteren Wirkungskategorien (Versauerung, Eutrophierung, Ressourcenverbrauch, Toxizität) vorbereitet werden.

### **Verbindliche, standardisierte Volldeklaration**

Die Politik sollte eine verpflichtende Volldeklaration aller Inhaltsstoffe in Bauprodukten über definierten Schwellenwerten einführen – analog zur Kosmetik- oder Lebensmittelbranche. Die bisherige Praxis, dass nur gefährlich eingestufte Stoffe oberhalb von 0,1 Gew.-% kommuniziert werden müssen, reicht für eine vorausschauende Materialwahl meist nicht aus. Eine standardisierte, maschinenlesbare Deklaration (integriert in den Digitalen Produktpass nach CPR und ESPR) sollte so gestaltet sein, dass Planende ohne toxikologisches Spezialwissen kritische Substanzgruppen erkennen und vergleichen können oder automatisiert vergleichen lassen können.

Kompetenz und Verantwortung: Die Komplexität der Chemikalienregulierung erfordert dedizierte Expertise in Planungsbüros und bei Bauträger:innen. Die Politik sollte Weiterbildungsangebote fördern und Hersteller:innen zur verständlichen, standardisierten Kommunikation von Inhaltsstoffen verpflichten.

### **Bildung und Qualifizierung**

Der Green Skills Gap erfordert Investitionen in Aus- und Weiterbildung entlang der gesamten Wertschöpfungskette - von Handwerk über Planung bis Projektentwicklung. Traditionelle Techniken (wie z.B.: Lehm- oder Strohbau) sollten in Lehrpläne reintegriert werden. Auch Expertise zur Beurteilung, Dokumentation und Forschung muss ausreichend zur Verfügung stehen. Fehlentwicklungen fördern Unsicherheit, führen zu Verzögerungen und erhöhten Kosten.

### **Regulatorische Klarheit und Verlässlichkeit**

Die zeitnahe Verabschiedung der OIB-Richtlinie 7 sowie die konsistente nationale Umsetzung von CPR, ESPR und EPBD schaffen Planungssicherheit für Investoren und Hersteller:innen. Widersprüche zwischen Regelwerken (z. B.: Definition von Substances of Concern) sollten eindeutig aufgelöst werden.

### **Kreislaufwirtschaft aktiv steuern**

Deponieverbote (wie bereits für Gipskarton und Mineralwolle beschlossen) sollten konsequent erweitert werden. Gleichzeitig braucht es Märkte für Sekundärrohstoffe – etwa durch verpflichtende Rezyklatquoten, erweiterte Herstellerverantwortung (EPR nach französischem oder niederländischem Vorbild) und klare Regelungen zum Umgang mit Legacy-Chemikalien.

Im gegenständlichen Projekt wurden die Herausforderungen für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft nicht vollständig adressiert. Die zu erwartenden Entwicklungen sollten

jedoch vorausschauend berücksichtigt werden. Vermeidung von Schadstoffen ermöglicht Wiederverwendung und -verwertung und die Konstruktionen, die sich sortenrein trennen lassen, erleichtern auch die Instandhaltung. Es wird dringend empfohlen, die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft in Planung, Ausführung und Produktion zu berücksichtigen. Alle Strukturen sollten so ausgestaltet werden, dass hochwertige Sanierung gegenüber Neubau systematisch bevorzugt wird, um Bestandsemissionen zu erhalten und Ressourcenverbrauch generell zu minimieren.

# Literaturverzeichnis & weiterführende Literatur

## Einleitung - EU Green Deal

- Kaarsberg, S.; Kress, L. Policies Enabling the Reuse of Construction Products in the Nordics. European University Institute. The EU Green Deal (2022 Ed.); Publications Office: LU, 2022.
- European Environment Agency. Addressing the Environmental and Climate Footprint of Buildings.; Publications Office: LU, 2024.
- European Commission. (2019). *The European Green Deal* (COM(2019) 640 final). EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

## Fit for 55

- European Commission. (2021). *“Fit for 55”: Delivering the EU’s 2030 Climate Target on the way to climate neutrality* (COM(2021) 550 final). EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>
- European Commission. (2021). Fit for 55: Delivering the EU’s 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. Brussels.

## Circular Economy Action Plan

- European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe* (COM(2020) 98 final). EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>

## EU Taxonomieverordnung

- European Parliament and Council of the European Union. (2023). *Directive (EU) 2023/2413 of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj/eng>
- Praxisleitfaden Zur EU-Taxonomie-Verordnung; Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (ÖGNI).
- ISBT Review of Appenix C (2025), Science Based Taxonomy, <https://science-based-taxo.org/1604-2/>, letzter Zugriff 20.03.2026
- European Commission adopts delegated act simplifying EU Taxonomy reporting (2025), CMS, [https://cms.law/en/aut/legal-updates/european-commission-adopts-delegated-act-simplifying-eu-taxonomy-reporting#utm\\_campaign=redirect\\_law-now](https://cms.law/en/aut/legal-updates/european-commission-adopts-delegated-act-simplifying-eu-taxonomy-reporting#utm_campaign=redirect_law-now), letzter Zugriff 20.03.2025
- Commission delegated regulation (EU) 2021/2139 (2021), Journal of the European Union, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R2139#app\\_C](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R2139#app_C), letzter Zugriff 20.03.2026
- ISBT Review of Appendix C (2024) Independent science-based taxonomy (ISBT), <https://science-based-taxo.org/1604-2/>, letzter Zugriff 20.03.2024

## EPBD

- European Parliament and Council of the European Union. (2024). *Directive (EU) 2024/1275 of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast)*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>
- Rosenberger, R. (2025). *Umsetzung der EU-Gebäuderichtlinie EPBD in Österreich*. Bundesinnung Bau, Wirtschaftskammer Österreich. <https://www.wko.at/oe/gewerbe-handwerk/bau/umsetzung-epbd-und-baumeisterhaus-2030.pdf>, letzter Zugriff 24.04.2026

## ESPR / CPR

- European Parliament and Council of the European Union. (2024). *Regulation (EU) 2024/1781 of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products, amending Directive (EU) 2020/1828 and*

Regulation (EU) 2023/1542 and repealing Directive 2009/125/EC. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/eng>

- European Parliament and Council of the European Union. (2024). *Regulation (EU) 2024/3110 of 27 November 2024 laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng>
- Cemarking.net (2026), Construction Products Regulation 305/2011, <https://cemarking.net/eu-ce-marking-directives/construction-products-regulation-3052011/>, letzter Zugriff 19.03.2026
- CPR hat Vorrang vor ESPR – lex specialis, <https://openbim-knowledgebase.org/docs/digitaler-produktpass-dpp-fuer-bauprodukte/kapitel-1-uebersicht-digitaler-produktpass-dpp/kapitel-1-3-cpr-hat-vorrang-vor-espr-lex-specialis/>, letzter Zugriff 19.03.2026
- European Commission. (2025, December 16). Communication from the Commission: (First) CPR Working Plan for 2026–2029 [COM(2025) 772 final]. [https://innenausbau.org/wp-content/uploads/2025/12/CPR-Working-Plan-for-2026-2029\\_COM2025772\\_0.pdf](https://innenausbau.org/wp-content/uploads/2025/12/CPR-Working-Plan-for-2026-2029_COM2025772_0.pdf), letzter Zugriff 20.03.2026

#### ETS

- European Parliament and Council of the European Union. (2003). *Directive 2003/87/EC of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC*. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/87/oj/eng>

#### EUDR

- Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2025). *Verordnung (EU) 2025/2650 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Dezember 2025 zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/1115 hinsichtlich bestimmter Verpflichtungen von Marktteilnehmern und Händlern*. Amtsblatt der Europäischen Union, L 2025/2650. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32025R2650>

#### OIB7

- Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB). (2023). *OIB-Richtlinie 7 – Grundlagendokument zur Ausarbeitung einer OIB-Richtlinie Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (OIB-330.7-009/23)*. <https://www.oib.or.at/richtlinien/oib-richtlinien-2023/oib-richtlinie-7-grundlagendokument>, letzter Zugriff 24.04.2026
- Artner, F. (2026, 16. März). *OIB-Richtlinie 7: Warnung vor verzerrten Ökobilanzen*. buildingTIMES. <https://buildingtimes.at/de/nachrichten/oib-richtlinie-7-warnung-vor-verzerrte-okobilanzen>, letzter Zugriff 24.04.2026

#### REACH /CLP / POP

- Substances of Concern (2025), CHEManager, <https://chemanager-online.com/en/topics/substances-of-concern>, letzter Zugriff 23.03.2026
- European Commission. Joint Research Centre. *Safe and Sustainable by Design Chemicals and Materials: Methodological Guidance*.; Publications Office: LU, 2024.
- Kättström D, Beronius A, Boije af Gennäs U, Rudén C and Ågerstrand M (2024) Fulfilling the criteria for CLP classification: the implications for substances under the EU chemicals legislation. *Front. Toxicol.* 6:1452065. doi: 10.3389/ftox.2024.1452065

#### WFD

- Recyclinggips-Verordnung, BGBl. II Nr. 415/2024 (2024), BMLUK, <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/20012808/Recyclinggips-Verordnung%2c%20Fassung%20vom%2023.03.2026.pdf>, letzter Zugriff 20.03.2026
- Erläuterungen Recyclinggips Verordnung (2025), BMLUK, [https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr%3A2a377a53-ef8a-4efc-ba04-863bb4803563/RecyclinggipsVO\\_Eraeuterungen.pdf](https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr%3A2a377a53-ef8a-4efc-ba04-863bb4803563/RecyclinggipsVO_Eraeuterungen.pdf), letzter Zugriff 23.03.2026

### Nachhaltige Beschaffung / freiwillige Zertifizierungen

- Spezifikationen für den Hochbau (2026), Aktionsplan nachhaltige öffentliche Beschaffung – nabe, [https://www.nabe.gv.at/wp-content/uploads/2021/06/15\\_Hochbau\\_naBe-Kriterien.pdf](https://www.nabe.gv.at/wp-content/uploads/2021/06/15_Hochbau_naBe-Kriterien.pdf), letzter Zugriff 20.3.2026
- NÖ Fahrplan nachhaltige öffentliche Beschaffung (V 2.0, 2021), Abteilung für Umwelt- und Energiewirtschaft (RU3),
- Vydrenkova, A., Sattler, T.M., Krobatschek, J. et al. Mineralwolle-Deponierungsverbot und aktuelle Entwicklungen. *Österr Wasser- und Abfallw* **78**, 103–113 (2026). <https://doi.org/10.1007/s00506-025-01182-4>

