



Kohlenstoff binden im urbanen Raum

-

Bauen mit Holz

Anlage 9 zum Projektbericht „Urbaner Holzbau im Quartiersmaßstab“

Fördermittelgeber

Das Projekt wird mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg, Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) gefördert.

Projektpartner

Baurechtsamt Stadt Freiburg, Projektgruppe Dietenbach,
Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg,
unique land use GmbH, sutter³ GmbH & Co. KG

Autoren

Moritz Peitgen, Dr. Bernd Wippel, Lena von Saldern (unique land use GmbH)

Inhaltsverzeichnis

	Abbildungsverzeichnis	II
	Abkürzungsverzeichnis	III
1.	Die Bauindustrie als Schlüsselsektor	1
2.	Kohlenstoff binden im urbanen Raum	2
3.	Potenzielle Wirkung des urbanen Holzbaus auf Kohlenstoffbilanzierungen	8
3.1.	Herleitung	8
3.2.	Interpretation	11
4.	Rolle nachhaltiger, regionaler Forst- und Holzwirtschaft	12
5.	Ausblick	15
6.	Literaturverzeichnis	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltweiter Anteil der CO ₂ -Emissionen aus dem Gebäude- und Bausektor 2021 (UNEP 2022)	1
Abbildung 2: Bildung, Erschöpfung und potenzielle Wiederauffüllung des terrestrischen Kohlenstoffspeichers (Churkina et al. 2020 mit Hervorhebungen durch den Verfasser)	2
Abbildung 3: Kohlenstoffbilanz von einer Tonne Zement, Stahl oder Holz (Churkina et al. 2020 mit Hervorhebungen durch den Verfasser)	3
Abbildung 4: Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits (Pomponi et al. 2020)	4
Abbildung 5: DIN EN 15978 - Anzeige modularer Informationen für die verschiedenen Lebenszyklusphasen des Gebäudes (EGS Plan 2022)	5
Abbildung 6: LCA-Ergebnisse (Indikator THG) für Gebäude 1.2 (EFH): Konstruktion, unterteilt in fossile und biogene THG-Emissionen (Hafner et al. 2017 mit Hervorhebungen durch den Verfasser)	6
Abbildung 7: Bedeutung urbaner Holzbau als globale Kohlenstoffsенke bei 10 % Holzbauquote (Schellnhuber 2020b)	8
Abbildung 8: Bedeutung urbaner Holzbau als globale Kohlenstoffsенke bei 90 % Holzbauquote (Schellnhuber 2020b mit Hervorhebungen durch den Verfasser)	8
Abbildung 9: Wandaufbau Holzrahmenbau (Ubakus 2023)	9
Abbildung 10: Mineralischer Wandaufbau (Ubakus 2023)	10
Abbildung 11: Kohlenstoffbudgetierung Wirtschafts- und Urwald (proHolz Austria 2017) ..	12
Abbildung 12: Kohlenstoffbudgetierung Wald und verbautes Holzprodukt (proHolz Austria 2017)	13

Abkürzungsverzeichnis

Äqv.	Äquivalent
BGF	Bruttogrundfläche
BIM	Building Information Modelling
BSP	Brettsperrholz (CLT Cross Laminated Timber)
BSH	Brettschichtholz
C	Kohlenstoff
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DIN EN	Deutsche Industrie-Norm und Europäische Norm
EFH	Einfamilienhaus
FSC	Forest Stewardship Council
g	Gramm
GSR	Global Status Report (for buildings and construction)
GT	Gigatonne
GWP	Global Warming Potential (Treibhausgaspotenzial)
H1, H2	Holzkonstruktion 1 & 2
HLz	Hochlochziegel
HTB	Holztafelbau
kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
LCA	Life Cycle Assessment
LSL	Laminated Strand Lumber (Spanstreifenholz)
LVL	Laminated Veneer Lumber (Furnierschichtholz)
M1, M2	Mineralische Konstruktion 1 & 2
m²	Quadratmeter
MDF	Medium Density Fiberboard
mm	Millimeter
OPC	Ordinary Portland Cement
OSB	Oriented Strand Board
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
PENRT	Primärenergie (nicht erneuerbar)
SEM	Städtebauliche Entwicklungsmaßnahmen
t	Tons (Tonnen)
THG	Treibhausgas
UNEP	United Nations Environmental Programme
WDVS	Wärmedämmverbundsystem

1. Die Bauindustrie als Schlüsselsektor

Mit einem Anteil von 37 % an den totalen direkten und indirekten CO₂-Emissionen agieren nach dem Klimaforscher Professor Hans Joachim Schellnhuber (2020a) vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Gebäude und der Bausektor als Dreh- und Angelpunkt für die Transformation zu einer nachhaltigen Entwicklung und sind entscheidend für die Erreichung der Klimaziele. So verdeutlicht die nachstehende Abbildung 1 aus dem Status Report for Buildings and Construction (GSR) des United Nations Environmental Programme (UNEP 2022) die Dringlichkeit kohlenstoffneutraler Lösungen für das Betreiben, sowie Errichten von Gebäuden und Infrastrukturen.

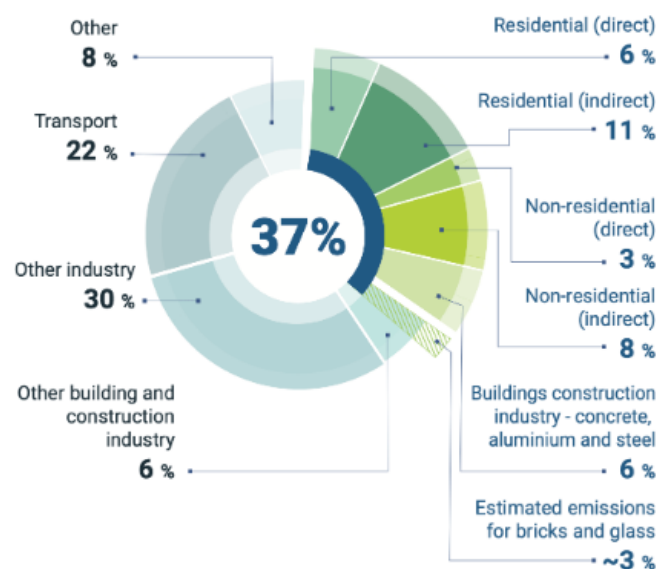


Abbildung 1: Weltweiter Anteil der CO₂-Emissionen aus dem Gebäude- und Bausektor 2021 (UNEP 2022)

Katalysiert von einer zunehmenden Urbanisierung und steigenden Bevölkerungszahlen musste sich somit die gebaute Umwelt über den Abbau terrestrischer (fossiler) Kohlenstoffvorräte als eine der bedeutendsten CO₂-Quellen positionieren. Dabei stellt die Bauindustrie insbesondere in Ballungsräumen zentrale Herausforderungen an die Transformationsprozesse dar. Allerdings kann die Dringlichkeit und Sehnsucht des klimaneutralen Bauens auch Inspirationsquelle für innovative Ideen schaffen und als Impulsgeber für ressourceneffiziente Lösungen dienen.

