

CO₂ Substitutionswirkung: Abschätzung für die Schweiz bei höherem Holzanteil in Neubauten

10. August 2022

Jörg Schläpfer
Patrick Schnorf
Timo Bundi

Dieses Projekt wurde realisiert mit Unterstützung
des Bundesamtes für Umwelt im Rahmen des
«Aktionsplans Holz».



Einleitung

Idee: CO2 Effekt grob abschätzen und einordnen

- Wüest Partner nimmt eine grobe Abschätzung zum CO2 Effekt vor, falls in der Schweiz gegenüber dem aktuellen Stand vermehrt mit Holz anstatt in Massivbauweise gebaut werden sollte.
- Um das Potenzial von Holzbauten einzuordnen, wird der grob abgeschätzte Effekt mit einer für die Klimaziele bedeutende Grösse verglichen. Der grob abgeschätzte Effekt wird in Bezug gesetzt zum Treibhausgasinventar, einer umfassenden Emissionsstatistik nach Vorgaben der UNO-Klimakonvention.
- Mit dem Ziel vor Augen, eine prozentualen Einordnung des Potenzials von Holzbauten vorzunehmen, orientiert sich diese grobe Abschätzung an einer Milchbüchleinrechnung, es handelt sich also nicht um eine wissenschaftliche Analyse. Das zugrundeliegende Modell ist eine starke Vereinfachung der Realität und die getroffenen Annahmen sind grob.
- Dieses Projekt wurde realisiert mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt im Rahmen des «Aktionsplans Holz». Vielen Dank an dieser Stellen auch an unseren Ansprechpartner Christian Aebischer für seine wertvollen Inputs.

Begründung der Idee einer groben Abschätzung

- In dieser Arbeit geht es weniger um die wissenschaftlich detaillierte Berechnung der Effekte in kg CO2. Vielmehr erfolgt eine Milchbüchleinrechnung mit dem Ziel, das Potenzial von Holzbauten im Gesamtmarkt einzuordnen.
- Diese Vereinfachung erfolgt auch deshalb, weil in der Literatur kontrovers über Annahmen, Wirkungsweisen und Systemgrenzen debattiert wird. Und diese Annahmen haben einen bedeutenden Effekt auf die CO2 Berechnung.
- Die Ergebnisse sind als Gesamteffekt zu verstehen. Sie zeigen das Potenzial von Holzbauten bei guter Planung. Eine umsichtige Planung ist wichtig. So sind Holzbauten sind nicht immer nachhaltiger als Bauwerke mit mineralischen Baustoffen. Im Durchschnitt sind sie es aber gemäss den KBOB Werten. Diese Durchschnittswerte sollen nicht darüber hinwiegäuschen, dass im Einzelfall die Werte vom Durchschnitt abweichen.
- Um das Forschungsergebnis einem breiten Publikum zugänglich zu machen, hat eine Einordnung mit einem Prozentwert zu erfolgen. Diese Aussage orientiert sich an folgender Frage: Wenn von nun an deutlich mehr Neubauten aus Holz anstatt in Massivbauweise entstehen, wie grosse wäre der Beitrag ungefähr zur Reduktion der Treibhausgase.

Im Fokus: Erfolgt der geplante Bau aus Holz?

- Im Fokus dieser Arbeit steht die Höhe des Holzanteils im Neubau.
- In einem Szenario erhöhen wir den Anteil von Holzbauten im zukünftigen Neubau gegenüber dem aktuellen Stand. Dann berechnen wir die Reduktion in den CO2 Emissionen durch den erhöhten Anteil von Holz in Neubauten im Vergleich zum Status quo (heutiger Anteil von Holz bei den Neubauten).
- Der Holzbauanteil im Neubau wird separat modelliert für die Bauteile Dachstock, Fassade sowie die Tragkonstruktion bestehend aus Wänden und Decken.
- Alle anderen Parameter wie der Neubauanteil sind exogen. Das heisst, es gilt für die CO2 Berechnung explizite Annahmen zu treffen, sie werden aber in allen Szenarien gleich belassen. Zu diesen Parametern gehören Kennzahlen zur Material- und Energiesubstitution sowie dem Gebäudepark (Lebensdauer der Gebäude, Bauweise, Neubautätigkeit in unterschiedliche Nutzungskategorien wie Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser oder Geschäftsgebäude).
- Aus dieser Perspektivenwahl folgt: Der Entscheid ob eine grüne Wiese bebaut wird, ist hier nicht von Relevanz. Entscheidend ist nur, ob der geplante Neubau als Holzbau oder Massivbau umgesetzt wird. Analog ist hier nicht der Entscheid von Relevanz, ob ein Haus ersetzt wird durch ein neues Haus. Entscheidend ist nur, ob der Ersatzneubau aus Holz oder Massivbau ist. Daraus folgt, dass der jetzige Waldbestand oder Gebäudebestand für diese Auswertung irrelevant ist.