### Kritische Substanzen/Chemikalien

- European Melamine Producers Association (2026) Melamine: Regulatory Status (2026) <https://melamine.cefic.org/regulatory-status/>, letzter Zugriff 23.03.2026
- The Guardian (2025), Cost to clean up toxic PFAS pollution could top £1.6tn in UK and Europe, <https://www.theguardian.com/environment/2025/jan/14/cost-clean-up-toxic-pfas-pollution-forever-chemicals>, letzter Zugriff 20.03.2026
- ECHA (2026), Hot Topics: Phthalates, <https://echa.europa.eu/hot-topics/phthalates>, letzter Zugriff 20.02.2026
- Mikkelsen, L., and Chéret, H. (2025). PFAS in building materials: Challenges and solutions on the path towards circular construction [Report]. Green Transition Denmark

### Substitution von Additive

- Regulatory strategy for flame retardants (2023), ECHA, DOI: 10.2823/854233
- de Boer, J, Harrad, S, Sharkey, M (2024) The European regulatory strategy for flame retardants – The right direction but still a risk of getting lost', *Chemosphere*, vol. 347, 140638, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140638>
- Liu, X., Xiong, Y., Gou, X., et al. (2025). Environmental impacts of polymeric flame retardant breakdown. *Nature Sustainability*, 8, 432–445. <https://doi.org/10.1038/s41893-025-01513-z>
- Koch, C., Nachev, M., Klein, J., Köster, D., Schmitz, O. J., Schmidt, T. C., & Sures, B. (2019). Degradation of the polymeric brominated flame retardant “Polymeric FR” by heat and UV exposure. *Environmental Science & Technology*, 53(3), 1453–1462. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b03872>
- Revision der REACH-Verordnung – aktueller Stand, Ziele und Herausforderungen (2025), SAT GmbH, <https://sat-team.org/news/revision-der-reach-verordnung-aktueller-stand-ziele-und-herausforderungen-mai-2025/>, letzter Zugriff 10.10.2025

### Baustoffe (allgemein)

- Kolb, B. (2021). Forum | Nachhaltiges Bauen. <https://nachhaltiges-bauen.de/>, letzter Zugriff 20.03.2026

### Beton & Stahl

- N. Marandi and S. Shirzad, “Sustainable cement and concrete technologies: A review of materials and processes for carbon reduction,” *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 10, p. 408, 2025.
- R. Patel, J. Stobbs, and B. Acharya, “Study of biochar in cementitious materials for developing green concrete composites,” *Scientific Reports*, vol. 15, p. 22192, 2025.

### Aluminium

- European Commission, Joint Research Centre, Zore, L., Decarbonisation Options for the Aluminium Industry, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/880,JRC136525>.

### Kunststoffe

- Pichlmeier, F., Figl, H., Scharnhorst, A., Essig, N., Krenauer, A. & Bauer, B. (2025): Wegweiser für kunststofffreies Bauen. Analyse der Gefahren und Risiken von Kunststoffen über den gesamten Lebenszyklus von Bauprodukten. Endbericht. München: Hochschule München. DOI: 10.60948/OPUS-741.

- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. (2021). EPS- und XPS-Dämmstoffabfälle ab der Baustelle [Merkblatt]. [https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:c9718ec6-a6ec-45aa-a0c6-623bd0e9310f/Merkblatt\\_EPS\\_XPS\\_UA.pdf](https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:c9718ec6-a6ec-45aa-a0c6-623bd0e9310f/Merkblatt_EPS_XPS_UA.pdf)
- Jubsilp, C., Asawakosinchai, A., Mora, P., Saramas, D., & Rimdusit, S. (2022). Effects of organic based heat stabilizer on properties of polyvinyl chloride for pipe applications: A comparative study with Pb and CaZn systems. *Polymers*, 14(1), 133. <https://doi.org/10.3390/polym14010133>
- REACH Amends Annex XVII to Restrict Lead in PVC (2023) Acquis Compliance, <https://www.acquiscompliance.com/blog/eu-reach-amendment-restriction-lead-pvc/>, letzter Zugriff 03.03.2026
- Lahl, U., & Zeschmar-Lahl, B. (2024). More than 30 years of PVC recycling in Europe—A critical inventory. *Sustainability*, 16(9), 3854. <https://doi.org/10.3390/su16093854>
- VinylPlus. (2024). Progress report 2024: Reporting on 2023 activities. <https://www.vinylplus.eu>, letzter Zugriff 30.3.2026

#### Glas

- Furszyfer Del Rio, D. D., Sovacool, B. K., Foley, A. M., Griffiths, S., Bazilian, M., Kim, J., & Rooney, D. (2022). Decarbonizing the glass industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 155, 111885. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111885>
- Rose, A., Sack, N., Nothacker, K., & Gassman, A. (2020). Recycling von Flachglas im Bauwesen – Analyse des Ist-Zustandes und Ableitung von Handlungsempfehlungen. Fraunhofer IRB Verlag

#### Biogene

- Potrč Obrecht, T., Kunič, R., Jordan, S., & Legat, A. (2019). Roles of the reference service life (RSL) of buildings and the RSL of building components in the environmental impacts of buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 323, 012146. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012146> (Abbildung LCA Phasen)
- Duan, Z., Huang, Q., & Zhang, Q. (2022). Life cycle assessment of mass timber construction: A review. *Building and Environment*, 221, Article 109320. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109320>

#### Dämmung

- O'Brien, L., Li, L., Friess, W., Snow, J., Herzog, B., & O'Neill, S. (2025). Review of bio-based wood fiber insulation for building envelopes: Characteristics and performance assessment. *Energy and Buildings*, 328, 115114. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.115114>
- Cascione, V., Roberts, M., Allen, S. et al. (2025) Evaluating environmental impacts of bio-based insulation materials through scenario-based and dynamic life cycle assessment. *Int J Life Cycle Assess* **30**, 601–620. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02425-4>
- Mazzi, A., Sciarrone, M., & Bernardo, E. (2023). Environmental performance of glass foam as insulation material from waste glass with the alkali activation process. *Heliyon*, 9(8), e19001. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19001>
- Kaiser, C., Niklasch, W., Schöpgens, H., & Spritzendorfer, J. (2024). Nachhaltige Dämmstoffe – Informationen und Hintergründe (13., aktualisierte Auflage). Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)
- Szczecina, J., Szczepanik, E., Barwinek, J., Szatkowski, P., Niemiec, M., & Molik, E. (2026). Valorisation of Sheep Wool Fibers in Sustainable Energy-Efficient Materials: Thermal and Acoustic Properties of Bio-Based Composites for Low-Carbon Construction. *Energies*, 19(3), 866. <https://doi.org/10.3390/en19030866>

## Fenster

- Asdrubali, F., Roncone, M., & Grazieschi, G. (2021). Embodied Energy and Embodied GWP of Windows: A Critical Review. *Energies*, 14(13), 3788. <https://doi.org/10.3390/en14133788>

## Bodenbeläge

- Ros-Dosdá, T., Celades, I., Vilalta, L., Fullana-i-Palmer, P., & Monfort, E. (2019). Environmental comparison of indoor floor coverings. *Science of The Total Environment*, 693, 133519. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.325>
- Yadav, M., Singhal, I. Sustainable construction: the use of cork material in the building industry. *Mater Renew Sustain Energy* **13**, 375–383 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40243-024-00270-x>
- Eigenschaften von Linoleum (n.d.), Baunetz, [https://www.baunetzwissen.de/boden/fachwissen/\\_linoleum/eigenschaften-von-linoleum-151706](https://www.baunetzwissen.de/boden/fachwissen/_linoleum/eigenschaften-von-linoleum-151706), letzter Zugriff 10.03.2026
- Bastos, R. F., & da Silveira, P. M. (2016, September). Linoleum as floor covering: Characteristics, application and maintenance. In *Proceedings of the 41st IAHS World Congress on Housing, Sustainability and Innovation for the Future*. International Association for Housing Science.

## Kosten

- Embodied carbon reduction in EU construction makes economic sense (2026), Shifting Paradigms, letzter Zugriff am 23.03.2026, [https://shiftingparadigms.nl/projects/eu\\_embodiedc/](https://shiftingparadigms.nl/projects/eu_embodiedc/)
- Laguarda-Mallo, M. F., & Espinoza, O. A. (2016). Cross-laminated timber vs. concrete/steel: Cost comparison using a case study. In *WCTE 2016 – World Conference on Timber Engineering*. Vienna University of Technology
- Kalusche, W. (2023, 25. Januar). Holzbau und Massivbau im Vergleich: Beispiel Kindergärten. *Deutsches Architektenblatt*. <https://www.dabonline.de/bautechnik/holzbau-massivbau-guenstiger-vergleich-baukosten-kindergaerten/>
- Gu, H.; Liang, S. & Bergman, R. (2020): „Comparison of Building Construction and Life-Cycle Cost for a High-Rise Mass Timber Building with its Concrete Alternative.“ *Forest Products Journal*, Vol. 70, Nr. 4, S. 482–492. DOI: 10.13073/FPJ-D-20-00052. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin
- Prassl, M. (2022). Vorgefertigter Holzbau im Vergleich zu konventioneller Stahlbetonbauweise aus Sicht der Immobilienprojektentwicklung: Bewährtes oder Nachhaltigkeit? [Masterarbeit, Technische Universität Wien]. *repositUM*. <https://doi.org/10.34726/hss.2022.105629>
- Gu, H., Liang, S., & Bergman, R. (2020). Comparison of building construction and life-cycle cost for a high-rise mass timber building with its concrete alternative. *Forest Products Journal*, 70(4), 482–492. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-20-00052>
- Göswein, V., Arehart, J., Phan-huy, C., Pomponi, F., & Habert, G. (2022). Barriers and opportunities of fast-growing biobased material use in buildings. *Buildings and Cities*, 3(1), 745–755. <https://doi.org/10.5334/bc.254>
- Zerari, S., Franchino, R., & Pisacane, N. (2024). Cost and carbon intensity analysis of different bio-based insulation materials across European countries. *E3S Web of Conferences*, 585, 01010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458501010>
- Market Data Forecast. (2025). Cross laminated timber (CLT) market report. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/cross-laminated-timber-clt-market>, letzter Zugriff 31.03.2026

