

Global Energy Solutions
For Prosperity and Climate Neutrality



Studie:

Nachhaltiges Bauen und Holz -

Nachhaltige Baulösungen für eine

gesunde Erde

R. K. Stappen
F. J. Radermacher

September 2023

Global Energy Solutions e.V.
Lise-Meitner-Straße 9
89081 Ulm
Telefon: +49 731 / 85 07 12 82
www.global-energy-solutions.org
office@global-energy-solutions.org

Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n (FAW/n)
Lise-Meitner-Straße 9
89081 Ulm
Telefon: +49 731 / 85 07 12 80
www.fawn-ulm.de
info@fawn-ulm.de

Executive Summary

Wohnraum gehört zu den wichtigsten Elementen einer funktionierenden Zivilisation. Viele Menschen weltweit leben in problematischen, völlig ungenügenden, noch dazu ungesunden, Wohnverhältnissen. Die Belastungen der Umwelt durch Ressourcenverbrauch und CO₂-Emissionen sind im Kontext des Wohnungsbaus hoch.

Weltweit überlagern sich dabei viele Trends. Die Weltbevölkerung wächst rasch an – Milliarden Menschen brauchen neuen Wohnraum.

In reichen Ländern, wie in Deutschland, geht es um die Absenkung der CO₂-Emissionen. Die Emissionen müssten weltweit sehr schnell absinken, in Wirklichkeit steigen sie Jahr für Jahr weiter an. Nach wie vor erfolgt weltweit die Versorgung mit Energie zu mehr als 70 % auf Basis fossiler Energieträger. Andere Probleme kommen hinzu, so das hohe Müllaufkommen und der insgesamt sehr hohe Ressourcenverbrauch. Zugleich leben weltweit viele Menschen in großer Armut. Die Situation verschärft sich in diesem Bereich. So sind in den letzten Jahren einige 100 Millionen Menschen weltweit hinzugekommen, die zu den Hungernden zählen. Die Weltgemeinschaft adressiert dieses Thema in der Agenda 2030, den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen. Es gibt jedoch aus Sicht der Autoren keine Chance, diese Agenda bis 2030 umzusetzen.

Bei der Frage, wo man ansetzen könnte, konzentrieren sich viele Studien auf erneuerbare Lösungen, an anderen Stellen auf Nature-based Solutions, insbesondere Holz bzw. Wald. Es geht dabei um größere Mengen biologischen Materials, das vielfältig verwendet werden kann und generell als klimaneutral gilt – auch wenn dies mit gewissen Fragezeichen verbunden ist. Diese Fragezeichen beziehen sich auf mindestens 3 Punkte. Zum ersten gibt es für die absehbaren, wünschenswerten Anwendungen nicht genügend Holz, weder national noch weltweit. Zum zweiten ist Produktion und Nutzung von Holz in manchen Fällen, z. B. bei Monokulturen in Nutzwäldern

(bspw. Palmölplantagen ohne Zertifizierung), nicht mit Nachhaltigkeit kompatibel. Das gilt auch, wenn sehr alte Wälder abgeholzt werden, um das Holz bspw. in Öfen thermisch zu nutzen. CO₂-Bindungsprozesse, die über viele Jahrzehnte abgelaufen sind, werden hierzu kurzfristig in CO₂-Emissionen verwandelt. Das können wir uns aus Klimasicht nicht erlauben.

Zu beachten ist aber auch folgendes: Mit dem Wachsen der Weltbevölkerung und dem angestrebten höheren Wohlstand werden erhebliche Flächen für die biologische Nutzung verloren gehen, während die CO₂-Bindungsumfänge zunehmen müssten. Es konkurrieren immer mehr Nutzungsarten der biologischen Volumina miteinander. Im Gebäudebereich kann schon der weltweite Neubau nicht allein mit Holz erfolgen, vom Umbau des Bestands nicht zu reden. Je größer und komplexer die Gebäude sind, desto mehr werden Stahl und Beton benötigt. Die Einsparvolumina an CO₂ sind begrenzt. Sicherheitsaspekte, Erfahrungen mit Materialien, Wiederverwendbarkeit etc. sind zu bedenken, Kosten spielen eine große Rolle.

Offenbar macht es mit Blick auf die weltweiten Herausforderungen wenig Sinn, von überall her Holz nach Deutschland zu importieren, um dann hier zu beweisen, wie viel möglich ist – wenn dann überall anders die benötigten Volumina fehlen.

Vernünftigerweise wird man untersuchen, wie man Holz überall auf der Welt mit Augenmaß im Wohnungsbau nutzt. Das wird eher stofflich sein als energetisch. Interessant ist der Innenausbau der Gebäude und das große Feld der Sanierung. Zu beachten sind die Kosten, die bei der Holzbauweise im Vergleich zum bisherigen Massivbau oft wachsen, nicht absinken.

In Abwägung anderer Nutzungsgebiete wird Holz einen Beitrag zur Klimaanpassung leisten – wahrscheinlich wird aber die Vermeidung von 10 % der heutigen CO₂-Emissionen schon viel sein. Das hängt mit den gewaltigen Bauvolumina zusammen, die z. B. in Afrika in den nächsten 30 Jahren

realisiert werden müssen. Die Menge an verfügbarem Holz (vgl. die weiteren Ausführungen der Studie) sind für eine solche Perspektive viel zu klein. Und was jährlich nachwächst, ist für so weitgehende Vorstellungen ohnehin viel zu gering. Um weiter zu kommen, wird die Welt Jahre brauchen – wobei sich dieser Teil des Lebens und die dort erfolgenden Aktivitäten mit vielen anderen Aktivitäten an anderen Stellen überlappen werden, Nutzungskonkurrenz das Bild dominieren wird und das Geld ohnehin knapp ist. Die Belastungen im Bereich Holz durch den fortschreitenden Klimawandel und die Klimaanpassungs-Kosten und -Maßnahmen kommen erschwerend hinzu.

In Deutschland kann man diesem Thema wahrscheinlich ein größeres Gewicht geben. Wir sind noch ein reiches Land, wir können Material/Holz importieren. Bei uns wird auch ohnehin schon immer viel Holz im Baubereich eingesetzt. Vieles von diesem Holz ist importiert. Es fehlt dann für Holzbasierte Ansätze in den betroffenen Lieferanten-Staaten. Bei uns ist öffentliche Kommunikation oft wichtiger als Wirkung in der Sache. Zu empfehlen ist eine solche Vorgehensweise allerdings nicht. Aus Sicht der Autoren ist es keine kluge Strategie, in Deutschland das Thema Holz am Bau gegenüber den vielfältigen anderen Optionen für „nachhaltiges“ Bauen zu forcieren. Viel Sinnvolles, was in der Vergangenheit auf den Weg gebracht wurde, bspw. die starke Nutzung von Holz für Sanierungen und Dachaufbauten, wird man wahrscheinlich für einen vermeintlich super neuen Zugang opfern, ohne aber für Klima und Nachhaltigkeit viel Zusätzliches zu erreichen. Eher wird Geld vernichtet und Frust erzeugt werden.

Wir kennen diese Situation bereits aus der Antike und aus der Römerzeit. Damals wurden großflächig Wälder im Mittelmeerraum abgeholzt. Teilweise kam es zu einer vollkommenen Entwaldung, deren Spuren wir heute noch im Mittelmeerraum sehen. Bereits Platon beklagte (500 v. Chr.), dass „der Holzverlust die Hügel und Ebenen rund um Athen entblößt und zu massiver Bodenerosion geführt habe“. Die römische Zivilisation holzte ab, ohne an Nachhaltigkeit und Zukunft zu denken, und zwar viele zehntausende

Quadratkilometer Wälder für das Wohnen, Bauen, den Schiffsbau, für Brennstoffe in Thermen, Verhüttung, für Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion (Rodung). Dies führte dann zu einem regionalen ökologischen Kollaps in Teilen des Römischen Reiches. Das sog. Peak-Wood-Szenario soll mitverantwortlich für den Zusammenbruch gewesen sein. Dies war ein Kahlschlag-Programm, welches unserer Zivilisation hoffentlich erspart bleiben wird.

Zusammenfassend: Das Ziel sollte vor diesem Hintergrund sein, Holz als ein Element neben anderen, in kluger Verbindung mit anderen Konzepten, für ein stärker nachhaltiges Bauen einzusetzen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
2	Der Beitrag des Gebäudesektors zur globalen Klimaproblematik	3
2.1	CO ₂ -Emissionen, Klimaschutz und Gebäude im globalen Kontext ..	3
2.2	Problemlösungsansatz: Holz-Gebäude als globale Kohlenstoffsенke.....	4
2.3	Können wir uns mit Holz aus der Klimakrise bauen?	7
2.4	Status quo – Nachhaltige Holzverwendung in Deutschland für den Klimaschutz.....	7
3	Globale Holzwirtschaft, globale Entwaldung und Klimawandel	10
3.1	Entwicklung der stofflichen und energetischen Verwendung von Holz in Deutschland	12
3.2	Entwaldung und Klimawandel	13
3.3	Auswirkung des Klimawandels	14
3.4	Globale Entwaldung	14
3.5	Konsequenter globaler Waldschutz	15
3.6	Klimawandel in Deutschland	15
4	Vergleich: Holzbau versus Massivbau	17
4.1	Kurze Chronologie energetischen Bauens und Standards (ENEV etc.)	17
4.2	Ökobilanzierung: Holzbau versus Massivbau (Stand der Forschung) ..	18
4.3	Wandaufbauten im Vergleich	19
4.4	Ökobilanz-Studie der TU Darmstadt	20
4.5	Neuere Ergebnisse des Bewertungssystems Nachhaltiger Kleinwohnhausbau (BNK)	20
4.6	Globale Diversität der Baumaterialien.....	23
5	Holz-Szenarien für Afrika: Gebäudekosten, Holzmengen und Holzverfügbarkeit	24
5.1	Wie sieht dies in Ländern des Globalen Südens aus?	24
5.2	Holzerzeugung mit Plantagen	27
6	Begrenzungsfaktoren des globalen Holzbaus	30
6.1	Brandschutz	30
6.2	Termitenproblem	30
6.3	Präferenz von Massivbauten in Entwicklungsländern	30
6.4	Probleme des Hitzeschutzes im Holzbau	30
6.5	Zielkonflikte mit einem nachhaltigen Flächenmanagement	31
6.6	Kostenproblem	31
6.7	Synthese der Begrenzungsfaktoren	31
7	Implikationen: Nachhaltiges Bauen im Kontext der Agenda 2030	38

1 Einleitung und Fragestellung

Ausgangspunkt dieser kurzen Studie ist die These, dass in Zukunft aus Nachhaltigkeitsperspektive Städte, Häuser und Hochhäuser (mittelhohe) primär aus Holz gebaut werden sollen und dazu bestehende Baustoffe wie Stahl, Beton etc. durch biobasierte Baustoffe (Holz, Bambus etc.) weltweit zu 90 % substituiert werden sollen. Die Autoren halten diese These aus mehreren Gründen für nicht plausibel u. a. deshalb, weil die verfügbare Menge Holz für den Ersatz von mineralischen Baustoffen nicht ausreichen würde. Auch ist der Anteil von Beton und Stahl auch in Holzhäusern hoch. Und je höher die Häuser sind, umso höher deren Anteil. Selbst wenn genügend Holz vorhanden wäre, wären nicht einmal 50 % Einsparung möglich.

Zunächst wird der Beitrag des Gebäudesektors zur globalen Klimaproblematik erörtert, danach das Problemlösungspotenzial. Um eine Einschätzung des nötigen Holzbedarfs zu gewinnen, werden dann einige Daten und Parameter der globalen Holzwirtschaft, zur Entwaldung und Prognosen zum Klimawandel analysiert. Im weiteren Gang erfolgt eine Darstellung des Kenntnisstands zu Ökobilanzen (Treibhausgasemissionen/Kohlenstoffspeicher) von Holzbauten im Vergleich zu Massivbauten. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen erfolgt dann die Ableitung von 3 Holz-Szenarien für Afrika bzgl. Gebäudekosten, Holzmengen und Holzverfügbarkeit. Dies deshalb, weil das mit Abstand höchste Bevölkerungswachstum in Afrika stattfindet. Im vorletzten Kapitel werden die Begrenzungsfaktoren des globalen Holzbaus zusammengefasst. Zum Schluss werden einige Implikationen für nachhaltiges Bauen in Deutschland im Kontext der Agenda 2030 diskutiert.

Fragepool

Im Rahmen dieser Arbeit wurden insbesondere folgende Fragen untersucht: Was ist der Problemkontext? Was sind die Hauptargumente der neuen globalen Bauwende mit Holz? Welche politischen Rahmenordnungen gibt es? Wie hoch ist global die Holzverwendung derzeit? Welche ökologischen

Grenzen gibt es? Wie wirkt sich der Klimawandel auf die zukünftige Holznutzung aus? Wieviel Holz, Stahl, Beton und Glas werden heute schon in Massiv- und Holzbauten verwendet? Welche Begrenzungsfaktoren gibt es für den globalen Holzbau? Wie kann die Bauwende zur Nachhaltigkeit in Deutschland aussehen?

Ergebnisse

Die Ausgangsthese, dass in Zukunft Städte, Häuser und Hochhäuser (mittelhohe) primär aus Holz gebaut werden sollen und dazu bestehende Baustoffe wie Stahl, Beton etc. durch biobasierte Baustoffe (Holz, Bambus etc.) weltweit zu 90 % substituiert werden können – kann aufgrund einer Vielzahl von Argumenten widerlegt werden. Sie ist nicht realistisch und insofern nicht zielführend.

