

# CO<sub>2</sub>-BILANZIERUNG FÜR BAUSTOFFE

Beurteilung des Treibhauspotenzials  
von biobasierten Bauprodukten

deutschsprachige Fachübersetzung der Studie  
CA4BM- Carbon Accounting for Building Materials

Die Studie Carbon Accounting for Building Materials (CA4BM) untersucht das Treibhausgas-Speicherpotenzial von biobasierten Bauprodukten, insbesondere Holz. Das Minderungspotenzial wurde bewertet, indem die CO<sub>2</sub>-Menge, die in Holzprodukten im Bauwesen gespeichert werden kann, mit der auf globaler und europäischer Ebene angestrebten Gesamtreduktion der Treibhausgasemissionen verglichen wurde.

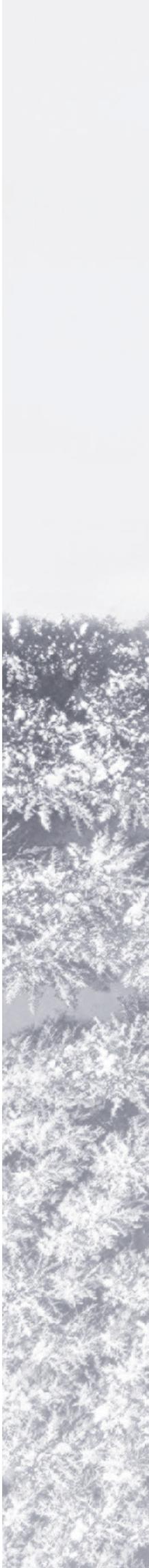
Geht man davon aus, dass alle im Bausektor eingesetzten Holzprodukte aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen (d. h. CO<sub>2</sub>-Neutralität innerhalb der Wald-ökosysteme), was auf globaler Ebene sicher sehr zweifelhaft ist, und nimmt man zudem an, dass das gesamte CO<sub>2</sub> permanent in den Holzprodukten gespeichert ist (was nicht der Fall ist), dann könnten Holzprodukte im Bauwesen unter Berücksichtigung realistischer marktlicher Volumina auf globaler Ebene mit 0,8 % und auf der Ebene der EU-27 mit 1,8 % zur Verringerung der Treibhausgasemissionen beitragen. Betrachtet man das Potenzial zur Verringerung der Erderwärmung, so entsprechen diese Anteile für das Holzproduktepotenzial auf globaler und EU-27-Ebene 0,02 bzw. 0,002 Grad Celsius vermiedener Erwärmung.

Das Potenzial von Holzprodukten im Bauwesen ist somit relativ gering (0,8 %), wenn man bedenkt, dass der Gesamtbeitrag von Gebäuden zu den jährlichen globalen Treibhausgasemissionen 21 % beträgt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, dass alle Sektoren bei ihren Dekarbonisierungsstrategien Fortschritte erzielen.

Den Herausgebern geht es dabei ausdrücklich nicht darum, einzelne Bauweisen wie die Holzbauweise zu diskreditieren. Vielmehr soll „Mythen“ mit Fakten begegnet werden, damit realistische Bewertungen statt „Halbwissen“ in der Baustoffdebatte Priorität gewinnen.

Im November 2023

Die Herausgeber der deutschsprachigen Version



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Der globale Kohlenstoffkreislauf .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Zeitpunkte und Auswirkungen der CO<sub>2</sub>-Speicherung .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Kritische Betrachtung des Prinzips der CO<sub>2</sub>-Neutralität .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Bewertung der IPCC- und EU-Fahrpläne für Treibhausgasemissionen.....</b>	<b>8</b>
5.1	IPCC-Bericht und Fahrpläne .....	8
5.2	Bewertung der EU-Fahrpläne für Treibhausgasemissionen.....	9
5.2.1	Lastenteilung und Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen .....	9
5.2.2	Nationale Ziele für die Forstwirtschaft.....	10
5.3	Fazit zu Fahrplänen .....	11
<b>6</b>	<b>Folgen der Massenversorgung mit Holz: Kann das Angebot die Nachfrage decken?.....</b>	<b>12</b>
6.1	Historisches und aktuelles lokales und europäisches Holzangebot.....	12
6.2	Holzbilanz von sieben EU-Mitgliedstaaten .....	13
6.3	Bewertung der Prozesseffizienz für Abfallszenarien.....	14
6.4	Fazit zu den Folgen der Massenversorgung mit Holz.....	16
<b>7</b>	<b>Bewertung der Consequential LCA der Massenversorgung mit Holz.....</b>	<b>16</b>
7.1	Attributional LCA und Consequential LCA.....	16
7.2	Literaturauswertung zum Einsatz von Forstprodukten unter Anwendung der Consequential LCA	17
7.3	Betrachtungen zum Substitutionseffekt .....	18
7.4	Fazit zur Consequential LCA.....	19
<b>8</b>	<b>Auswertung von LCA-Datenbanken und EPD-Beurteilung der THG-Emissionen .....</b>	<b>20</b>
8.1	Bewertung von LCA-Datenbanken .....	20
8.2	Bewertung von Produktkategorieregeln und Umweltproduktdeklarationen.....	21
<b>9</b>	<b>Temporäre CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten im Bauwesen.....</b>	<b>23</b>
<b>10</b>	<b>Minderungspotenzial temporärer CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten .....</b>	<b>25</b>
10.1	Globale THG-Emissionen und Reduktionsmaßnahmen .....	25
10.2	Größenordnung der Netto-Kohlenstoffsенke für Holzprodukte im Bauwesen.....	27
10.3	Reduktionsziele der EU-27 für THG-Emissionen .....	28
10.4	Kohlenstoffsенke von Holzprodukten in den EU-27 aus Sicht des Klimaschutzes .....	28
10.5	Fazit.....	30

## 1 Einleitung

Die Wirtschaft unter dem Strich CO<sub>2</sub>-neutral zu machen („Netto Null“), ist eine der wichtigsten Säulen des europäischen Green Deal. Um die richtigen Maßnahmen und Entscheidungen zur Eindämmung des Klimawandels treffen zu können, bedarf es unter anderem einer objektiven Bewertung der Umweltauswirkungen von Baustoffen und -produkten.

Das Treibhauspotenzial (GWP) ist eine der Wirkungskategorien der Ökobilanzierung (Life-Cycle Analysis, LCA), einer wissenschaftlichen Methode zur Analyse der Umweltauswirkungen von Waren und Dienstleistungen während ihres gesamten Lebenszyklus. Im Bausektor wird diese Methode zur Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen (EPD) verwendet, den „Bausteinen“, auf deren Basis umfassende Bewertungen auf Gebäude- und Infrastrukturebene durchgeführt werden.

Im Rahmen dieser Perspektive kooperierten wichtige europäische und globale Akteure im Bereich der Bauprodukte in einem Konsortium, um den wissenschaftlichen Kenntnisstand in Bezug auf GWP-Bewertungsmethoden zu erweitern. Dieses Konsortium gab die im vorliegenden Bericht zusammenfassend dargestellte Studie in Auftrag. Die Studie wurde in Kooperation zwischen LBPSIGHT und Royal HaskoningDHV<sup>1</sup> erstellt und untersucht die wissenschaftlichen Grundlagen der Prinzipien der CO<sub>2</sub>-Speicherung in (Bau)produkten aus Holz, die Auswirkungen der Massenversorgung mit Holz auf die Produktionskette in der europäischen Forstwirtschaft, die Art und Weise, wie Treibhausgasemissionen und das GWP in der Methodik von Umweltverträglichkeitsprüfungen (insbesondere der Ökobilanzierung und der zugrunde liegenden Datenbanken) berücksichtigt werden, sowie das Potenzial der temporären CO<sub>2</sub>-Speicherung für die Eindämmung des Klimawandels. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde der regulatorische Rahmen auf Ebene der EU sowie für ausgewählte EU-Mitgliedstaaten bewertet, um Erkenntnisse über den aktuellen Stand, die Besonderheiten (in Bezug auf das „Was“ und „Wann“), die Klarheit und die Anwendbarkeit von Strategien, Fahrplänen und Standards zu gewinnen.

Die Ergebnisse der Studie sind ebenfalls auf andere Bauproduktsektoren übertragbar und werden hoffentlich zu größerer Klarheit und Transparenz bei der Beurteilung der Beiträge zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen führen.

1 Royal HaskoningDHV hat die Holzlieferkette näher untersucht.

## 2 Der globale Kohlenstoffkreislauf

Im Erdsystem ist Kohlenstoff in der Lithosphäre (als Karbonatgestein), in Sedimenten (als organisches Material oder Karbonate), im Meer- und Süßwasser, in Böden und terrestrischer Biomasse sowie in der Atmosphäre vorhanden oder gespeichert. Das bei weitem größte dynamische Kohlenstoffreservoir ist das Tiefwasser der Ozeane, das schätzungsweise 80 % des Kohlenstoffs im Erdsystem (gerechnet ohne Lithosphäre) enthält (siehe Grafik 1). Die Zahlen in den Kästen stehen für die Masse des Reservoirs bzw. die Kohlenstoffsenken in Petagramm Kohlenstoff (1 Pg C = 1 Gigatonne C).

### Grafik 1

Grafische Darstellung des globalen Kohlenstoffkreislaufs (Quelle: IPCC)

Der globale Kohlenstoffkreislauf umfasst die mechanischen, chemischen und biologischen Prozesse, die den Kohlenstoff zwischen diesen Reservoirs transportieren. Die Kohlenstoffreservoirs im Erdsystem werden oft auch als „Senken“ oder „Pools“ bezeichnet, und für den Transport von Kohlenstoff zwischen den Reservoirs wird der Begriff „Fluss“ verwendet. Kohlenstoffsenken für anthropogenes CO<sub>2</sub> sind hauptsächlich Ergebnis physikalischer Prozesse im Ozean und in der terrestrischen Biosphäre, die den Austausch von Kohlenstoff zwischen den verschiedenen Reservoirs an Land, im Ozean und in der Atmosphäre fördern. Die Nordhalbkugel stellt die größte terrestrische Senke dar, während die Südhalbkugel die größte ozeanische Senke aufweist. Die Meereszirkulation und thermodynamische Prozesse spielen eine entscheidende Rolle bei der Kopplung der globalen Kohlenstoff- und Energie(Wärme-)kreisläufe.

Die Verbrennung fossiler Brennstoffe und Landnutzungsänderungen führten im Zeitraum von 1750 bis 2019 zur Freisetzung von etwa 2.600 Gt CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre. Davon befinden sich heute noch etwa 41 % in der Atmosphäre. Von den gesamten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen entfielen etwa 64 % auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe, wobei der Anteil in den letzten 10 Jahren auf 86 % gestiegen ist. Der verbleibende Teil ist auf Landnutzungsänderungen zurückzuführen.

### **3 Zeitpunkte und Auswirkungen der CO<sub>2</sub>-Speicherung**

Wird das Verfahren des Carbon Dioxide Removal (CDR; aktive Entnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre) in Zeiträumen angewandt, in denen menschliche Aktivitäten Netto-CO<sub>2</sub>-Quellen für die Atmosphäre darstellen und die Menge der durch CDR eliminierten Emissionen geringer ist als die Nettoquelle (nettopositive CO<sub>2</sub>-Emissionen), kommt es durch CDR zu einer Verringerung der Nettoemissionen. In diesem Szenario wird ein Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Atmosphäre durch Senken an Land und in den Ozeanen beseitigt, was sowohl historisch als auch gegenwärtig der Fall ist.

Werden durch CDR mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen beseitigt, als der Mensch ausstößt (nettonegative CO<sub>2</sub>-Emissionen), und sinkt die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration, werden die Senken an Land und in den Ozeanen zunächst weiterhin CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre aufnehmen. Das liegt daran, dass Kohlenstoffsinken – insbesondere die Ozeane – eine erhebliche Trägheit aufweisen und weiterhin auf den vorhergehenden Anstieg der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration reagieren. Nach einem gewissen Zeitraum, der durch die Größenordnung der Entnahme und die Rate und Menge der CO<sub>2</sub>-Emissionen vor der Anwendung von CDR bestimmt wird, beginnen die Kohlenstoffsinken an Land und in den Ozeanen, CO<sub>2</sub> an die Atmosphäre abzugeben, was die Wirksamkeit der CDR mindert.

Aus Sicht von geologischen Zeithorizonten ist jedwede Speicherung von Kohlenstoff aufgrund der Dynamik des Erdsystems (z. B. der Plattentektonik) per Definition nur vorübergehend. Kohlenstoffsinken werden durch Prozesse wie die Zirkulation und Umwälzung der Tiefsee, Subduktion, Metamorphose und Verwitterung der kohlenstoff- bzw. karbonathaltigen Lithosphäre letztlich wieder zu Quellen. Innerhalb des Zeitrahmens des postindustriellen anthropogenen Anstiegs der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre liegt die temporäre CO<sub>2</sub>-Speicherung jedoch im Bereich eines Zeitraums von 100 Jahren bis zum Jahr 2100.