- Global Insight Services. (2026). Bio-based insulation materials market analysis and forecast to 2035, <https://www.globalinsightservices.com/reports/bio-based-insulation-materials-market>, letzter Zugriff 31.03.2026
- LinkedIn. (2025). The Green Skills Report [Report]. <https://economicgraph.linkedin.com/content/dam/me/economicgraph/en-us/PDF/linkedin-global-green-skills-report-v07.pdf>, letzter Zugriff 03.04.2026
- European Organisation for Technical Assessment. (n.d.). FAQs. <https://www.eota.eu/faqs>
- European Commission. (2025, 17. November). Trends in carbon intensity and the macroeconomic role of the EU Emissions Trading System. Directorate-General for Economic and Financial Affairs. [https://economy-finance.ec.europa.eu/trends-carbon-intensity-and-macroeconomic-role-eu-emissions-trading-system\\_en](https://economy-finance.ec.europa.eu/trends-carbon-intensity-and-macroeconomic-role-eu-emissions-trading-system_en)
- L, J. (2026, 16. Januar). EU carbon prices hit highest since August 2023: What causes the surge? Carbon Credits. <https://carboncredits.com/eu-carbon-prices-hit-highest-since-august-2023-what-causes-the-surge/>, letzter Zugriff 10.03.2026
- de Jonge, J., Peeters, M., van Timmeren, A., & van Bueren, E. (2025). The effect of carbon accounting and pricing on a discounted cash flow-based investment decision in real estate. *Journal of Sustainability*, 1, Article 2. <https://doi.org/10.55845/jos-2025-1272>
- Bracken, K. (2022, November 28). Decarbonizing real estate: How to price the net zero transition to avoid a “carbon bubble”. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/stories/2022/11/carbon-bubble-real-estate-decarbonization/>
- Sharma, R. (2026, 9. März). Non-isocyanate polyurethane market research report 2034. Market Intelo. <https://marketintelo.com/report/non-isocyanate-polyurethane-market>
- Intel Market Research. (2025, 8. September). Formaldehyde-free adhesives market growth analysis, dynamics, key players and innovations, outlook and forecast 2025–2032. <https://www.intelmarketresearch.com/formaldehyde-free-adhesives-market-9851>

## Anhang A: Verwendete EPDs (Environmental Product Declarations)

Letztes Abrufdatum aller EPDs: 03.06.2026

### EPS

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
EPS grau ( $\rho$ 15 kg/m <sup>3</sup> )	EPS Hartschaum (grau, $\rho$ 15 kg/m <sup>3</sup> )	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/0692a660-d4d1-449b-952f-fa95c1804e57/EPS-Hartschaum_grau_Rohdichte_15_kgm_15457.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/0692a660-d4d1-449b-952f-fa95c1804e57/EPS-Hartschaum_grau_Rohdichte_15_kgm_15457.pdf?version=00.01.000</a>
EPS grau ( $\rho$ 20-25 kg/m <sup>3</sup> )	EPS Hartschaum (grau, $\rho$ 20 bis 25 kg/m <sup>3</sup> )	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/f69918d1-6d54-4a79-9494-9fd21bf99db7/EPS-Hartschaum_grau_Rohdichte_20_bis_25_kgm_15785.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/f69918d1-6d54-4a79-9494-9fd21bf99db7/EPS-Hartschaum_grau_Rohdichte_20_bis_25_kgm_15785.pdf?version=00.01.000</a>
EPS ( $\rho$ 15 kg/m <sup>3</sup> )	EPS-Hartschaum ( $\rho$ 15 kg/m <sup>3</sup> )	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/0438890e-90d7-4634-a352-02a5ce16b24a/EPS-Hartschaum_Rohdichte_15_kgm_15786.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/0438890e-90d7-4634-a352-02a5ce16b24a/EPS-Hartschaum_Rohdichte_15_kgm_15786.pdf?version=00.01.000</a>
EPS ( $\rho$ 20 kg/m <sup>3</sup> )	EPS-Hartschaum ( $\rho$ 20 kg/m <sup>3</sup> )	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cd7a9288-b220-46cc-a7cc-d0a57ba29740/EPS-Hartschaum_Rohdichte_20_kgm_15787.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cd7a9288-b220-46cc-a7cc-d0a57ba29740/EPS-Hartschaum_Rohdichte_20_kgm_15787.pdf?version=00.01.000</a>
EPS ( $\rho$ 25 kg/m <sup>3</sup> )	EPS-Hartschaum ( $\rho$ 25 kg/m <sup>3</sup> )	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/435ed86d-d50a-4172-976d-646266b0b58c/EPS-Hartschaum_Rohdichte_25_kgm_15788.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/435ed86d-d50a-4172-976d-646266b0b58c/EPS-Hartschaum_Rohdichte_25_kgm_15788.pdf?version=00.01.000</a>
EPS ( $\rho$ 30 kg/m <sup>3</sup> )	EPS-Hartschaum ( $\rho$ 30 kg/m <sup>3</sup> )	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/ae4ba2f6-d712-418c-897f-b568743edd27/EPS-Hartschaum_Rohdichte_30_kgm_15789.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/ae4ba2f6-d712-418c-897f-b568743edd27/EPS-Hartschaum_Rohdichte_30_kgm_15789.pdf?version=00.01.000</a>
blaugelb EPS	blaugelb Dämmplatten EPS	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/3e1f0244-a7d5-4d31-a324-4cf66c5a6399/blaugelb_Daemmplatten_EPS_18631.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/3e1f0244-a7d5-4d31-a324-4cf66c5a6399/blaugelb_Daemmplatten_EPS_18631.pdf?version=00.02.000</a>
blaugelb MultiPro EPS	blaugelb Dämmplatten MultiPro EPS	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/313aaf8b-d653-4111-93ac-4b02f409f483/blaugelb_Daemmplatten_MultiPro_EPS_18629.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/313aaf8b-d653-4111-93ac-4b02f409f483/blaugelb_Daemmplatten_MultiPro_EPS_18629.pdf?version=00.02.000</a>
Dalmatiner EPS 032	Dalmatiner Fassadendämmplatten 032	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/47c221a4-3b18-43ad-b4a6-3bfb7e9abdb/Dalmatiner_Fassadendaemmplatten_032_17393.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/47c221a4-3b18-43ad-b4a6-3bfb7e9abdb/Dalmatiner_Fassadendaemmplatten_032_17393.pdf?version=00.01.000</a>
Dalmatiner EPS 034	Dalmatiner Fassadendämmplatten 034	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/c283ebd8-7a5c-4d0e-9feb-f8c8795a074a/Dalmatiner_Fassadendaemmplatten_034_17075.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/c283ebd8-7a5c-4d0e-9feb-f8c8795a074a/Dalmatiner_Fassadendaemmplatten_034_17075.pdf?version=00.01.000</a>
EPS generisch	EPS-Hartschaumdämmung	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=121c71e8-0f4c-4529-b72e-331198d15f0f&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=121c71e8-0f4c-4529-b72e-331198d15f0f&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>

## Biogene Dämmplatten

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Holz-Faser-Platte (best wood)	best wood Holzfaser-Dämmplatten	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/279c8848-34fa-410e-9038-e26e4c8ef987/best_wood_Holzfaser-Daemmplatten_22134.pdf?version=00.03.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/279c8848-34fa-410e-9038-e26e4c8ef987/best_wood_Holzfaser-Daemmplatten_22134.pdf?version=00.03.000</a>
Holz-Faser-Platte GER	Holzfaserdämmstoffplatte Trockenverfahren (Durchschnitt DE)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=5488d3f3-1e39-4a71-b357-ef605b65ed9c&amp;version=00.00.062&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=5488d3f3-1e39-4a71-b357-ef605b65ed9c&amp;version=00.00.062&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Holz-Faser-Platte (generisch)	Holzfaserdämmplatte (Nassverfahren)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c91aa879-2826-4078-8bfa-baae349549cb&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c91aa879-2826-4078-8bfa-baae349549cb&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Hanffaser-Platte	Hanffaserdämmplatte für WDVS	<a href="http://www.baubook.at/m/PHP/Info.php?SG=2142728229&amp;SKg=2&amp;SW=5&amp;win=y">www.baubook.at/m/PHP/Info.php?SG=2142728229&amp;SKg=2&amp;SW=5&amp;win=y</a>

## Steinwolle

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Steinwolle (hohe $\rho$ )	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe im hohen $\rho$	<a href="https://www.rockwool.com/siteassets/rw-at/nachhaltigkeit/umwelt-produktdeklarationen-epd/wu-umwelt-produktdeklaration-epd-hohe-rd-rockwool-at.pdf">https://www.rockwool.com/siteassets/rw-at/nachhaltigkeit/umwelt-produktdeklarationen-epd/wu-umwelt-produktdeklaration-epd-hohe-rd-rockwool-at.pdf</a>
Steinwolle (mittlere $\rho$ )	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe im mittleren $\rho$	<a href="https://www.rockwool.com/siteassets/rw-d/nachhaltigkeit-und-gebaudezertifizierungen/umwelt-produktdeklarationen-epd/wu-umwelt-produktdeklaration-epd-mittlere-rd-rockwool.pdf">https://www.rockwool.com/siteassets/rw-d/nachhaltigkeit-und-gebaudezertifizierungen/umwelt-produktdeklarationen-epd/wu-umwelt-produktdeklaration-epd-mittlere-rd-rockwool.pdf</a>
Steinwolle (niedrige $\rho$ )	ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoffe im niedrigen $\rho$	<a href="https://www.rockwool.com/siteassets/rw-at/nachhaltigkeit/umwelt-produktdeklarationen-epd/wu-umwelt-produktdeklaration-epd-niedrige-rd-rockwool-at.pdf">https://www.rockwool.com/siteassets/rw-at/nachhaltigkeit/umwelt-produktdeklarationen-epd/wu-umwelt-produktdeklaration-epd-niedrige-rd-rockwool-at.pdf</a>
Steinwolle Platten&Filze	ISOVER Steinwolle-Dämmstoffe in Form von Platten und Filzen	<a href="https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/Bau-EPD-ISOVER-2019-2-Ecoinvent-STEINWOLLE-20190516.pdf">https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/Bau-EPD-ISOVER-2019-2-Ecoinvent-STEINWOLLE-20190516.pdf</a>