Auf diesem Weg rückt das Verwenden lokal vorhandener Ressourcen und die intelligente Nutzung nachwachsender Rohstoffe verstärkt in den Fokus moderner Bauaufgaben. Es bieten sich bedeutende Chancen den Schlüsselsektor zu defossilisieren, proaktiv Kohlenstoff im urbanen Raum zu binden und entsprechende Potenziale über Life Cycle Assessments (LCA) transparent werden zu lassen.

2. Kohlenstoff binden im urbanen Raum

Unter der Betrachtung der terrestrischen Kohlenstoffanreicherung („Carbon pool formation“), der Nutzung fossiler Ressourcen („carbon pool depletion“) und dem Einlagern des atmosphärischen Kohlenstoffes („Carbon pool replenishment“) visualisiert Abbildung 2 (Churkina et al. 2020) die Bedeutung bio-basierter Konstruktionsmaterialien für die Gesamtbilanzierung.

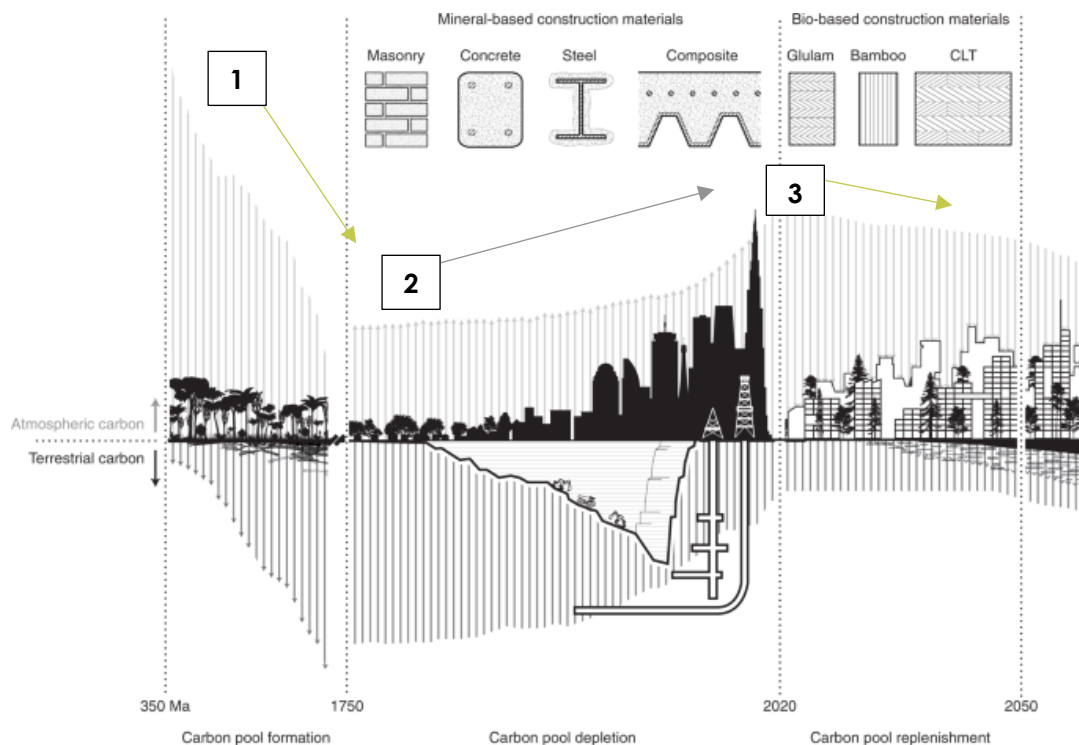


Abbildung 2: Bildung, Erschöpfung und potenzielle Wiederauffüllung des terrestrischen Kohlenstoffspeichers (Churkina et al. 2020 mit Hervorhebungen durch den Verfasser)

Folglich geht aus dem Verlaufsdiagramm hervor, dass das Bauen auf Basis fossiler Ressourcen und einer intensiven Verwendung mineralischer Bauweisen den langfristig gespeicherten terrestrischen Kohlenstoff (1) in einem vergleichsweise kurzen Betrachtungszeitraum wieder freisetzt und den Anteil atmosphärischen Kohlenstoffes deutlich anhebt (2). Gelingt es, die Verwendung organischer Materialien zu fördern (CLT – Brettsperrholz, Glulam – Brett-schichtholz), kann insbesondere in den städtischen Ballungsräumen ein gegenteiliger Prozess eingeleitet werden und atmosphärischer Kohlenstoff wieder gebunden werden (3). Dies leitet sich aus der negativen Bilanzierung biogener Materialien ab, welche aufgrund des organischen Ursprunges während des Pflanzenwachstums Kohlenstoff binden und somit im Gegensatz zu mineralischen Baukomponenten nicht nur emissionsärmer in der Bereitstellung sind, sondern auch über eine negative Bilanzierungskomponente verfügen (Kohlenstoffsequestrierung). Somit bieten entsprechende Konstruktionsmaterialien im Laufe ihrer Lebensdauer Möglichkeiten (atmosphärischen) Kohlenstoff zu binden.

Dieser Zusammenhang geht verstärkt aus der nachstehenden Abbildung 3 (Churkina et al. 2020) hervor und deutet die Bedeutung für das Bauen im Quartiersmaßstab quantitativ an:

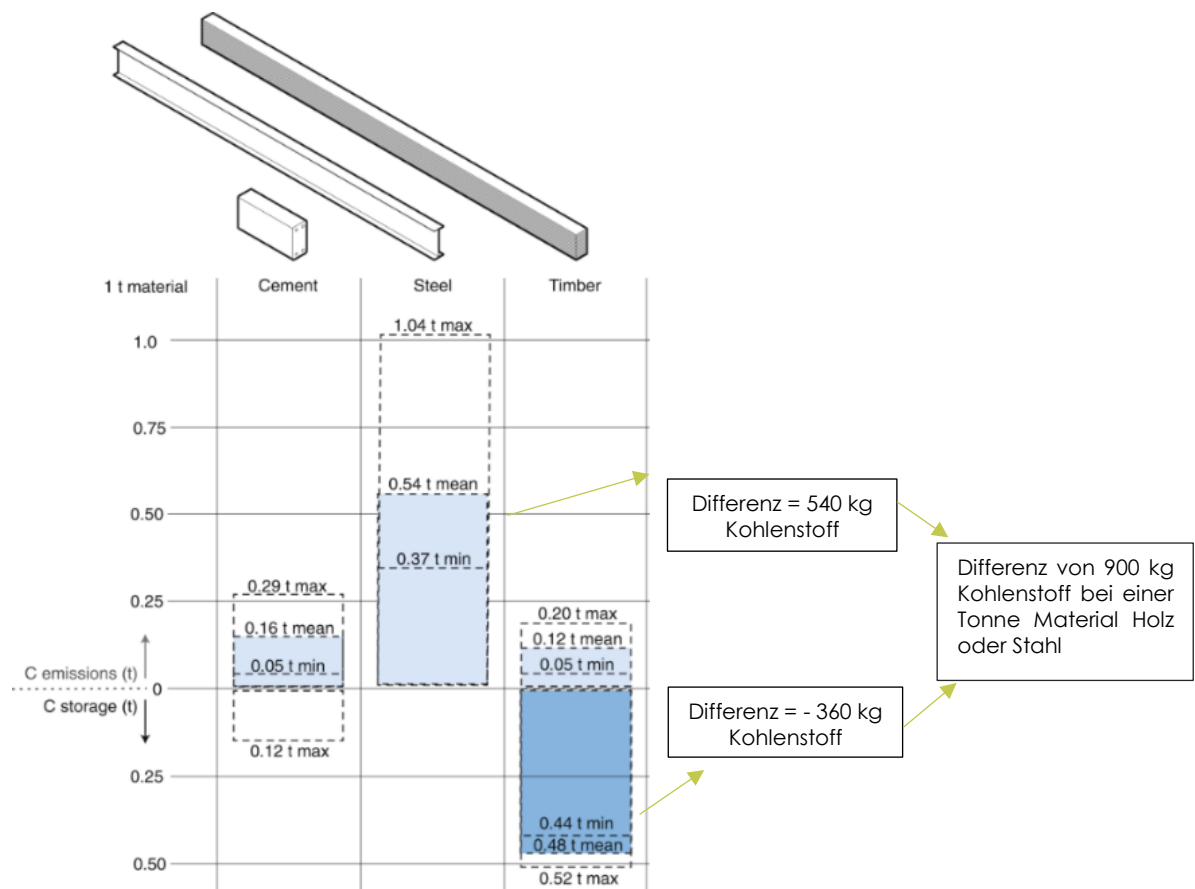


Abbildung 3: Kohlenstoffbilanz von einer Tonne Zement, Stahl oder Holz (Churkina et al. 2020 mit Hervorhebungen durch den Verfasser)

In der Abbildung werden die Emissionen und Speicherwirkungen für Zement, Stahl und Holz gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass eine Tonne Holz durchschnittlich 480 kg Kohlenstoff bindet und aufgrund der Herstellung und Bearbeitung einen Primärenergieaufwand von ca. 120 kg Kohlenstoff verursacht (hellblau). Es stellt sich somit eine negative Gesamtdifferenz aus gespeichertem (atmosphärischem) und emittiertem (terrestrischem) Kohlenstoff ein. Dadurch lässt sich erklären warum gewisse Baukomponenten, Einheiten, bis hin zu Gesamtgebäudebilanzierungen als Kohlenstoff negativ bewertet werden können. Folglich besteht für Projekte – auch im Quartiersmaßstab – die übergeordnete Chance, einen proaktiven Beitrag zur Klimaneutralität zu leisten: „Buildings as a global carbon sink“. So werden bezugnehmend auf die gezeigte Abbildung 3 bei einer Tonne (Schnitt-) Holz durchschnittlich 360 kg (Netto-) Kohlenstoff gebunden. Aufgrund der fehlenden Speicherwirkung bei den anderen beiden Materialien repräsentieren die Emissionen die jeweiligen Gesamtbilanzen, sodass Stahl gemäß Churkina et al. 2020 eine Gesamtbilanz von 540 kg Kohlenstoff pro Tonne Material umfasst. Der Delta Betrag zwischen Stahl und Holz (-360 kg – 540 kg) läge demnach bei -900 kg

Kohlenstoff. Multipliziert mit 3,67, um das CO₂-Äquivalent zu erhalten¹, wäre das in diesem Fall eine Differenz von 3303 kg CO₂ / Tonne Material.

Dieser Zusammenhang stellt sich für weitere, verschiedene organische Baumaterialien ein, wobei Abbildung 4 die jeweiligen Emissionen den Speicherpotenzialen gegenüberstellt.

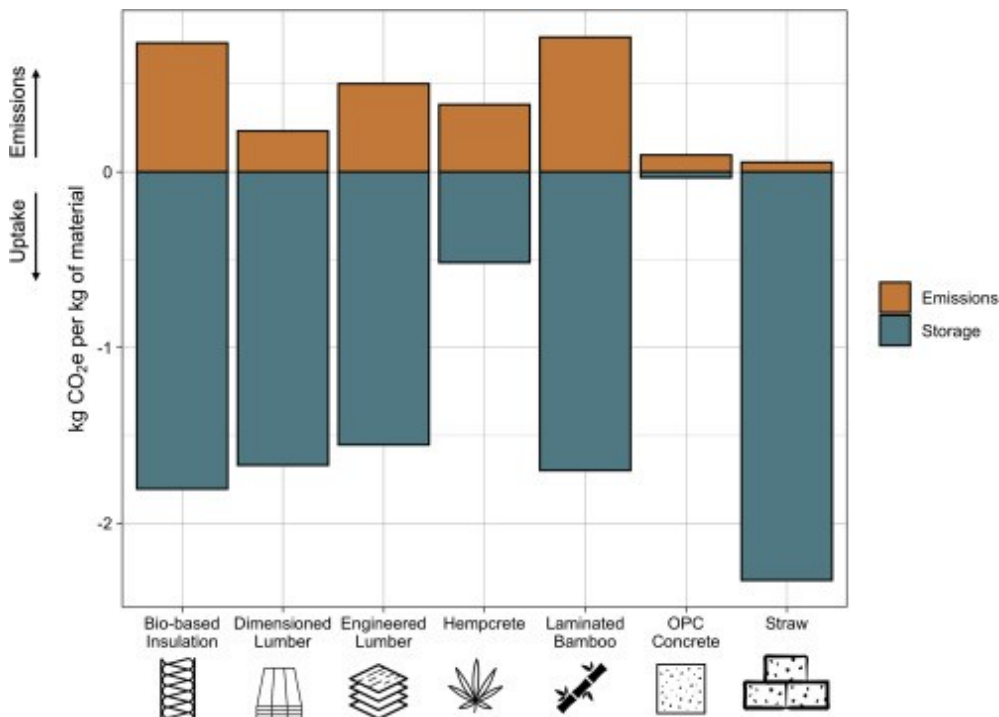


Abbildung 4: Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits (Pomponi et al. 2020)

Im Hinblick auf die Materialauswahl deuten sich somit für urbane Aufgaben zentrale Potenziale biogener Materialien an. Besonders vor dem Hintergrund des Skalierungsfaktors und der Multiplikatoren-Wirkung auf Quartiersmaßstabsebene.

Allerdings beziehen sich die Inhalte, Gegenüberstellungen und Bilanzierungen der Abbildungen 3 und 4 auf die Herstellungsphase und bedienen bei der Treibhausgasbeurteilung gemäß einer LCA (Life Cycle Assessment) lediglich das „Modul A“ und somit den Lebenszyklus cradle to gate – von der Wiege zum Werkstor (Abbildung 5). Für eine ganzheitliche Beurteilung des Lebenszyklus eines Gebäudes erfordert eine LCA, gleichermaßen die Nutzungs- (B) und Entsorgungsphase (C) zu berücksichtigen (cradle to grave). Dadurch werden die orange hervorgehobenen Module B4, C3 und C4 auch inbegriffen.