Das in der Literatur manchmal genannte theoretische Einsparpotenzial an CO₂ im Bausektor, von 140 Mrd. t CO₂ (bis 2050) ist bei einer neutralen Betrachtung der tatsächlichen Materialverwendung/Ökobilanz von Holzbauten nur hypothetisch. Wie hoch dieses für Holzhochhäuser tatsächlich ist, müsste erst noch untersucht werden, wobei dann alle mineralischen Baumaterialien von Keller, Fundament und massive Innenbauten mitbilanziert werden müssen. Widerlegt werden kann die Kernthese sowohl durch ökologische Begrenzungsfaktoren (Verfügbarkeit der Holzmenge), als auch durch handfeste ökonomische Begrenzungsfaktoren (Kosten und Bezahlbarkeit). Wahrscheinlich ist, selbst in weltweiter Betrachtung, nicht einmal 1/3 des genannten Volumens gegenüber dem Status quo einsparbar.

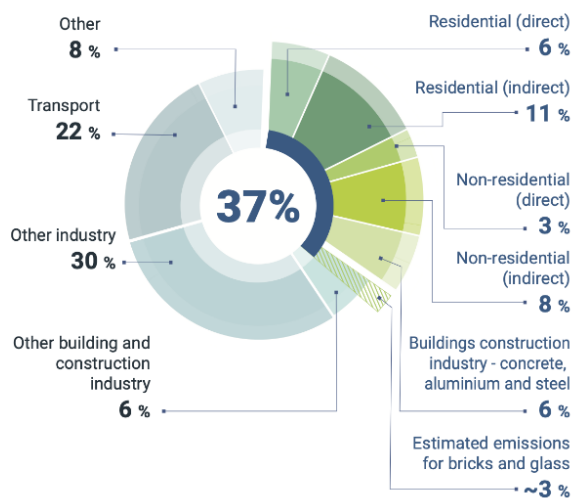
Grundsätzlich ist Holz ein nachhaltiges Baumaterial, welches global auch verstärkt verwendet werden kann und sollte, jedoch bedarf es neben der Einschätzung der theoretischen Chancen einer realistischen Einschätzung potenzieller Risiken, die durchaus vielfältig und komplex sind. Dies bedarf vertiefter inter- und transdisziplinärer Untersuchungen.

2 Der Beitrag des Gebäudesektors zur globalen Klimaproblematik

2.1 CO₂-Emissionen, Klimaschutz und Gebäude im globalen Kontext

Auf den Gebäudesektor entfallen weltweit etwa 34 % (40 % in Europa) des Energiebedarfs. Insgesamt trägt dieser Sektor nach UNEP-Daten¹ zu 37 % aller CO₂-Emissionen bei. Der Anteil des Baugewerbes am globalen Primärenergieverbrauch beträgt rund 8 %. Von den 37 % CO₂-Emissionen des Gebäudebereichs entfallen global rund 15 % der globalen Emissionen auf die Bauindustrie (Neubauten und Instandhaltung). Die beim Bau von Gebäuden verwendeten Materialien (d. h. Beton, Stahl, Aluminium, Glas und Ziegel) machen schätzungsweise 9 % der gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen aus.

Global share of buildings and construction operational and process CO₂ emissions, 2021



Weltweit werden durch Bau, Renovierung und Abriss jährlich rund 100 Mrd. t Abfall verursacht, von denen etwa 35 % auf Deponien landen. Es wird prognostiziert, dass sich der Rohstoffverbrauch bis 2060 verdoppeln wird, wobei Stahl, Beton und Zement bereits jetzt einen großen Beitrag zu den

¹ United Nations Environment Programme (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi

Treibhausgasemissionen leisten. Nach UNEP-Angaben werden in den schnell wachsenden Entwicklungsländern die Baumaterialien den Ressourcenverbrauch dominieren, wobei sich die damit verbundenen Treibhausgasemissionen bis 2060 voraussichtlich verdoppeln werden.

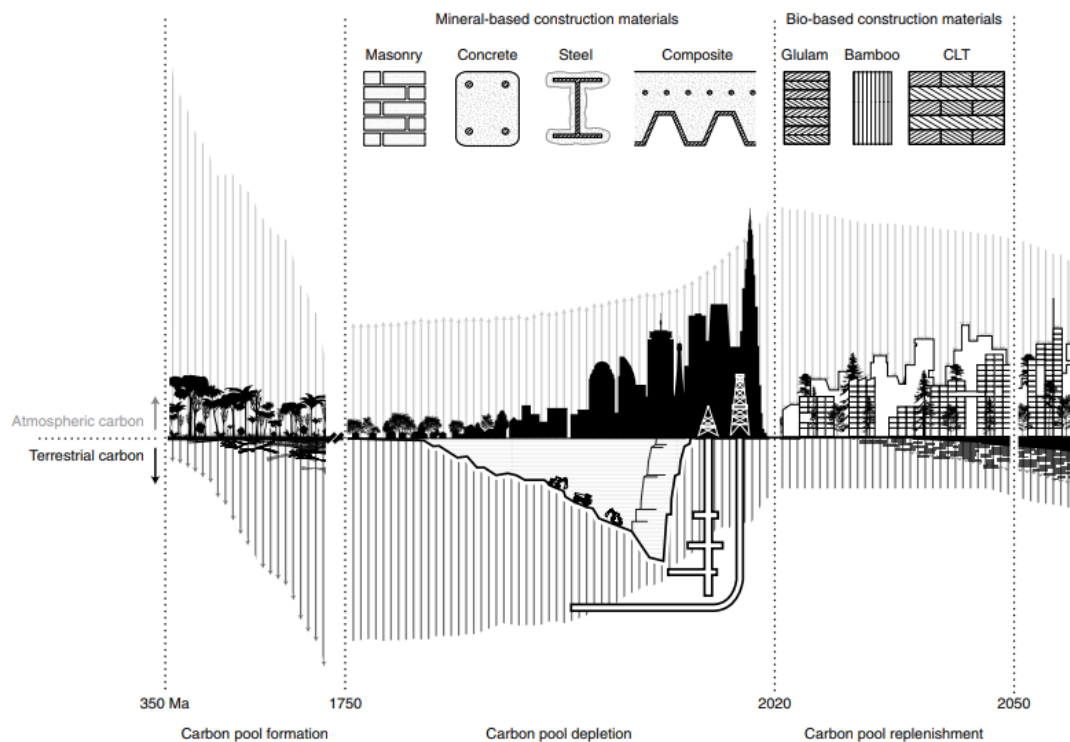
Die Emissions-Intensität ist global von 43 kg CO₂/m² (2015) auf 40 kg CO₂/m² (2021) gesunken. Jedoch stieg die Bruttogeschossfläche von 218 Mrd. m² im Jahr 2015 auf 242 Mrd. m² im Jahr 2021, d. h. um etwa 11 %. Parallel dazu sind die CO₂-Emissionen von Gebäuden 2021 weltweit auf ca. 10 Mrd. t CO₂ gestiegen (Rebound-Effekt). Die Klimakonferenz in Glasgow COP 26 (2021) hat aus diesem Grunde eine Beschleunigung und Ausweitung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebereich als Zielsetzung beschlossen. Um die Nachhaltigkeit zu maximieren, ist nach UNEP ein Ansatz für den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks unerlässlich – was in Deutschland und der EU schon Praxis ist.

2.2 Problemlösungsansatz: Holz-Gebäude als globale Kohlenstoffsенke

Die globale Kohlenstoffsенke bildet den Ausgangspunkt der Studie „**Buildings as a global carbon sink**“² eines internationalen Autorenteams – um hier eine Lösung zu finden. Hierzu untersuchten die Autoren das Potenzial von mittelhohen städtischen Gebäuden, die zukünftig mit Holzwerkstoffen in Holzbauweise errichtet werden könnten, um Kohlenstoff langfristig zu speichern und die kohlenstoffintensive Produktion von mineralischen Baumaterialien und Baustoffen zu vermeiden. Die provokante Kernthese ist dabei, dass in Zukunft Städte, Häuser und Hochhäuser (mittelhohe) primär aus Holz gebaut werden sollen und dazu bestehende Baustoffe wie Stahl, Beton etc. durch biobasierte Baustoffe (Holz, Bambus etc.) weltweit zu 90 % substituiert werden sollen. Die neue Vision wird durch folgendes Bild illustriert.³

² Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C.P.O. et al. Buildings as a global carbon sink. Nat Sustain 3, 269–276 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>

³ Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C.P.O. et al. Buildings as a global carbon sink. Nat Sustain 3, 269–276 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>



Die Autoren untersuchten hierzu unterschiedliche Szenarien (von 0,5 % Massivholz-Verwendung bis zu 90 %), wie der Übergang des Baus von städtischen Gebäuden aus Massivholz über einen Zeitraum von 30 Jahren von 2020 bis 2050 erfolgen könnte. Der gesamte über 30 Jahre gespeicherte Kohlenstoff würde sich im 90%igen Holzscenario auf 2-20 Gt belaufen. Wenn wir weiterhin mit Stahl und Beton bis 2050 bauen würden, mit einer weltweiten Wohnfläche pro Kopf von im Durchschnitt 30 m², würden die kumulierten Emissionen aus der Herstellung von Materialien für neue städtische Gebäude 4,4 GtC erreichen, im Extremfall sogar 19 GtC. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass eine drastischste Umstellung auf Holzgebäude (Szenario 90 % Holz) die größten Einsparungen an Kohlenstoffemissionen bringt. Die neue Holz-Nachfrage, bedingt durch die Substitution von mineralischen Baustoffen, wirft die grundlegende Frage nach den potenziellen Auswirkungen auf die Wälder der Erde auf. Dieser Bedarf könnte gemäß den Autoren potenziell durch die kombinierte Ernte von Nadel- und Laubholz sowie von Plantagen wie Bambus etc. gedeckt werden. Nach Auffassung des Autorenteam haben 66 % der untersuchten Länder (2010)

mehr Kapazität Holz zu ernten, ohne die nachhaltige Wiederaufforstung in den nächsten 30 Jahren zu gefährden. Ergänzend werden soll dies durch Holz aus Plantagen. Die „nachhaltige jährliche Holzernte“ könnte bis zum Jahr 2050 weltweit auf 3,6-4,9 GtC ansteigen. In tropischen und subtropischen Regionen, wo Bambus gut gedeiht und die Nachfrage nach Baumaterialien in den wachsenden Städten am größten sein wird, kann der Bambusanbau die Abholzung eindämmen und Einkommen für kleine Landbesitzer und einkommensschwache ländliche Gemeinden bieten. Bambus kann bereits nach 7 Jahren geerntet werden, bei Wäldern ist das erst nach Jahrzehnten der Fall. Die Autoren weisen darauf hin, dass sich insgesamt durch das 90-%-Holz-Szenario die Kohlenstoffvorräte der Wälder kurzfristig verringern werden und sich durch die Änderungen in der Waldwirtschaft ökologische Auswirkungen ergeben werden. Die Vergrößerung des städtischen Kohlenstoffpools soll durch die Kohlenstoffaufnahme der nachwachsenden Wälder im Laufe der Zeit ausgeglichen werden.

Im Vergleich zu anderen technischen Kohlenstoffsenken hat die Option der Kohlenstoffspeicherung in Gebäuden nach Auffassung der Autoren offensichtliche Vorteile. Sie nutzt die Vorteile sich entwickelnder Bauprozesse, die in jedem Fall auftreten werden, und dient als Ersatz für mineralische Baumaterialien, die hohe CO₂-Emissionen verursachen. Massivholz ist ein sichereres Mittel zur Kohlenstoffspeicherung, als CO₂ in den Untergrund zu pumpen und ist eine sinnvollere und wirtschaftlichere Option als das Vergraben von Baumstämmen in Gräben unter einer dicken Erdschicht. Den Autoren ist dabei bewusst, dass es hierzu ein starkes rechtliches und politisches Engagement für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung geben muss, etwa solide Forstzertifizierungssysteme, die Befähigung der in den Wäldern lebenden Menschen sowie Bemühungen zur Eindämmung des illegalen Holzeinschlags. Auch bedarf es der Erforschung von Bambus und anderen Pflanzenfasern als Ersatz für Holz in tropischen und subtropischen Regionen. Im 21. Jahrhundert wird Holz immer noch von 1 Mrd. Menschen in Asien und Ozeanien und ca. 150 Mio. Menschen in Afrika zum Bauen genutzt, wo

Holzprodukte die wichtigsten Materialien für Wände, Dächer oder Böden bilden.

2.3 Können wir uns mit Holz aus der Klimakrise bauen?

Nein. Wir erörtern zunächst die im Raum stehenden Behauptungen. Dann zeigen wir auf, warum sie realitätsfremd sind.

Bei der Zunahme der Weltbevölkerung um rund 2 Mrd. Menschen bis zum Jahr 2050 würden nach Hans Joachim Schellnhuber 71 Mrd. t CO₂ durch die Verwendung von Stahl, Beton und sonstigen mineralischen Baustoffen entstehen. Diese könnten um 64 Mrd. t CO₂ substituiert werden, womit insgesamt (plus Kohlenstoffspeicher Holz 75 Mrd. t CO₂) rund 140 Mrd. t CO₂ eingespart werden könnten.⁴ Dies bedarf nach Hans Joachim Schellnhuber eine auf Holz basierenden globalen Bau-Wende. Dieser Vorschlag wird derzeit im Rahmen unterschiedlicher Gremien und Formate der European Bauhaus Initiative der Europäischen Kommission, des Vatikans, der G7-Baumminister und anderen diskutiert. Für die Jahre 2023-2025 wird, finanziert mit Bundesmitteln (7 Mio. Euro), u. a. „eine richtungsweisende globale Studie erstellt, welche die Potenziale von biobasierten, CO₂-speichernden Baumaterialien als Ersatz für konventionelle Baustoffe wie Stahl und Beton untersucht“⁵.