## XPS

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Bachl ReXPS	Bachl ReXPS - Extrudierte Polystyrol-Schaumstoffplatten	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=64318385-991b-4aec-83a4-99c59f6f2471&amp;version=00.10.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=64318385-991b-4aec-83a4-99c59f6f2471&amp;version=00.10.000</a>
XPS generisch	Extrudierter Polystyrol Dämmstoff (XPS)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c4ddfdbbc-ee2b-4dd5-a754-b317cf06470a&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c4ddfdbbc-ee2b-4dd5-a754-b317cf06470a&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Ravatherm XPS	RAVATHERM XPS (X) PLUS/ULTRA	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=edbea38c-387d-4c0c-acfa-277b8fb861a6&amp;version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=edbea38c-387d-4c0c-acfa-277b8fb861a6&amp;version=00.02.000</a>
Ravatherm XPS halogenfrei	RAVATHERM™ XPS (X) Isolierung aus extrudiertem Polystyrolschaum mit halogenfreiem Treibmittel	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b452a1d8-b252-4f3b-914d-1b19bd268a2e&amp;version=00.03.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=b452a1d8-b252-4f3b-914d-1b19bd268a2e&amp;version=00.03.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Jackodur XPS	JACKODUR Plus Extruded Polystyrene (XPS) with HFO 1234ze	<a href="https://www.jackon-insulation.de/downloads-service/download/epd-jackodur-plus">https://www.jackon-insulation.de/downloads-service/download/epd-jackodur-plus</a>

## Glasschaum

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Glasschaum generisch	Schaumglas Dämmstoff	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7091503e-34e5-44cd-9acb-7c2f16f6097f&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7091503e-34e5-44cd-9acb-7c2f16f6097f&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Glasschaum GLAPOR	GLAPOR Schaumglas	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=0827718f-8cb2-4f4b-8dca-ce298cac1011">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&amp;uuid=0827718f-8cb2-4f4b-8dca-ce298cac1011</a>
Glasschaum GLAPOR PG 1600	GLAPOR Schaumglas PG 1600	
Glasschaum GLAPOR	GLAPOR cellular glass boards	<a href="https://glapor.com/wp-content/uploads/awt/zertifikate/GLAPOR_EP_D_Schaumglasplatten_EN.pdf">https://glapor.com/wp-content/uploads/awt/zertifikate/GLAPOR_EP_D_Schaumglasplatten_EN.pdf</a>
Foamglas T4+	FOAMGLAS T4+	<a href="https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/shared/files/certifications/b---common-certificates/epd-environmental-product-decl/epd-foamglas-t4plus-en.pdf">https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/shared/files/certifications/b---common-certificates/epd-environmental-product-decl/epd-foamglas-t4plus-en.pdf</a>
Foamglas F	FOAMGLAS F	<a href="https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/shared/files/certifications/b---common-certificates/epd-environmental-product-decl/epd-foamglas-f-en.pdf">https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/shared/files/certifications/b---common-certificates/epd-environmental-product-decl/epd-foamglas-f-en.pdf</a>

Foamglas S3	FOAMGLAS S3	<a href="https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/shared/files/certifications/b---common-certificates/epd-environmental-product-decl/epd-foamglas-s3-en.pdf">https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/shared/files/certifications/b---common-certificates/epd-environmental-product-decl/epd-foamglas-s3-en.pdf</a>
GEOMATERIALS Schaumglas	GEOMATERIALS Schaumglasschotter (trocken)	<a href="https://www.baubook.at/zentrale/?URL_R=https%3A%2F%2Fwww.baubook.at%2Fm%2FPH%2FInfo.php%3FSl%3D2142730773%26SW%3D5&amp;SW=5">https://www.baubook.at/zentrale/?URL_R=https%3A%2F%2Fwww.baubook.at%2Fm%2FPH%2FInfo.php%3FSl%3D2142730773%26SW%3D5&amp;SW=5</a>

## Bodenbeläge

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
PVC Fußboden generisch	PVC Fußbodenbelag (de)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=fde18fdc-ca6b-41d3-9918-aab96177fc24&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=fde18fdc-ca6b-41d3-9918-aab96177fc24&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Milliken (LVT) PVC Boden	Luxus Vinyl Fliesen (LVT) FlexForm	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/108b5c22-b14f-49d7-ac7d-25092a1b0614/Luxury_Vinyl_Tiles_LVT_FlexFormFlexForm_Sound_16303.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/108b5c22-b14f-49d7-ac7d-25092a1b0614/Luxury_Vinyl_Tiles_LVT_FlexFormFlexForm_Sound_16303.pdf?version=00.01.000</a>
Vinyl mit HDF-Platte	Designboden Vinyl mit HDF-Trägerplatte	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bb0cdcda-6e19-415c-a4ff-1b2f6c18c4b4/Designboden_Vinyl_mit_HDF-Traegerplatte_18963.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bb0cdcda-6e19-415c-a4ff-1b2f6c18c4b4/Designboden_Vinyl_mit_HDF-Traegerplatte_18963.pdf?version=00.02.000</a>
Massivholzparkett	Massivholzparkett (Durchschnitt DE)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=bbb8e8e3-3023-42b1-a58b-3cae9d482e10&amp;version=00.00.025&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=bbb8e8e3-3023-42b1-a58b-3cae9d482e10&amp;version=00.00.025&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Mehrschichtparkett	Mehrschichtparkett (Durchschnitt DE)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=bfa87d42-18f1-4d7c-8786-ee60826b5050&amp;version=00.00.025&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=bfa87d42-18f1-4d7c-8786-ee60826b5050&amp;version=00.00.025&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Longlife Parkett	Longlife-Parkett	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/5de4f127-2c79-4c99-90c9-5d865b60ddcf/Longlife-Parkett_15156.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/5de4f127-2c79-4c99-90c9-5d865b60ddcf/Longlife-Parkett_15156.pdf?version=00.01.000</a>
Mehrschichtparkett Parador	Mehrschichtparkett (Parador GmbH)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/ee2a70ef-d20f-4c37-b748-1a3955d0f8d9/Mehrschichtparkett_18822.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/ee2a70ef-d20f-4c37-b748-1a3955d0f8d9/Mehrschichtparkett_18822.pdf?version=00.02.000</a>
Mehrschichtparkett Verband	Mehrschichtparkett (Verband der Deutschend Parkettindustrie)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/91bbb03a-c160-452f-85a2-711d4e7b5876/Mehrschichtparkett_14591.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/91bbb03a-c160-452f-85a2-711d4e7b5876/Mehrschichtparkett_14591.pdf?version=00.01.000</a>
JOKA INK Parkett	JOKA INKU Parkettböden	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/b6746b1c-e543-4c0f-8948-e85d52a4b4d5/JOKA_INKU_Parkettboeden_527535_21876.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/b6746b1c-e543-4c0f-8948-e85d52a4b4d5/JOKA_INKU_Parkettboeden_527535_21876.pdf?version=00.01.000</a>
Egger Holz/Kork	Egger Comfort Boden	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/e5de2722-6d7f-49b8-ac30-7dab892a6136/EGGER_Comfort-Boden_13065.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/e5de2722-6d7f-49b8-ac30-7dab892a6136/EGGER_Comfort-Boden_13065.pdf?version=00.01.000</a>
Laminatboden Parador	Laminatboden (de)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/de57737d-c7ea-4b17-a960-19b1e2403704/Laminatboden_22908.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/de57737d-c7ea-4b17-a960-19b1e2403704/Laminatboden_22908.pdf?version=00.01.000</a>

Laminatboden DPL	DPL lamiate flooring	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/b816b73b-ebf9-4294-969d-3d824ccd7dcd/DPL_laminate_flooring_13359.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/b816b73b-ebf9-4294-969d-3d824ccd7dcd/DPL_laminate_flooring_13359.pdf?version=00.02.000</a>
Lindara Holzboden	Lindura Holzboden	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/5d176e81-4f89-43a4-a631-a19436886e9d/Lindura-Holzboden_14822.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/5d176e81-4f89-43a4-a631-a19436886e9d/Lindura-Holzboden_14822.pdf?version=00.01.000</a>
Linoleum	Linoleum	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ed391263-0e6d-43dd-ad3e-43607545f281&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_l&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ed391263-0e6d-43dd-ad3e-43607545f281&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_l&amp;lang=de</a>
Forbo Linoleum	Forbo Marmoleum Sheet	<a href="https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/5b254718-654b-4b95-93ec-98b77f6b69e4/Forbo_EPD_Marmoleum_sheet_2.0-2.5-3.2_4790859342.101.2_Exp.2029.03.01.pdf">https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/5b254718-654b-4b95-93ec-98b77f6b69e4/Forbo_EPD_Marmoleum_sheet_2.0-2.5-3.2_4790859342.101.2_Exp.2029.03.01.pdf</a>
Tarkett Linoleum	Tarkett Linoleum Flooring	<a href="https://media.tarkett-image.com/docs/EPD_Linoleum.pdf">https://media.tarkett-image.com/docs/EPD_Linoleum.pdf</a>
Amorim Kork Inspire	Amorin Wise Inspire 700 HRT	<a href="https://pim.amorimflooring.com/uploads/files/documents/products/Certificates/Amorim%20Wise%20Inspire%20700%20HRT.pdf">https://pim.amorimflooring.com/uploads/files/documents/products/Certificates/Amorim%20Wise%20Inspire%20700%20HRT.pdf</a>
Amorim Kork Pure UV	Amorin Wise Cork Pure UV	<a href="https://pim.amorimflooring.com/uploads/files/documents/products/Certificates/Amorim%20Wise%20Cork%20Pure%20UV.pdf">https://pim.amorimflooring.com/uploads/files/documents/products/Certificates/Amorim%20Wise%20Cork%20Pure%20UV.pdf</a>
Amorim Kork Pure PU PF	Amorim Wise Cork Pure PU PF	<a href="https://pim.amorimflooring.com/uploads/files/documents/products/Certificates/Amorim%20Wise%20Cork%20Pure%20PU%20PF.pdf">https://pim.amorimflooring.com/uploads/files/documents/products/Certificates/Amorim%20Wise%20Cork%20Pure%20PU%20PF.pdf</a>