¹ 44 g/mol (Gesamtgewicht molare Masse CO₂) dividiert durch molare Masse C 12 g/mol = 3,67 als Verhältnis der molaren Masse C/CO₂

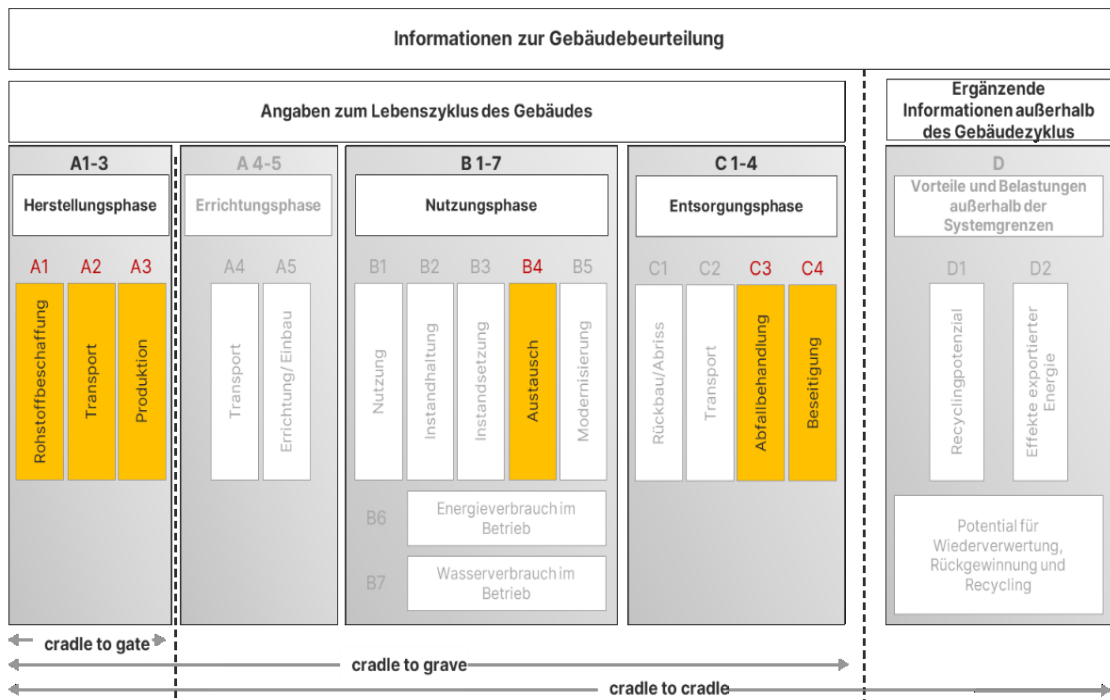
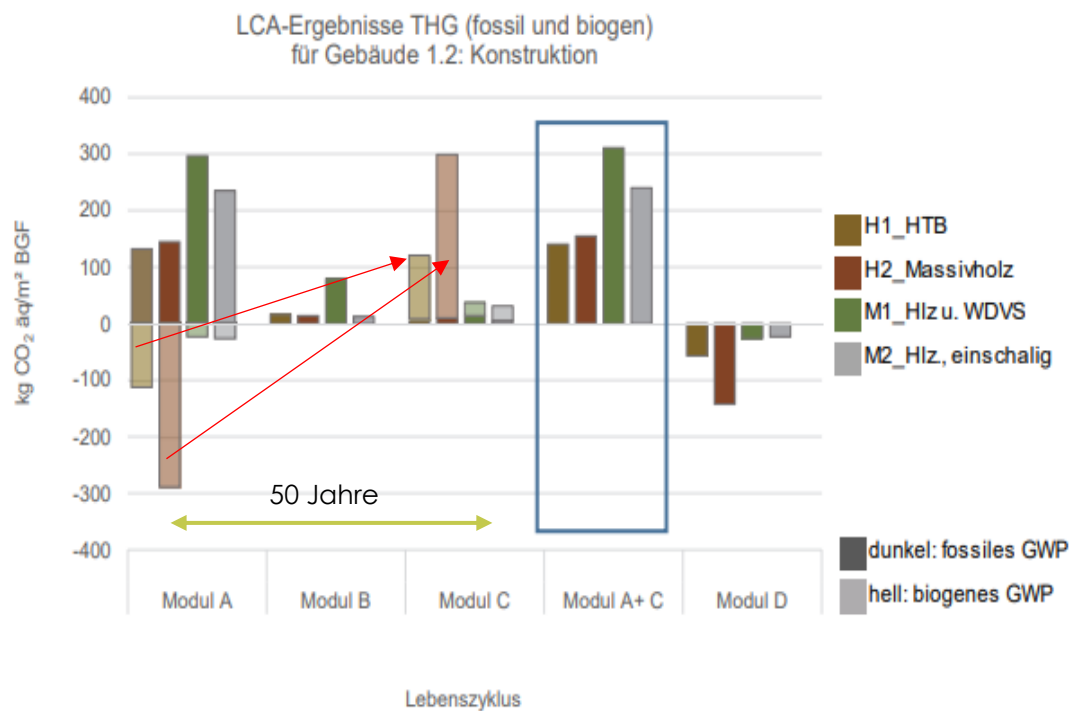


Abbildung 5: DIN EN 15978 - Anzeige modularer Informationen für die verschiedenen Lebenszyklusphasen des Gebäudes (EGS Plan 2022)

Da das Aufstellen einer LCA (gemäß DIN EN 15978:2 und DIN EN 15804:2014) eine umfangreiche Ökobilanzierung darstellt, ermöglicht es Tools zur Bilanzierung von Ökobilanzen (siehe den Graue-Energie-Rechner der Projektgruppe Dietenbach), dank einer intuitiven Eingabemaske, weniger Parametern und einer übersichtlicheren Ergebnisübersicht verschiedene Bauweisen hinsichtlich ihrer ökologischen Leistungsfähigkeit zu beurteilen.

Dabei schafft der Graue Energie Rechner unter anderem mit der Ausgabe von GWP (Global Warming Potential - Treibhausgaspotenzial) und PENRT (Primärenergie nicht erneuerbar) erste wichtige Kenngrößen für die weitere Planung. Vor diesem Hintergrund und einer sorgfältigen, transparenten Kommunikation hinsichtlich kohlenstoffbindender Architekturen, ist die Unterscheidung der verschiedenen Teilmodule A bis C essenziell.



H1	Holzkonstruktion 1	HTB	Holztafelbau
H2	Holzkonstruktion 2	Hlz	Hochlochziegel
M1	Mineralische Konstruktion 1	WDVS	Wärmedämmverbundsystem
M2	Mineralische Konstruktion 2	GWP	Global Warming Potential

Abbildung 6: LCA-Ergebnisse (Indikator THG) für Gebäude 1.2 (EFH): Konstruktion, unterteilt in fossile und biogene THG-Emissionen (Hafner et al. 2017 mit Hervorhebungen durch den Verfasser)

So geht aus den grundlegenden LCA-Ergebnissen für verschiedenen Bauweisen hervor, dass organische Bauweisen in der Herstellungsphase (A) mit einer negativen CO₂-Bilanzierung als Kohlenstoff bindend honoriert werden können (s. Abbildung 6; entsprechend den Abbildungen 3 und 4).

Dies ergibt sich aus der Differenz der verursachten Emissionen (fossiles GWP, hier dunkel, in Abbildung 3, hellblau) und dem gebundenen CO₂ (biogenes GWP, hier hell, in Abbildung 3 dunkelblau). Allerdings werden die Negativbeträge des biogenen GWP aus dem Modul A bei dem Modul C (Entsorgungsphase) als Positivbeträge wieder konsequent aufgerechnet. Folglich egalisiert sich in der Gesamtbetrachtung der Effekt der Kohlenstoffeinlagerung nach einer normierten Nutzungsdauer von 50 Jahren.