### **4 Kritische Betrachtung des Prinzips der CO<sub>2</sub>-Neutralität**

Alle Länder, die das Pariser Abkommen als Teil des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) unterzeichnet haben, müssen ihre Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) verringern. Ein spezifisches Ziel des Pariser Abkommens ist die Erreichung der CO<sub>2</sub>-Neutralität bis zum Jahr 2050. Dies ist dann der Fall, wenn sämtliche CO<sub>2</sub>-Emissionen durch CO<sub>2</sub>-Bindung ausgeglichen sind. In der Natur wird diese Neutralität

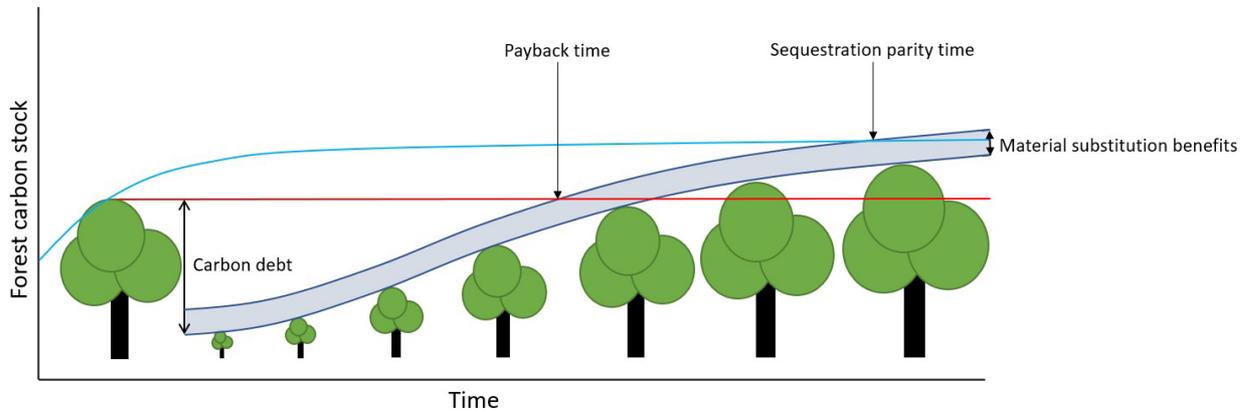
automatisch erreicht: Das gesamte während der Lebensdauer eines Organismus freigesetzte CO<sub>2</sub> wird letztlich von (anderen) Organismen, wie etwa Pflanzen, wieder aufgenommen. Die anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen übersteigen jedoch gegenwärtig die natürliche CO<sub>2</sub>-Entnahme, so dass in der Atmosphäre ein Ungleichgewicht entsteht, das zum Klimawandel führt. Um die anthropogene CO<sub>2</sub>-Neutralität im Jahr 2050 zu erreichen, sind Maßnahmen umzusetzen, die zu einer höheren CO<sub>2</sub>-Entnahme und damit zu niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen führen.

Die Forstwirtschaft und die sich daran anschließende biobasierte Produktion sind wichtige, für die Regierungen verfügbare Instrumente zur Eindämmung des Klimawandels, denn das atmosphärische CO<sub>2</sub> wird vom Holz aufgenommen. Wird Holz für langlebige Holzprodukte verwendet, wird das CO<sub>2</sub> lange genug aus der Atmosphäre entnommen, um den Klimawandel indirekt zu begrenzen oder einzudämmen. Da Holz als CO<sub>2</sub>-neutrale Alternative zu fossilen kohlenstoffbasierten Produkten gilt, stellt sich die Frage, ob Holzprodukte wirklich CO<sub>2</sub>-neutral sind und in welchen Fällen das Neutralitätsprinzip möglicherweise nicht gilt.

Grundsätzlich ist ein natürliches, unbewirtschaftetes Waldökosystem stets CO<sub>2</sub>-neutral: Die durch Zersetzung von Pflanzenmaterial und Atmung entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen entsprechen der CO<sub>2</sub>-Aufnahme (Sequestrierung) durch Photosynthese. Durch die Ernte von Bäumen wird das gebundene CO<sub>2</sub> aus dem Waldsystem entfernt. Ein sich regenerierender Jungwald gleicht das verlorene CO<sub>2</sub> durch das Wachstum neuer Bäume aus. Die Regenerationszeit des Waldes übersteigt jedoch den Zeitraum des CO<sub>2</sub>-Verlustes, was zu einem vorübergehenden, als **CO<sub>2</sub>-Schuld** bezeichneten CO<sub>2</sub>-Ungleichgewicht führt. Die Zeit, die der neue Wald benötigt, um die CO<sub>2</sub>-Schuld auszugleichen, indem er so viel CO<sub>2</sub> aufnimmt, wie nach dem Holzeinschlag aus dem System verloren ging, wird als **CO<sub>2</sub>-Rückflusszeit** bezeichnet. Hätte keine Holzernte stattgefunden, wäre der Wald wahrscheinlich weiter gewachsen, hätte mehr CO<sub>2</sub> aufgenommen und sich schließlich stabilisiert. Die Zeit, die der neue Wald nach der Holzernte benötigt, um die CO<sub>2</sub>-Menge zu binden, die im System gespeichert worden wäre, wenn keine Ernte stattgefunden hätte, wird als **Paritätszeit für die CO<sub>2</sub>-Bindung** bezeichnet.

Wird also Holz anstelle CO<sub>2</sub>-intensiverer Stoffe wie kunststoffbasierter Produkte oder konventionell hergestelltem Beton und Stahl verwendet, kommt es unter dem Strich zu einer Minderung der CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen. Für die Folgenabschätzung können diese durch **Materialsubstitution** vermiedenen („weggelassenen“) CO<sub>2</sub>-Emissionen auch für die Beurteilung von Materialien hinsichtlich ihrer CO<sub>2</sub>-Neutralität herangezogen werden. Denn durch die vermiedene Verwendung CO<sub>2</sub>-intensiverer Materialien verringert sich die atmosphärische Netto-CO<sub>2</sub>-Konzentration. Die CO<sub>2</sub>-Neutralität von Holzprodukten hängt jedoch auch davon ab, was mit den Produkten nach der Ernte geschieht. So verursachen beispielsweise der Transport und die Verarbeitung des Rohholzes ebenso wie die Verbrennung und Zersetzung der geernteten Holzprodukte am Ende des Lebenszyklus CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die zwischen diesen Faktoren herrschende Dynamik ist unten dargestellt. Die blaue Kurve zeigt die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Gehalts des Waldes für den Fall, dass keine Holzernte stattfindet. Die rote Kurve zeigt den CO<sub>2</sub>-Gehalt des Waldes zum Zeitpunkt der Holzernte.



Will man durch eine Ökobilanzierung (**LCA**) nachweisen, dass ein **Produkt** CO<sub>2</sub>-neutral ist, können diese CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Materialsubstitution jedoch nicht berücksichtigt werden, da die Emissionen aus anderen Materialien die Emissionen aus dem Produktlebenszyklus nicht beeinflussen.

Damit Holzprodukte wirklich CO<sub>2</sub>-neutral sind, muss die CO<sub>2</sub>-Aufnahme der Wälder während ihres Wachstums den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Landnutzungsänderungen, Waldbewirtschaftung, Abholzung, Transport, Verarbeitung und schließlich Verbrennung oder Zersetzung des Holzmaterials entsprechen. Dies bringt sowohl eine räumliche als auch eine zeitliche Herausforderung mit sich, da Emissionen und Entnahmen in verschiedenen Gebieten und über verschiedene Zeiträume hinweg stattfinden.

Folglich werden vom IPCC Minderungsoptionen auf der Angebotsseite vorgeschlagen, die die Fähigkeit der Wirtschaftswälder, als Kohlenstoffsenken zu fungieren, verbessern könnten (durch Verringerung der Abholzung, Aufforstung/Wiederaufforstung, Waldbewirtschaftung und -wiederherstellung).

Im Grunde kann ein Waldsystem entweder CO<sub>2</sub>-positiv, CO<sub>2</sub>-neutral oder CO<sub>2</sub>-negativ sein – je nachdem, welches Gleichgewicht sich zwischen den Prozessen der Emission, Sequestrierung und Vermeidung einstellt. Langfristig kann die Substitution fossiler kohlenstoffbasierter Produkte durch Holz vorteilhaft sein, wenn die CO<sub>2</sub>-Aufnahme die Emissionen aus der Forstwirtschaft übersteigt und die Produktionsprozesse der substituierten Materialien nicht dekarbonisiert werden. Kurzfristig jedoch sind die Auswirkungen einer verstärkten Holzverwendung vernachlässigbar oder können unter dem Strich sogar CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen. Effizienz- und Nachhaltigkeitssteigerungen der derzeitigen Produktionsprozesse anderer Materialien wie Aluminium, Stahl und Beton wirken sich tendenziell stärker aus.

Berücksichtigt man alle Faktoren, die die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Holzprodukten beeinflussen, wird der Begriff der CO<sub>2</sub>-Neutralität etwas unscharf. Daher ist entsprechend dafür Sorge zu tragen, dass alle vorgenannten Faktoren in eine umfassende Ökobilanzierung von Holzprodukten (und damit auch anderer biobasierter Materialien) einfließen.

## 5 Bewertung der IPCC- und EU-Fahrpläne für Treibhausgasemissionen

### 5.1 IPCC-Bericht und Fahrpläne

Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ist ein Gremium der Vereinten Nationen, das sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels befasst. Er bewertet die wissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels, seine Auswirkungen und künftigen Risiken sowie Möglichkeiten zur Anpassung und Minderung. Diese Beurteilungen werden von drei Arbeitsgruppen mit jeweils eigenem Schwerpunkt durchgeführt.

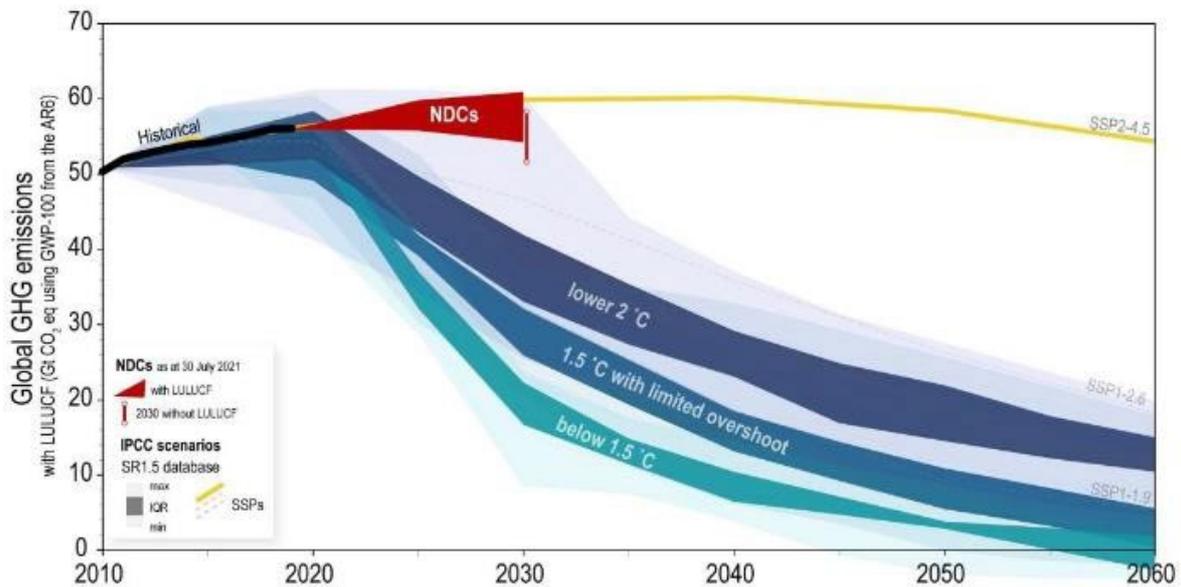
Der IPCC legt zwar selbst keine globalen Klimaziele fest, seine Sachstandsberichte bilden jedoch eine wissenschaftliche Grundlage für politische Entscheidungsträger auf der ganzen Welt. Hierfür hat das Gremium in seinem fünften Sachstandsbericht vier zukünftige Klimaszenarien (Representative Concentration Pathways; repräsentative Konzentrationspfade, im Folgenden RCPs) erstellt und empfiehlt Maßnahmen auf der Grundlage der Auswirkungen dieser Szenarien. Im Beitrag der ersten Arbeitsgruppe (WG I; naturwissenschaftliche Grundlagen des Klimawandels) zum sechsten Sachstandsbericht wurden fünf neue Klimaszenarien (Shared Socioeconomic Pathways; projizierte globale sozioökonomische Veränderungen, im Folgenden SSPs) vorgestellt. Diese decken ein breiteres Spektrum von Treibhausgas- und Luftschadstoffsznarien ab als die RCPs. Anzumerken ist, dass die finale Überarbeitung des Berichts noch aussteht.