## Beplankung

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Fermacell Gipsfaser	Gipsfaser-Platten	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cb832212-e095-4920-83af-27372016730b/Gipsfaser-Platten_14896.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cb832212-e095-4920-83af-27372016730b/Gipsfaser-Platten_14896.pdf?version=00.01.000</a>
Gipsfaserplatte Verband	Gipsfaserplatten nach DIN EN 15283-2	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/6a6297cb-6979-4c64-b011-e4d9b49e6023/Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2_oder_ETATool_15620.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/6a6297cb-6979-4c64-b011-e4d9b49e6023/Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2_oder_ETATool_15620.pdf?version=00.01.000</a>
Gipsplatte Feuerschutz	Gipsplatte - Feuerschutz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/60299363-5eb8-4204-ac35-790e593bcc6b/GIPSPLATTE - FEUERSCHUTZ_Tool_15340.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/60299363-5eb8-4204-ac35-790e593bcc6b/GIPSPLATTE - FEUERSCHUTZ_Tool_15340.pdf?version=00.01.000</a>
Gipsplatte imprägniert	Gipsplatte - Imprägniert	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cf5e9c6a-c79f-4a85-ae4c-1bfb45a2b0e2/GIPSPLATTE - IMPRAeGNIERT_Tool_14615.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cf5e9c6a-c79f-4a85-ae4c-1bfb45a2b0e2/GIPSPLATTE - IMPRAeGNIERT_Tool_14615.pdf?version=00.02.000</a>
Gipsplatte Lochplatte	Gipsplatte - Lochplatte	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/883bf818-1597-4bcb-84e0-231814b64fc9/GIPSPLATTE - LOCHPLATTE_Tool_15355.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/883bf818-1597-4bcb-84e0-231814b64fc9/GIPSPLATTE - LOCHPLATTE_Tool_15355.pdf?version=00.01.000</a>

Gipsplatte	Gipsplatte nach DIN EN 520 und DIN 18180	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cd66ca0f-f8de-4580-b73a-4aa89e1e0ee0/GIPSPLATTE_NACH_DIN_EN_520_UND_DIN_18180_Tool_15279.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cd66ca0f-f8de-4580-b73a-4aa89e1e0ee0/GIPSPLATTE_NACH_DIN_EN_520_UND_DIN_18180_Tool_15279.pdf?version=00.01.000</a>
Lehmbauplatte generisch	Lehmbauplatte	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cf5e9c6a-c79f-4a85-ae4c-1bfb45a2b0e2/GIPSPLATTE - IMPRAeGNIERT Tool_14615.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/cf5e9c6a-c79f-4a85-ae4c-1bfb45a2b0e2/GIPSPLATTE - IMPRAeGNIERT Tool_14615.pdf?version=00.02.000</a>
Lehmplatte Claytec	Lehmplatten nach DIN 18948	<a href="https://www.sentinel-holding.eu/Kunden/CLAYTEC%20GmbH%20%26%20Co%20KG/Produktunterlagen/Lehmbauplatte%20schwer%20D22-D16/DVL_UPD_LP_U9.pdf">https://www.sentinel-holding.eu/Kunden/CLAYTEC%20GmbH%20%26%20Co%20KG/Produktunterlagen/Lehmbauplatte%20schwer%20D22-D16/DVL_UPD_LP_U9.pdf</a>
Strohplatte	Strohplatten	<a href="https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-MAXHUPP-2023-1-GaBi-Strohplatten-20230616.pdf">https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-MAXHUPP-2023-1-GaBi-Strohplatten-20230616.pdf</a>
Stramentec	Stramentec	<a href="https://ibudata.lca-data.com/datasetdetail/process.xhtml?uuid=fa8a6170-ad91-4ad4-98ac-bc40e7748377&amp;version=00.01.000&amp;stock=PUBLIC&amp;lang=de">https://ibudata.lca-data.com/datasetdetail/process.xhtml?uuid=fa8a6170-ad91-4ad4-98ac-bc40e7748377&amp;version=00.01.000&amp;stock=PUBLIC&amp;lang=de</a>
Holzfaser-Dämmplatte	best wood Holzfaser-Dämmplatten	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/279c8848-34fa-410e-9038-e26e4c8ef987/best_wood_Holzfaser-Daemmplatten_22134.pdf?version=00.03.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/279c8848-34fa-410e-9038-e26e4c8ef987/best_wood_Holzfaser-Daemmplatten_22134.pdf?version=00.03.000</a>
Sperrholzplatte	Forbo Marmoleum Sheet	<a href="https://materialhub.upm.com/udd_WDp_-MwVx">https://materialhub.upm.com/udd_WDp_-MwVx</a>

## Putze

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Gips Kalk Putz generisch	Gips-Kalk Putz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=004f3f4e-5bb8-4d9e-a104-6999a9e8ad5b&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=004f3f4e-5bb8-4d9e-a104-6999a9e8ad5b&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Gips Kalk Putz Verband	Gips-Kalk Putz/Tool	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bfb5c09e-77ef-4b00-8bc8-1d264e743f09/GIPS-KALKPUTZ_Tool_14616.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bfb5c09e-77ef-4b00-8bc8-1d264e743f09/GIPS-KALKPUTZ_Tool_14616.pdf?version=00.01.000</a>
Gipsputz generisch	Gipsputz (Innen)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7e0c008a-009d-4357-92c1-afb2cec3bc0a&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7e0c008a-009d-4357-92c1-afb2cec3bc0a&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Gipsputz Verband	Gipsputz/Tool	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/924ad636-6962-4766-8e30-47df169185a9/GIPSPUTZTool_15237.pdf?version=00.02.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/924ad636-6962-4766-8e30-47df169185a9/GIPSPUTZTool_15237.pdf?version=00.02.000</a>
Kalk-Gips generisch	Kalk-Gips-Innenputz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9a670d29-efb9-4fde-95ab-182a0b1e7280&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=9a670d29-efb9-4fde-95ab-182a0b1e7280&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Kalk generisch	Kalk-Innenputz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=eea7e352-bf1d-4e6d-9029-689d7936e6a7&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=eea7e352-bf1d-4e6d-9029-689d7936e6a7&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>

Kalkputzmörtel generisch	Kalkputzmörtel	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ddc96ae4-086c-4033-9e45-c5589f1661ba&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=ddc96ae4-086c-4033-9e45-c5589f1661ba&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Kalkzementputzmörtel generisch	Kalkzement Putzmörtel	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dca9f05c-036b-40e5-ae81-c957c2420fd8&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dca9f05c-036b-40e5-ae81-c957c2420fd8&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Zementmörtel	Zementmörtel	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=96171066-34d9-4b33-b1e6-3af1ea11db61&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=96171066-34d9-4b33-b1e6-3af1ea11db61&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Kalk-Zementputz Verband	Putzmörtel-Normalputz/Edelputz	<a href="https://knauf.com/api/download-center/v1/assets/1d5a6995-dda4-4ca0-b586-53e369796cc7?download=true&amp;country=de">https://knauf.com/api/download-center/v1/assets/1d5a6995-dda4-4ca0-b586-53e369796cc7?download=true&amp;country=de</a>
Zementputz Saint Gobain	weber BC25	<a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/0aa3dfc3-893b-459e-5f45-08dd5657d553/Documents">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/0aa3dfc3-893b-459e-5f45-08dd5657d553/Documents</a>
Zementputz Tambour	Tamplast 980, 914, 588	<a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/499ad479-1703-4bd5-8d76-08db0295e2f2/Documents">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/499ad479-1703-4bd5-8d76-08db0295e2f2/Documents</a>
Lehmputz generisch	Lehmputz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=422b2446-8a3f-457d-b47b-4728b2869d86&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=422b2446-8a3f-457d-b47b-4728b2869d86&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Levita Lehmputz	Levita Lehmuniversalputz Uni1.8; LPM 0/2 f - S II - 2,0 - A1 - DIN 18947	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/5000c7c4-474f-4e84-bb01-0b285dbd8058/EPD_LPMEGG_011_verified.pdf?version=00.00.002">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/5000c7c4-474f-4e84-bb01-0b285dbd8058/EPD_LPMEGG_011_verified.pdf?version=00.00.002</a>
Asanto Lehmputzmörtel	Asanto Lehmputzmörtel Universal; LPM 0/4 m - S II - 2,0 - DIN 18947	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/67426876-6c51-4373-8a16-e51852117924/upd_lpm_asanto2024.pdf?version=00.00.008">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/67426876-6c51-4373-8a16-e51852117924/upd_lpm_asanto2024.pdf?version=00.00.008</a>
Claytec Lehmoberputz	ClayTec Lehm-Oberputz fein 06, trocken; LPM 0/1 f - S II - 1,8 nach DIN 18947	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/f18fdb21-fb03-48a6-a8a9-67725ff59327/UPD_LPM_CLAY2023006_PKRU5-DE.pdf?version=00.00.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/f18fdb21-fb03-48a6-a8a9-67725ff59327/UPD_LPM_CLAY2023006_PKRU5-DE.pdf?version=00.00.000</a>

## Trockenbau-Unterkonstruktion

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Stahlprofile CW50	Wandprofile verzinkt	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005</a>
Stahlprofile CW75	Wandprofile verzinkt	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005</a>
Stahlprofile CW100	Wandprofile verzinkt	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005</a>