2.4 Status quo – Nachhaltige Holzverwendung in Deutschland für den Klimaschutz

Seit 2014 gibt es eine Vielzahl von internationalen und staatlichen Strategien und Plänen, welche den Beitrag der nachhaltigen Holzverwendung zur Erreichung der Klimaschutzziele betreffen. Hierzu zählen in Deutschland:

⁴ Hans Joachim Schellnhuber - Können wir uns mit Holz aus der Klimakrise bauen? (Bauhaus der Erde) 16.09.2021. [YOUTUBE](#) und Webseite: <https://new-european-bauhaus.europa.eu> sowie <https://www.bauhauserde.org>

⁵ Bauhaus Earth & Land Brandenburg. Pressemitteilung vom Dezember 2022 ([Quelle](#))

- Nationale Bioökonomiestrategie (2020)
- Klimaschutzplan 2050 (2016)
- Klimaschutzprogramm 2030 ja Bundesregierung (2019)
- Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (2018)
- Deutsches Ressourceneffizienzprogramm Progress III (2020)
- Nachhaltiges Programm für nachhaltigen Konsum (2016)
- Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen (2014)
- COP 24 The Ministerial Katowice Declaration (2018)
- United Nations Strategic Plans for Forest 2017-2030
- Ein Renovierungswelle für Europa – umweltfreundliche Gebäude, mehr Arbeitsplätze und bessere Lebensbedingungen (2020)
- Neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (2020)
- Green Deal der EU-Kommission (2019)
- Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung (2015)
- Charta für Holz 2.0

Im Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung wird festgehalten, dass die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder und der Holzverwendung ein enormes Klimaschutzpotenzial hat. Ziel der Bundesregierung ist es, dass die Wälder und deren nachhaltige Bewirtschaftung langfristig erhalten und gesichert werden. Auch die **Nationale Bioökonomiestrategie** zielt auf eine stärkere Verwendung von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft, insbesondere verbesserte biobasierte Wertschöpfungsketten, ab. Hierbei soll insbesondere der Einsatz biogener Rohstoffe gefördert werden. Das deutsche Ressourceneffizienzprogramm Progress III zielt auf eine effiziente Holzverwendung insbesondere bei der stofflichen und energetischen Nutzung. Dabei soll die Schließung der Stoff- und Wirtschaftskreisläufe durch die Rückführung von Wertstoffen aus Produktionsprozessen oder von Altholz optimiert und unterstützt werden. Der Strategieplan der Vereinten Nationen für Wälder betont insbesondere die Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen, die in ihrer Lebensqualität von Wäldern abhängen, im Rahmen der Forstwirtschaft. Die EU und die Europäische Bauhaus Initiative betonen

die Speicherfähigkeit von Holz für CO₂ in Gebäuden sowie die Vermeidung von CO₂-Emissionen, die bei der Herstellung konventioneller Baustoffe entstehen. Der neue EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft zielt auf eine langfristige Speicherung von CO₂ durch den Holzbau sowie durch Wiederverwendung und Speicherung von CO₂ in Produkten bei der Mineralisierung von Baustoffen. Das politische Rahmenwerk wurde in Deutschland mit der **Charta Holz 2.0** in einem breiten Konsortium erarbeitet und wird derzeit umgesetzt.

3 Globale Holzwirtschaft, globale Entwaldung und Klimawandel

Die Substitution von mineralischen Baustoffen durch Holz hätte erhebliche Auswirkungen auf die globale Holzwirtschaft. Die Studie über Holz als globale Kohlenstoffsенке geht dabei grundsätzlich davon aus, dass hier noch erhebliches Potenzial besteht. Der Rest soll durch Plantagen mit Bambus hergestellt werden. Die Frage, welche sich grundsätzlich stellt, ist: Wie hoch ist global die Holzverwendung derzeit?

Die Produktion von Rundholz betrug nach Daten der FAO⁶ im Jahr 2020 3,9 Mrd. m³, von denen ca. die Hälfte als Brennstoff und die andere Hälfte als industrielles Rundholz verwendet werden. Der Holzverbrauch hat sich im Verhältnis zu 1980 um rund 25 % erhöht.

Global production and trade in forest products in 2020

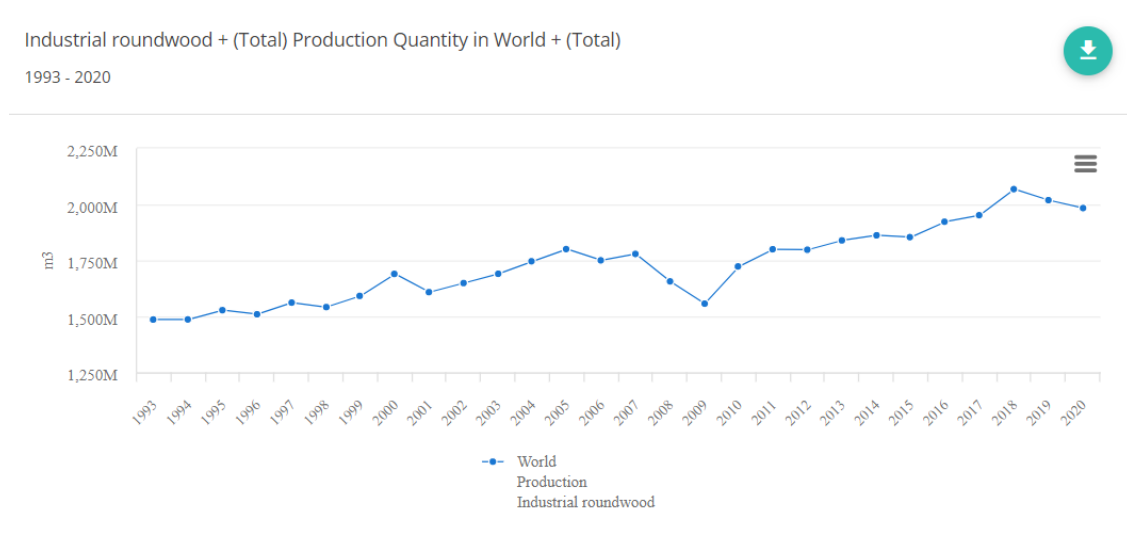
Product	Unit	Production				Exports			
		Change (%) compared to:				Change (%) compared to:			
		2020	2019	2000	1980	2020	2019	2000	1980
Roundwood	million m³	3 912	-1%	12%	25%	140	-2%	19%	50%
Wood fuel	million m ³	1 928	-1%	7%	15%	6	-15%	79%	
Industrial roundwood	million m ³	1 984	-2%	17%	37%	134	-1%	17%	43%
Wood pellets and other agglomerates	million tonnes	50	3%			31	6%		
Sawnwood	million m³	473	-3%	23%	12%	153	-3%	34%	118%
Wood-based panels	million m³	367	-1%	107%	280%	88	-2%	67%	490%
Plywood	million m ³	118	2%	103%	200%	28	-6%	60%	326%
Particle board, OSB and fibreboard	million m ³	250	-2%	109%	335%	60	0%	71%	622%
Wood pulp	million tonnes	186	-2%	9%	48%	69	1%	80%	226%
Pulp from fibres other than wood	million tonnes	11	-1%	-26%	55%	0.4	7%	15%	79%
Recovered paper	million tonnes	229	-1%	59%	352%	45	-8%	83%	716%
Paper and paperboard	million tonnes	401	-1%	24%	137%	111	-2%	13%	218%
Forest products value	US\$ billion					244	-10%	68%	331%

Der Anteil der Holzwerkstoffplatten hat sich im Zeitraum von 1980 bis 2020 um 280 % auf 367 Mio. m³ erhöht, der Anteil des Recycling-Papiers hat sich seit 1980 um 352 % (229 Mio. m³) erhöht. Der Gesamtwert der Holz-

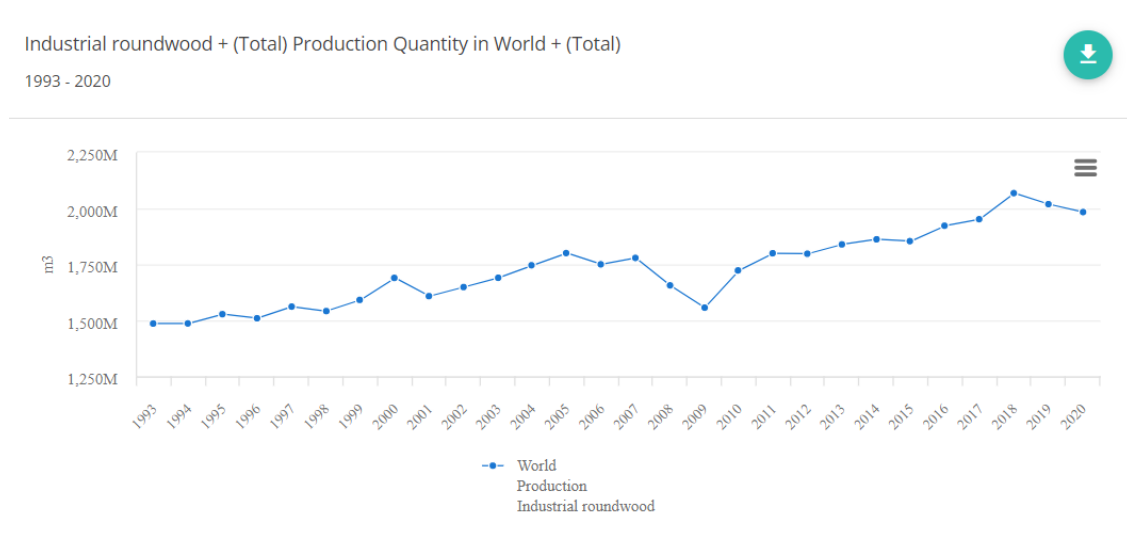
⁶ Alle Daten von FAOSTAT <https://www.fao.org/faostat/en/#home> und FAO: Global Forest Products. Facts and Figures 2018 (Quelle)

Produktion betrug 2020 244 Mrd. USD und hat im Vergleich zu 1980 um 331 % zugenommen.

Die globale Verwendung von Rundholz hat sich von 1,5 Mrd. m³ im Jahr 1993 auf über 2 Mrd. m³ im Jahr 2020 erhöht.

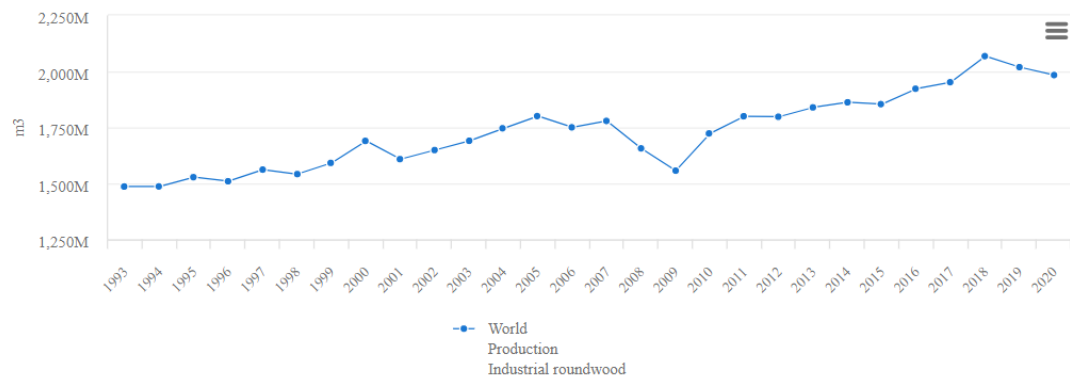


Die Verwendung von Laubholz als Brennholz hat sich in dem gleichen Zeitraum nur um rund 100 Mio. m³ auf rund 1,7 Mrd. m³ bis 2020 erhöht. Die Verwendung von Nadelholz hat sich in dem Zeitraum bis 2017 auf über 200 Mio. m³ eingependelt, danach hat es eine erhebliche Zunahme um ca. 40 Mio. m³ gegeben.