Sowohl die RCPs als auch die SSPs sind durch das Niveau des Strahlungsantriebs gekennzeichnet, das sie im Jahr 2100 erreichen. Der Strahlungsantrieb ist die in  $W/m^2$  angegebene Änderung der Nettosonneneinstrahlung (Einstrahlung minus Ausstrahlung) auf die Erde und wird in den Anstieg der globalen Oberflächentemperatur in Grad Celsius umgerechnet.

Ausgehend vom fünften IPCC-Sachstandsbericht wurde das Pariser Klimaabkommen ausgearbeitet. Im Rahmen dieses Übereinkommens verpflichteten sich weltweit 196 Länder, die globale Erwärmung bis zum Jahr 2100 auf höchstens 2 Grad Celsius zu begrenzen, wobei das Ziel einer maximalen Erwärmung von 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau angestrebt wird.

#### *Nationaler Klimaschutzbeitrag*

Im Rahmen des Pariser Abkommens von 2015 mussten alle Länder, die sich zur Umsetzung verpflichtet hatten, einen nationalen Beitrag (Nationally Determined Contribution, NDC) vorlegen, in dem sie ihre Pläne zur Minderung der Treibhausgasemissionen und zur Erreichung des Ziels einer Erwärmung um maximal 1,5 Grad Celsius darstellen. Die NDCs wurden im Jahr 2021 aktualisiert, um die neuesten Klimaschutzstrategien zu berücksichtigen. Das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) hat zu den NDCs einen Synthesebericht erstellt und sie mit den im IPCC-Sonderbericht über die Erwärmung um 1,5 Grad Celsius dargestellten Pfaden verglichen. Dabei kam man zu dem Schluss, dass die geschätzten globalen Emissionen zwar nach der Aktualisierung der geplanten NDCs gesenkt werden, die derzeitigen NDCs aber immer noch nicht ausreichen, um das Ziel zu erreichen (siehe Grafik 2 unten).



**Grafik 2**

Zusammenfassende Darstellung der globalen THG-Emissionsminderungen, die erforderlich sind, um das Ziel einer maximalen Erwärmung um 1,5 bzw. 2 Grad zu erreichen, und der THG-Emissionen, die sich aus den in den NDCs dargestellten klimapolitischen Maßnahmen ergeben. Quelle: UNFCCC

## 5.2 Bewertung der EU-Fahrpläne für Treibhausgasemissionen

Um den Beitrag der einzelnen EU-Mitgliedstaaten zu den globalen Klimaschutzziele zu ermitteln, wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Alle öffentlich zugänglichen Dokumente, die die Klimaschutzpläne oder Treibhausgas-Roadmaps eines Landes spezifizieren könnten, wurden untersucht, um deren Strategie zur Eindämmung des Klimawandels nachvollziehen zu können. Darüber hinaus wurden sieben EU-Mitgliedstaaten für eine eingehendere Untersuchung ihrer Klima- und Forstwirtschaftsstrategien ausgewählt. Diese Staaten liegen in unterschiedlichen Klimazonen und repräsentieren jeweils andere Waldbewirtschaftungsarten:

- Österreich
- Finnland
- Frankreich
- Deutschland
- Niederlande
- Rumänien
- Spanien

### 5.2.1 Lastenteilung und Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen

Die Europäische Union hat sich selbst das Ziel gesetzt, das Wirtschaftssystem bis 2050 CO<sub>2</sub>-arm zu machen. Um dieses Ziel zu erreichen, hat sich die EU für Sektoren, die nicht dem EU-Emissionshandelssystem unterliegen, Reduktionsziele von -10 % im Zeitraum 2013-2020 und -30 % im Zeitraum 2021-2030 gegenüber den Werten von 2005 gesetzt.

Hierfür wurden gesetzliche Vorschriften zur Lastenteilung beschlossen, die verbindliche jährliche Reduktionsziele für die Treibhausgasemissionen der Mitgliedstaaten festlegen.

Ergänzend zu den Rechtsakten über die Lastenteilung wurde im Jahr 2018 die Verordnung über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz (EU) 2018/1999 als Teil des Regelungspaketes „Saubere Energie für alle Europäer“ verabschiedet. Das Paket wurde im Jahr 2019 in seiner Gesamtheit beschlossen. Im Rahmen dieser Verordnung sind die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, einen nationalen Energie- und Klimaplan (NEKP) vorzulegen. Mit den NEKP soll dafür Sorge getragen werden, dass die EU-Mitgliedstaaten die für sie geltenden Vorschriften zur Lastenteilung und zum LULUCF-Sektor (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) einhalten. Die NEKP führen im Durchschnitt zu einem 95%igen Reduktionsziel der Treibhausgasemissionen bis 2050.

Die Pläne gehen zwar in ihrer Mehrzahl sehr ins Detail, sind aber dennoch nicht konkret. So hat Österreich beispielsweise als eines seiner Ziele für den Forstsektor die „Dekarbonisierung und Sicherung der Holzversorgung“ genannt, und eine der Maßnahmen zur Zielerreichung ist die „Stabilisierung des Kohlenstoffpools in der Biomasse und im Waldboden durch nachhaltige Waldbewirtschaftung“. Das Land gibt jedoch nicht an, wann und in welchem Umfang die Holzversorgung dekarbonisiert werden muss, wie der Kohlenstoffpool erhalten werden soll oder was das Land als nachhaltige Waldbewirtschaftung ansieht.

Da für keinen der 27 EU-Mitgliedstaaten konkrete Klima-Roadmaps vorlagen, wird im Folgenden nur auf die jeweilige Forstpolitik eingegangen.

## **5.2.2 Nationale Ziele für die Forstwirtschaft**

Bei der Festlegung der Klimaschutzziele für den Forstsektor der oben genannten sieben Mitgliedstaaten wurden mehrere Dokumente als relevant eingestuft: Zunächst die NEKP, in denen die einzelnen Länder allgemein ihre Ziele für den Forstsektor festlegen. Zweitens die nationalen Anrechnungspläne für die Forstwirtschaft, in denen die Mitgliedstaaten für den Forstsektor ein THG-Referenzniveau festlegen, auf welches zukünftige CO<sub>2</sub>-Emissionen und -Bindungen angerechnet werden. Und schließlich die Strategien für die Forstwirtschaft, die von der Mehrzahl der Mitgliedstaaten erarbeitet wurden, um ihre forstwirtschaftlichen Ziele und Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele zu konkretisieren.

### *Nationale Energie- und Klimapläne*

Wie bereits erwähnt, sind die NEKP der EU-Mitgliedstaaten sehr detailliert, ohne dabei aber konkrete Mengen- und Zeitvorgaben zu machen. Zwar geben die meisten Länder als Ziele eine nachhaltige Waldbewirtschaftung und die Förderung von Biomaterialien für die Energieerzeugung sowie die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten an, doch führt keines der Länder konkrete Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele auf. Hinzu kommt, dass Frankreich als einziges der sieben Länder konkrete mit Zahlen unterlegte Vorgaben für seine terrestrischen Kohlenstoffsinken in der Landnutzung macht.

### *Nationale Anrechnungspläne für die Forstwirtschaft*

Gemäß EU-Verordnung 2018/841 sind alle Mitgliedstaaten verpflichtet, ihre Emissionen aus den

Sektoren Forstwirtschaft und Landnutzung im Zeitraum 2021 bis 2030 durch einen mindestens gleich hohen Abbau in denselben Sektoren auszugleichen. Für die Forstwirtschaft muss jeder Mitgliedstaat ein Referenzniveau festlegen, gegen das die Emissionen und der Abbau durch die Waldbewirtschaftung verbucht werden. Diese Betrachtung umfasst ebenfalls geerntete Holzprodukte. Die Referenzwerte für die Forstwirtschaft werden in den nationalen Anrechnungsplänen für die Forstwirtschaft angegeben. Zwar enthalten die Anrechnungspläne für die Forstwirtschaft die Referenzwerte für die einzelnen Staaten, doch werden keine konkreten Maßnahmen oder Ziele genannt, mit denen das betreffende Land das Ziel eines vollständigen Abbaus der Kohlenstoffschuld bis zum Jahr 2030 erreichen könnte. Da sich die Länder zudem noch in ihrem ersten Erfüllungszeitraum befinden, können keine Schlüsse dahingehend gezogen werden, wie (gut) sie auf dem Weg zur Erfüllung der EU-Ziele sind.

### *EU- und nationale Strategien für die Forstwirtschaft*

Die EU-Waldstrategie für 2030 legt eine Vision und Maßnahmen zur Verbesserung der Quantität und Qualität der Wälder in der EU fest. Außerdem sollen mit der Strategie Primär- und Urwälder geschützt, eine nachhaltige Waldbioökonomie für langlebige Holzprodukte gefördert und eine nachhaltige Nutzung von Holzressourcen für Bioenergie gewährleistet werden. Die Strategie ist detailliert und enthält mehrere konkrete Initiativen, von denen die Verpflichtung, bis 2030 mindestens 3 Milliarden zusätzliche Bäume zu pflanzen, als einzige Maßnahme eine spezifische Roadmap mit Meilensteinen umfasst. Allerdings wird sie auf der Ebene der Mitgliedstaaten derzeit nicht umgesetzt.

Einige (jedoch nicht alle) Mitgliedstaaten haben nationale Forstwirtschaftsstrategien entwickelt. Diese stellen in der Regel die Vision dar, die der jeweilige Mitgliedstaat für seine Wälder entwickelt hat. Allerdings reichen sie in der Regel nur bis zum Jahr 2025 oder 2030, mit begrenzten Perspektiven für den Zeitraum bis 2050. Zudem enthalten auch diese Strategien keine konkreten Angaben und geben nur einen allgemeinen Überblick über die Ziele, die im Forstsektor des jeweiligen Landes erreicht werden sollen.

### **5.3 Fazit zu Fahrplänen**

Die Ergebnisse der Bewertung lassen den Schluss zu, dass die untersuchten EU-Mitgliedstaaten zwar allgemeine Perspektiven für ihren Klima- und Forstsektor aufzeigen, jedoch keine konkreten Fahrpläne in Form von spezifischen Zielen und Zeitplänen. Das Weglassen dieser Spezifika birgt mehrere Risiken. Wird beispielsweise kein konkreter Zeitrahmen für ein bestimmtes Ziel und die dazugehörigen Maßnahmen vorgegeben, besteht die Gefahr, dass die betroffenen Parteien keine Notwendigkeit sehen, etwas zu ändern oder Maßnahmen zu ergreifen. Dies würde wiederum dazu führen, dass das Ziel gar nicht oder nicht rechtzeitig erreicht wird. Da nicht festgelegt wird, wie oder wo eine bestimmte Maßnahme umgesetzt werden soll, könnten außerdem Investitionen in die falschen Bereiche oder Methodiken getätigt werden. Dadurch steigt das Risiko negativer Auswirkungen, wie z. B. der Verlust von Naturräumen oder ein Nettoanstieg der Emissionen, erheblich.

Setzen Länder die Forstwirtschaft als Hebel für den Klimaschutz ein und wollen dabei die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten erhöhen, so sind konkrete Fahrpläne erforderlich, um dieses Ziel zu erreichen. Die Länder sollten klar darstellen, wo neue Wälder gepflanzt, wie diese bewirtschaftet werden sollen und wie hoch der Holzernteanteil sein soll. Da dies aktuell nicht der Fall ist, bleibt der Beitrag der Forstwirtschaft zu den Szenarien des IPCC zur Eindämmung des Klimawandels durch Landnutzungsänderungen bestenfalls unklar. Dies wiederum lässt die Frage offen, ob eine erhöhte Nachfrage und ein erhöhtes Angebot an Holz für Bauprodukte die Ziele und Pläne zur Eindämmung des Klimawandels beeinträchtigen können oder nicht.

Die neue EU-Waldstrategie für 2030 kann dafür einen guten Rahmen bieten, erfordert aber auch eine rasche Umsetzung auf der Ebene der Mitgliedstaaten in konkrete Fahrpläne mit echten Zeitvorgaben und Meilensteinen.

## **6 Folgen der Massenversorgung mit Holz: Kann das Angebot die Nachfrage decken?**

### **6.1 Historisches und aktuelles lokales und europäisches Holzangebot**

Neben der Bewertung, inwieweit eine verstärkte Verwendung von Holz in Bauprodukten zur Abschwächung des Klimawandels beitragen kann, stellt sich die Frage, ob eine solche Verlagerung der Rohstoffnutzung überhaupt möglich ist. Um Erkenntnisse über das Gleichgewicht zwischen der Kapazität der Wälder, Holz zu produzieren, und der für den Verbrauch geernteten und gehandelten Mengen zu gewinnen, wurden die Datenbanken von FAO, Eurostat und UNECE konsultiert.

Die Auswertungen geben nur einen unklaren Überblick über das europäische Holzangebot, was eine eindeutige Quantifizierung der Auswirkungen eines potenziell erhöhten Holzverbrauchs auf die europäischen Wälder unmöglich macht. Diese Unklarheit resultiert aus mehreren Faktoren, die sich in unterschiedlichen Ergebnissen niederschlagen.