Stahlprofile CW125	Wandprofile verzinkt	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005</a>
Stahlprofile CW150	Wandprofile verzinkt	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/960496bb-3a65-4e2c-b62c-40010718e5ef/EPD-KWV-26.1_v2.pdf?version=00.00.005</a>
KVH Hasslacher	Konstruktionsvollholz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/155aa4c4-ea60-4caf-a0bb-baf3298d72e4/Konstruktionsvollholz_GLT_Gepruefte_Leimholz_Traeger_14582.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/155aa4c4-ea60-4caf-a0bb-baf3298d72e4/Konstruktionsvollholz_GLT_Gepruefte_Leimholz_Traeger_14582.pdf?version=00.01.000</a>
KVF GER	Konstruktionsvollholz (Durchschnitt DE)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7aba3603-0689-4da5-8d24-fd92ae398d07&amp;version=00.00.032&amp;stock=OBD_2024_l&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7aba3603-0689-4da5-8d24-fd92ae398d07&amp;version=00.00.032&amp;stock=OBD_2024_l&amp;lang=de</a>
KVH Rubner	Konstruktionsvollholz (Update)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bf7f245e-1114-47cf-8e90-d8e4c61bdd4a/Konstruktionsvollholz_Update_18540.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bf7f245e-1114-47cf-8e90-d8e4c61bdd4a/Konstruktionsvollholz_Update_18540.pdf?version=00.01.000</a>

## Fenster

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
PVC GER	Fenster - VFF - Fenster aus Kunststoff	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/a1b2d59f-09fe-4330-b628-ee17559074e5/M-EPD-KSF-1000.pdf?version=00.00.001">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/a1b2d59f-09fe-4330-b628-ee17559074e5/M-EPD-KSF-1000.pdf?version=00.00.001</a>
PVC Epiq	PVC Window Epiq by Qfort	<a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/bdd8186a-119a-411e-2c94-08de3b3fa79a/Documents">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/bdd8186a-119a-411e-2c94-08de3b3fa79a/Documents</a>
PVC DEN	K-Vision plastic window	<a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/ea3a6fe7-ddca-4d8c-76cf-08dd7660be1c/Documents">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/ea3a6fe7-ddca-4d8c-76cf-08dd7660be1c/Documents</a>
Recycled PVC	IMPREO - Turn/Tilt Window	<a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/7b943dae-193b-468b-62c0-08ddd348e3b7/Documents">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/7b943dae-193b-468b-62c0-08ddd348e3b7/Documents</a>
Holz-Alu GER	Fenster - VFF - Fenster aus Holz-Aluminium	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/04e8877e-cb11-406f-bca4-cd7521ed33ff/M-EPD-HMF-1000.pdf?version=00.00.001">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/04e8877e-cb11-406f-bca4-cd7521ed33ff/M-EPD-HMF-1000.pdf?version=00.00.001</a>
Holz-Alu AUT	Standard Holz-Alu Fenster	<a href="https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-PLATTFORM-FENSTER-HOLZVERBAND-OESTERREICH-2023-1-Ecoinvent-Holz-Alu-Fenster-20230214-Webseite.pdf">https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-PLATTFORM-FENSTER-HOLZVERBAND-OESTERREICH-2023-1-Ecoinvent-Holz-Alu-Fenster-20230214-Webseite.pdf</a>
Holz-Alu NOR	Lyssand 105, Top-swing window, wood with aluminium cladding	<a href="https://www.environdec.com/library/epd8016">https://www.environdec.com/library/epd8016</a>

Holz GER	Fenster - VFF - Fenster aus Holz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/6e58ed12-8db9-4965-b83a-144eb189e6bf/M-EPD-HOF-1000.pdf?version=00.00.001">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/6e58ed12-8db9-4965-b83a-144eb189e6bf/M-EPD-HOF-1000.pdf?version=00.00.001</a>
Holz AUT	Standard Holz Fenster	<a href="https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-PLATTFORM-FENSTER-HOLZ-VERBAND-OESTERREICH-2022-1-Ecoinvent-Holzfenster-2022-11-09.pdf">https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-PLATTFORM-FENSTER-HOLZ-VERBAND-OESTERREICH-2022-1-Ecoinvent-Holzfenster-2022-11-09.pdf</a>
Holz NOR	Lyssand 105 Top-swing window wood	<a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/452bc7d7-0240-419a-6e35-08daec9c0555/Documents">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/452bc7d7-0240-419a-6e35-08daec9c0555/Documents</a>
Aluminium GER	Fenster - VFF - Fenster aus Aluminium	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/fff1aba2-8bc5-48bd-9295-14524cf204ff/M-EPD-ALF-1000.pdf?version=00.00.001">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/fff1aba2-8bc5-48bd-9295-14524cf204ff/M-EPD-ALF-1000.pdf?version=00.00.001</a>
Aluminium ITA	EPD of aluminium windows: Gropalli GL80 window systems	<a href="https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/e21867b6-b8a5-4914-615f-08dd7d87b4f5/Documents">https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/EPDs/e21867b6-b8a5-4914-615f-08dd7d87b4f5/Documents</a>
Aluminium ESP	Aluminium Windows and Doors	<a href="https://www.environdec.com/library/epd5709">https://www.environdec.com/library/epd5709</a>
Kunststoff-Alu	Fenster - VFF - Fenster aus Kunststoff-Aluminium	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bf34afb9-ef8f-4073-b221-d36a44a5a5a7/M-EPD-KAF-1000.pdf?version=00.00.002">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/bf34afb9-ef8f-4073-b221-d36a44a5a5a7/M-EPD-KAF-1000.pdf?version=00.00.002</a>
Stahl	Fenster - VFF - Fenster aus Stahl	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/49407874-3b75-49a0-aef6-c30fde5be6ea/M-EPD-FE-1000.pdf?version=00.00.002">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/49407874-3b75-49a0-aef6-c30fde5be6ea/M-EPD-FE-1000.pdf?version=00.00.002</a>

## Estrich

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Zementestrich generisch	Zementestrich	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=86d919ee-8f30-4ca4-9b7e-717aecba6ac0&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=86d919ee-8f30-4ca4-9b7e-717aecba6ac0&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Calciumsulfatestrich Verband	Calciumsulfat-Fließestrich und konventioneller Calciumsulfat-Estrich	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/fee61e29-6bf7-4423-aab3-de162e9501fb/Calciumsulfat-Fliessestrich_und_konventioneller_Calciumsulfat-Estrich_15423.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/fee61e29-6bf7-4423-aab3-de162e9501fb/Calciumsulfat-Fliessestrich_und_konventioneller_Calciumsulfat-Estrich_15423.pdf?version=00.01.000</a>
Calciumsulfatestrich generisch	Calciumsulfatestrich	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=3abc810c-ef3a-4ab4-b6d8-0217716e213e&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=3abc810c-ef3a-4ab4-b6d8-0217716e213e&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Calciumsulfatestrich Verband Putze	Estrichmörtel-Calciumsulfatestrich	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/ba329f18-71bd-4be6-b139-4c676ffedf07/Estrichmoertel-Calciumsulfatestrich_16341.pdf?version=00.01.000">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/resource/sources/ba329f18-71bd-4be6-b139-4c676ffedf07/Estrichmoertel-Calciumsulfatestrich_16341.pdf?version=00.01.000</a>

## Beton

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
STB generisch	Transportbeton C20/25	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=e3d7a045-ee91-43ac-8fb4-a5216c65ba0b&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=e3d7a045-ee91-43ac-8fb4-a5216c65ba0b&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
Recycling STB generisch	Recycling Transportbeton C20/25	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=8f11c179-e367-4833-93f3-10597923c79c&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=8f11c179-e367-4833-93f3-10597923c79c&amp;version=20.24.070&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
STB Durchschnitt GER	Beton der Druckfestigkeitsklasse C20/25	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d5d98d4b-a9ba-4fb3-b2d2-6766f8ef5a59&amp;version=00.02.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d5d98d4b-a9ba-4fb3-b2d2-6766f8ef5a59&amp;version=00.02.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
ECO STB Werk 1	Beton C20/25 XC1 XC2 F3 16 M ECOPact, Rezept Nummer NI3234-BHZK Version 1, Transportbetonwerk Babenhausen, Germany	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f837f07f-e8e5-4c1b-9282-3963f55013a3&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=f837f07f-e8e5-4c1b-9282-3963f55013a3&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
ECO STB Werk 2	Beton C20/25 XC1 XC2 F3 16 M ECOPact, Rezept Nummer NI3234-BHZZ Version 1, Transportbetonwerk Büttelborn, Germany	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c5f402e2-5d4b-4599-a3f0-25fa07f8a984&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c5f402e2-5d4b-4599-a3f0-25fa07f8a984&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
ECO STB Werk 3	Beton C20/25 XC1 XC2 F3 16 M ECOPact, Rezept Nummer DI3234-BNFK Version 1, Transportbetonwerk Fulda, Germany	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=446507f7-ae5a-4ad7-9b43-c6cc76e6ba20&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=446507f7-ae5a-4ad7-9b43-c6cc76e6ba20&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>

## Bewehrungsstahl

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
-	Betonstahlmatten und Gitterträger	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=065c4bb7-df48-458d-87f2-37e237a6ab90&amp;version=00.02.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=065c4bb7-df48-458d-87f2-37e237a6ab90&amp;version=00.02.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>

## Mauerziegel

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
Wienerberger elektrisch	Wienerberger Porotherm 25-38 Plan E	<a href="https://www.wienerberger.at/content/dam/wienerberger/austria/marketing/documents-magazines/technical/certificate/AT_MKT_DOC_BAU-EPD_Porotherm_Plan_Ziegelwerk_Uttendorf.pdf">https://www.wienerberger.at/content/dam/wienerberger/austria/marketing/documents-magazines/technical/certificate/AT_MKT_DOC_BAU-EPD_Porotherm_Plan_Ziegelwerk_Uttendorf.pdf</a>
Ziegel Durchschnitt	Mauerziegel (ungefüllt)	<a href="https://www.wienerberger.de/content/dam/wienerberger/germany/marketing/documents-magazines/technical/epds/DE_MKT_DOC_POR_EP_D_Mauerziegel_ungefuellt_EN_15804_A2.pdf">https://www.wienerberger.de/content/dam/wienerberger/germany/marketing/documents-magazines/technical/epds/DE_MKT_DOC_POR_EP_D_Mauerziegel_ungefuellt_EN_15804_A2.pdf</a>
Wienerberger Standard	ungefüllte Mauer- und Deckenziegel	<a href="https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-Wienerberger-2024-01-Ecoinvent-Ziegelprodukte-20240423-Webseite.pdf">https://www.bau-epd.at/fileadmin/user_upload/epds_Deutsch/BAU-EPD-Wienerberger-2024-01-Ecoinvent-Ziegelprodukte-20240423-Webseite.pdf</a>