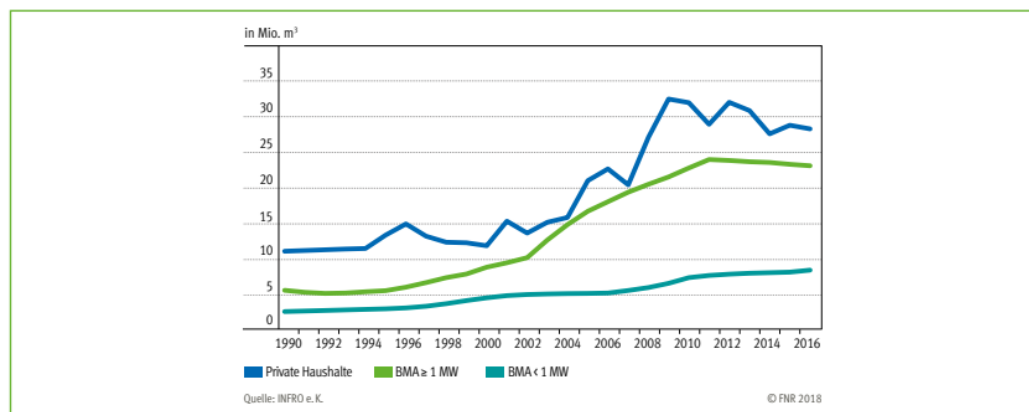
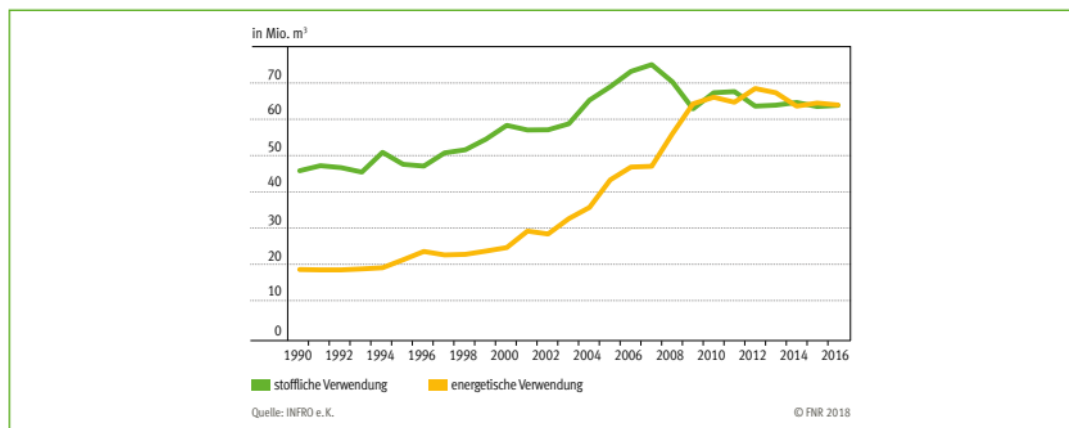
Industrial roundwood + (Total) Production Quantity in World + (Total)

1993 - 2020



3.1 Entwicklung der stofflichen und energetischen Verwendung von Holz in Deutschland

Insgesamt ist eine erhebliche Zunahme der energetischen Verwendung in Deutschland zu beobachten, insbesondere im Bereich privater Haushalte.



3.2 Entwaldung und Klimawandel

Im Durchschnitt werden jährlich ca. 250.000-300.000 km²/a entwaldet bzw. abgeholzt, darunter auch Primärwälder, was zum Verlust von biologischer Vielfalt führt. Die EU gilt nach WWF mit 3,5 Mio. Hektar (2005-2017) durch Importe „vernichteter Wald“ als einer der größten Verursacher globaler Entwaldung. Durch diese Importe werden 1,8 Mrd. t CO₂ emittiert.⁷

Wälder erbringen viele wichtige Ökosystemleistungen, beherbergen Wildtiere, 1-1,5 Mrd. Menschen leben in und von Wäldern, sie sind eine wichtige Quelle für Lebensmittel. Wälder tragen zur Stabilisierung des Weltklimas bei, sie binden Kohlenstoff und beeinflussen das Reflexionsvermögen der Erdoberfläche sowie das regionale Mikroklima. Sie haben auch eine wichtige Funktion zur Aufrechterhaltung des Wasserkreislaufs, einschließlich der Erzeugung von Niederschlägen auf lokaler, regionaler und transkontinentaler Ebene.

Der Schutz, die Wiederherstellung und die bessere Bewirtschaftung der Tropenwälder könnten bis zur Hälfte der Netto-CO₂-Emissionen liefern, die erforderlich sind, um das 2-Grad-Klimaziel zu erreichen. Maßnahmen dazu sind die Reduktion der Entwaldung, Ermöglichung der Erholung von Wäldern, die durch Abholzung und Verlagerung der Landwirtschaft geschädigt wurden und die Wiederaufforstung von gerodeten Gebieten. Alles in allem könnten diese Bemühungen über 50 Jahre lang Emissionen von bis zu 5 Mrd. t pro Jahr einsparen (= 250 Mrd. t CO₂ insgesamt). Etwa 20 % davon würden durch die Verringerung der Emissionen als Folge gefälltter und verbrannter Bäume erzielt, während 80 % durch Sequestrierung reduziert würden.

⁷ WWF: Stepping up: The continuing impact of EU consumption on nature worldwide. Summary Report 2021

3.3 Auswirkung des Klimawandels

Gehen wir von dem derzeitigen „**Business as Usual RCP 8.5**“-Szenario der Treibhausgasemissionen aus, so wird es bis zum Jahr 2100 eine massive Abnahme der gesamten Waldfläche der Erde von 2,2 Mio. km², insbesondere in den tropischen Zonen, geben.⁸

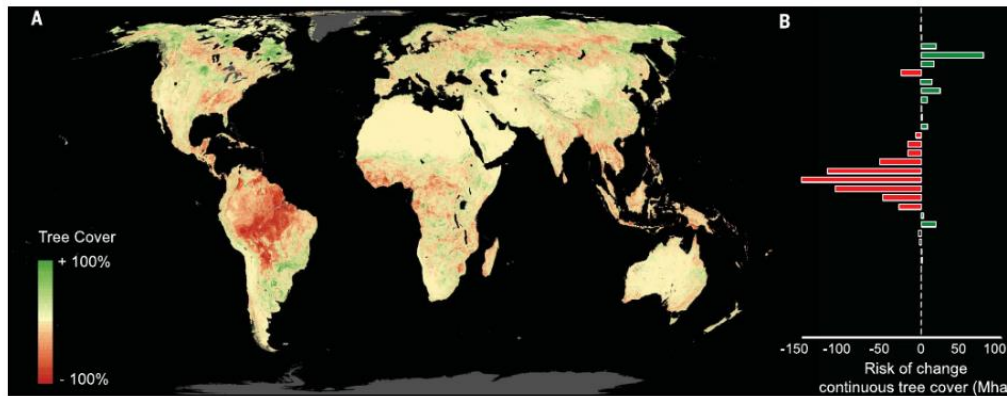


Fig. 3. Risk assessment of future changes in potential tree cover. (A) Illustration of expected losses in potential tree cover by 2050, under the "business as usual" climate change scenario (RCP 8.5), from the average of three Earth system models commonly used in ecology (cesm1cam5, cesm1bgc, and mohcadgem2es). (B) Quantitative numbers of potential gain and loss are illustrated by bins of 5° along a latitudinal gradient.

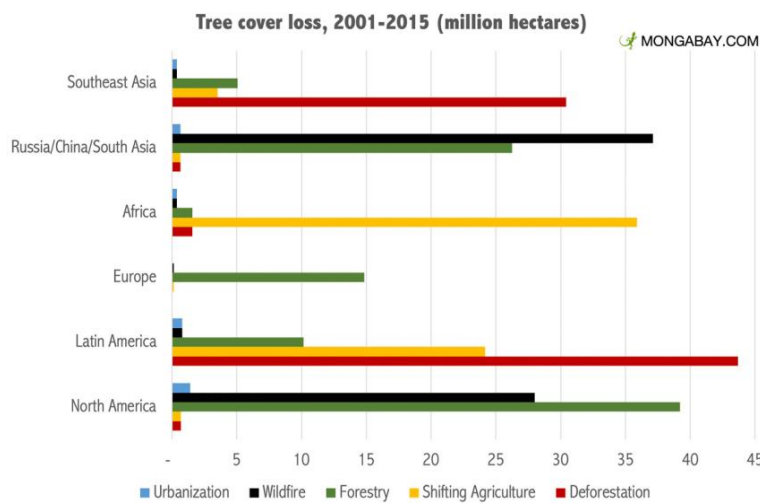
Nach dem IPCC müssten bis zum Jahr 2050 rund 10 Mio. km² Fläche wieder aufgeforstet werden.

3.4 Globale Entwaldung

In Nordamerika und Russland ist die industrielle Holzernte ein großer Treiber der Entwaldung in natürlichen Wäldern. Alle paar Jahre brennen riesige Waldgebiete, besonders in borealen Regionen. Viele davon resultieren aus Blitzeinschlägen, während einige von menschlichen Aktivitäten herrühren. Während es in den nördlichen Wäldern einen natürlichen Feuerzyklus gibt, machen die Auswirkungen des Klimawandels – einschließlich höherer Temperaturen, schwerer Dürren und Käferbefall infolge wärmerer Winter – diese Ökosysteme anfälliger für ungewöhnlich zerstörerische Brände.⁹

⁸ Bastin, Jean-François & Finegold, Yelena & Garcia, Claude & Mollicone, Danilo & Rezende, Marcelo & Routh, Devin & Zohner, Constantin & Crowther, Thomas. (2019). The global tree restoration potential. *Science*. 365. 76-79. [DOI:10.1126/science.aax0848](https://doi.org/10.1126/science.aax0848)

⁹ Daten und Inhalt von [Mongabay.com](https://www.mongabay.com)



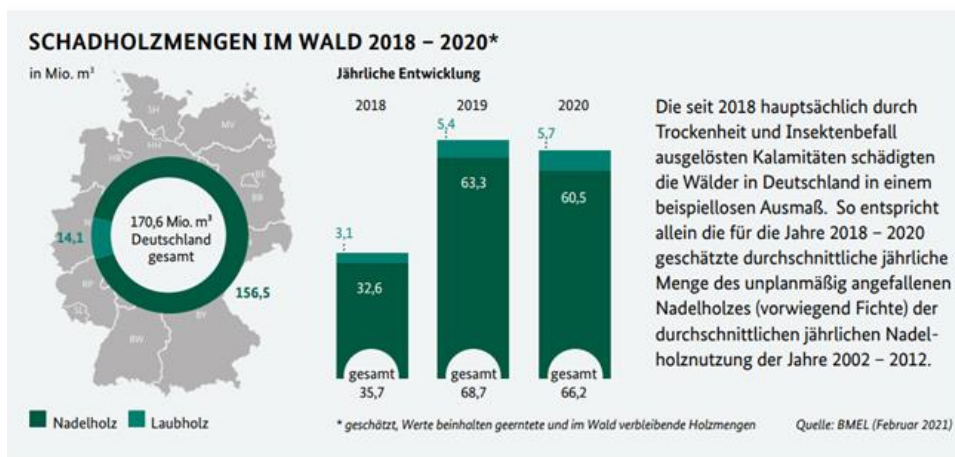
3.5 Konsequenter globaler Waldschutz

Alte Wälder sollten wegen vieler Beiträge, u. a. zur biologischen Vielfalt, geschützt werden, auch wenn sie kaum noch zusätzliches CO₂ binden. Waldeigentümer sollten für Einkommensausfälle, die aus dem Erhalt resultieren, öffentlichen Ausgleich erhalten. Regenwälder, vor allem tropische Regenwälder, sind konsequent zu schützen. Eine Honorierung von 50-100 USD pro Hektar durch die Weltgemeinschaft wird vorgeschlagen, sofern nach einem Jahr der Hektar Regenwald noch intakt erhalten ist. Nachhaltig betriebene Regenwälder erlauben eine Nutzung für Agroforstsysteme und eröffnen Chancen für den Tourismus. Konsequenter Regenwaldschutz kann die Klimabelastung der Welt um etwa 3 Mrd. t CO₂ pro Jahr verringern. Der Großteil der übrigen Wälder sollte als Nutzwald betrieben werden. Die „Ernte“ erfolgt z. B. nach etwa 40 Jahren. In dieser Zeit bindet der Wald viel CO₂. In der Regel sollen die Flächen nach der „Ernte“ sofort wieder aufgeforstet werden.

3.6 Klimawandel in Deutschland

Der Klimawandel wirkt sich auch in Deutschland durch Trockenheit, Insektenbefall, Stürme etc. auf eine erhebliche Zunahme der Schadholzmengen

aus.¹⁰ Diese hat insbesondere in den letzten Jahren zugenommen. Die Menge der jährlich unplanmäßig angefallenen Nadelholzvolumen (vorwiegend Fichte) entspricht etwa der durchschnittlichen Holzmenge der Nadelholznutzung der Jahre 2002-2012. Dieses Volumen kann nur teilweise durch die Baubranche genutzt werden. Zu anderen Nutzungsarten gehören u. a. Pellets. Bis max. 2050 kann der Bedarf von Fichten- und Kiefernholz (als zentrales Bauholz) noch durch die eigenen Wälder gedeckt werden, danach bedarf es je nach Schadholzmengen Importe. Die vielfältigen Auswirkungen des Klimawandels werden in der Studie „Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel“ analysiert.



¹⁰ Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik (2021): Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel. Berlin

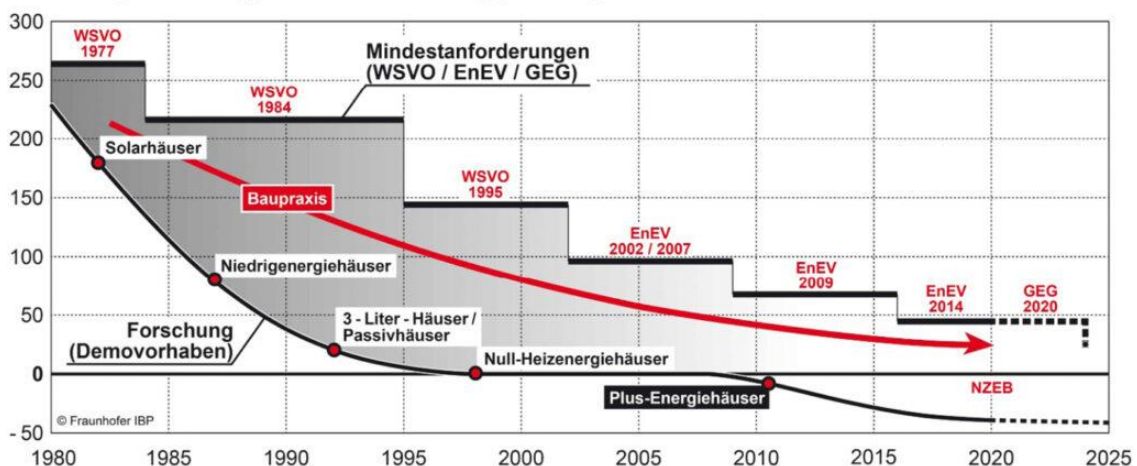
4 Vergleich: Holzbau versus Massivbau

Von 2000 bis 2019 hat sich der Anteil der Einfamilienhäuser, die in Holzbauweise in Deutschland errichtet wurden, auf rund 20 % verdoppelt. Bei Mehrfamilienhäusern liegt der Anteil der Holzhäuser bislang bei unter 3 %. Für mehrgeschossige Wohnungsbauten gibt es bis heute nur wenige Referenzbauten. Holz spielt eine sehr große Rolle im Rahmen von Sanierungen, welche in Zukunft noch erheblich zunehmen werden. **Rund 2/3 des in Deutschland im Bauwesen eingesetzten Holzes** findet bei der Modernisierung und Sanierung von Gebäuden Verwendung. Bedingt durch die Tatsache, dass rund 30 Mio. Wohneinheiten in Deutschland vor dem Jahr 1979 errichtet wurden, wird es in Zukunft eine erhebliche Erhöhung der Verwendung von Holz im Rahmen von energetischen Gebäudesanierungen geben.