Warum der Fokus auf Holzanteil im Neubau

- Der Fokus in dieser Arbeit auf den Holzanteil im Neubau erfolgt vor dem Hintergrund, dass Akteure einen bedeutenden Handlungsspielraum haben, um den Holzanteil im Neubau zu verändern. Dieser Entscheid in der Bauweise ist abzugrenzen von der generellen Entwicklung in der Siedlungsentwicklung. Der Fokus auf den Entscheid in der Materialwahl hat zahlreiche Anwendungen:
 - Bauherren überlegen sich nach einem Entscheid für einen Neubau die Materialwahl.
 - Die Behörden denken über Eingriffe in die freie Marktwirtschaft nach, um die Chancen von Holzbauten gegenüber Massivbauten zu verbessern, über Fördergelder, Vorschriften, Belohnungen im Auswertungssystem.
- Mit dieser Arbeit soll bei solchen Entscheidungen eine Einordnung gegeben werden, was der klimarelevante Nutzen ist, wenn solche Entscheide im Gesamtmarkt zukünftig vermehrt wie heute für Holzbauten anstatt Massivbauten ausfallen sollte.

Ergebnis

- Wir berechnen den Substitutionseffekt, unter der Annahme, dass der Anteil der Holzbauten im Schweizer Neubau in den Jahren 2022 bis 2050 rund doppelt so hoch ausfällt wie aktuell.
- Unsere grobe Abschätzung ergibt, dass dann 14 Mio. t CO2 zusätzlich gegenüber dem Status quo vermieden werden. 14 Mio. t CO2 durch 29 Jahre ergibt eine geschätzte Substitutionswirkung von zusätzlichem 0.5 Mio. t CO2 pro Jahr mit erhöhtem Holzanteil gegenüber dem Status quo.
- Der grob geschätzte Effekt von **jährlich zusätzlichen vermiedenen 0.5 Mio. t CO2 entspricht 1.2 Prozent des Schweizer Treibhausgasinventars**. Dieses weist gemäss BAFU für das Jahr 2020 einen Wert von 43.4 Mio. t CO2 aus. Relativ zum Sektor Industrie, dem die Bauwirtschaft zugeordnet wird, entspricht der berechnete Substitutionswert 5.6% der 10.3 Mio. t darin ausgewiesenen CO2.
- Damit kann das Forschungsergebnis wie folgt zusammengefasst werden: **Wenn sich die Bauherrschaften in der Schweiz bei Neubauten doppelt so oft wie heute für Bauteile aus Holz anstatt Massivbauweise entscheiden, dann können bei guter Bauplanung deswegen die CO2 Emissionen der Schweiz um mehr als 1 Prozent reduziert werden.**
- Diese grobe Abschätzung bezieht sich nur auf die gewählte Systemgrenze. Würde man auch den heutigen Holzanteil im Neubau oder verlängerte Speicherwirkung miteinbeziehen, so würde der Effekt höher ausfallen. Auf der nächsten Folien werden einzelne Abgrenzungen explizit aufgeführt.

Einordnung und Abgrenzung

- In dieser Studie haben wir einen klaren Fokus. Das heisst, wir ignorieren bedeutende Effekte der Holzbauwirtschaft. Der geschätzte Effekte würde höher ausfallen, falls folgende Effekte auch mitberücksichtigt worden wäre, was durchaus plausibel wäre:
 - Der CO2 Effekt bezieht sich nur auf den zusätzlichen Effekt der verminderten CO2 Emissionen gegenüber dem heutigen Marktanteil von Holz. Das heisst, der effektive Beitrag der Holzbauten ist noch höher, da ja bereits jetzt schon mit Holz gebaut wird.
 - Der Fokus liegt auf dem Substitutionseffekt. Die verlängerte Speicherwirkung durch Holzbauten wird ignoriert.
 - Bei Projektabschluss wurden neue KBOB Werte veröffentlicht. Mit den KBOB 2022 würden die zusätzlich substituierten Effekten grösser ausfallen als hier rapportiert. Denn bei KBOB 2022 ist die Differenz der Primärenergie zwischen Baumaterialien aus Holz gegenüber mineralischen Baumaterialien tendenziell grösser als noch bei den KBOB 2016.
- Die Siedlungsentwicklung selbst ist nicht von Relevanz in diesen Berechnungen. Sie ist aber ein grosser Hebel für die CO2 Wirkung, etwa wenn durch eine Sanierung auf einen Ersatzneubau verzichtet wird.
- Diese Studie zeigt das Potenzial von Holzbauten auf. Neben der **Materialienwahl ist auch eine frühzeitige und gute Planung massgeblich** für die in den einzelnen Bauprojekten anfallen grauen Emissionen.
- Emissionsreduktionen im Sektor Industrie sind besonders wertvoll, da dort die Emissionen derzeit weniger reduziert werden wie bei Gebäuden (durch die Substitution von Öl- und Gasheizungen) oder Verkehr (aufgrund der Elektromobilität).