## Brettsperrholz

Name im Diagramm	EPD-Name	URL
BSH GER 2021	Brettsperrholz	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=bb838307-4509-4d98-864a-6cb96aaa39a6&amp;version=00.02.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=bb838307-4509-4d98-864a-6cb96aaa39a6&amp;version=00.02.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
BSH GER 2023	Brettsperrholz (Durchschnitt DE)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=8c4eb262-9ae6-4ace-8f3d-0b06f2007f3e&amp;version=00.00.027&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=8c4eb262-9ae6-4ace-8f3d-0b06f2007f3e&amp;version=00.00.027&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
BSH GER Neu	Brettsperrholz (Update)	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=06c6f44f-dc14-4095-8e3e-7e483eccf50c&amp;version=00.03.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=06c6f44f-dc14-4095-8e3e-7e483eccf50c&amp;version=00.03.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>
BSH Hasslacher	Brettsperrholz HASSLACHER CROSS LAMINATED TIMBER	<a href="https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7688e355-8e03-4f2f-94dc-741052b78a02&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7688e355-8e03-4f2f-94dc-741052b78a02&amp;version=00.01.000&amp;stock=OBD_2024_I&amp;lang=de</a>

# Anhang B: Besprechungsprotokoll Abschlussworkshop

Verfasst von Andreas Pummer (IBR&I)

## Projekttitel

Handlungsbedarf im Wohnbau durch Veränderungen der wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen für die verwendeten Baustoffe und ihre Auswirkungen auf Kosten und THG-Emissionen

**Arbeitstitel:** [bau\_stoff\_360]

**Datum:** 27.01.2026

**Zeit:** 13:00 – 16:00

**Ort:** IBR&I

## Anwesende Projektpartner

Susanne Hofer	Institute of Building Research & Innovation
Andreas Pummer	Institute of Building Research & Innovation
Philipp Korntner	BioBASE
Sonja Siegel	BioBASE
Thomas Timmel	BioBASE
Barbara Bauer	Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie
Martin Huber	ecoplus
Annekatriin Koch	Larix Engineering
Ani Yarijanian Namagerdi	Larix Engineering
Theresia Reiter	Alpenland
Martin Aichhozer	MAGK
Klaus Zednig	EGW

## Wer trägt die Verantwortung für zukünftige Entwicklung im Bereich (biogene) Baustoffe?

Nachhaltige Transformation im Bausektor gelingt nur durch ein Zusammenspiel aller Akteursgruppen – mit **Primat der Regulatorik**.

- Rolle des Gesetzgebers (dominant):
  - Normative Vorgaben bestimmen Marktergebnisse maßgeblich (z. B. U-Wert-Annahmen mit Restfeuchte bei Naturbaustoffen verschlechtern rechnerische Performance)
  - CO<sub>2</sub>-Bepreisung und perspektivisch Toxizitätsbepreisung werden als Lenkungsinstrumente genannt
  - Anpassungsbedarf im Gemeinnützigkeitsrecht (derzeit Fokus auf Sparsamkeit/Wirtschaftlichkeit, Ökologie unzureichend abgebildet).
  - EU-Harmonisierung erforderlich, um Standortnachteile und Konzerninterne Arbitrage zu vermeiden
- Rolle von Unternehmen & Eigentümer\*innen:
  - Großunternehmen sind Schlüsselakteure; ohne deren Transformation bleiben Skaleneffekte und Lieferketten inert
  - Eigentümer\*innen tragen Mitverantwortung, doch Informationsasymmetrien verhindern informierte Entscheidungen
- Rolle der Nachfrageseite (Kund\*innen, öffentliche Hand):
  - Öffentliche Bauherren (z. B. BIG, Stadt Wien, Wiener Wohnen) können als Leitmärkte wirken. Erst wenn Ausschreibungen klare ökologische Spezifikationen enthalten, skaliert der Einsatz biogener Baustoffe
  - Qualität der Ausschreibungen ist kritisch (z. B. Kältemittel bei Wärmepumpen; hoher interner Aufwand für Klarstellungen)
- Verantwortungsteilung:
  - „Alle sind verantwortlich“, jedoch ist verbindliche Regulatorik der Katalysator, der Investitionen und Lernkurven auslöst.
  - Kundendruck kann Hersteller bewegen, reicht aber allein nicht aus.

Implikation: Ein regulatorisch gestütztes, mehrstufiges Modell (Pflichten, Nachweise, Kontrollen, Sanktionen) mit öffentlicher Beschaffung als Taktgeber ist erfolgskritisch.

### Ökonomie, Industriepolitik und Standort

- Wettbewerbsfähigkeit & Standortrisiken:
  - Differente EU-Regelwerke/Standards und Energiekosten begünstigen Standortverlagerungen

- Konzernstrukturen nutzen intern günstigere Standorte; fairer Wettbewerb erfordert Regelharmonisierung.
- Industriefadabhängigkeit & Lobbydruck:
  - Dominanz mineralischer Systeme (z. B. Beton, Mineralwolle) erzeugt Transformationswiderstände; dennoch ist Konzerntransformation unvermeidbar.

Implikation: Koordinierte Industriepolitik (Harmonisierung, CO<sub>2</sub>/Tox-Preise, Förderkulissen für KMU, Transformationsoffensiven für Großunternehmen) ist essenziell.

### **Kommunikation, Bewusstsein & Akzeptanz**

- Bewusstseinslücken:
  - Endkund\*innen kennen Problemstellungen oft nicht; nicht von Problembewusstsein ausgehen.
  - Erfolg von Holz als Kommunikationsvorbild („gute Propaganda“) – Best-Practice-Narrative wirken.
- Meinungsmacher & Evidenz:
  - Zielgerichtete Kommunikationskanäle und Rückblick-Studien (Performance über 30 Jahre) stärken Akzeptanz.

### **Pickerlunde 1: Erfahrungsaustausch mit biogenen Baustoffen**

Grundsätzlich gab es zu jedem Baustoff einen Erfahrungswert. Als besonders positiv haben sich Schafwolle, die Holz-Trockenbau-Unterkonstruktion, Holzfaser-Putzträger, Schaumglas, Linoleum und Strohdämmung herausgestellt. Gemischte Meinungen gab es zu Zellulose, Steinholz- und Magnesiaestrich, Lehmestrich und Korkböden. Kein Baustoff wurde negativ eingestuft.

Im Folgenden die Diskussionspunkte zu den einzelnen Baustoffen.

Schafwolle:

- Gute Dämmleistung, wasserresilient (behält Eigenschaften nach Feuchtigkeit im Gegensatz zu Mineralwolle), moderate Mehrkosten.
- Liefer- und Prozessketten herausfordernd (Reinigung, Feuchteanforderungen, Fremdstoffe), Nebenprodukte nutzbar (Fett für Seife; Reststoffe als Dünger).
- Starke Kreislaufeignung und gesundheitsfreundliches Profil

Hanffaser-Dämmplatten

- Hanf mit Faktorkosten bis ~3×; ökonomische Hürde im Massenmarkt

Zellulose (Außendämmung):

- Einsatzgrenzen in Außenanwendungen – Anwendbarkeit eingeschränkt

#### Holzfasersysteme:

- Putzträgerplatten sind etabliert, enthalten Stützfasern (Zirkularität erschwert), kostenseitig kaum relevant wegen langjähriger Praxis
- Innenwand-Holzfaserplatten: noch Erfahrungsdefizite.

#### Lehmprodukte:

- Lehmestrich: Trittschall abhängig von Flächengewicht; nicht für Nassräume geeignet.
- Lehmbauplatten (z.B. Claytec): selektiver Einsatz dort, wo ökologisch/nutzerfreundlich sinnvoll – materialgerecht bauen

#### Linoleum:

- Ökologisch vorteilhaft, preislich konkurrenzfähig.

#### Heraklith/Tektalan (Holzwolle, zement-/magnesitgebunden):

- Robust, jedoch Bindemittelwahl beeinflusst Ökobilanz

#### Magnesit-Terrazzo/Steinholzestrich:

- hochwertig, zeitintensiv, 4–5× teurer
- tendenziell Nische/Privatbereich

#### Strohbauplatten (+ Lehmputz):

- Funktional überzeugend, aber Kosten-/Zeitfaktor hoch (~5×)
- Wird derzeit eher Nischenthema eingestuft, jedoch mit hohem Potenzial

#### Beton

- Größter Hebel zur CO<sub>2</sub>-Reduktion in der Konstruktion; Substitution/Hybridisierung nötig (Systemdenken)
- Ökobeton wird von Endkund\*innen „nicht bemerkt“ – Bedarf an systemischer Vorgabe

#### Holzbau & Vorfertigung:

- Projektzeit gesamt ähnlich, aber Vorlauf höher, Sonderwünsche begrenzt, Logistik beherrschbar.
- Soziale Effekte (Inklusion, neue Berufsprofile, Winterarbeit) positiv

Implikation: Der Einbaukontext bestimmt die Materialwahl. „One size fits all“ gibt es nicht; materialgerechter Einsatz, prüfbare Nachweise und Planungs- sowie Ausführungskompetenz sind entscheidend.

#### **Markt- und Wissensbarrieren**

- Wissensdefizite & Kompetenzlücken:
  - Auftraggeber, GU und Handwerksbetriebe sind teils unzureichend informiert (z. B. Wärmepumpen-Kältemittel; Einbauanforderungen biogener Stoffe).