Aus diesen Zusammenhängen wird ersichtlich, dass für eine langfristige Kohlenstoffspeicherung im urbanen Raum nicht nur die Unterscheidung von fossilem (terrestrischen) und biogenen (atmosphärischen) GWP wichtig ist, sondern auch der Betrachtungs- bzw. Nutzungszeitraum (in diesem Fall 50 Jahre) eine übergeordnete Rolle einnimmt. Hinsichtlich der Konzeptionierung drängen sich infolgedessen unter anderem die nachfolgenden Anforderungen zur Kohlenstoffsequestrierung auf:

- Langfristige Nutzung organischer Bausubstanzen fördern und den Betrachtungszeitraum des Modul B (Nutzungsphase) durch technisch und sozial nachhaltige Bauweisen erweitern
- Kaskadennutzung und Kreislaufwirtschaft (Cradle to Cradle Design) zum Aufrechterhalten weiterer Nutzungsformen nach der Entsorgung (Modul C4) ermöglichen.

Inwiefern die genannten Anforderungen insbesondere durch den Werkstoff Holz getragen werden können und welche Potenziale eine erhöhte Holzbauquote auf das Teilmodul A der LCA bzw. auf urbane Kohlenstoffsenkleistungen ausübt, soll nachfolgend eingeordnet werden.

3. Potenzielle Wirkung des urbanen Holzbaus auf Kohlenstoffbilanzierungen

Als nachwachsender Rohstoff ermöglicht Holz aufgrund des Substitutionseffektes und den zuvor beschriebenen Sequestrierungen in der Kohlenstoffbilanzierung eine erhebliche Hebelwirkung.

3.1. Herleitung

Gemäß Schellnhuber (2020b) zeigen Abbildung 7 und 8 eine Gegenüberstellung des Kohlenstoffbudgets bis 2050 unter der Annahme, dass prognostizierte städtische Bauprojekte entweder über Holz- oder Stahl-Betonkonstruktionen realisiert werden. Die beiden Szenarien unterscheiden sich in ihren prozentualen Verteilungen, um die Konsequenzen einer 10 % bzw. 90 % Holzbauquote.

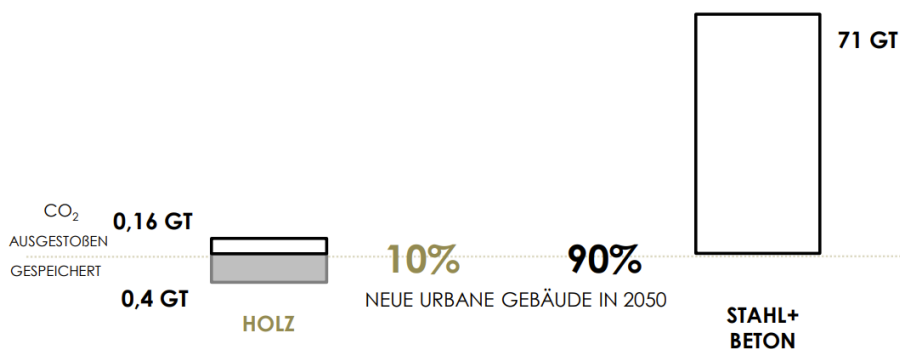


Abbildung 7: Bedeutung urbaner Holzbau als globale Kohlenstoffsенke bei 10 % Holzbauquote (Schellnhuber 2020b)

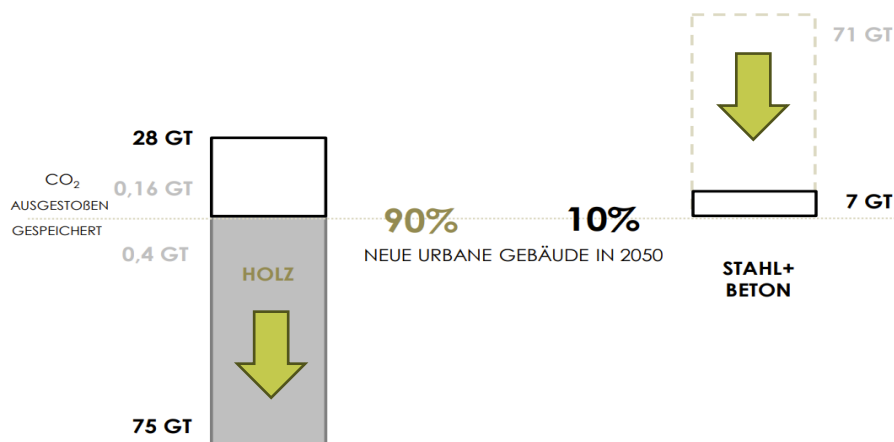


Abbildung 8: Bedeutung urbaner Holzbau als globale Kohlenstoffsенke bei 90 % Holzbauquote (Schellnhuber 2020b mit Hervorhebungen durch den Verfasser)

Die Resultate quantifizieren die ökologische Leistungsfähigkeit des Holzbaus. Da der Bemessungsrahmen mit Gigatonnen eine abstrakte Größe darstellt und wenig greifbar scheint, sollen die Zusammenhänge mittels Abbildung 9 und 10, sowie den beistehenden GWP-Berechnungen über Ubakus (2023) der beiden unterschiedlichen Wandaufbauten verdeutlicht werden:

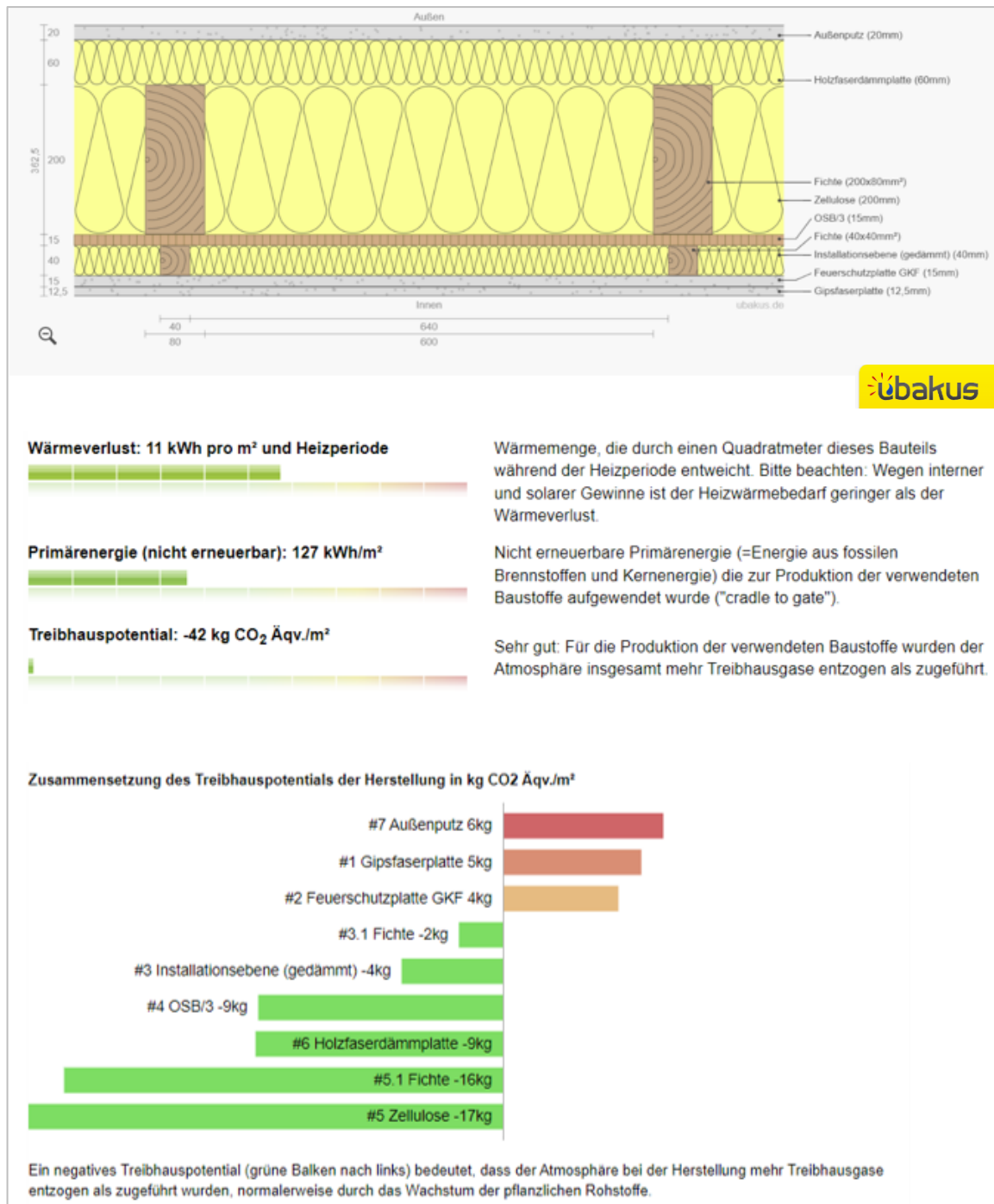


Abbildung 9: Wandaufbau Holzrahmenbau (Ubakus 2023)

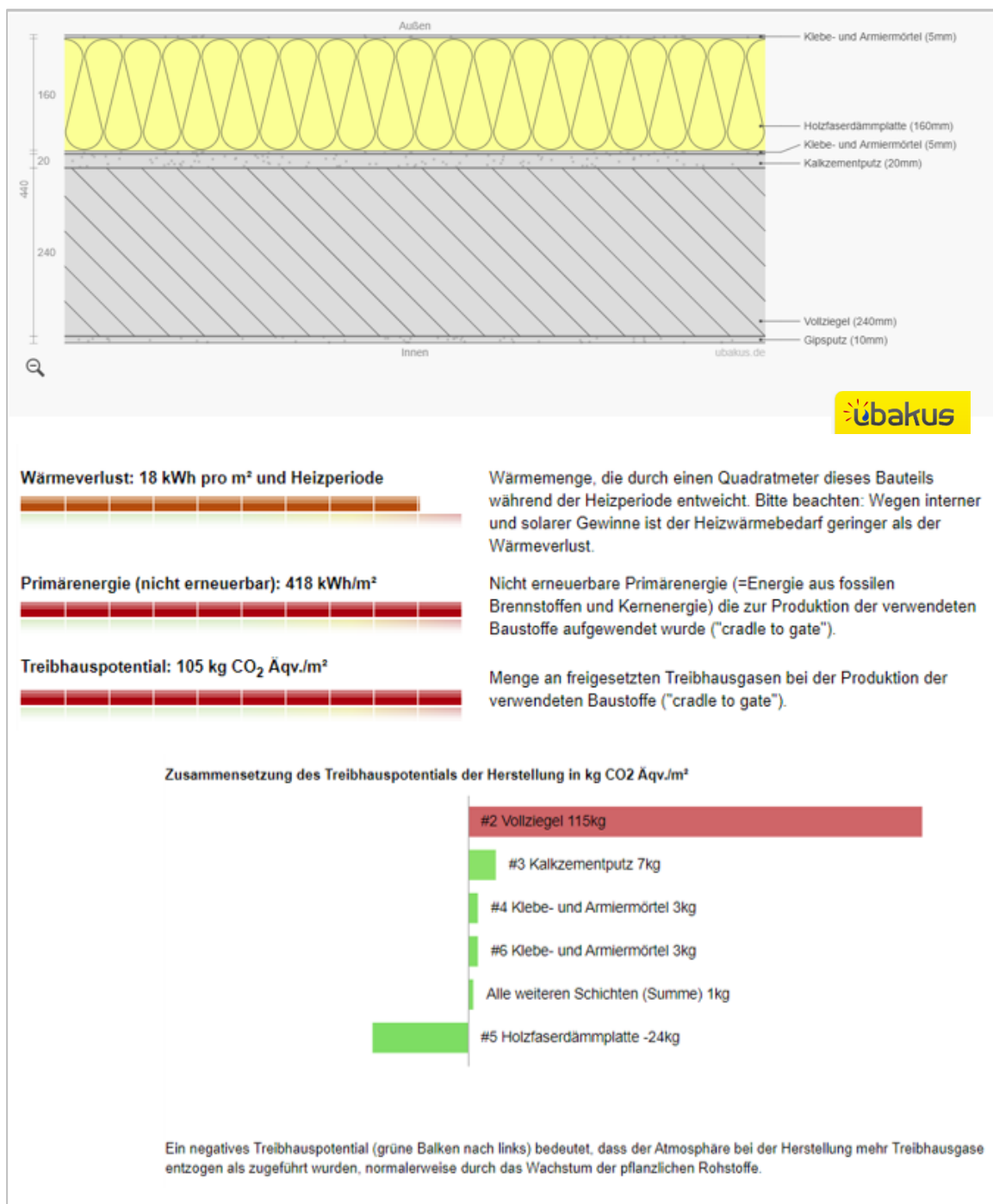


Abbildung 10: Mineralischer Wandaufbau (Ubakus 2023)

Während der Holzrahmenbau (Abbildung 9) unter einem hohen Anteil organischer Baustoffen über den Nutzungszeitraum insgesamt 42 kg CO₂/Äqv/m² speichert, setzt der mineralische Wandaufbau (Abbildung 10) 105 kg CO₂/Äqv/m² frei. Es stellt sich für die Herstellungs- und Nutzungsphase gemäß Ubakus (2023) ein Delta von 147 kg auf den Quadratmeter ein. Werden die Berechnungen auf die Größe des urbanen Projektes Dietenbach bezogen, dann ergibt sich ein wesentlicher Skalierungseffekt im Sinne der Kohlenstoffbindung bzw. einer verminderten -freisetzung.

3.2. Interpretation

Folglich nehmen Ökobilanzierungen und das Aufstellen von Referenzwerten (GWP und PENRT) über den Grauen Energie Rechner und der LCA eine hervorgehobene Bedeutung bei der Darstellung der Kohlenstoffwirkung verschiedener Bauweisen ein.

Damit die ökologischen Potenziale als Kohlenstoffsенke umfänglich ausgeschöpft werden können, ist es umso wichtiger technische Eigenschaften bei der Verwendung von Holz gewinnbringend einzusetzen. So können beispielsweise Nutzungsdauer und kreislauforientierte Designphilosophien der Gebäude durch variable Raum- und erleichterte Demontagekonzepte erheblich verlängert bzw. gefördert werden. So kann der Werkstoff durch eine leichte Bearbeitbarkeit, einem guten Masse-Festigkeits-Verhältnis und als Leichtbau verschiedene Nachhaltigkeitskriterien durch erhöhte Anpassungs- bzw. Gestaltungsflexibilität begünstigen. Die Nutzungsdauer (Modul B) wird verlängert und Kohlenstoff längerfristiger gebunden.