4.1 Kurze Chronologie energetischen Bauens und Standards (ENEV etc.)

Die Standards für das energetische Bauen wurden seit den 1980er-Jahren immer weiter verschärft. Für die jüngere Zeit war hier insbesondere die Null-Energie-Richtlinie der Europäischen Kommission von 2010 relevant. Das heißt u. a. folgendes: In den nächsten Jahren müssen alle neuen Gebäude im Grunde genommen als Plusenergiehäuser errichtet werden.

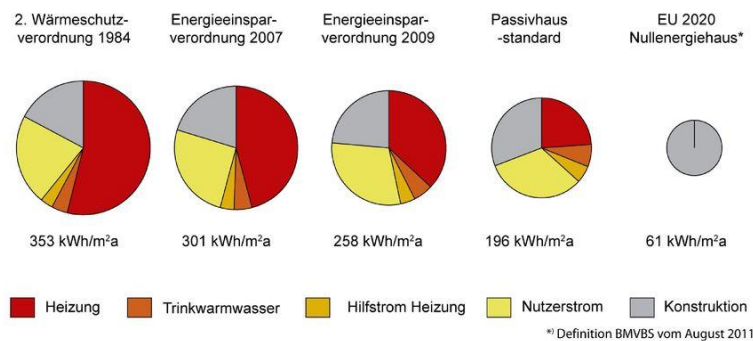
Primärenergiebedarf Doppelhaushälfte – Heizung [kWh/m²a]



Mit den Verschärfungen der ENEC stieg auch der Anteil der sog. grauen Energie (die für die Konstruktion verwendet wird). Ab 2020 ist es die einzige Primärenergie bei Neubauten.

GRAUE ENERGIE

Primärenergiebedarf von Wohngebäuden unterschiedlicher energetischer Standards
(Betrachtungszeitraum 50 Jahre)



Hoher Anteil der grauen Energie am Gesamtverbrauch bei „aktivplus“- Gebäuden



7

4.2 Ökobilanzierung: Holzbau versus Massivbau (Stand der Forschung)

Bisher gibt es nur sehr wenige Vergleiche der Ökobilanz von Holz- und Massivbauweise¹¹, die zum Teil auch sehr unterschiedliche Methoden (Systemgrenzen) verwenden. Z. B. wurde bei einigen Untersuchungen der Keller weggelassen. Wegen der hohen Varianz der Methodik ist es schwierig, einen neutralen, ökobilanziellen Vergleich zwischen Massivhausbau und Holzbauweise zu ziehen. Deshalb ist auch die nachfolgende Aussage mit Fragezeichen zu versehen. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass für die Indikatoren Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial in allen betrachteten Studien, ausgenommen einer Studienreihe (Graubner et al., 2008 und 2013, und Pohl, 2017), „grundsätzlich die Holzbauweise, unabhängig von den gewählten Baustoffen für die Massivbauweise und Konstruktionsart in der Holzbauweise, geringere Umweltauswirkungen in den betrachteten

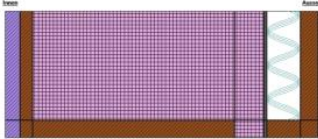
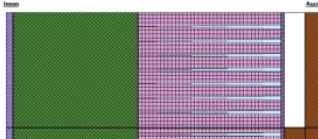
¹¹ Umweltbundesamt: Potenziale von Bauen mit Holz. Erweiterung der Datengrundlage zur Verfügbarkeit von Holz als Baustoff zum Einsatz im Holzbau sowie vergleichende Ökobilanzierung von Häusern in Massiv- und Holzbauweise 2019, S. 229 ff.

Leitindikatoren vorweisen kann. Bei einem Vergleich zwischen unterschiedlichen Produkten bzw. Bauweisen führt die Anrechnung von Potenzialen des Baustoffs Holz zu großen Veränderungen in den Ergebnissen zu den Umweltauswirkungen“.

4.3 Wandaufbauten im Vergleich

Oftmals wird bzgl. der Frage des Primärenergieverbrauchs der Aufbau der Außenwand von Holzbau und Massivbau zu Grunde gelegt.¹² Hierbei ist der Anteil der „Grauen Energie“ bezüglich der Bauteilfläche pro m²/a in der Regel nach Studien um bis zu doppelt so hoch wie bei einem Holzbau, wobei insgesamt betrachtet die eingesetzte Primärenergie demnach nicht wesentlich geringer ist. Das liegt u. a. daran, dass die „Graue Energie“ in den Bodenplatten, dem Keller und z. T. im Treppenhaus bei Holzbauten in der Regel beim Life Cycle Assessment nicht berücksichtigt wird.

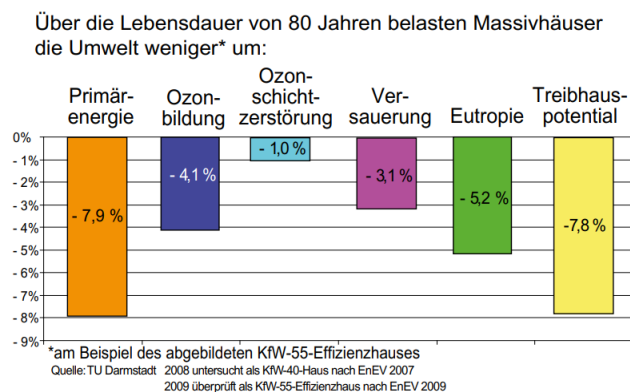
Tabelle 17: Resultate Indikator 301 / 1. Primärenergie nicht erneuerbar Erstellung

	Holzbau	Massivbau
Themaspezifische Eigenschaften	Aufbau Aussenwand	Aufbau Aussenwand
	 Quersch... 36.95 (Rsi = 0.13, Rse = 0.13) 1.80 FERMACELL Gipsfaserplatte 1.50 OSB Platte, PF-gebunden, Feuchtbereich 24.00 isofloc LM eingeblasen 3.50 ISOLAIR 0.05 SIGA Fassadenbahn UV 4.00 Luftschicht 2.10 Fichte-Tanne (Feuchte=15%) Graue Energie bzgl. Bauteilfläche: 9.9 MJ/(m²a)	 Quersch... 43.95 (Rsi = 0.13, Rse = 0.04) 1.00 Innenputz 17.50 Beton armiert mit 1% Stahl (SIA381/1) 20.00 Swisspor LAMBDA Vento 0.05 Sager Fassadenbahn facade 3.00 Luftschicht 2.40 Fichte-Tanne (Feuchte=15%) Graue Energie bzgl. Bauteilfläche: 18.6 MJ/(m²a)
Resultate	Graue Energie Erstellung MFH 103.7 MJ/(m²EBF*a) Unterer Grenzwert 93.1 MJ/(m²EBF*a) Oberer Grenzwert 135.2 MJ/(m²EBF*a) Einstufung 93.6-115.2 MJ/(m²EBF*a)	Graue Energie Erstellung MFH 120.2 MJ/(m²EBF*a) Unterer Grenzwert 93.1 MJ/(m²EBF*a) Oberer Grenzwert 135.2 MJ/(m²EBF*a) Einstufung 115.2-136.8 MJ/(m²EBFa)
Note	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6

¹² Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wald. Holzbau vs. Massivbau – ein umfassender Vergleich zweier Bauweisen im Zusammenhang mit dem SNBS Standard 2015 ([Quelle](#))

4.4 Ökobilanz-Studie der TU Darmstadt

Auf der anderen Seite stellt eine Ökobilanz-Studie der TU Darmstadt¹³ am Beispiel des KfW-55-Effizienzhauses fest, das Massivhäuser über die Lebensdauer von 80 Jahren insgesamt bezüglich Primärenergie und Treibhauspotenzial die Umwelt um rund 8 % weniger belasten als die Holzbauweise. Der entscheidende Punkt ist gemäß der Studie der höhere Instandhaltungsaufwand der Holzbauweise. D. h. bestimmten Mehraufwendungen bei der Erstellung des Hauses bei Massivhäusern stehen später Einsparungen bei diesen Häusern im Vergleich zu Häusern mit Holzbauweise gegenüber.



4.5 Neuere Ergebnisse des Bewertungssystems Nachhaltiger Kleinwohnbau (BNK)

Im Rahmen eines Forschungsprojektes „Weiterentwicklung der ausgewählten Kriterien (BNK) und Pilotphase“¹⁴ der Hochschule München (Nathalie

¹³ Institut für Massivbau der TU Darmstadt: Ökobilanzstudie. Gegenüberstellung Massivhaus / Holzbauweise. 2010

¹⁴ Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung -BBR-, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung -BBSR-, Forschungsinitiative Zukunft Bau, Bonn (Förderer); Bau-Institut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen GmbH -BiRN-, Bamberg (Ausführende Stelle); Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. -BDF-, Bad Honnef (Beteiligte) Weiterentwicklung der Kriterien Innenraumlufthygiene, Schadstoffemissionen, Rückbau- und Demontagefreundlichkeit und Widerstandsfähigkeit des Bewertungssystems Nachhaltiger Kleinwohnbau (BNK). Abschlussbericht. Eßig, Natalie (Bearbeiter); Mittermeier, Paul (Bearbeiter); Dietlein, Ralph (Bearbeiter) Quelle: Forschungsinitiative Zukunft Bau Stuttgart (Deutschland) Fraunhofer IRB Verlag 2018 ([Quelle](#))

Essig 2020) wurden die Holz- und Massivbauweise hinsichtlich des Anteils von Rohstoffen und Material in 9 Objekten untersucht.¹⁵

Holzbauweise (Mittelwert aus 7 Gebäuden)

Rohstoff / Material	Anteil (%)
Mineralische Baustoffe	72,28%
Holz	16,79%
Eisenmetalle	7,15%
Nicht-Eisenmetalle	0,02%
Dämmstoffe	1,81%
Glas	0,56%
Kunststoffe	0,69%
Sonstiges	0,71%

Massivbauweise (Mittelwert aus 2 Gebäuden)

Rohstoff / Material	Anteil (%)
Mineralische Baustoffe	94,14%
Holz	1,78%
Eisenmetalle	2,44%
Nicht-Eisenmetalle	0,31%
Dämmstoffe	0,42%
Glas	0,15%
Kunststoffe	0,54%
Sonstiges	0,23%

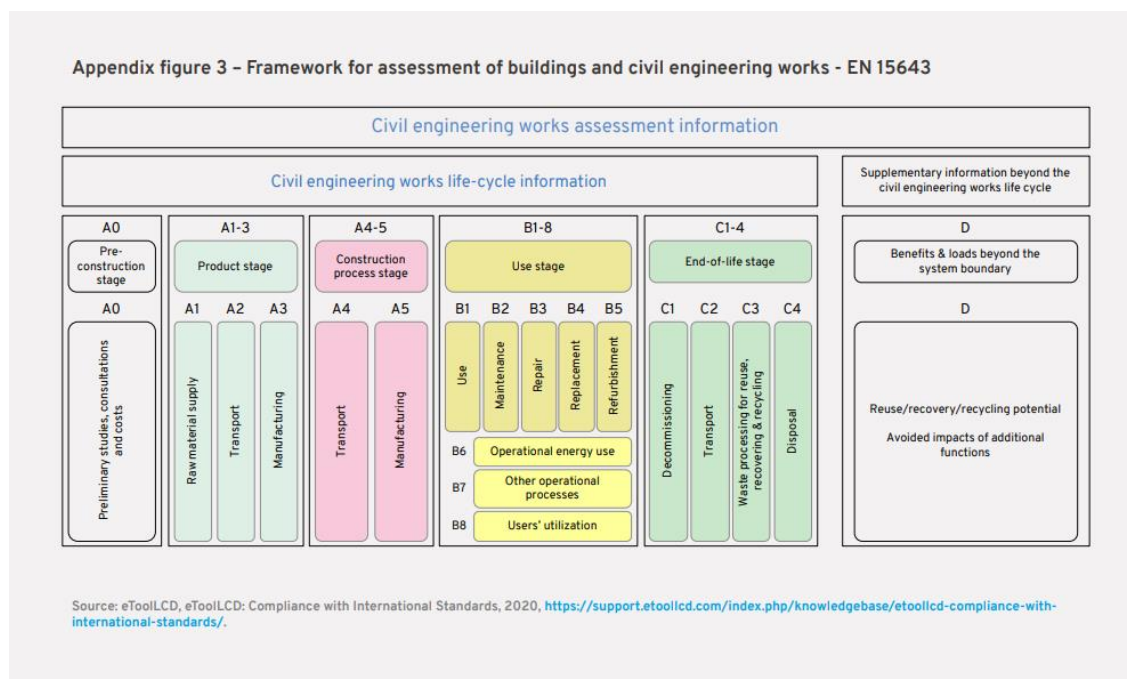
Abbildung 11: Vergleich der Mittelwerte der prozentualen Materialverteilung in der gruppierten Materialaufstellung zwischen Pilotgebäuden in Holzbauweise und Massivbauweise

Unabhängig von der Bauweise lagen in allen Pilotgebäuden die größten Massenanteile in der Kategorie der mineralischen Baustoffe. Bei der Holzbauweise beträgt der Anteil mineralischer Baustoffe über 72,28 %, Holz trägt nur 16,79 % bei. Dies ist auf die große Masse der Bodenplatten, Keller bzw. Fundamente der Gebäude zurückzuführen sowie auf die höhere Dichte der mineralischen Baustoffe gegenüber den meisten anderen Materialfraktionen. Bei der Massivbauweise beträgt der Anteil der mineralischen Baustoffe 94,14 % und der Anteil des Holzes 1,78 %. Bemerkenswert ist es, dass bei der Holzbauweise ein sehr hoher Anteil von Eisenmetallen (7,15 %) vorhanden ist. Bei der Massivbauweise macht der Eisenmetallanteil nur 2,44 % aus. Nichteisenmetalle, Dämmstoffe, Glas, Kunststoffe und Sonstiges machen den Rest aus, unterscheiden sich aber zwischen Holz- und Massivbauweise nicht grundlegend.