Die Daten und Definitionen für Wälder und die Holzproduktion fallen in den 27 Mitgliedstaaten der Europäischen Union unterschiedlich aus. Dies führt zu Lücken in übermittelten Daten, zu Korrekturen, um alle auf nationaler Ebene gemeldeten Daten in einer einheitlichen Definition zu erfassen, sowie zu unterschiedlichen Ergebnissen zwischen verschiedenen Datenquellen. Dieses Problem wird in mehreren Publikationen thematisiert.

Die Lieferkette von Holz und Holzprodukten ist durch zahlreiche Ströme und Märkte gekennzeichnet, so dass die nationalen Durchschnittswerte und Zahlen nicht für ein einzelnes Holzprodukt oder eine einzelne forstwirtschaftliche Tätigkeit repräsentativ sind. So werden Spanplatten überwiegend aus Resten anderer Holzprodukte hergestellt. Folglich würden auf einem im Gleichgewicht befindlichen Weltmarkt keine Bäume nur für die Produktion von Spanplatten gefällt. Diese kaskadenartige Nutzung von Holzressourcen führt dazu, dass Holzprodukte die Waldressourcen auf unterschiedliche Weise beeinflussen, insbesondere durch die Art und Menge

des für ein bestimmtes Holzprodukt verwendeten Materials. Daher stellt jeder Holzproduktionsprozess spezifische Anforderungen an die Waldressourcen.

Nationale Durchschnitts- und Gesamtwerte spiegeln nicht die spezifische lokale Situation wider, weshalb das Holzangebot auf lokaler Ebene stark vom nationalen Niveau abweichen kann. Dies erklärt, warum bestimmte Fälle von illegalem Holzeinschlag oder anderweitig ökologisch nicht vertretbarer Forstwirtschaft in den nationalen Daten nicht erfasst sind. Diese Betrachtungen sind wichtig, wenn man sich auf bestimmte Zahlen fokussiert, denn dabei handelt es sich um eine Darstellung der Durchschnittswerte für den betreffenden Mitgliedstaat. Diese durchschnittlichen Angaben sprechen also weder für noch gegen das Vorhandensein extremer Ausreißer.

Trotz dieser Überlegungen deuten die verknüpften forstwirtschaftlichen Daten darauf hin, dass sich die Waldfläche in der EU vergrößert und dass sich die *scheinbare* Nachfrage durch das eigene Angebot decken lässt. Angesichts der Tatsache, dass 75 % des durchschnittlichen jährlichen Nettozuwachses genutzt werden, führt ein Anstieg der Nachfrage nicht notwendigerweise zu einem Engpass.

## 6.2 Holzbilanz von sieben EU-Mitgliedstaaten

Als Folgemaßnahme zu den Ergebnissen der Holzversorgung aller 27 EU-Mitgliedstaaten wurden sieben Mitgliedstaaten ausgewählt und eingehender betrachtet. Das Ziel der Untersuchung bestand darin, einen besseren Einblick in die Holzbilanzen je Stufe der Holzverarbeitung zu gewinnen und nachzuvollziehen, wie sich die Holzbilanzen von Mitgliedstaat zu Mitgliedstaat unterscheiden.

Für die weitere Untersuchung wurden folgende Mitgliedstaaten ausgewählt:

- Österreich
- Finnland
- Frankreich
- Deutschland
- Niederlande
- Rumänien
- Spanien

Die Auswahl wurde dahingehend getroffen, dass die genannten Mitgliedstaaten ein breites Spektrum in Bezug auf Geografie, Klima, Forstwirtschaft, Handelsbeziehungen und Holzindustrie abdecken.

Die Auswertung deutet darauf hin, dass in allen untersuchten Staaten Datenlücken bestehen, die eine vollständige Erfassung aller Ströme in der Holzbilanz unmöglich machen. Insbesondere bestehen Lücken bei der Gesamtmenge des geernteten Holzes im Vergleich zum Verbrauch, und häufig liegen keine Daten zur Produktion von Sekundärholz oder zu dem im Bauwesen verwendeten Anteil vor. Folglich lassen sich aus der Untersuchung nur begrenzt umfassende und endgültige Schlüsse ziehen.

Betrachtet man die sieben Mitgliedstaaten, so fällt auf, dass Holz im Baugewerbe bzw. in der Sekundärproduktion in den Mitgliedstaaten, für die Daten vorliegen, nur einen geringen Anteil an der Gesamtholzbilanz ausmacht, obwohl diese Mitgliedstaaten über eine bedeutende Holzverarbeitungsindustrie verfügen und Holz in der Baubranche weithin eingesetzt wird.

Die Produktion von Brettspertholz und Brettschichtholz (CLT und GLT) entspricht etwa 6 % bzw. 1 % der Rundholzgewinnung in den europäischen Ländern mit der größten Produktion, also Österreich und Deutschland. Dies weist darauf hin, dass der Großteil des Holzes in diesen Mitgliedstaaten alternativen Verwendungszwecken zugeführt wird, vor allem als Brennstoff und Zellstoff für die Papierherstellung.

Die Einfuhr von tropischem Laubholz in die Mitgliedstaaten ist im Vergleich zum Gesamtholzverbrauch in vielen Fällen vernachlässigbar, was möglicherweise auf die jüngste Legalisierung des Handels mit Tropenholz in die Europäische Union zurückzuführen ist. Ein großer Teil der Nachfrage nach Rundholz entfällt auf Nadelholz, wenn auch der Anteil je nach Mitgliedstaat und Endanwendung unterschiedlich ausfällt.

### **6.3 Bewertung der Prozesseffizienz für Abfallszenarien**

In der EU und im Vereinigten Königreich fallen jährlich etwa 56 Mio. t Holzabfälle in den verschiedenen Gliedern der Holzproduktkette an. Von den insgesamt ca. 56 Mio. t Holzabfällen entfallen ca. 9 Mio. t auf den Bausektor. Die Abfälle entstehen bei Neubau, Sanierung und Abriss. Ein Teil der von Haushalten erzeugten Holzabfälle (ca. 5 Mio. t/Jahr) steht ebenfalls im Zusammenhang mit Bautätigkeiten.

Bestimmte Mengen an erzeugtem Altholz werden nicht erfasst, z. B. Altholz, das in Haushalten zum Heizen (in Kaminen) oder zur offenen Verbrennung verwendet wird. Die Mengen dieser erzeugten und verbrannten Reststoffe sind in den Statistiken nicht enthalten.

#### *Behandlung und Statistik*

Holzabfälle aus dem Bausektor und anderen Industriezweigen werden zum Teil getrennt zu Zwischenhändlern transportiert und zum Teil in Sortier- und Zerkleinerungsanlagen aus gemischten Bauabfällen separiert. Holzabfälle aus Haushalten werden hauptsächlich als Teil des gemischten Haushaltsabfalls entsorgt und aufbereitet.

Vorbehandelte Holzabfälle werden derzeit für folgende Absatzwege bereitgestellt:

- Einstreumaterial für Tiere
- Spanplattenherstellung (kein Absatz an MDF- oder OSB-Hersteller, da höhere Qualitätsanforderungen und ein Überangebot an Nebenprodukten aus der Holzindustrie bestehen)
- Nutzung zur Energieerzeugung

Bei der Herstellung von Spanplatten wird das Holz zerkleinert, von Verunreinigungen befreit, getrocknet, verleimt und gepresst, und die Rohplatten werden zugesägt und geschliffen.

Die energetische Verwertung umfasst sowohl die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken oder in Industrieöfen (z. B. bei der Zementklinkerherstellung) als auch die Verbrennung in speziellen Biomassekraftwerken.

Die Aufteilung auf die verschiedenen Absatzwege ist in den EU-Mitgliedstaaten unterschiedlich, doch liegt das durchschnittliche EU-Abfallszenario für Holzprodukte derzeit bei 49,4 % Recycling, 49,5 % Verbrennung und 0,01 % Deponierung. Auf der Ebene der Mitgliedstaaten kann das tatsächliche Abfallszenario in der Praxis erheblich von dem abweichen, was in spezifischen Produktkategorieregeln (PCR), die in der Ökobilanzierung verwendet werden, als repräsentativ angenommen wird. So gibt die aktuelle belgische PCR für Umweltproduktdeklarationen (EPD) für Bauprodukte für das Abfallszenario für B-Holz 5-15 % Recycling, 85-95 % Verbrennung und 0 % Deponierung an. Neuere statistische Daten weisen jedoch auf 20 % Recycling, 20 % Verbrennung und 60 % nicht erfasste oder exportierte Abfälle hin.

Dies zeigt auch, dass die Behandlung und Verwertung von Holzabfällen ein internationales Geschäft ist, was zu mehr Treibhausgasemissionen aus dem Verkehr (die in aktuellen PCR möglicherweise nicht berücksichtigt werden) und/oder zu einer verzerrten Darstellung der in den EPD angenommenen Abfallszenarien führt.

#### *Wettbewerb um Ressourcen: Ökonomischer Einflussfaktor für Abfallszenario*

Die Wiederverwertung und Rückführung von gebrauchtem Holz aus dem Bausektor und aus Verpackungsanwendungen in neue Holzwerkstoffe findet in der Praxis nur in der Spanplattenproduktion statt, da die Qualitätsanforderungen an das Rohmaterial für die verschiedenen anderen Arten von Plattenwerkstoffen hoch sind.

Der Anteil von wiederverwertetem Post-Consumer-Holz am Rohstoffangebot kann zwischen 15 % und 75 % liegen – je nach regionaler Verfügbarkeit von wiedergewonnenem Holz, aber auch von Nebenprodukten aus der Holzverarbeitenden Industrie.

In Nordwesteuropa konkurrieren die Spanplattenindustrie und die Abfallverbrennungsanlagen um das hochwertigere Massivholz der Güteklasse B. Bei minderwertigem B- und C-Holz (Spanplatten) besteht keine Konkurrenz zwischen Rohstoff- und Brennstoffverwendung, da Abfälle dieser Güteklasse nicht als Ausgangsmaterial für die Spanplattenproduktion verwendet werden können. Im Wettbewerb bestimmen die Marktpreise für Altholz und industrielle Nebenprodukte sowie die Kosten für die Aufbereitung von Altholz zu Spanplattenqualität, ob Altholz recycelt oder energetisch verwertet wird.

Die Bewertung der Abfallszenarien zeigt, dass die Quellen und Mengen von Altholz in den einzelnen Mitgliedstaaten sehr unterschiedlich ausfallen. Dies hat potenzielle Auswirkungen auf die Modellierung von Abfallszenarien in Ökobilanzen und folglich auf die in EPD angegebenen Gesamt-Treibhausgasemissionen. Derzeit zeigt sich eine Diskrepanz zwischen den Standard-Abfallszenarien in den PCR und der aktuellen Praxis in der EU.

Die Größenordnung der Auswirkungen ist noch eingehender zu untersuchen.

Darüber hinaus zeigt die Bewertung eine marktwirtschaftlich bedingte Variabilität im Gleichgewicht zwischen den Optionen für die Behandlung von Holzabfällen: Änderungen der Marktpreise (und der Subventionen) können andere Entscheidungen hinsichtlich der Behandlung

nach sich ziehen, was beispielsweise zu einer Verlagerung von der stofflichen Wiederverwendung von Holzabfällen zu ihrer energetischen Verwertung führen kann. Effektiv bewirkt eine solche Verlagerung auch eine Änderung des gesamten Lebenszyklus des ursprünglichen Holzmaterials: Eine Verschiebung hin zur Verbrennung würde biogenes CO<sub>2</sub> früher in die Atmosphäre freisetzen und sich folglich auf das Treibhauspotenzial und die Eindämmung des Klimawandels auswirken.

## **6.4 Fazit zu den Folgen der Massenversorgung mit Holz**

Insgesamt bleibt unklar, ob Angebot und Nachfrage von Holz in den untersuchten europäischen Mitgliedstaaten im Gleichgewicht und/oder nachhaltig sind. Dies liegt an den lückenhaften Daten, die eine vollständige Erfassung des Gleichgewichts auf beiden Seiten verhindern, sowie an fehlenden Informationen darüber, wie die Nachfrage nach Holz im Baugewerbe den Holzeinschlag in den Wäldern beeinflusst.

Die Ergebnisse stimmen mit den Resultaten der Untersuchung zum historischen und aktuellen lokalen und europäischen Holzangebot überein – insbesondere in Bezug auf das Angebot und den Handel mit Rundholz –, auch wenn sich bei den tatsächlichen Zahlen Abweichungen zeigen. Im Vergleich zu den zuvor verwendeten internen statistischen Daten wurde ein höherer Detaillierungsgrad erreicht, der im Zusammenspiel mit dem Kontext der Berichte für eine größere Erfassungstiefe sorgt. Insbesondere die Import-/Exportländer und die Produktion von Schnitt- und Sekundärholz in den jeweiligen Mitgliedstaaten konnten klarer umrissen werden. Dieser Schritt liefert genauere Erkenntnisse zur Herkunft, Verarbeitung und Endanwendung des Holzes in den einzelnen Mitgliedstaaten als die früheren Ergebnisse.