Dabei handelt es sich um Potenziale, die zunehmend in digital gesteuerte Produktionsabläufe eingebettet werden können (BIM – Building Information Modelling) und insbesondere über modulare-serielle Bauweisen an wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit gewinnen.

Zentrale Erfolgsfaktoren, die auch im Rahmen des Ergebnisdokuments der Holzbaudatenbank herausgearbeitet werden konnten und auf eine steigende Holzbauquote sowie zunehmende Senkenwirkungen gemäß Abbildung 7 und 8 hindeuten.

4. Rolle nachhaltiger, regionaler Forst- und Holzwirtschaft

Im Folgenden sollen in sehr knapper Form die Bedingungen auf der Rohstoffseite für eine Gewährleistung des Kohlenstoffspeichers skizziert werden. Für das stetige Aufbauen urbaner Kohlenstoffspeicher im Quartiersmaßstab durch die langfristige Nutzung (Modul B) verbauter Holzprodukte ist eine vollständige Betrachtung der Wertschöpfungskette Holz unerlässlich. Angesichts steigender Holznutzungen für kommende Bauaufgaben nehmen die etablierten Standards und Zertifizierungen einer nachhaltigen, multifunktionalen Forstwirtschaft eine bedeutende Rolle für die zuvor genannten Ziele einer vermehrten Nutzung des Baustoffes Holz im Bausektor ein. So geht aus der nachstehenden Abbildung hervor, dass Sequestrierungs- und Substitutionseffekte der Bauindustrie im direkten Verhältnis zu einer nachhaltigen Forstwirtschaft zu verstehen sind.

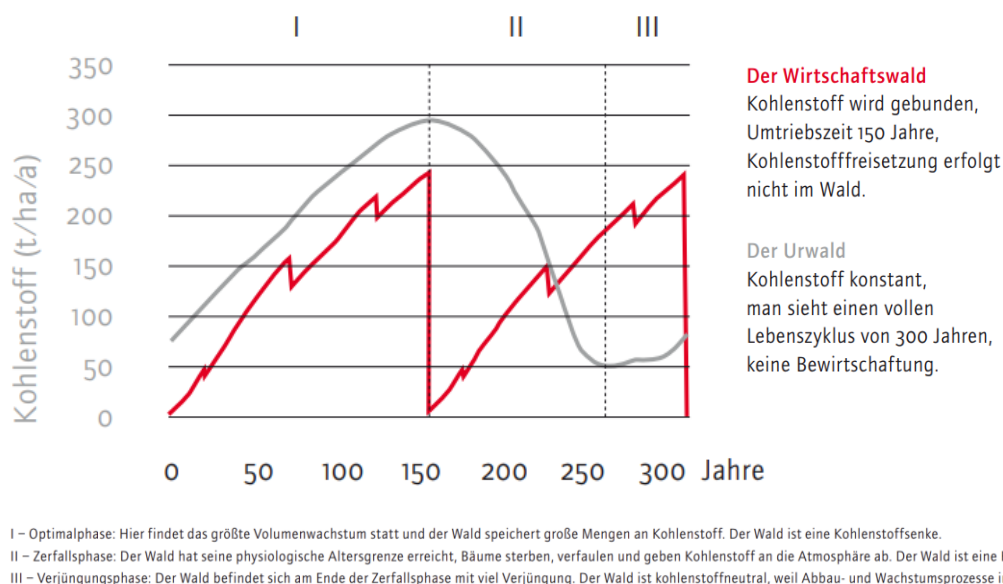


Abbildung 11: Kohlenstoffbudgetierung Wirtschafts- und Urwald (proHolz Austria 2017)

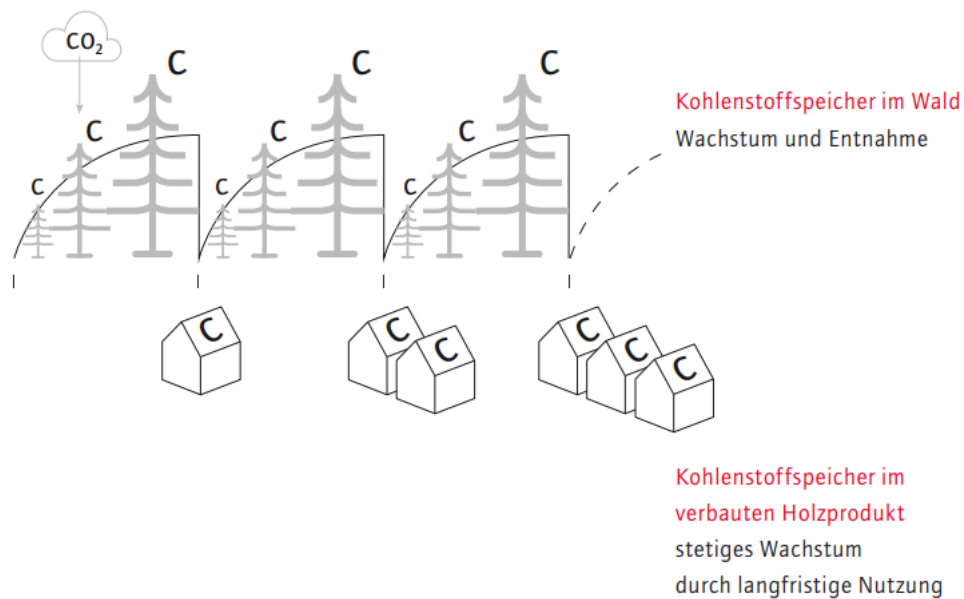


Abbildung 12: Kohlenstoffbudgetierung Wald und verbautes Holzprodukt (proHolz Austria 2017)

Hier zeigt Abbildung 11a schematisch, dass Urwälder bzw. nicht bewirtschaftete Wälder über die Sukzessionsphasen – Optimalphase, Zerfallphase, Verjüngungsphase – ein gesamtzyklisches Kohlenstoff-Gleichgewicht aufweisen. Diese Zusammenhänge stellen sich in Abhängigkeit des Betrachtungszeitraumes auch für den Wirtschaftswald ein. Allerdings wird hier der Kohlenstoff in der Zerfallsphase nicht wieder an die Atmosphäre freigegeben, sondern über die Bewirtschaftung und Holznutzung bzw. die resultierenden Produkte ausgelagert und gespeichert. Folglich stellt sich in beiden Wald-Szenarien ein konstantes Kohlenstoffbudget ein, wobei der Wirtschaftswald begleitend einen zweiten Kohlenstoffspeicher (Abbildung 12b) ermöglicht. Dieser profitiert idealerweise von langanhaltenden Nutzungsformen (Modul B der LCA), einem hohen prozentualen Anteil verbauter Biomasse unter konsequenter Berücksichtigung effizienter Materialverwendungen und der Vielschichtigkeit in Material und Komposition moderner Holzbaustrategien (BSH, BSP, LVL, LSL, OSB, Spanplatte, Holzfaserdämmstoff, Holzfaserplatte).