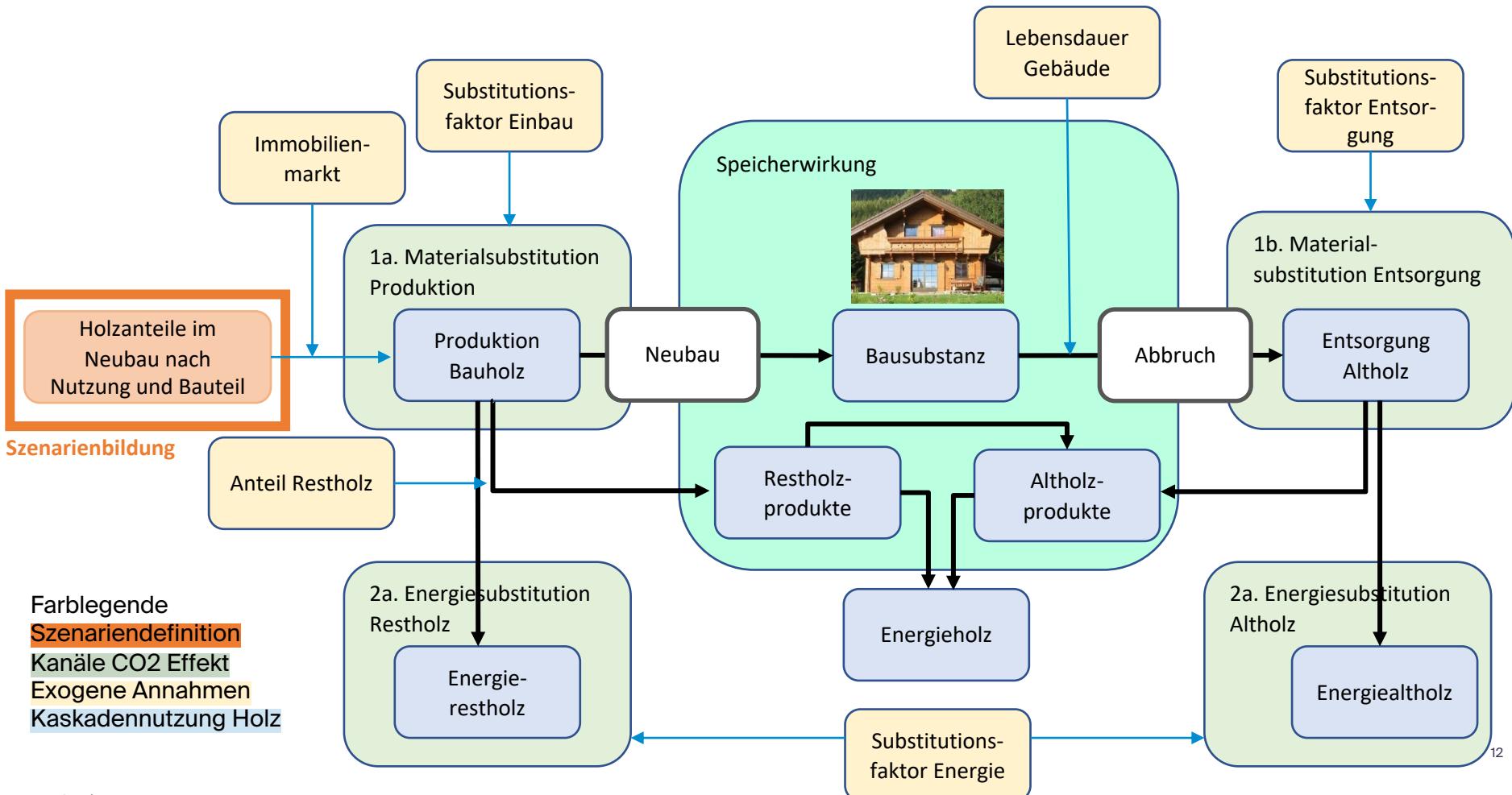
Methodik

Holz statt Massivbau: Effekte

- Der Einsatz der Biomasse Holz substituiert den Einsatz von alternativen Materialien, mit meist schlechteren CO2 Bilanzen, was zu reduzierten Emissionen führt. Diese entstehen bei der Produktion der Materialien und bei der schlussendlichen Entsorgung des Materials bei Abbruch des Gebäudes.
- Bei der Produktion eines Holzbau entsteht im Durchschnitt weniger CO2 Emissionen als bei der Erstellung eines Massivbaus. Die höheren Emissionen der Massivbauweise lassen sich auf zwei verschiedene Faktoren zurückführen. Einerseits wird bei der Herstellung von Zement direkt durch chemische Reaktionen CO2 produziert, und andererseits sind sehr hohe Temperaturen für die Herstellung etwa von Stahlbeton notwendig, welche meist durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern erreicht werden. Bei der Herstellung von Bauholz hingegen werden weniger energieintensive Prozesse benötigt.
- Auch bei der schlussendlichen Entsorgung des Materials fällt die CO2 Bilanz ebenfalls im Durchschnitt besser aus bei Holzbauten als bei Massivbauten. Zusätzlich kann das Holz im Sinne einer Kaskadennutzung mit relativ kleinem Energieaufwand weiterverarbeitet oder wiederverwendet werden.