Angeht die Datenlücken und der unbekanntenen kausalen Zusammenhänge zwischen dem Verbrauch für spezifische Anwendungen und dem Einschlag in den Wäldern bleibt die genaue Bilanz jedoch unklar.

## **7 Bewertung der Consequential LCA der Massenversorgung mit Holz**

Für diesen Teil der Studie wurden alle verfügbaren wissenschaftlichen Publikationen zur Attributional LCA und Consequential LCA (Ökobilanzierung) von Forstprodukten (vor allem zur Verwendung von CLT) im Vergleich zu „mineralischen“ Produkten (in den Publikationen in der Regel auf Stahl und Stahlbeton beschränkt) ab dem Jahr 2000 überprüft und verglichen. Anschließend wurde die Consequential LCA als Instrument für die Bewertung kritischer Auswirkungen untersucht, die nicht in den Anwendungsbereich der herkömmlichen Attributional LCA fallen.

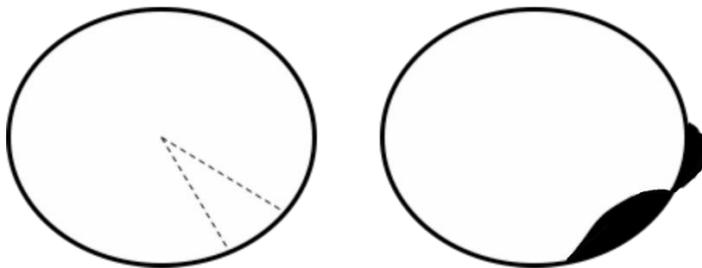
### **7.1 Attributional LCA und Consequential LCA**

Ökobilanzstudien zielen überwiegend darauf ab, die Auswirkungen eines bestimmten Produkts oder einer Dienstleistung zu bewerten. Der Ansatz für die Systemmodellierung für derartige Studien wird als attributiver Ansatz bezeichnet. Dabei werden die In- und Outputs der funktionalen Einheit eines Produkts zugeordnet. Diese Methodik stellt die potenziellen Umweltauswirkungen dar, die

einem Produkt über seinen Lebenszyklus hinweg zugeordnet werden können, wobei sowohl die vor- als auch die nachgelagerten Stufen der Lieferketten des betreffenden Produkts berücksichtigt werden. Im Wesentlichen handelt es sich um eine buchhalterische Betrachtung mit (meist) klaren Systemgrenzen. Bei der attributiven Modellierung werden historische oder messbare Daten mit einem hohen Maß an Zuverlässigkeit verwendet.

Beim Ansatz der Consequential LCA (Folgebetrachtung) werden die Aktivitäten innerhalb eines Produktsystems so miteinander verknüpft, dass sie in dem Maße in das Produktsystem einbezogen werden, wie sie sich voraussichtlich ändern würden, z. B. als Folge einer Änderung der Nachfrage nach der funktionalen Einheit.

Grafik 3 verdeutlicht den grundlegenden Unterschied zwischen Attributional und Consequential LCA.



### Grafik 3

Konzeptioneller Unterschied zwischen Attributional (links) und Consequential (rechts) LCA

Die Kreise stellen die Gesamtheit der globalen Umweltauswirkungen dar. Im linken Kreis wird bei der attributiven Ökobilanz versucht, den Teil mit den gestrichelten Linien herauszuschneiden, der zu einer bestimmten (menschlichen) Aktivität gehört, z. B. Autofahren oder die Verwendung biobasierter Bauprodukte. Im rechten Kreis versucht die Consequential LCA die Veränderung von Umweltfaktoren zu erfassen, die infolge der Hinzufügung oder Eliminierung einer bestimmten (menschlichen) Aktivität auftritt (z. B. eine *Zunahme* des Autofahrens oder die Verwendung eines *höheren* Anteils biobasierter Produkte).

Die beiden Ansätze eignen sich jeweils zur Beantwortung unterschiedlicher Fragen. Die attributive Methode lässt sich für vergleichende Ökobilanzen verwenden. Folgenbasierte Ökobilanzen werden als Entscheidungshilfe verwendet und können zur Beantwortung politischer Fragestellungen herangezogen werden. Sie bewerten (bzw. sollten bewerten) alle relevanten Umweltveränderungen, die sich aus einer Verschiebung der politischen Rahmenbedingungen ergeben.

## 7.2 Literaturoswertung zum Einsatz von Forstprodukten unter Anwendung der Consequential LCA

Zur Beantwortung der Frage, ob die umfassende Nutzung von Holz zur Erreichung von Klimaschutzziele beitragen kann, könnte eine Beurteilung unter Anwendung der Consequential

LCA möglicherweise eindeutige Ergebnisse liefern. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Nutzung von Forstprodukten zu mehreren sehr einflussreichen Veränderungen in der Landnutzung und den derzeitigen Lieferketten führt, die weit über das Produktsystem als solches hinausgehen.

Zu diesem Zweck wurde eine umfassende Literaturlauswertung (beginnend mit dem Jahr 2000) zum Thema Forstprodukte unter Anwendung der Consequential LCA durchgeführt. Von den seit dem Jahr 2000 erfassten ca. 100 Publikationen zum Thema Ökobilanzierung befassten sich acht speziell mit Holz und Forstprodukten.

Insgesamt fällt auf, dass die Mehrzahl der Studien die Substitution von Materialien und die energetische Verwertung am Ende des Lebenszyklus als Hauptbeitrag zur Schlussfolgerung der Studie nennt.

Sieben der acht untersuchten Veröffentlichungen kommen zu dem Schluss, dass die Verwendung von Forstprodukten im Bauwesen ein erkennbares Minderungspotenzial für den Klimawandel aufweist. Die Studien unterscheiden sich hinsichtlich der geografischen Grenzen, der untersuchten Produkte und der methodischen Variablen, doch bleiben die daraus gezogenen Schlüsse konsistent. Alle untersuchten Studien griffen auf die Consequential LCA zurück, um über das ursprüngliche Produktsystem hinauszugehen, unterschieden sich jedoch in folgenden Punkten:

- Substitution konventioneller Materialien
- Substitution der energetischen Verwertung am Ende des Lebenszyklus (EoL)
- Zuweisung von Landflächen für eine verstärkte Aufforstung.

In allen Studien ging man davon aus, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus konventionellen Materialien statisch bleiben, während die Emissionen aus forstwirtschaftlichen Erzeugnissen aufgrund von Produktionsskalierung und Innovationen in Zukunft zurückgehen. Angesichts der aktuellen Fahrpläne für die Minderung der Treibhausgasemissionen, die in ihrer Mehrzahl eine erhebliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Branchen vorsehen, ist diese Annahme fragwürdig.

In den Fällen, in denen eine energetische Verwertung am Ende des Lebenszyklus modelliert wurde, gingen einige Studien von einer Verdrängung fossiler Energieträger aus, wobei sie mit einer statischen Energienutzung rechneten. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass sich der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergiebedarf nicht verschiebt.

Nur wenige Studien befassten sich mit der Landnutzung und der Verdrängung landwirtschaftlicher Flächen infolge von Aufforstungen.

### **7.3 Betrachtungen zum Substitutionseffekt**

Aus der Literaturlauswertung der folgenbasierten Ökobilanzstudien geht hervor, dass die Substitution konventioneller Materialien durch Forstprodukte in vielen Fällen einen entscheidenden Einfluss darauf hat, ob die Verwendung von Forstprodukten im Bauwesen ein Minderungspotenzial für den Klimawandel (oder ein Potenzial zur Verringerung der THG-Emissionen) darstellt. Einige Veröffentlichungen machen zwar Angaben zur Bestandsaufnahme des Holzproduktsystems,

enthalten jedoch keine wesentlichen Details zu den substituierten konventionellen Materialien. In der Regel wird nur die Art des Produkts erwähnt (z. B. Betonstein, Mauerwerk), nicht aber die für die LCA-Berechnungen wichtigen Angaben (z. B. Art des Zements, Art des Ziegels, z. B. Calciumsilikat oder Ton). Da in vielen Studien die Substitution als Hauptfaktor genannt wird, ist die Frage, wie die Ökobilanzierungen für die herkömmlichen Materialien durchgeführt wurden, umso wichtiger. Ohne die spezifischen Informationen, die erforderlich sind, um die Eingangsparameter der nachfolgenden LCA-Modelle in diesen Studien zu reproduzieren, bleiben die Ergebnisse unklar.

Ist die Substitution konventioneller Materialien in einer folgenbasierten Ökobilanzstudie von (potenziell) großer Bedeutung, wird empfohlen, die Auswirkungen der Substitutionsmodellierung in einem ersten Schritt vor der Durchführung der gesamten Ökobilanzberechnungen zu bewerten. Dies wird dazu beitragen, grundlegende Annahmen und Parameter zu dokumentieren und zu klären und dabei die Ergebnisse der Consequential LCA in die richtige Perspektive zu rücken.

Um dies zu veranschaulichen, wurde im Jahr 2019 eine Sensitivitätsanalyse zu den wichtigsten Annahmen bei der Substitution von Holz durch CO<sub>2</sub>-intensivere Baustoffe veröffentlicht, die einen erheblichen Nutzen für den Klimaschutz vermuten lässt. Durch eine erneute Prüfung der grundlegenden Annahmen, die diesen Projektionen zugrunde liegen, konnte gezeigt werden, dass die langfristigen Klimaschutzz Vorteile im Zusammenhang mit der Produktsubstitution in der Literatur möglicherweise um das 2- bis 100-fache überschätzt wurden.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, wie wichtig die Annahmen und Ausgangspunkte für die in Consequential LCAs ermittelten Substitutionseffekte sind.

## **7.4 Fazit zur Consequential LCA**

Derzeit besteht allgemeiner wissenschaftlicher Konsens darüber, dass bei der Gegenüberstellung von Holzprodukten (CLT/GLT) und mineralischen Produkten (z. B. Stahlbeton und Stahl) in vergleichenden attributiven Ökobilanzen Holzprodukte einen geringeren Beitrag zu den Treibhausgasemissionen leisten können. Kritische Aspekte wie die Verfügbarkeit von Biomasse und indirekte (allokative) Effekte bleiben jedoch bei attributiven Ökobilanzen unberücksichtigt. Die Consequential LCA könnte zu größerer Klarheit über die verborgenen Aspekte beitragen, da der Anwendungsbereich eine Systemerweiterung zulässt. Es wurden mehrere wissenschaftliche Veröffentlichungen ausgewertet, in denen folgenbasierte Ökobilanzen zur Verwendung von Massivholz in Bauprodukten durchgeführt werden. Bei der Durchsicht dieser Publikationen zeigt sich eine große Schwankungsbreite der ausgewählten Methodik, insbesondere in Bezug auf indirekte Effekte, Substitutionseffekte und End-of-Life-Szenarien.

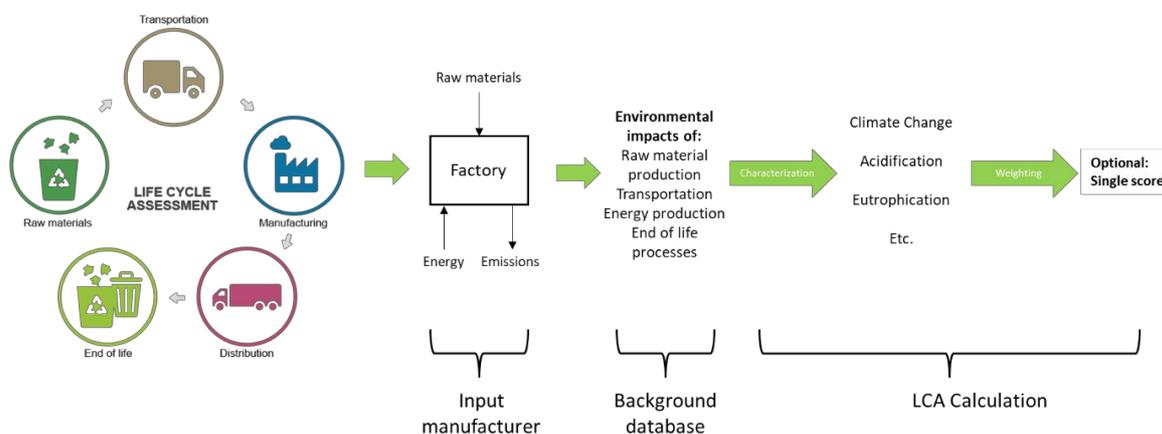
Im Rahmen der hier untersuchten Veröffentlichungen kommen die Studien zu dem Schluss, dass die Umstellung auf die Verwendung von (mehr) Holz im Bau die Minderung der THG-Emissionen fördert. Wir ziehen jedoch das Fazit, dass ohne Leitlinien für die folgenbasierte Ökobilanzierung, die die Schwankungsbreite in der Wahl der Methoden verringern, die Ergebnisse der Studien mehrdeutig bleiben und keine derart eindeutigen Schlussfolgerungen zulassen.