Bedenkt man, dass auch in Hochhäusern grundsätzlich aus Brandschutzgründen der Keller beziehungsweise das Fundament sowie ein großer Teil des Innenanteils durch mineralische Baustoffe erfolgt, so relativiert diese Betrachtung die meisten Ökobilanzen (auch der ausgewerteten Studien des

¹⁵ „Wie geht ressourcenschonendes Bauen?“ – Aufzeichnung der Veranstaltung mit Prof. Dr. Natalie Eßig und Ursula Sowa, MdL, vom 23.10.2020 ([Youtube, Minute 50:31](#))

Umweltbundesamtes), welche diesen Punkt ausklammern. Fundament, Keller und z. T. Innenrohnbauten erhöhen die mineralischen Anteile in der Holzbauweise. Dieser Effekt wird aber in vielen Studien nicht thematisiert. Wichtig ist nach Natalie Essig, dass beide Bauweisen nachhaltig sein müssen, z. B. durch einen sehr effizienten Materialeinsatz von Holz. Grundsätzlich sollte die Ökobilanzierung ganzheitlich z. B. nach EN 15643 erfolgen, unter Einbezug aller Baumaterialien und auch der Energieaufwendungen für die Vorketten sowie die möglichen Wiederwendungen von Baumaterial.



Aufgrund des sehr hohen Anteils mineralischer Baustoffe auch in der Holzbauweise gibt es mit großer Wahrscheinlichkeit nur sehr geringfügige Unterschiede bei der Gebäudeerstellung bezüglich der Treibhausgas-Emissionen. Wenn wir von einem Anteil von ca. 15 % Holzanteil bei Holzbauweise (des Materials) ausgehen, so ist zwar ein Kohlenstoffspeicher vorhanden, dieser aber im Grunde genommen begrenzt.

4.6 Globale Diversität der Baumaterialien

Weltweit gibt es eine hohe Diversität von sehr unterschiedlichen Baumaterialien, die in der Regel örtlich vorhanden sind oder erzeugt werden, also z. B. Steine, Ton, Bambus, mineralische Baustoffe, Metalle usw. Mit einer reinen Holzmonologik würden insbesondere traditionelle Baustoffe und Bauweisen substituiert. Dabei würde sehr viel wertvolles Erfahrungswissen beim Bauen verlorengehen.

In Deutschland gibt es eine große Bandbreite von Vorgehensweisen bei der Errichtung von Eigenheimen in Holzbauweisen, die je nach Lage von unter 8,5 % bis zu über 34 % in den diversen Landkreisen liegen kann. Insbesondere in Nord- und Ostdeutschland ist hier der Anteil geringer.

5 Holz-Szenarien für Afrika: Gebäudekosten, Holzmengen und Holzverfügbarkeit

Grundsätzlich besteht die Problematik, dass für eine globale Holzbau-Initiative für über 2 Mrd. Menschen, die bis zum Jahr 2050 hinzukommen, nur die bestehenden Wälder als Holzmenge zur Verfügung stehen. Konkret würde dies zu einer verstärkten Holzverwendung führen, welche auch mit einer Entwaldung verbunden ist sowie zu Konflikten mit örtlichen Waldbewohnern führen könnte. Insgesamt würde eine stärkere Waldbewirtschaftung zu Zielkonflikten mit der biologischen Vielfalt und den Planetary Boundaries führen, wobei die ökologischen Grenzen bereits heute massiv überschritten sind.

Es stellt sich somit die Frage, ob die nötige Holzmenge über Plantagen¹⁶ in einem kurzen Zeitfenster erzeugt werden kann. Studien¹⁷ zeigen, dass 30 % des Industrieholzes (Span- und Faserplatte, Kistenholz, Dämmstoffe, Zellstoff) in Europa durch Pappelholz mit kurzen Ernteintervallen von 8 bis 10 Jahren ersetzt werden kann.

5.1 Wie sieht dies in Ländern des Globalen Südens aus?

Insbesondere für Afrika werden Holzstädte nicht nur als Lösung für eine Kohlenstoffsenke diskutiert, sondern sollen auch Vorteile für die Entwicklung implizieren.¹⁸ Massivholz könnte nach Auffassung des International Institute for Environment and Development (IIED) Teile Afrikas in die Lage versetzen, Stahl und Beton zu ersetzen und eine wichtige Exportindustrie schaffen.

¹⁶ Es handelt sich dabei um Kurzumtriebsplantagen.

¹⁷ Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Anbauempfehlungen 2014

¹⁸ iied Briefing. African timber cities: carbon sinks with development benefits? April 2022 <http://pubs.iied.org/20871iied>

Um den zukünftigen Holzbedarf einzuschätzen, wurden am Beispiel von Afrika, wo bis 2050 ein Zuwachs von rund 1,3 Mrd. Menschen prognostiziert wird, 3 einfache Szenarien mit Referenzwerten von einem deutschen Holzhaushersteller, einem zehnstöckigen Holzhochhaus als auch einem Low-Cost-Hersteller aus Afrika gerechnet.

Bei Holzhochhäusern aus Massivholzelementen beträgt der Holzbedarf rund 79 Mrd. m³. Damit würde der Holzbedarf von derzeit 2 Mrd. m³ Rundholz auf bis zu 5 Mrd. m³ Rundholz pro Jahr ansteigen. Der enorme Holzbedarf von Holzhochhäusern wird insbesondere dann deutlich, wenn man diesen mit dem Holzbedarf von Häusern in Holzrahmenbauweise vergleicht, der um einen Faktor 10 niedriger ist. Zusätzlich muss jedoch berücksichtigt werden, dass für den Keller als auch die Fundamentierung von Holzhochhäusern sowie für den Kern des Treppenhauses eine größere Menge Stahlbeton und Stahl erforderlich ist. Das Ganze hat einen erheblichen Materialverbrauch.

Ein großes Problem sind die mit der Holz-Massivbauweise verbundenen sehr hohen Baukosten. Selbst wenn diese um 2/3 reduziert würden, verblieben hier für Szenario I immer noch rund 50-150 Billionen Euro an Baukosten. Die Einzelbauweise als Holzhaus wäre (nach vergleichbaren Preisen von Südafrika) erheblich günstiger, würde jedoch immer noch 20-25 Billionen Euro betragen. Bedingt sind diese hohen Baukosten insbesondere durch die hohen Kosten pro Quadratmeter, die bei dem Holz-Hochhaus aus Massivbauweise bei 4.500 Euro lagen. Dieser Wert wurde für den Globalen Süden um 2/3 auf 1.500 Euro pro m² reduziert.

Im Vergleich dazu kostet ein Low-Cost-Haus (von einem internationalen Hersteller) nur ca. 150-200 Euro pro Quadratmeter, zum Teil bei Eigenbau auch weniger. Aufgrund der ökonomischen Parameter ist es unwahrscheinlich, dass selbst bei verfügbarem Holz das Holzbau-Szenario I für Afrika mit achtstöckigen Holzhochhäusern realisierbar ist. Grundsätzlich ist es wahrscheinlich auch so, dass die Ökobilanz der Low-Cost-Häuser aufgrund des

erheblich niedrigeren Materialeinsatzes deutlich besser ist als die Variante in Holzmassivbauweise.

Szenario I: Holz-Hochhaus (10 Stockwerke) mit Holzmassivelementen

	Szenario 2050 für 1,2 Mrd. Einwohner in Afrika	Indizes und Annahmen (Referenz SAKAIO ¹⁹)
Wohnraumbedarf	36 Mrd. m ²	Pro Einwohner 30 m ²
Häuser (10 Stockwerke)	11 Mio. Einheiten	3.300 m ² Wohnfläche
Holzbedarf (SKAIO)	79 Mrd. m ³ (1.500 m ³ pro Einheit)	2,20 m ³ pro m ²
Kohlenstoffbindung	79 Mrd. t CO ₂	1.500 t CO ₂ (1 t CO ₂ pro m ³)
Kosten Gesamtkosten (28 Jahre verteilt)	55 Bio. € rund 2 Bio. € pro Jahr	5 Mio. € pro Einheit 1.500 € pro m ²

Szenario II: Klassischer Holzbau (SchwörerHaus)

	Szenario 2050 für 1,2 Mrd. Einwohner in Afrika	Indizes und Annahmen (Referenz SchwörerHaus ²⁰)
Wohnraumbedarf	36 Mrd. m ²	Pro Einwohner 30 m ²
Häuser	275-360 Mio. Einheiten	100-130 m ² Häuser/Wohnungen
Holzbedarf (Einfamilienhaus)	9 Mrd. m ³ (25-35 m ³ pro Einheit)	0,20-0,27 m ³ pro m ²
Kohlenstoffbindung	6-9 Mrd. t CO ₂	25-35 t CO ₂ (0,7-1 t CO ₂ pro m ³)
Kosten Gesamtkosten (über 28 Jahre verteilt)	ca. 20-25 Bio. € rund 1 Bio. € pro Jahr	75.000 € (Mitte) 500-1.000 € pro m ² (Südafrika)

¹⁹ Schlussbericht - SKAIO - Holzbau-Offensive BW ([Quelle](#))

²⁰ Wie viel Holz braucht man für ein Schwörer-Fertighaus? Hausbau Blog 2022 ([Quelle](#))

Szenario III: Low-Cost-Haus für Länder des Globalen Südens (aktuelle Marktpreise)

	Szenario 2050 für 1,2 Mrd. Einwohner in Afrika	Indizes und Annahmen (Low-Cost Africa KARMOND ²¹)
Wohnraumbedarf	36 Mrd. m ²	Pro Einwohner 30 m ²
Häuser	275-360 Mio. Einheiten	100-130 m ² Häuser/Wohnungen
Holzbedarf (Einfamilienhaus)	bis 9 Mrd. m ³ (5-35 m ³ pro Einheit)	0,20-0,27 m ³ pro m ²
Kohlenstoffbindung (je nach Konstruktion)	1-9 Mrd. t CO ₂	1-35 t CO ₂ (0,7-1 t CO ₂ pro m ³)
Kosten	ca. 4-7 Bio. €	15.000-28.000 €
Gesamtkosten (über 28 Jahre verteilt)	150-300 Mrd. € pro Jahr	155-220 € pro m ² (Prefabricated House)

5.2 Holzerzeugung mit Plantagen

Grundsätzlich besteht die Frage, ob die nötige Holzmenge über Plantagen auf der Südhalbkugel erzeugt werden kann. Grundsätzlich sind die geographischen Bedingungen wegen unterschiedlicher Böden und hygrischer Verhältnisse global sehr verschieden, auch bzgl. der möglichen Plantagenpflanzen.²² Da in Brasilien schon lange solche Plantagen bestehen, erfolgt hier eine Betrachtung mit Eukalyptus, der auch in Afrika angebaut wird.