- Holz kann zur Wärmegewinnung verbrannt werden und substituiert damit fossile Brennstoffe.
- Darüberhinaus erfolgt bei Holzbauten eine Verlängerung der temporären Speicherung von CO2 im Zivilisationskreislauf. Dieser Effekt wird in dieser Abschätzung nicht mitberücksichtigt.

Holz statt Massivbau: 4 Kanäle der Effekte

- Wir berechnen vier Kanäle, über die Holzbauten gegenüber Massivbauten CO2 substituieren.
- 1. Materialsubstitution: Einsparung CO2 bei der Benutzung von Holz an Stelle von alternativen Baumaterialien. Dieser Effekt wird gemessen als die Differenz in den Emissionen, es wird unterschieden zwischen:
 - 1a. Einsparungen bei der Produktion der Baumaterialien
 - 1b. Einsparungen bei der Entsorgung der Baumaterialien nach Abbruch des Gebäudes
- 2. Energiesubstitution: Verbrennung von Holz für die Energiegewinnung spart CO2 gegenüber alternativen Brennstoffen.
 - 2a. Verbrennung von Restholz bei der Produktion
 - 2b. Verbrennung von Altholz nach Abbruch des Gebäudes
- Die Wirkung dieser vier Kanäle wird auf der nächsten Folie in einem Modell dargestellt.



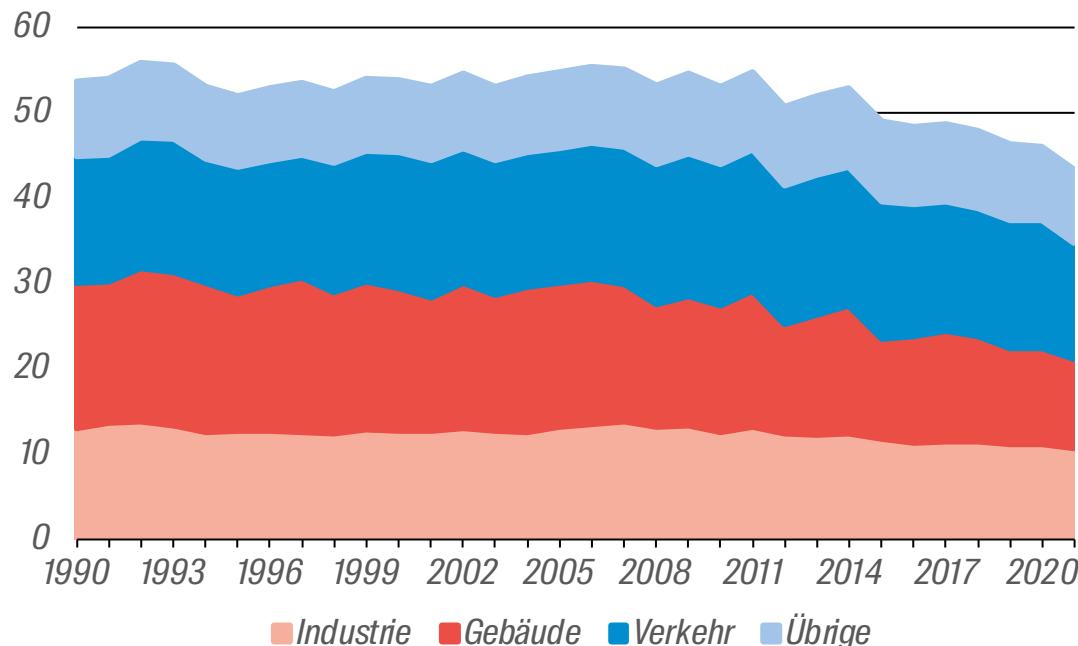
Zeithorizont für Bautätigkeit und Effekte