## 8 Auswertung von LCA-Datenbanken und EPD-Beurteilung der THG-Emissionen

### 8.1 Bewertung von LCA-Datenbanken

Im Rahmen der Überprüfung von Ökobilanzierungsmethoden für biobasierte Baumaterialien wurde eine Bewertung von LCA-Hintergrunddatenbanken durchgeführt. Damit sollten Erkenntnisse über die Art und Weise gewonnen werden, in der biobasierte Produkte in diesen Datenbanken modelliert werden, und darüber hinaus untersucht werden, ob der Modellierungsansatz für die aktuellen Produktionsprozesse repräsentativ ist.

Hersteller verfügen in der Regel nur über Informationen über Produkte in ihrem eigenen Einflussbereich. LCA-Hintergrunddatenbanken sind daher ein grundlegender Bestandteil der Ökobilanzierung, da sie wesentliche Lebenszyklusinformationen zu Vordergrunddaten (siehe Grafik unten) und zu Prozessen entlang der Produktwertschöpfungskette liefern.



**Grafik 4** LCA-Berechnungsschritte

Aufgrund der großen Anzahl biobasierter Baumaterialien und Hintergrunddaten wurde der Schwerpunkt dieser Untersuchung auf zwei wichtige Baumaterialien gelegt: Träger und Paneele sowohl aus Massivholz als auch aus Verbundwerkstoffen (und aus Hart- und Weichholz). Der geografische Bereich der Untersuchung wurde auf Europa festgelegt und – soweit relevant – ergänzt durch einen Ausblick auf andere Regionen. Die Effizienz der biobasierten Produktionsprozesse (Forstwirtschaft, Sägen, Hobeln) in den Hintergrundmodellen wurde mit aktuellen Statistiken verglichen.

Es gibt zahlreiche LCA-Hintergrunddatenbanken: von Datenbanken mit einem sehr breiten Anwendungsbereich, die viele Aktivitäten in zahlreichen Regionen abdecken, bis hin zu hochspezifischen Datenbanken für bestimmte Länder und/oder bestimmte Produktgruppen. In der westeuropäischen Baubranche werden für Ökobilanzierungen zwei große Datenbanken genutzt: Ecoinvent und Gabi.

Die Datenqualität von LCA-Hintergrunddatenbanken wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, zu denen das Alter des Datensatzes, die Aktualisierungshäufigkeit, die Vollständigkeit und die geografische Abdeckung gehören. Das Alter des Datensatzes kann sehr unterschiedlich sein. Beispielsweise enthält die Ecoinvent-Datenbank Datensätze für Materialien, die seit Anfang der 2000er Jahre nicht mehr grundlegend überarbeitet wurden. Bestimmte Parameter werden jedoch regelmäßig aktualisiert, was die Datenqualität für eine große Anzahl von Datensätzen indirekt verbessert, so beispielsweise Energieinputs wie der Stromerzeugungsmix.

### *Nicht-biogene THG-Emissionen*

Die Hintergrundprozesse in der Datenbank, aus denen sich die Wertschöpfungskette in der LCA-Modellierung zusammensetzt, wurden auf fehlende nicht-biogene CO<sub>2</sub>-Emissionen überprüft (z. B. nicht erfasste Transportarten oder fehlende zugrunde liegende Prozesse innerhalb eines Trockenofens). Dazu wurde das Netzwerk der zugrunde liegenden Hintergrundprozesse der verschiedenen Produkte überprüft. Offensichtliche Auslassungen oder unzutreffende Darstellungen solcher Prozesse wurden nicht festgestellt.

### *Biogene THG-Emissionen*

Bei der Betrachtung des biogenen CO<sub>2</sub> fällt insbesondere auf, dass bei der Modellierung von forstwirtschaftlichen Prozessen in LCA-Datenbanken alle forstwirtschaftlichen Prozesse für Hart- und Weichholz als „nachhaltige Waldbewirtschaftung“ charakterisiert wurden. Außerdem bezieht sich die gesamte biogene CO<sub>2</sub>-Bindung in den Forstwirtschaftsmodellen direkt und ausschließlich auf den Kohlenstoffgehalt des Holzprodukts als Ergebnis des forstwirtschaftlichen Prozesses. Die Bindung und die Emissionen von nicht handelbarem Holz, das im Wald verbleibt – wie etwa Baumkronen und Wurzeln – werden nicht berücksichtigt. Dies impliziert, dass im Modell entweder das Prinzip der CO<sub>2</sub>-Neutralität angewandt wird – also dass die betreffenden Emissionen durch die CO<sub>2</sub>-Bindung des Waldes kompensiert werden – oder dass für diese Komponenten sowohl die Einträge aus der Natur als auch die Emissionen aus der Zersetzung fehlen.

Die Hintergrunddokumentation bzw. weitere Literatur liefert keine umfassende Erklärung für diese Feststellungen. Die verfügbare Definition der nachhaltigen Waldbewirtschaftung deutet darauf hin, dass diese nach Interpretation von Ecoinvent den Grundsatz der CO<sub>2</sub>-Neutralität nicht beinhaltet. Wir kommen daher zu dem Schluss, dass LCA-Datenbanken keine konsistente Erklärung dafür liefern, wie forstwirtschaftliche Prozesse im Hinblick auf CO<sub>2</sub>-Neutralität und Umweltauswirkungen modelliert werden.

## **8.2 Bewertung von Produktkategorieregeln und Umweltproduktdeklarationen**

So wichtig es ist, die LCA-Hintergrunddatenbanken zu bewerten, so bedeutsam ist es auch, Erkenntnisse über die verschiedenen Normen und Regelwerke zu gewinnen, die derzeit maßgeblich sind, wenn es darum geht, den Umfang und die Grenzen von LCA-Modellen festzulegen und die Ergebnisse von LCA-Berechnungen in Umweltproduktdeklarationen (EPD)

anzuwenden oder zu vergleichen. In den folgenden Abschnitten wird eine Bewertung dieser verschiedenen Normen und der Produktkategorieregeln (PCR) sowie ihrer Auswirkungen auf ausgewählte EPD für Holzprodukte vorgenommen.

## *PCR*

Produktkategorieregeln sind eine Reihe von Regeln, Anforderungen und Leitlinien für die Erstellung von Umweltproduktdeklarationen für eine oder mehrere Produktkategorien. PCR sind von besonderem Nutzen, wenn die Umweltauswirkungen von Produkten innerhalb einer Kategoriegruppe verglichen werden sollen.

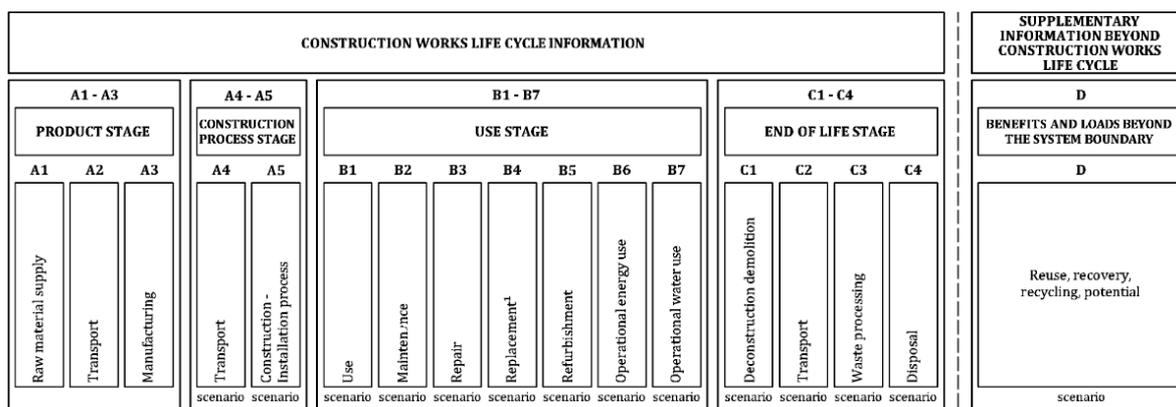
Die Norm EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ ist die übergreifende Norm für alle EPD zu Bauwerken. Seit 2019 ist die Änderung A2 hinzugekommen. Mit dieser Änderung wurde die Wirkungskategorie des Treibhauspotenzials in Treibhauspotenzial aus fossilen Brennstoffen, Treibhauspotenzial aus biogenen Stoffen und Treibhauspotenzial aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen unterteilt. In der vorherigen Version (A1) der Norm war diese Gliederung nicht enthalten. Darüber hinaus können die Unterschiede bei den Charakterisierungsfaktoren für das Treibhauspotenzial zwischen A1 und A2 zu um bis zu 10-15 % schwankenden GWP-Ergebnissen führen. Beide Versionen der EN 15804 werden in den kommenden Jahren noch Anwendung finden – je nachdem, welches EPD-Programm verwendet wird.

Darüber hinaus zeigen mehrere PCR Unterschiede in der Art und Weise, wie die CO<sub>2</sub>-Neutralität angenommen oder nachgewiesen und wie sie in LCA-Berechnungen berücksichtigt wird. So geht beispielsweise die Norm EN 16485 „Rund- und Schnittholz - Umweltproduktdeklarationen - Produktkategorieregeln für Holz und Holzwerkstoffe im Bauwesen“ von einer CO<sub>2</sub>-Neutralität aus, wenn das Holz aus Ländern stammt, die die Einhaltung von Art. 3.4 des Kyoto-Protokolls nachweisen können, oder wenn das Holz aus Wäldern stammt, die im Rahmen etablierter Zertifizierungssysteme für nachhaltiges Forstmanagement bewirtschaftet werden. Kann die CO<sub>2</sub>-Neutralität nicht angenommen oder nachgewiesen werden, so schreibt die Norm vor, dass die CO<sub>2</sub>-Bindung nicht deklariert werden darf.

## *EPD*

Ziel von Umweltproduktdeklarationen (EPD) ist es, transparente, verifizierte und vergleichbare Informationen über die Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen während ihres gesamten Lebenszyklus bereitzustellen.

Im Bausektor sollen EPD eine Grundlage für die Bewertung von Gebäuden und anderen Bauwerken schaffen, um diejenigen zu ermitteln, deren Umweltauswirkungen vergleichsweise gering sind. Damit dienen sie als wichtiges Vergleichsinstrument. EPD decken mehrere Phasen des Produktlebenszyklus ab. Diese sogenannten Module (A, B, C und D) stehen für folgende Lebenszyklusphasen:



Von den 48 untersuchten EPD (von denen wiederum 11 eingehender geprüft wurden) geben nur wenige die Herkunft der Holzprodukte an. Infolgedessen sollten einige Produkte nicht für die CO<sub>2</sub>-Neutralität in Frage kommen. Daher sind die in der EPD aufgeführten Werte in diesen Fällen falsch, wenn sie gemäß der Norm EN 16485 angegeben werden.

Mehrere EPD für Holzprodukte weisen eine negative Summe von CO<sub>2</sub>eq-Emissionen über den Lebenszyklus aus. Dies hat folgende Ursache: Holzprodukte gehen mit einem negativen biogenen CO<sub>2</sub>-Äquivalent in das System ein, da der Kohlenstoff im Holz gespeichert ist (vorausgesetzt, dies ist nach EN 16485 zulässig, was nicht immer eindeutig ist). In Modul C3 werden die Holzprodukte verbrannt und es wird etwa die gleiche Menge Kohlendioxid emittiert. Die Holzprodukte werden jedoch zur energetischen Verwertung verbrannt, und daher werden in Modul D Umweltvorteile durch die eingesparten Emissionen aus der Strom- und Wärmeerzeugung aus einer alternativen Quelle angegeben. Aus der EPD geht nicht in jedem Fall klar hervor, welche alternative Quelle zur Berechnung des Vorteils herangezogen wurde. Dies kann jedoch großen Einfluss auf das Gesamtergebnis (und folglich das berechnete Treibhauspotenzial) haben.

Die Bewertung von PCR und EPD für Holzwerkstoffe hat gezeigt, dass sowohl auf der PCR-Systemebene als auch bei der Überführung in EPD Unstimmigkeiten bestehen. Letztlich führt dies zu verzerrten deklarierten Werten für biogene CO<sub>2</sub>eq-Emissionen auf Produktebene und damit im Vergleich zu alternativen Produkten.

Eine ordnungsgemäße Angleichung dieser Aspekte in den PCR für Holzwerkstoffe und den EPD-Formaten – zumindest auf europäischer Ebene – ist Voraussetzung für einen angemessenen Vergleich des Treibhauspotenzials verschiedener Bauprodukte. Daraus ergibt sich, dass eine vergleichbare Bewertung alternativer Bauprodukte erwogen werden sollte (was jedoch nicht in den Rahmen dieser Studie fällt).

## 9 Temporäre CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten im Bauwesen

Die Wirksamkeit der terrestrischen CO<sub>2</sub>-Bindung durch Aufforstungsoptionen basiert auf dem gesamten Kohlenstoffkreislauf, der sowohl die Kohlenstoffvorräte als auch die Kohlenstoffflüsse

umfasst, und wird durch menschliche Aktivitäten und deren Auswirkungen auf die Biosphäre und die Atmosphäre beeinflusst, wenn es um Störungen der Waldökosysteme geht. Dies gilt folglich auch für die Nutzung geernteter Holzprodukte im Bausektor als temporäre Kohlenstoffsenke.