In Brasilien werden (seit den 40er-Jahren) auf rund 6,3 Mio. Hektar (0,6 % der Landesfläche) sog. „Short Rotation Plantations“²³ betrieben, welche primär für die Herstellung von Holzkohle dienen. Grundsätzlich können Volumina von 40-80 m³ bzw. 0,5 (bzw. 0,35)²⁴ t per m³ pro Hektar erzeugt

²¹ Karmod: Affordable housing in Africa – The cheapest house in Africa in 2022 ([Quelle 1](#), [Quelle 2](#), [Quelle 3](#))

²² L. Christersson and K. Verma: Short-rotation forestry – a complement to “conventional” forestry. 2006

²³ Laércio Couto, Ian Nicholas & Lynn Wright: Short Rotation Eucalypt Plantations for Energy in Brazil 2011

²⁴ Francesco Pomponi, Jim Hart, Jay H. Arehart, Bernardino D’Amico, Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits, One Earth, Volume 3, Issue 2, 2020, pp. 157-161, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.018>

werden. Der Durchschnitt liegt bei 60 m³ pro Jahr.²⁵ Die Rotationszeit beträgt dabei 2-6 Jahre. Bei der Verwendung als Industrieholz ist diese in der Regel höher (hier rechnen wir mit 6 Jahren). Für die notwendige Holzmenge von 79 Mrd. m³ wäre eine potenzielle Fläche von 2,6 Mrd. Hektar nötig (mehr als 50 % [4,74 Mrd. Hektar²⁶] der derzeitigen Agrarfläche weltweit für 6 Jahre). Rechnen wir hier 4 Rotationszyklen für 24 Jahre (bis 2050), so müsste die nötige Anbaufläche ca. 650 Mio. (= 6,5 Mio. km²) Hektar groß sein. Brasilien hat theoretisch ein Potenzial von 200 Mio. Hektar, insbesondere auf Weideland und degradierten Flächen.²⁷

Rein theoretisch könnte bzgl. der Fläche die gewaltige Holzmenge von 79 Mrd. m³ (wenn man alle potenziellen Länder einbezieht) auf Plantagen produziert werden. Berücksichtigt werden müssten dabei massive Nutzungskonflikte (z. B. Weideland, Ackerland, natürliche Wälder, Ernährung etc.) sowie auch eine nicht unerhebliche Anlaufzeit, Eigentumsverhältnisse, Transportkosten, Trocknungskosten sowie unterschiedliche Verwendungen z. B. als Pellets etc. – das wäre bis 2050 nur mit planwirtschaftlichen bzw. ökodiktatorischen Instrumenten durchsetzbar. Die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Projektumsetzung ist sehr gering.

Einer der größten Risiken ist dabei die Umwandlung von natürlichen Waldflächen in forstwirtschaftlich genutzten Wald für Plantagen. Derzeit sind nur 3 % der Waldfläche intensiv bewirtschafteter Plantagenwald.²⁸ Von 1990 bis 2020 wurde die Waldfläche durch Forstwirtschaft bzw. Umnutzung um 172 Mio. Hektar reduziert, der natürlich Wald sogar um 296 Mio. Hektar, d. h. insgesamt wurden 124 Mio. Hektar forstwirtschaftlich (z. B. für

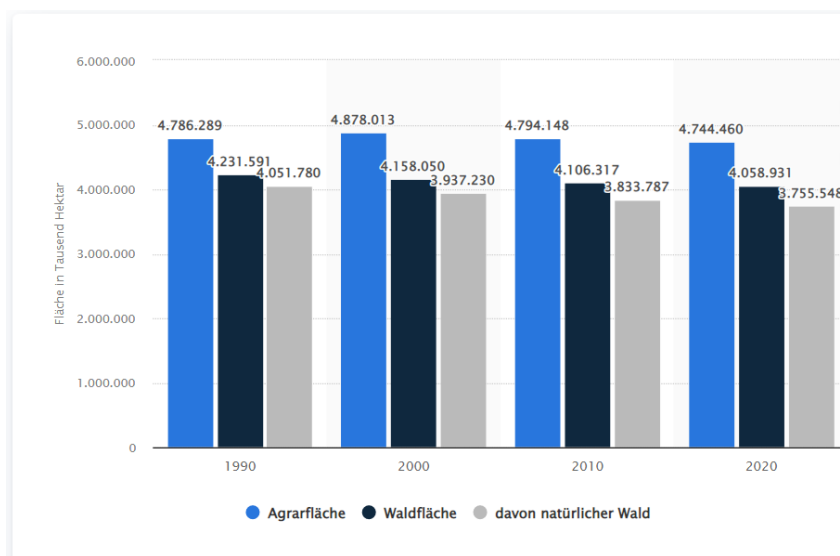
²⁵ Anmerkung: Wieviel davon nach Trocknung übrigbleibt, kann hier nur grob abgeschätzt werden, in der Regel können dies bis zu 50 % Verlust sein. Daher verdoppeln wir alle Rechnungswerte.

²⁶ Statista 2022: Entwicklung der weltweiten Agrarfläche und der weltweiten Waldfläche in den Jahren 1990 bis 2020

²⁷ Laércio Couto, Ian Nicholas & Lynn Wright: Short Rotation Eucalypt Plantations for Energy in Brazil 2011

²⁸ Francesco Pomponi, Jim Hart, Jay H. Arehart, Bernardino D'Amico, Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits, One Earth, Volume 3, Issue 2, 2020, pp. 157-161, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.018>

Palmölplantagen etc.) umgenutzt bzw. aufgeforstet. Würde hier ein globaler Markt entstehen, wäre die Wahrscheinlichkeit hoch, dass der Umnutzungsprozess sich beschleunigt. Ein weiterer Faktor für die Entwaldung sind die Erfordernisse des Ernährungssektors, d. h. die Schaffung von neuer Anbaufläche.²⁹ Die enorme Holzmenge, die für Holzstädte nötig ist, kann nur auf Kosten der natürlichen Waldflächen bzw. durch Kahlschlag bereitgestellt werden.



Entwicklung der weltweiten Agrarfläche und der weltweiten Waldfläche in den Jahren 1990 bis 2020 (Fläche in 1.000 Hektar)
© Statista 2022

²⁹ Christiane Runyan, Paolo D'Odorico: Global Deforestation. 2016, p. 187

6 Begrenzungsfaktoren des globalen Holzbaus

6.1 Brandschutz

Der Brandschutz spielt nicht nur in der nördlichen, sondern auch in der südlichen Hemisphäre eine sehr große Rolle. Brandschutzvorschriften führen dazu, dass in Gebäuden insbesondere das Fundament beziehungsweise der Keller sowie die Treppen in Massivbauweise errichtet werden müssen. Dies impliziert insbesondere bei mehr Mehrgeschosswohnungen einen sehr hohen Anteil mineralischer Baustoffe. Nach den vorhandenen Ökobilanzanalysen ist auch mit einer höheren Verwendung von Stahl zu rechnen.

6.2 Termitenproblem

Ein weiteres Problem, welches den Holzbau insbesondere in der Südhalbkugel der Erde betrifft, ist das Problem der Termiten, welche allein in den USA jährlichen Schaden an Gebäuden von über 5 Mrd. USD anrichten. Zur Prävention von Termitenschäden sind teilweise sehr aufwendige industrielle Prozesse, z. B. intensive und verstärkte Trocknungsprozesse nötig. Hierbei besteht die Notwendigkeit, Holzhäuser mit Unterkonstruktionen zu versehen, welche aus mineralischen Baustoffen bestehen. All dies wirkt sich insgesamt negativ auf die CO₂-Bilanz des Holzwerkstoffes aus.

6.3 Präferenz von Massivbauen in Entwicklungsländern

In vielen Entwicklungsländern hat das Bauen mit mineralischen Baustoffen ein wesentlich höheres Prestige als das Bauen mit konventionellen Holzbaustoffen, welches hier zu einem Akzeptanzproblem führen könnte.

6.4 Probleme des Hitzeschutzes im Holzbau

Durch die geringere Masse im Holzbau spielt der Hitzeschutz eine sehr wichtige Rolle. Holzhäuser, die in der Regel hochenergetisch (geschlossen, mit Lüftungstechnik) gebaut wurden, können sich schnell erhitzen, was

zusätzliche Kühlung nötig macht, was wiederum zu mehr CO₂-Emissionen führen könnte. Insbesondere die häufige Verwendung von Klimaanlage und der damit verbundene höhere Wassereinsatz in den Wohnungen kann sich bauphysikalisch negativ auf die Gebäudekonstruktion auswirken.

6.5 Zielkonflikte mit einem nachhaltigen Flächenmanagement

Insbesondere in Städten kann es zu Zielkonflikten mit dem Flächenmanagement kommen, besonders dann, wenn hier nur begrenzte Höhen für die Errichtung von Holzgebäuden geplant sind. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass immer noch ein großer Teil der Bevölkerung im Jahr 2050 weiterhin im ländlichen Raum leben wird, wo achtstöckige Wohngebäude mehr oder weniger Fremdkörper sind.

6.6 Kostenproblem

Des Weiteren muss berücksichtigt werden, das Gebäude in der Südhalbkugel, insbesondere für die ärmeren Bevölkerungsschichten in der Regel nur 5.000 bis maximal 25.000 USD Kosten verursachen, was u. a. eine sehr vereinfachte Konstruktion der Gebäudeteile voraussetzt. Holzbauten zeichnen sich in der Regel durch sehr komplexe, bauphysikalische Wandaufbauten aus, die zudem mit sehr hohen Kosten (bis zu 4.500 Euro pro m² im Mehrgeschossbau) verbunden sind.

6.7 Synthese der Begrenzungsfaktoren

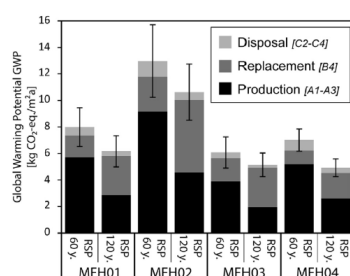
Der potenzielle Anstieg der Nachfrage nach Baustoffholz könnte die Entwaldung und den illegalen Holzeinschlag intensivieren.³⁰ Nach Schätzungen wird die globale Nachfrage in den Jahren 2020-2050 das Angebot um 3.900 Mio. t pro Jahr übersteigen. Der Anbau und das Fällen von Bäumen, die Rodung des Landes, das Sägen, Fräsen, Trocknen, Transportieren und

³⁰ Francesco Pomponi, Jim Hart, Jay H. Arehart, Bernardino D'Amico, Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits, One Earth, Volume 3, Issue 2, 2020, pp. 157-161, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.018>

Bauen erfordert Energie und verursachen Emissionen. Am Ende der Prozesskette wird der im Holz gespeicherte Kohlenstoff wieder in den Kohlenstoffkreislauf zurückkehren. Ob das Sinn macht, hängt von den jeweiligen Umständen ab.

Durch **Materialsubstitution** (Verwendung biogener Materialien mit geringeren grauen Emissionen) können mineralische Baustoffe nur begrenzt substituiert werden. Es bestehen auch, wie der Vergleich von Einfamilienholzhäuser und Holzhochhäusern zeigt, Zielkonflikte zwischen Materialsubstitution, Materialeffizienz (Verwendung von weniger des gleichen Materials) und CO₂-Minderung. Holzhochhäuser benötigen ein Vielfaches an Material, u. a. eine bis zu Faktor 10 höhere Holzmenge (für Holz-Massivbau) im Vergleich zum Holzrahmenhaus. Interessant ist, dass beim Holz-Massivbau (welcher die Grundlage der globalen Kohlenstoffsene sein soll!) nach einer Studie von Häfliger 2017³¹ **das Treibhausgaspotenzial** (über 60 Jahre kalkuliert) am höchsten ist – im Vergleich zum normalen Holzbau– bzw. zur Massivbauweise.

Abbildung 64: Einfluss des Betrachtungszeitraumes auf das Treibhauspotenzial unterschiedlicher Bauweisen



- MFH01 – Massivbauweise
- MFH02 – Holz-Massivbau
- MFH03 – Holzbauweise
- MFH04 – Massivbauweise

Quelle: Häfliger et al. (2017)³¹

³¹ Häfliger, I.-F.; John, V.; Passer, A.; Lasvaux, S.; Hoxha, E.; Ruschi Mendes Saade, M.; Habert, G. (2017): Buildings environmental impacts' sensitivity related to LCA modelling choices of construction materials. In: Journal of Cleaner Production, Elsevier Ltd

Bei 60 Jahren unterscheiden sich effiziente Holzbau- und Massivbauweise nur unwesentlich (ca. 0,5-1 kg CO₂ eq /m²a. Dies entspricht bei 100 m² ca. 15-30 Liter Heizöl pro Jahr. Betrachtet man 120 Jahre, was der Nutzungszeit entspricht, ist die Situation ähnlich. Großflächiger Holz-Massivbau könnte sogar die weltweiten CO₂ Emissionen erhöhen.

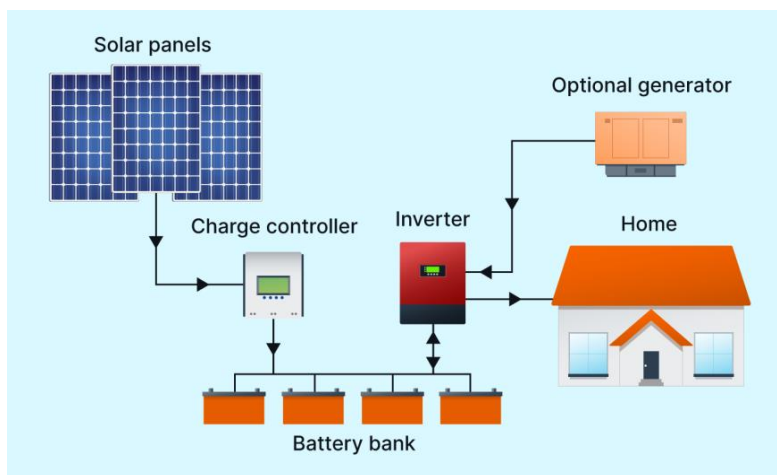
Berücksichtigt werden muss hier auch, dass für notwendige energetische Sanierungen von Gebäuden eine erhebliche Menge von Holz (60 % werden in Deutschland derzeit hier verwendet) global benötigt wird. Einer erhöhten Verwendung von Holz sind somit Grenzen gesetzt. Holz kann einen wichtigen Beitrag für den Klimaschutz leisten, bedingt durch die ökologischen Grenzen der Forstwirtschaft – besonders global – gibt es allerdings Grenzen für die verstärkte Nutzung von Holz. Plantagen können die nötigen Holz-mengen de facto bis 2050 nicht bereitstellen.