- Bauphysik ist ein „großer Hebel“, motiviert Planer\*innen und schafft Vertrauen.
- Ausführungskompetenz fehlt häufig; dadurch Preisaufschläge trotz eigentlich kostengünstigerer Naturmaterialien.
- Zertifikate und Marktzugang:
  - Kleine Anbieter kämpfen mit Nachweispflichten/Zertifikaten; Eintrittsbarrieren sind hoch
  - Förderungen bzw. Forderungen in Ausschreibungen könnten die Markteinführung erleichtern
- Kosten- und Prozessrigiditäten:
  - Wirtschaftlicher Druck priorisiert Minimalkosten; Qualität wird zur Nische.
  - Vorfertigung im Holzbau verändert Logistik und Arbeitsmarkt positiv (höhere Inklusion, Winterbeschäftigung), verlangt aber frühere Planungssicherheit (*Diskussion Holzbau, Vorfertigung*).

Implikation: Systematische Weiterbildung, standardisierte Nachweise, skalierbare QS-Prozesse, förderbasierte Absenkung der Einstiegskosten für KMU sind nötig.

### **Bewertungsmaßstäbe – über GWP hinaus**

- Limitierung von GWP:
  - Recyclingfähigkeit, Toxizität, Versauerung, Haltbarkeit werden im GWP nicht adäquat abgebildet.
  - Strom-CO<sub>2</sub>-Faktoren sinken (OIB 6), wodurch die reine GWP-Optimierung weniger aussagekräftig wird.
- Mehrdimensionale Bewertung:
  - Vorschlag eines mehrdimensionalen Einstufungswert für Baustoffe, der Ökotoxikologie, Zirkularität, Ressourcenursprung, Emissionen, Indoor-Air-Quality etc. integriert.
  - Giftigkeitsreduktion teils vorrangig gegenüber marginalen GWP-Unterschieden.

Implikation: Entwicklung eines standardisierten, mehrkriteriellen Bewertungsrahmens inkl. Grenzwerten und Kennzeichnungssystem zur Orientierung für Planung, Vergabe und Ausführung.

### **Pickerlrunde 2: Mit welcher Regulatorik hatten/haben Sie bereits Kontakt und wie relevant ist diese im alltäglichen Arbeitsumfeld?**

Die EU-Taxonomie war mitunter eine der Regulatorik mit den größten Kontaktpunkten im Feld, wurde jedoch als eher weniger relevant eingestuft. Dies hat einerseits damit zu tun, dass gemeinnützige Bauträger\*innen davon ausgenommen sind und andererseits, dass durch eine

positive EU-Taxonomiekonformität in der Praxis nahezu keine finanzierungstechnischen Anreize geschaffen werden.

Zertifizierungssysteme wurden ebenfalls von allen Teilnehmer\*innen als bekannt und auch als relevant eingestuft. Das spiegelt sich auch in der Praxis wider, dass Gebäudezertifizierungen vermehrt nachgefragt werden.

Die ÖkoBauKriterien sowie der naBe waren nicht im Handlungsfeld von allen Teilnehmer\*innen, wurde von den Betroffenen jedoch als eher relevant eingestuft.

## Diskussion Regulatorik

- Lenkung durch Regeln:
  - Bedarf an klare(n), einheitliche(n) Standards und Grenzwerten (EU-Taxonomie: Messpflichten sind vorhanden, Grenzwerte teils ausständig).
  - Sanktionslogik: Falschangaben, Nicht-Konformität und Zertifikatsverfehlungen sollten finanziell geahndet werden (Schadensersatz, Vertragsstrafen).
  - Produkt-Compliance & Lieferkettentreue: Prüfungen decken Abweichungen auf (z. B. FSC-Fehllieferungen).
- Qualitätssicherung als Transformationshebel:
  - Raumluftprüfungen und zertifikatsbasierte Abnahmen fördern Materialtreue und wirken als Korrektiv in der Bauausführung
  - BNB-Pflichten in Deutschland als Vorbild – in Österreich so noch nicht etabliert
- Historische Lernkurve der Regulatorik:
  - HBCD-Verbot, Asbest-Sanierung und Bitumen/Phthalate-Probleme zeigen, dass Regeln mit Durchsetzungskraft Verhalten substanziell verändern können

Implikation: Von „Messen ohne Limits“ zu bindenden Grenzwerten und wirksamer Kontrolle übergehen; Ausschreibungen standardisiert ökologisieren; Sanktionen normieren.

## Schlussfolgerungen & Empfehlungen

### 1. Regulatorischer Rahmen

- Einführung verbindlicher Grenzwerte für zentrale Umwelt- und Gesundheitsindikatoren (nicht nur Messpflichten).
- Sanktionsregime bei Falschliefungen, Zertifikatsverstößen und Nicht-Konformität.
- Anpassung Gemeinnützigkeitsrecht: Ökologie als gleichrangiges Ziel neben Wirtschaftlichkeit/Sparsamkeit.

### 2. Beschaffung & Vergabe

- Standardisierte „Öko-Leistungsbeschreibungen“ (inkl. Kältemittel, VOC/IAQ, Recyclinganteile, Rückbaupflichten).
  - Pflicht zur Raumlufprüfung und Produktidentitätsprüfung vor Abnahme.
  - Losbildung und Innovationskorridore, die KMU mit biogenen Systemen Zugang verschaffen.
3. Kompetenz & Kapazität
- Qualifizierungsoffensive für Ausführende (Handwerk), Planer\*innen (Bauphysik) und Einkauf/AG.
  - Zertifikatspfade für KMU (Förderungen, Shared-Services für Nachweise/Prüfungen).
  - Wissensplattform mit Details zu Einbau, Grenzbedingungen, Standarddetails (z. B. Lehm in Nicht-Nassräumen, Schafwolle-Feuchtemanagement).
4. Industrie & Markttransformation
- Transformationsverträge mit Großunternehmen (CO<sub>2</sub>/Toxikologie-Ziele, F&E-Förderungen, Markteinführungsquoten).
  - Skalierung bewährter Systeme (Holzfassade-Putzträger, Linoleum) in öffentlichen Programmen.
  - Hybride Übergangssysteme mit Roadmap zur stetigen Substitution toxischer/linearer Materialien.
5. Evidenz & Kommunikation
- Langfrist-Rückblickstudien (30-Jahre-Performance) für Materialsysteme; Veröffentlichung als Best-Practice-Guides.
  - Leitprojekt-Portfolio (Stadt, BIG) mit offenen Spezifikationen, Kosten-/Nutzen- und IAQ-Daten.
  - Stakeholder-Dialoge (Hersteller – Planer – Ausführung – Prüfer – öffentliche Hand) zur Normangleichung.



# Disclaimer

## Rechtlicher Hinweis betreffend die Nutzung von Informationen und Ausarbeitungen

Für die Nutzung von Informationen und schriftlicher bzw. digitaler Ausarbeitungen ("Unterlagen"), die durch Projektpartner bzw. durch die Wohnbauforschung Niederösterreich weitergegeben bzw. bereitgestellt wurden, gilt Folgendes:

Die Unterlagen dienen ausschließlich zu Informationszwecken. Sie stellen weder eine rechtsverbindliche Beratung noch eine verbindliche technische Empfehlung dar und begründen keine Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder Ergebnisse.

Nutzer sind verpflichtet, die Unterlagen eigenständig zu prüfen und zusätzliche fachliche oder rechtliche Beratung einzuholen, bevor Entscheidungen getroffen oder Maßnahmen gesetzt werden.

Die Wohnbauforschung Niederösterreich und die Projektpartner übernehmen keinerlei Gewährleistung und keine Haftung für die Vollständigkeit, Richtigkeit oder Aktualität der Inhalte der Unterlagen. Ausgenommen sind Fälle des Vorsatzes oder grober Fahrlässigkeit. Die Nutzung der Unterlagen erfolgt auf eigene Verantwortung. Die Wohnbauforschung Niederösterreich und die Projektpartner behalten sich Änderungen oder Ergänzungen der Unterlagen jederzeit vor.

Die Wohnbauforschung Niederösterreich und die Projektpartner haften nicht für unmittelbare oder mittelbare Schäden, Folgeschäden, entgangenen Gewinn, Datenverlust oder sonstige Nachteile, die sich aus der Nutzung oder Interpretation der Unterlagen ergeben könnten, sofern kein vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verhalten der Wohnbauforschung Niederösterreich den Projektpartnern vorliegt.

Alle Inhalte der Unterlagen unterliegen dem Urheberrecht oder allfälligen weiteren Schutzrechten. Durch die Bereitstellung von Ausarbeitungen werden keine Rechte zur wirtschaftlichen oder kommerziellen Nutzung übertragen. Änderungen dürfen nicht vorgenommen werden. Jede Art der Nutzung außerhalb der gesetzlich zulässigen Grenzen (insbesondere Vervielfältigung, Verbreitung oder Bearbeitung) bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des jeweiligen Rechteinhabers.

## Erklärung zum Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI)

Im Rahmen der Erstellung dieser Arbeit wurden Werkzeuge der Künstlichen Intelligenz (KI) -namentlich ChatGPT, Claude und Gemini - unterstützend eingesetzt. Diese fanden Anwendung bei der thematischen Recherche, der Strukturierung von Inhalten sowie bei der sprachlichen Überarbeitung und Straffung von Textpassagen.

Die folgende Übersicht spezifiziert die Art der Unterstützung durch die genannten Modelle im Verhältnis zur erbrachten Eigenleistung:

Phase der Arbeit	Unterstützung durch KI-Werkzeuge	AutorInnen
<b>Recherche &amp; Struktur</b>	Unterstützung bei der Identifikation von Kernthemen, Literaturrecherche und Grobgliederung.	Kritische Auswahl der Schwerpunkte, Validierung und Ergänzung der Quellen, finale Erstellung der Gliederung.
<b>Textliche Bearbeitung</b>	Vorschläge zur stilistischen Glättung, sprachlichen Straffung und Optimierung der Ausdrucksweise.	Manuelle Formulierung, Sicherstellung der logischen Argumentationskette und des roten Fadens.
<b>Inhaltliche Validierung</b>	—	Vollständige Prüfung aller Fakten, Daten, Zitate und Quellenbelege auf Richtigkeit und Relevanz.