Um das Potenzial der temporären Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten (Bauholz) in der Baubranche abschätzen zu können, wurde eine Literaturrecherche zum Thema temporäre Kohlenstoffspeicherung in der Biosphäre und biobasierten Materialien durchgeführt.

Bei dieser Auswertung, die sich auf begutachtete Fachpublikationen stützt, lag der Schwerpunkt auf Veröffentlichungen ab dem Jahr 2000.

Von den etwa 80 Publikationen, die seit dem Jahr 2000 zum Thema temporäre Kohlenstoffspeicherung erschienen und nun gesichtet wurden, befassten sich dreizehn Veröffentlichungen mit dem Thema der vorliegenden Studie. Es wurden sowohl Literaturquellen mit einer kritischen als auch mit einer positiven Haltung zur temporären CO<sub>2</sub>-Speicherung gefunden, die meisten Quellen äußern sich jedoch neutral zu diesem Thema.

Der gemeinsame Nenner der durchgesehenen Fachliteratur besteht darin, dass der potenzielle Nutzen der vorübergehenden Kohlenstoffspeicherung sehr stark von dem Ansatz abhängt, der zur Quantifizierung dieses Nutzens gewählt wurde, sowie auch vom Zeithorizont der Bilanzierung (d. h. dem Zeitraum, über den hinaus keine weiteren Auswirkungen berücksichtigt werden). Wird eine vorübergehende Speicherung in Betracht gezogen, wird üblicherweise ein Zeithorizont von 100 Jahren angesetzt, doch erscheint diese Wahl willkürlich und wissenschaftlich nicht begründet. Außerdem werden die Entscheidungen, die als Grundlage für die Bilanzierung der Vorteile der temporären Kohlenstoffspeicherung dienen, oft nicht explizit und transparent gemacht. Die Ergebnisse sind daher nur sehr eingeschränkt vergleichbar und nur begrenzt als Grundlage für politische Entscheidungen geeignet.

Die vorübergehende Speicherung von Kohlenstoff ist wertmäßig gleichbedeutend mit der Verschiebung einer Emission um die gleiche Anzahl von Jahren, während der sie gespeichert wurde. Das heißt, dass je nach dem für die Quantifizierung des Nutzens gewählten Zeithorizont der Zeitraum, über den die Auswirkungen berücksichtigt werden, abnimmt. Mit anderen Worten: Der potenzielle Minderungswert hängt vom Zeitpunkt sowohl der Bindung als auch der erneuten Emission der Treibhausgase ab.

Einige Autoren argumentieren, dass jedwede Verzögerung der erneuten Emission vorteilhaft ist, weil man damit zusätzliche Zeit gewinnt, um wirksamere Lösungen zur Eindämmung des Klimawandels zu finden oder zu entwickeln. Um von der vorübergehenden Kohlenstoffspeicherung in Holz zu profitieren, bedarf es unbestreitbar der CO<sub>2</sub>-Neutralität durch nachhaltige Forstwirtschaft und gleichzeitige aktive Wiederaufforstung – was aktuell in dieser Form nicht gegeben ist. Auch der Einfluss der Umtriebszeiten in Bezug auf die nachwachsende Biomasse kann bei der Bewertung der Auswirkungen biobasierter Produkte problematisch sein. Aufgrund längerer

Umtriebszeiten bzw. langer Wachstumszeiten können nicht alle biobasierten Produkte innerhalb eines kurzen Zeithorizonts als CO<sub>2</sub>-neutral angesehen werden. Das gilt insbesondere auch für Holz. Schnell nachwachsende biobasierte Materialien wie Stroh, Hanf und Bambus können in dieser Hinsicht effektiver sein, da sie der Atmosphäre schnell CO<sub>2</sub> entziehen, vor allem wenn sie in Produkten mit einer ähnlichen Lebensdauer wie Bauprodukte auf Holz- oder Mineralbasis verwendet werden.

Von den verschiedenen Methoden, die für die Anrechnung der temporären Kohlenstoffspeicherung in Ökobilanzen zur Verfügung stehen, bietet das Verfahren unter Einbeziehung des sogenannten GWP<sub>net-bio</sub>-Indikators den ganzheitlichsten, doch weniger praktikablen Ansatz. Dieser Indikator berücksichtigt die potenziellen Auswirkungen der nach der Ernte von Biomasse verlorenen CO<sub>2</sub>-Bindung genauer. Diese weggefallene Bindungsmenge erfasst das CO<sub>2</sub>, das aufgenommen worden wäre, wenn die Bäume nicht gefällt worden wären. Damit wird also die bei ungestörtem Wachstum der Bäume maximal mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung ermittelt. Bei dieser Methode werden Landnutzung und Landnutzungsänderungen (LULUC) berücksichtigt. Wir vertreten jedoch die Auffassung, dass die Vorteile der CO<sub>2</sub>-Speicherung, wie sie in der Norm PAS 2050 und dem ILCD-Handbuch dargestellt werden, eine angemessene und praktikablere Lösung für die ökobilanzielle Erfassung bieten und ein hohes Maß an Unsicherheit in den End-of-Life-Szenarien berücksichtigen.

## 10 Minderungspotenzial temporärer CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten

Um den Klimawandel langfristig zu vermeiden, sind über lange Zeiträume wirksame Minderungslösungen erforderlich, doch können auch temporäre Lösungen einen positiven Beitrag leisten, wenn es darum geht, das Überschreiten bestimmter kritischer und potenziell irreversibler klimatischer Kippunkte zu verhindern. Der potenzielle Wert der temporären CO<sub>2</sub>-Speicherung für die langfristige Abschwächung des Klimawandels ist Gegenstand der laufenden wissenschaftlichen Debatte.

In Bezug auf den Bausektor gibt es mehrere Ansätze zur Speicherung von CO<sub>2</sub> in der gebauten Umwelt. Die Nutzung von Gebäuden als Kohlenstoffsinken hat als Minderungsstrategie tatsächlich an Bedeutung gewonnen und wird durch mehrere politische Initiativen wie die „Renovierungswelle“ (EU-Strategie zur Ankurbelung der energetischen Sanierung) und die neue europäische Bauhaus-Initiative gefördert.

Daher stellt sich berechtigterweise die Frage, wie hoch das Klimaschutzpotenzial von Holzprodukten (HWP) im Bauwesen sein kann. In den folgenden Abschnitten wird eine erste Einschätzung des potenziellen Beitrags von HWP zur Abschwächung des Klimawandels auf europäischer Ebene vorgenommen und in Relation zu den EU-Emissionsreduktionszielen und der globalen Oberflächentemperatur gesetzt.

### 10.1 Globale THG-Emissionen und Reduktionsmaßnahmen

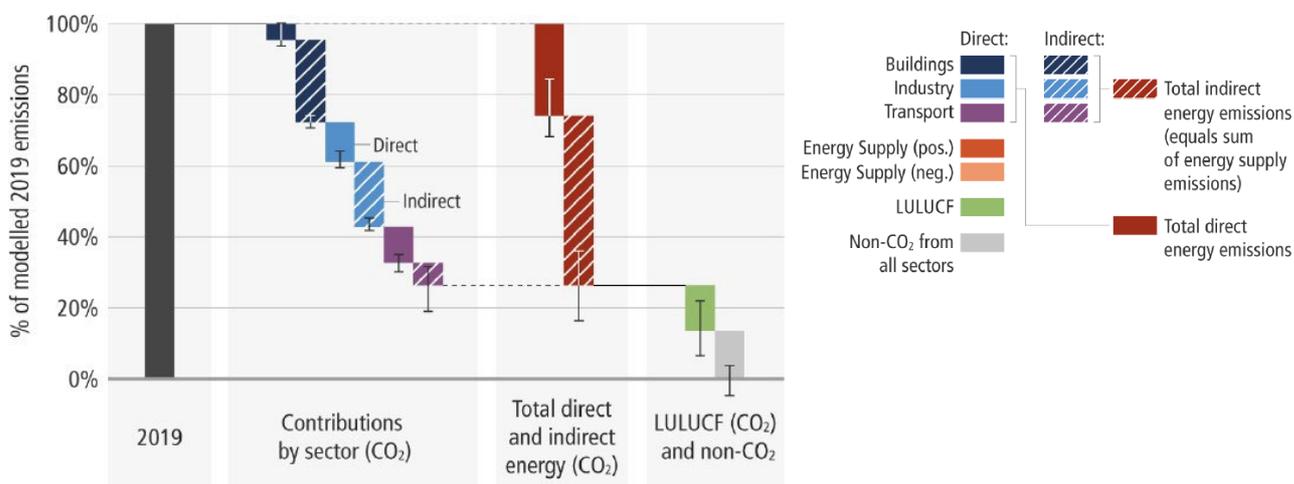
Die weltweiten anthropogenen Netto-Treibhausgasemissionen beliefen sich im Jahr 2019 auf 59 Gt CO<sub>2</sub>eq. Die historischen kumulierten Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1850 bis 2019 betragen etwa

2400 Gt CO<sub>2</sub>eq. Zum Vergleich: Das ab 2020 *verbleibende* CO<sub>2</sub>-Budget zur Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 Grad Celsius wird auf 500 Gt CO<sub>2</sub>eq geschätzt.

Das CO<sub>2</sub>-Budget ist die maximale Menge der kumulierten globalen anthropogenen Netto-THG-Emissionen, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf ein bestimmtes Niveau führen würde. Bei Bezugnahme auf die mit dem vorindustriellen Zeitalter beginnende Periode wird es als „Gesamt-CO<sub>2</sub>-Budget“ bezeichnet, bei Betrachtung eines mit einem bestimmten Datum oder Jahr beginnenden Zeitraums dagegen als „Rest-CO<sub>2</sub>-Budget“. Die Rest-CO<sub>2</sub>-Budgets gelten ab dem Jahr 2020, d. h. bis zum Erreichen der globalen „Netto-Null“-CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Daraus ergibt sich ein globaler Aufwand zur Verringerung der Treibhausgasemissionen von 981 Gt CO<sub>2</sub>eq bis zum Jahr 2050 bzw. 3.481 Gt CO<sub>2</sub>eq bis zum Jahr 2100 (unter der Annahme, dass die globalen Treibhausgasemissionen nach 2050 weiterhin ein Niveau von 10 Gt CO<sub>2</sub>eq/Jahr aufweisen dürfen).

Aus dem jüngsten Entwurf des IPCC-Sachstandsberichts geht hervor, dass Gebäude das Potenzial haben, mit mehr als 20 % zu den globalen Reduktionsmaßnahmen beizutragen (siehe Grafik 5).



**Grafik 5** Relativer Beitrag von einzelnen Sektoren und LULUCF zu globalen anthropogenen THG-Emissionen (Quelle: IPCC)

Konkret beliefen sich die globalen THG-Emissionen im Zusammenhang mit Gebäuden im Jahr 2019 auf 12 Gt CO<sub>2</sub>eq, was 21 % der globalen THG-Emissionen entspricht. Von diesen 12 Gt stammen 81 % aus der standortfernen Erzeugung von Strom und Wärme sowie aus direkten Emissionen vor Ort (z. B. Heizen und Kochen). Etwa 18 % (2,2 Gt CO<sub>2</sub>eq) sind Emissionen aus der Herstellung der in Gebäuden verwendeten Baustoffe. Folglich kann das absolute maximale Emissionsminderungspotenzial aller Baustoffe in Gebäuden nicht mehr als 6,5 % zur globalen Gesamtreduktion bis zum Jahr 2050 beitragen. Dabei wird davon ausgegangen, dass *alle* Treibhausgasemissionen aus Baustoffen sofort eliminiert werden (2,2 Gt CO<sub>2</sub>eq/Jahr), was unrealistisch ist.

## 10.2 Größenordnung der Netto-Kohlenstoffsенke für Holzprodukte im Bauwesen

### *Globales Potenzial*

Seit der Veröffentlichung des IPCC-Sonderberichts über Klimawandel und Landnutzung haben mehrere Studien das Minderungspotenzial der Verwendung von Holzprodukten (unter anderem auch im Bauwesen) bewertet. In einer globalen Modellstudie zum Forstsektor wurde geschätzt, dass die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holz ein durchschnittliches Minderungspotenzial (durch Vergrößerung des HWP-Pools) von 0,4 Gt CO<sub>2</sub>eq/Jahr für den Zeitraum 2020-2050 bieten könnte. Dies entspricht einer Gesamtmenge von 10,7 Gt CO<sub>2</sub>eq bis 2050 (und 29,2 Gt CO<sub>2</sub>eq bis 2100). Zu beachten ist, dass dieses Potenzial auf der Annahme einer nachhaltigen Forstwirtschaft beruht.

Kürzlich kam die Arbeitsgruppe III des IPCC zu der Abschätzung eines mittleren statistischen Konfidenzniveaus dahingehend, dass die CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten *in Verbindung mit der Substitution von Materialien* zur Abschwächung des Klimawandels beitragen kann, wenn nachhaltig bewirtschaftete Waldökosysteme betrachtet werden.