Schneller wachsende, biobasierte Materialien (z. B. Bambus und Gräser) mit höheren Erträgen könnten zur partiellen Materialsubstitution (z. B. Dämmplatten aus Holzfasern) beitragen. In diesem Bereich sind jedoch bei größeren Holzmengen weitere interdisziplinäre Studien nötig, um das Potenzial abzuschätzen.³²

Grundsätzlich können im **Low-Cost-Sektor** verstärkt örtlich vorhandene, biobasierte Materialien eingesetzt werden – wenn das nicht bereits (wie z. B. bei Bambus) erfolgt. Ziel wäre eine intelligente Kombination von **hoher Materialeffizienz** mit **optimaler Materialsubstitution**, ergänzt durch **klimaresilientes und gesundes Bauen**, z. B. die Nutzung von Photovoltaik für die Kühlung und Stromerzeugung, sodass diese Gebäude mit geringem CO₂-Aufwand und örtlichen Materialien erstellt werden und im Betrieb klimaneutral sind. Aufgrund der sehr niedrigen Kosten für **On-Grid- bzw. Hybridsolarsysteme** mit einer Photovoltaikanlage von z. B. 10 KW

³² Francesco Pomponi, Jim Hart, Jay H. Arehart, Bernardino D’Amico, Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits, One Earth, Volume 3, Issue 2, 2020, pp. 157-161, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.018>

(ca. 40 m²), einer Batterie, sowie einem Netzanschluss mit einer intelligenten Steuerung könnten in Ländern der Südhalbkugel Low-Cost-Häuser – über die Energieernte mitfinanziert bzw. refinanziert werden. **On-Grid-Anlagen** werden derzeit für rund 12.500 Euro netto als Komplettsysteme angeboten. Bei hohen Sonnenstunden (z. B. in Namibia ca. 3.800 pro Jahr), hoher Erzeugung (bei 10KW > 30.000 kWh/a) und einer entsprechenden Einspeisevergütung (in Namibia 10 Cent kWh), amortisieren sich solche Anlagen in relativ kurzer Zeit (in 5 Jahren). Mit innovativen Finanzierungsinstrumenten (da sich das rechnet) könnte hier nicht nur bezahlbarer Wohnraum für 2 Mrd. Menschen bis 2050 geschaffen werden, zugleich die Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich auf < 1 kg CO₂/a per m² reduziert (Faktor 10 geringer als Holz-Massivbau) werden, sondern gleichzeitig die Lebensqualität für Millionen Menschen, insbesondere bezüglich Gesundheit, erhöht werden.



Ökologische Komponenten, wie z. B. Urban Gardening zur Stärkung der Selbstversorgung oder zur Wasserversorgung, sind ebenfalls denkbar. Bzgl. der Nachhaltigkeit gibt es dazu umfangreiche Studien und Untersuchungen.³³ Entscheidend nach diesen Studien ist, dass sich auch die Ärmsten Wohnungen und Häuser „leisten“ können. Was in verschiedenen Ländern

³³ Jan Bredenoord, Paul Van Lindert, Peer Smets (Ed.) Affordable Housing in the Urban Global South: Seeking Sustainable Solutions. 2014

beobachtet werden kann (z. B. Ägypten), ist das paradoxe Phänomen von Leerstand/Überproduktion durch überteuerte Preise.³⁴ Konventionelle Hausbauten sind für die Ärmsten und damit für den überwiegenden Teil der Bevölkerung im Globalen Süden unerschwinglich. Oftmals werden Häuser (selbst für die Mittelschicht) weit von den Stadtzentren und Arbeitsplätzen gebaut, was mit erhöhten Transportaufwand und Kosten verbunden ist und diese vielfach unattraktiv macht.

Von großer Relevanz ist zukünftig auch der Schutz vor Extremhitze (im Irak gab es 2022 Temperaturen von über 50 Grad) für die Gesundheit von Milliarden von Menschen des Globalen Südens durch bauliche Adaption. Das kann bauphysikalisch erfolgen (Dämmung, Dachüberstände etc.) aber auch durch CO₂-neutrale Kühlung. Die nachhaltigste Lösung für die Gesundheit der Menschheit und der Erde sind Baulösungen, welche beides optimieren und dies mit minimalen Eingriffen in die Kreisläufe der Natur kombinieren. Zusammengefasst: **Planetary Health Cities** statt **Timber Cities** könnte die Zukunft des Bauens im 21. Jahrhundert gehören.

Nachhaltige Baulösungen für eine gesunde Erde und eine globalen Bauwende werden nur dann gelingen, wenn die **regionale Material-Diversität** und die damit verbundenen Erfahrungen und das aufgebaute traditionelle Wissen bzgl. traditioneller Baumaterialien erhalten bleibt – statt diese durch eine **globale Holzmonologik** zu substituieren. Grundsätzlich sollten alle neuen Gebäude des Globalen Südens klimaneutral im Betrieb sein. Mit einer nachhaltigen Optimierung konventioneller Low-Budget-Häuser kann für 2 Mrd. Menschen (bis 2050) menschenwürdiger Wohnraum geschaffen werden – was mit achtstöckigen Holzhochhäusern allein aufgrund der Kosten nicht möglich sein wird. Dies nicht nur in urbanen Räumen sondern auch im ländlichen Raum. Schätzungen zufolge lebten 2010 828 Mio. Menschen in Entwicklungsregionen in Slums, was 1/3 der gesamten städtischen

³⁴ Jan Bredenoord, Paul Van Lindert, Peer Smets (Ed.) Affordable Housing in the Urban Global South: Seeking Sustainable Solutions. 2014, p. 399

Bevölkerung dieser Regionen entspricht (mehr als 70 % in vielen Ländern Afrikas südlich der Sahara)³⁵. Der Bedarf von menschwürdigen Wohnungen in Afrika kann für diese große Anzahl von Menschen (ca. 200 Mio.) im Grunde nur low-cost gedeckt werden.

Ein sehr erfolgreicher Ansatz zur Vermeidung von vielfältigen Planungsfehlern für Bauprojekte ist der in Asien bewährte „*community-driven development*“-Ansatz. Sowie hinsichtlich der Kosten sehr diverser Projekte im Vergleich zu kostengünstigen Lösungen wie z. B. „*self-building housing packages*“. Am Ende zählt eine gute Balance von Erschwinglichkeit, Nachhaltigkeit und Lebensqualität.³⁶ Das ist auch die Linie von **UN-Habitat**.³⁷

Grundsätzlich ist eine verdichtete Bebauung mit Holzhochhäusern in Städten des Globalen Südens durchaus eine mögliche Option, wenn diese erschwinglich sind und nicht auf Kosten der ökologischen Tragfähigkeit der Wälder und Nutzungskonflikte gehen. Referenzprojekte, besonders bezüglich der bauphysikalischen Auswirkungen, des Hitzeschutzes sowie des Termitenproblems etc., fehlen jedoch.

Dass Holz im Baubereich je nach ökologischer Verfügbarkeit und Haustyp verstärkt genutzt werden sollte, ist aus Nachhaltigkeitssicht einleuchtend. Allerdings muss am Ende das richtige Maß ökonomisch, ökologisch und sozial realisiert werden, insbesondere sollte die Gebäude bezahlbar bleiben.

Aufgrund dieser Begrenzungsfaktoren und insbesondere des tatsächlichen Anteils von mineralischen Baustoffen im Holzbau ist das Potenzial von Holz zwar vorhanden, jedoch bzgl. der Errichtung von Holzstädten zur Lösung des Klimaproblems weltweit begrenzt. Francesco Pomponi et al. ziehen ein

³⁵ UN-Habitat: Sustainable Housing for Sustainable Cities: A Policy Framework for Developing Countries. 2012

³⁶ Jan Bredenoord, Paul Van Lindert, Peer Smets (Ed.) Affordable Housing in the Urban Global South: Seeking Sustainable Solutions. 2014

³⁷ UN-Habitat: Sustainable Housing for Sustainable Cities: A Policy Framework for Developing Countries. 2012, p. 48

vergleichbares Fazit: Für die meisten Länder der Welt ist eine reine Holzlösung weder möglich noch wünschenswert.³⁸

³⁸ Francesco Pomponi, Jim Hart, Jay H. Arehart, Bernardino D'Amico, Buildings as a Global Carbon Sink? A Reality Check on Feasibility Limits, One Earth, Volume 3, Issue 2, 2020, pp. 157-161, ISSN 2590-3322, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.018>

7 Implikationen: Nachhaltiges Bauen im Kontext der Agenda 2030

Um einen klimaneutralen Gebäudebestand in Deutschland zu erreichen, müssten in den nächsten 20-25 Jahren rund 80 % des gesamten Gebäudebestand energetisch saniert und modernisiert werden. Die Kosten werden hierfür auf 3-4 Billionen Euro geschätzt. Was in der deutschen Holzdebatte noch nicht realisiert wurde, ist, dass hierfür erhebliche Mengen Bauholz nötig sein werden (2/3 des jetzigen Bauholzes wird für die Sanierung/Modernisierung verwendet) – welches aus einheimischer Produktion nur in Teilen verfügbar ist. Völlig unklar ist, wie hoch hier zukünftig bis 2045 die benötigte Holzmenge in Deutschland/Europa im Rahmen des Gebäudeenergiegesetzes ist. Hierzu bedarf es weiterer Studien. Derzeit gibt es in Deutschland noch genügend Holz (von der Forstwirtschaft) für einen höheren Anteil an Holzhäusern. Grundsätzlich werden insbesondere Fertighäuser hybrid gebaut, d. h. mit einem hohen Anteil an Holz, z. B. im Dachstuhl. Mit Bauholz sollte effizient und sparsam umgegangen werden.

Wälder sind eine sehr kostbare Ressource. Grundsätzlich soll eine **Kaskadennutzung** präferiert werden und die Holznutzung 100 % nachhaltig im Einklang mit den Ökosystemen erfolgen (was derzeit nicht gesichert ist). Thermische Nutzung sollte möglichst nur am Ende der Kaskade bzw. bei Restholz und Abfällen erfolgen. „Geerntetes“ Holz wird in Gebäuden, Möbeln etc. genutzt. Über Pyrolyse kann Altholz unter Wärmeerzeugung zur Produktion von Bio- und Holzkohle genutzt werden. Diese stellen einen wichtigen Bodenverbesserer dar. Die Holzkohle hat als „Removal“ einen hohen ökonomischen Wert im Klimabereich. Für Kurzumtriebsplantagen gilt das selbe wie für Altholz. Das biogene Material ist vor allem vorteilhaft für die Produktion von synthetischen Kraftstoffen.

Bei der Verwendung muss strikt auf hohe Standards der **Zertifizierung** geachtet werden. Die Zertifizierungssysteme müssen hierzu ständig verbessert und an die aktuellen weltweiten Entwicklungen angepasst werden. Dies gilt auch fürs Brennholz. Holz hat eine wichtige Rolle für das Bauen, auch

für den Innenausbau, Sanierungen und einfache Neubauten. Es ist aber nicht der Schlüssel zu einem in Breite nachhaltigkeitskonformen Gebäudebestand.

Grundsätzlich stellt sich die Frage nach intelligenten Alternativen. Eine Option wäre z. B. der Einsatz von Methanol und synthetisches Methan als Wärmeenergie in Neu- und Altbauten – statt kostenaufwendiger Komplettsanierungen. Aufgrund von niedrigen Erzeugungskosten pro kWh (< 1 Cent) durch Photovoltaik in Ländern des Globalen Südens (verbunden mit zukünftig hoffentlich deutlich geringeren Kosten von Direct Air Capture) wäre es wahrscheinlich nicht nur wirtschaftlicher, sondern evtl. sogar ökologischer, auf kostenintensive Komplettsanierungen zu verzichten. Hierzu wäre eine Fortschreibung bzw. Modifikation des Energiegebäudegesetz zielführend.

Nachhaltiges Bauen bedeutet eine intelligente Verbindung von hoher Materialeffizienz mit Substitution von CO₂-intensiven Baustoffen bzw. Prozessen. Hier gibt es noch reichlich Potenzial zur Optimierung der energetischen Prozesse und der Ökobilanz von Baumaterialien, z. B. durch Wiederverwertung von mineralischen Baustoffen, „Carbon Capture and Storage“ bei der Zementproduktion bzw. CO₂-neutraler Energieeinsatz. Was ändert sich bei 100 % erneuerbaren Energieeinsatz der Bauwirtschaft (der im Grunde 2045 vollzogen sein sollte) für die Treibhausgas-Emissionen der Baumaterialien?

Die Grundsätze der **„Sicherung der Technologieoffenheit“** und der **„Sicherung der Wirtschaftlichkeit“** im Gebäudeenergiegesetz sollten aufgrund der tatsächlichen Materialverteilung in Massiv- und Holzbauten unbedingt beibehalten werden. Dies gilt auch in nachgelagerten Verordnungen bzw. staatliche Förderinstrumenten wie solche von der KfW. Zur Sicherung der Wälder sollte in Deutschland nur 100 % zertifiziertes Bauholz (statt derzeit 50 %) verwendet werden. Dies gilt auch fürs Brennholz.

Die verfügbare Holzmenge ist für die vielen wünschenswerten Nutzungsformen viel zu klein. Das war schon vor 300 Jahren zur Zeit von **Hans Carl von Carlowitz** so. Letztlich muss und wird der weitere technische Fortschritt der entscheidende Hebel zur Lösung der Klimaprobleme, bei gleichzeitigem Erhalt und Ausbau des Wohlstands für immer mehr Menschen, sein. Der Beitrag der Wälder zum Klimaschutz ist groß. Er sollte dennoch nicht überschätzt werden.