Somit stellt die nachhaltige Waldbewirtschaftung eine bedeutende Funktion für die Bereitstellung verschiedener Baustoffe und entsprechender Sortimente in Quantität und Qualität dar. Dabei werden waldbauliche Umbaumaßnahmen im Zuge des Klimawandels auch auf das Verwendungsspektrum biogener Baumaßnahmen einen Einfluss ausüben. So stellt die Klimaschutzwirkung von Nadelbaumarten, die schnell wachsen und hochwertiges Holz produzieren (Tanne, Lärche, Douglasie), mit einer 50- bis 60-jährigen Umtriebszeit eine bedeutende waldbauliche Maßnahme dar. Kombiniert mit der intensiven Mischung aus längerfristig resilienteren, die Trockenheit besser ertragenden Laubbaumarten wie Eiche, Ahorn, Linde und Buche kann dabei die Klimaschutzwirkung optimiert und Risiken gestreut werden. Der Waldaufbau wird risikoärmer, bindet aber dennoch durch Nadelbaum-Beimischungen Kohlenstoff in großen Mengen und dient (urbanen) Strategien (vgl. Abb. 11) mit hohen Anteilen hochwertiger Rohholzsortimente. Dabei kann die zunehmende Diversität im waldbaulichen Bild in das breite Anforderungsspektrum der Nutzungen durch

verschiedenste Fertig- und Halbfertigprodukte transferiert werden (e.g. Buche – Innovationen im Bereich LVL Tragelementen; Birke – aufkommende BSH-Lösungen; Vornutzungen – OSB, LSL, Dämmstoffe; Lärche – dauerhafte Fassadenelemente).

Neben Quantitäten und Qualitäten nimmt die regionale Verfügbarkeit eine besondere Stellung im Zuge der Wertschöpfungsanalyse ein. Hier liefert die Wertschöpfungskettenanalyse und das Ergebnisdokument der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg „HO-QUART“ wichtige Erkenntnisse und zeigt, dass der Großteil der Wertschöpfung aus der Region stammt:

- 90 % des im Umkreis von 100 km in Deutschland eingeschlagenen Fi-/Ta-Rundholzes für konstruktive Produkte werden im Umkreis von 100 km verkauft (ab Wald zum Sägewerk).
- > 90 % des Rundholzeinkaufes der Sägewerke und der Holzwerkstoffhersteller stammen aus einem Umkreis von 100 km.
- Ca. 80 % des Holzeinkaufes (Schnittholz- und Hobelware, Holzwerkstoffe) der Holzwerkstoffhersteller stammt aus einem Umkreis von 100 km.
- Ca. 90 % der Holzproduktion (Schnittholz, Hobelware und Holzwerkstoffe) aus Rundholz stammt aus der Region (100 km Radius).
- Die Zimmereien und Holzbauunternehmen beziehen die Holzprodukte (Schnittholz, Hobelware und Holzwerkstoffe) zu > 90 % aus einem Umkreis von 100 km.

Begleitet von hohen nationalen forstwirtschaftlichen Standards und glaubhaften Zertifizierungssystemen kann Dietenbach gemäß Abbildung 11 eine skalierbare Kohlenstoffsенke aufbauen. So beantwortet die heimische Forstwirtschaft mit 79,4 % der Waldfläche, die nach PEFC bzw. 13,2 % der Waldfläche, die nach FSC bewirtschaftet wird (vgl. Umweltbundesamt 2023 - Zahlen nach Stand 2022), flächendeckend die Frage nach der Herkunft mit Standards, die über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen.

5. Ausblick

Dem Stadtteil Dietenbach kommt mit seinen 6.900 Wohneinheiten für ca. 16.000 Menschen eine besondere Multiplikatoren-Wirkung zu. An Dietenbach kann, mit Blick auf Baden-Württemberg, gezeigt werden wie sich Wohnungsbau und CO₂-Einsparung im Quartiersmaßstab verbinden lassen.

Gelingt es, durch Ergebnisse des Projekts „Urbaner Holzbau im Quartiersmaßstab“ der Holzbau-Offensive des Landes Baden-Württemberg, die Ressource Holz in Dietenbach und in zukünftigen städtebaulichen Entwicklungsmaßnahmen deutlich stärker zu integrieren, so entsteht durch das Bauen mit Holz eine Antriebskraft für regionale Wertschöpfungsketten und gleichzeitig auch ein stetig wachsender Kohlenstoffspeicher. Daneben zeichnen sich Entwicklungen ab, die Bauen mit Holz aus der Kritik nimmt, teurer zu sein als Bauen mit herkömmlichen Baustoffen.

6. Literaturverzeichnis

- Bartlomé, Olin (2010). Chemischer Aufbau von Holz, Lignum (Hrsg.), online verfügbar: https://www.lignum.ch/files/_migrated/content_uploads/Chemischer_Aufbau_von_Holz.pdf (Stand 10.11.2023)
- Churkina, Galina; Organschi, Alan; Reyer, Christopher P.O.; et al. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature sustainability* (3), 269–276. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>
- DIN EN 15978 - Anzeige modularer Informationen für die verschiedenen Lebenszyklusphasen des Gebäudes
- Hafner A.; Rüter S.; Ebert S.; Schäfer S.; König, H.; Cristofaro L.; Diederichs; S.; Kleinhenz, M.; Krechel, M. (2017). Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau). 148 S. Forschungsprojekt: 28W-B-3-054-01 Waldklimafonds. BMEL/BMUB. ISBN: 978-3-00-055101-7
- Pomponi, F.; Hart, J.; Arehart, J. H.; D'Amico, B. (2020). Buildings as a global carbon sink? A reality check on feasibility limits. *One Earth*, 3(2), 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.018>
- proHolz Austria (2017): Zuschnitt 65.2017 Kreislauf Holz, Zuschnitt Zeitschrift über Holz als Werkstoff und Werke in Holz, März 2017 Nr. 65, 17. Jahrgang ISBN 978-3-902926-21-0
- Schellnhuber, Hans Joachim (2020a). Können wir uns aus der Klimakrise herausbauen? ProHolz Oberösterreich. Johannes-Kepler-Universität Linz, 16.04.2020. Online verfügbar: <https://www.youtube.com/watch?v=3ra5HD2NpbU&t=2799s>. (Stand 18.10.2023)
- Schellnhuber, Hans Joachim (2020b). Kann man sich mit Holz aus der Klimakrise bauen? ifbau Architektenkammer BW. Online verfügbar unter: https://www.akbw.de/fileadmin/download/Freie_Dokumente/Fortbildung_IFBau/Auf_Holz_bauen/Auf_Holz_bauen_Schellnhuber.pdf (Stand 18.10.2023)
- Ubakus (2023). Deckenaufbauten konfiguriert und berechnet über Ubakus.de U-Wert-Rechner, online verfügbar: <https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/> (Stand 17.10.2023)
- Umweltbundesamt (2023). Anteil nach PEFC bzw. FSC zertifizierter Waldfläche. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/anteil-nach-pefc-bzw-fsc-zertifizierter-waldflaeche> (Stand 14.12.2023)
- UNEP (2022). Tracking progress – 2022 Global Status Report for buildings and construction. globalabc. Online verfügbar unter: <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report> (Stand 18.10.2023)