Bei der Substitution kommt es vor allem darauf an, welches Material in Erwägung gezogen wird. Mineralische Bauprodukte, die Zementbindemittel enthalten, sind beträchtliche Quellen von Treibhausgasemissionen (die bis zu 5 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen ausmachen), wenn man davon ausgeht, dass der Zement ausschließlich durch Kalzinierung von Karbonatgestein hergestellt wird. In der Nutzungsphase stellt jedoch die natürliche Umkehrung dieses Prozesses – die Karbonatisierung – eine wachsende Kohlenstoffsенke dar. Die Karbonatisierung von zementären Stoffen während ihres Lebenszyklus stellt eine große und wachsende Netto-CO<sub>2</sub>-Senke dar, die bis zu 0,3-0,8 Gt CO<sub>2</sub>/Jahr ausmacht. Diese Karbonatisierungssenken wurden in den Substitutionsszenarien bis dato nicht berücksichtigt, können aber erhebliche Auswirkungen haben. Weitere Forschungsarbeiten sind erforderlich, um die Karbonatisierung von zementbasierten Bauprodukten angemessen zu berücksichtigen, doch ist die aus der Karbonatisierung resultierende potenzielle Senke genauso hoch wie die globale potenzielle Senke von Holzprodukten (oder höher) einzuschätzen.

## *Potenzielle Senke für Holzprodukte in der EU*

Im Durchschnitt liegt die Nettokohlenstoffsенke für Holzprodukte in Europa zwischen 31 und 40 Mio. t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr (durchschnittlich 35,5 Mio. t). Dies gilt für alle Holzprodukte, also nicht nur für die Baubranche. Diese Abschätzung basiert auf der Annahme einer nachhaltigen Forstwirtschaft (d. h. CO<sub>2</sub>-Neutralität), jedoch ohne Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen der Produktionskette (was die potenzielle Größenordnung der Nettokohlenstoffsенke verringern würde).

### **10.3 Reduktionsziele der EU-27 für THG-Emissionen**

Aus den nationalen Beiträgen (Nationally Determined Contributions; NDCs) der EU-Mitgliedstaaten lässt sich die prozentuale Gesamtreduktion der THG-Emissionen ableiten. Für den Zeitraum 2021-2030 ergeben sich daraus die jährlichen Emissionszuteilungen für jeden Mitgliedstaat für jedes Jahr des Zeitraums von 2021 bis 2030 gemäß Artikel 4 der Verordnung (EU) 2018/842. Gegenüber den Referenzwerten von 2005 beträgt das Gesamtziel für die Verringerung der THG-Emissionen in der EU-27 bis 2030 5,2 Gt CO<sub>2</sub>eq. Um zu einem Gesamtziel für die Verringerung der THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 zu gelangen, wird für den Zeitraum zwischen 2030 und 2050 ein linearer Rückgang der jährlichen Emissionszuteilung angenommen. Der Prozentsatz der Gesamtreduktion im Jahr 2050 wird auf 95 % (gegenüber 2005) festgelegt.

Bei Anwendung dieses Ansatzes beläuft sich das Gesamtziel der Minderung der Treibhausgasemissionen in der EU-27 auf 37,2 Gt CO<sub>2</sub>eq. Für den Zeitraum von 2050 bis 2100 wird angenommen, dass die Emissionsreduktionsziele dem Niveau von 2050 entsprechen (d. h. unter der Annahme, dass die EU-27 in der Nettobetrachtung nahezu CO<sub>2</sub>-neutral sind). Das kumulierte Reduktionsziel beläuft sich folglich für die EU-27 ab 2021 bis zum Jahr 2100 gegenüber dem Jahr 2005 auf 156,8 Gt CO<sub>2</sub>eq.

### **10.4 Kohlenstoffsенke von Holzprodukten in den EU-27 aus Sicht des Klimaschutzes**

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die gesamte Netto-Kohlenstoffsенke von Holzprodukten und der Gesamtaufwand für die Verringerung der Treibhausgasemissionen in der EU-27 berechnet. Um diese im Hinblick auf das Potenzial zur Abschwächung des Klimawandels in die richtige Perspektive zu rücken, werden in diesem Abschnitt die relativen Beiträge angegeben.

#### *Relativer Beitrag zum Reduktionsziel der EU-27*

Die derzeitige Nettokohlenstoffsенke des Holzproduktepools der EU-27 beläuft sich auf durchschnittlich 35,5 Mio. t CO<sub>2</sub>eq/Jahr (siehe Abschnitt 10.2). Über die nächsten 78 Jahre (bis zum Jahr 2100) entspricht dies 2,77 Gt CO<sub>2</sub>eq oder 1,8 % des Gesamtziels für die EU-27 von 156,8 Gt CO<sub>2</sub>eq bis zum Jahr 2100. Auch hier bezieht sich die Angabe auf den gesamten Holzproduktepool, also nicht nur auf Holzprodukte im Bausektor.

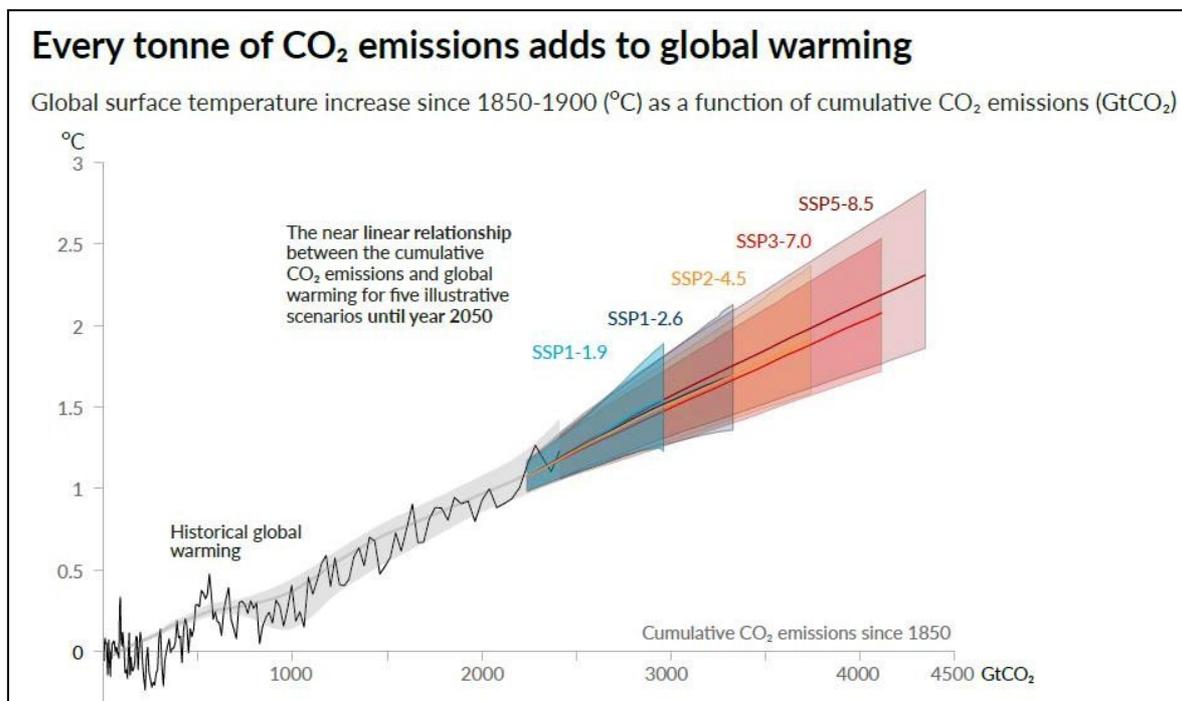
## Relativer Beitrag zur globalen Reduktion der Emissionen

Betrachtet man das verbleibende globale Treibhausgasbudget (innerhalb des 1,5-Grad-Szenarios) von 500 Gt CO<sub>2</sub>eq bis 2050, so beläuft sich der globale Aufwand zur Emissionsreduktion auf 981 Gt CO<sub>2</sub>eq bis 2050 bzw. 3.481 Gt CO<sub>2</sub>eq bis 2100. Für die EU-27 liegt das Reduktionsniveau bei 156,8 Gt CO<sub>2</sub>eq bis zum Jahr 2100, was 4,5 % der weltweiten Reduktion entspricht.

Das globale Potenzial der durch Holzprodukte geschaffenen Kohlenstoffsенke beläuft sich auf 29,2 Gt CO<sub>2</sub>eq bis zum Jahr 2100, was 0,8 % der globalen Emissionsreduktionsziele entspricht. Das derzeitige Potenzial der HWP-Kohlenstoffsенke in der EU-27 beläuft sich auf 2,77 Gt CO<sub>2</sub>eq, also 0,1 % des weltweiten Minderungsniveaus.

## Relativer Beitrag zur globalen Oberflächentemperatur

Im Rahmen der jüngsten Arbeiten zum Zusammenhang zwischen der globalen Oberflächentemperatur und den kumulierten Treibhausgasemissionen hat die Arbeitsgruppe I des IPCC den Entwurf ihres sechsten Sachstandsberichts veröffentlicht. Darin wird eine nahezu lineare Beziehung zwischen den kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen und der globalen Erwärmung für die fünf THG-Reduktionsszenarien bis zum Jahr 2050 festgestellt (siehe Grafik 6).



**Grafik 6**

Nahezu linearer Zusammenhang zwischen kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen und Anstieg der globalen Oberflächentemperatur (Quelle: IPCC)

Die Steigung dieser Kurve wurde verwendet, um den relativen Beitrag der temporären CO<sub>2</sub>-Speicherung in Holzprodukten zur Abschwächung des Klimawandels zu berechnen, dargestellt als Potenzial zur Verringerung der globalen Erwärmung in Grad Celsius.

Geht man auf globaler Ebene von einer kumulierten Größe der HWP-Kohlenstoffsенke bis zum Jahr 2100 von 29,2 Gt CO<sub>2</sub>eq aus, so würde dies einem Potenzial zur Verringerung der globalen

Erwärmung um 0,02 Grad Celsius entsprechen.

Insgesamt würde die angestrebte Verringerung der Treibhausgasemissionen in der EU-27 (156,8 Gt) eine Verringerung um 0,09 Grad Celsius bedeuten, während die derzeitige potenzielle Nettokohlenstoffsенke des Holzprodukteteams in der EU-27 nur 0,002 Grad Celsius betragen würde.

## 10.5 Fazit

Das Klimaschutzpotenzial der temporären CO<sub>2</sub>-Speicherung in der gebauten Umwelt ist zunehmend in den Fokus der Betrachtung gerückt. Daher stellt sich berechtigterweise die Frage, wie hoch das Klimaschutzpotenzial von Holzprodukten im Bauwesen sein kann.

Das Minderungspotenzial wurde bewertet, indem die CO<sub>2</sub>-Menge, die in Holzprodukten im Bauwesen gespeichert werden kann, mit der auf globaler und europäischer Ebene angestrebten Gesamtreduktion der Treibhausgasemissionen verglichen wurde.

Geht man davon aus, dass alle im Bausektor eingesetzten Holzprodukte aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen (d. h. CO<sub>2</sub>-Neutralität innerhalb der Waldökosysteme), was auf globaler Ebene sicher eine anspruchsvolle Annahme ist, und nimmt man zudem an, dass das gesamte CO<sub>2</sub> permanent in den Holzprodukten gespeichert ist (was nicht der Fall ist), dann könnten Holzprodukte im Bauwesen derzeit auf globaler Ebene mit 0,8 % und auf der Ebene der EU-27 mit 1,8 % zur Verringerung der Treibhausgasemissionen beitragen. Betrachtet man das Potenzial zur Verringerung der Erderwärmung, so entsprechen diese Anteile für das Holzprodukteteam auf globaler und EU-27-Ebene 0,02 bzw. 0,002 Grad Celsius vermiedener Erwärmung.

Das Potenzial von Holzprodukten im Bauwesen ist relativ gering (0,8 %), wenn man bedenkt, dass der Gesamtbeitrag von Gebäuden zu den jährlichen globalen Treibhausgasemissionen 21 % beträgt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, dass alle Sektoren bei ihren Dekarbonisierungsstrategien Fortschritte erzielen.

**Autoren**  
Dirk-Jan Simons  
Gerwin Beukhof  
Harry Croezen (Royal HaskoningDHV)  
Hilko van der Leij  
Els Ribbers  
Matthew Doe (Royal HaskoningDHV)  
Jeannette Levels  
David van Nunen  
Susanne Visch

**Im Auftrag von**  
ECP/Cerame-Unie/ECSPA/EAACA/EMO/

**GCCA Referenznr.**  
R086049aa.225DRY10.djs  
Version 01

**Erstveröffentlichung der englisch-  
sprachigen Originalausgabe:**  
8. Juni 2022

deutschsprachige Fachübersetzung  
durch die Trägerverbände



**Fachverband**  
Beton- und Fertigteilwerke  
Baden-Württemberg e. V.



**BETONSUISSE**