- Wir möchten die Frage beantworten, wie die CO2 Emissionen in der Zukunft anders ausfallen, falls gegenüber dem heutigen Stand zukünftig vermehrt mit Holz gebaut wird. Das ist herausfordernd, weil der heutige Baumaterialentscheid noch während vielen Jahrzehnten CO2 relevanten Effekte haben wird. Und so unterscheiden wir zwei Zeithorizonte:
- **Zeithorizont der Bautätigkeit:** Wir verändern am aktuellen Rand den Anteil der Holzbauten im Neubau differenziert nach Bauteil und Gebäudetyp. Einerseits schauen wir es an, wenn der Holzanteil im Neubau nur im Jahr 2022 verändert wird gegenüber dem aktuellen Stand. Andererseits schauen wir den Effekt an, wenn der Holzbau zwischen 2022 und 2050 erhöht wird gegenüber dem aktuellen Stand. So können wir einerseits Direktvergleiche zwischen verschiedenen Holzanteilen herstellen sowie die Effekte einer schrittweisen Steigerung der Holzanteile abschätzen.
- **Zeithorizont des Effekts:** Was heute verbaut wird, hat noch während vielen Jahren einen CO2 Effekt. Um auch später anfallende Effekte zu berücksichtigen, beobachten wir die Effekte über einen langen Zeitraum von 2022 bis 2200. Die Effekte werden dabei in zwei Kategorien unterteilt, direkte Einsparungen (bei der Produktion) und verzögerte Effekte (bei der Entsorgung).
- Wir summieren linear die Effekte über die Zeit, das heisst es erfolgt keine Diskontierung von später anfallenden Effekten wie dies etwa beim Global Warming Potenzial angewendet wird.

Vergleichsgrösse für die Reduktion im CO2

Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Millionen Tonnen CO2-Äquivalente (2019 total von 46.22).

Quelle BAFU Treibhausgasinventar



- Werte für 2020: total 43.4 Millionen, davon Sektor Industrie: 10.4 Millionen.
- Holzbauten beeinflussen den Sektor Industrie. Im Sektor Industrie waren die jüngsten Rückgänge weniger ausgeprägt als im Sektor Gebäude oder Verkehr. Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass es im Sektor Industrie weniger klare Lösungen für die Reduktion gibt. Der Gebäudepark kann die Emissionen durch Substitutionen fossiler Wärmeerzeuger erreichen, dem Verkehr kommt der jüngste eingesetzte Durchbruch der E-Mobilität entgegen.

Ergebnisse für Szenario Verdoppelung des Holzanteils im Neubau 2020-2050

Verdoppelung Holzanteil 2022-2050

- Wir berechnen den Substitutionseffekt, unter der Annahme, dass der Anteil der Holzbauten bis 2030 auf einem rund doppelt so hohen Anteil ansteigt und dass dieses Niveau bis 2050 gehalten werden kann.
- Durch die Verdoppelung des Holzanteils im Neubau werden zwischen 2022 – 2050 14 Mio. t CO₂ zusätzlich substituiert. Zur Einordnung ist das Ergebnis von 14 Mio. t CO₂ zuerst einmal durch 29 Jahre zu teilen, da der Holzanteil ja während den Jahren 2022 bis 2050 höher ausfällt als im Status quo. 14 Mio. t CO₂ durch 29 Jahre ergibt eine geschätzte **Substitutionswirkung von 0.5 Mio. t CO₂ pro Jahr mit erhöhtem Holzanteil**.
- Die **Substitutionswirkung von 0.5 Mio. t CO₂ entspricht 1.1% des Schweizer Treibhausgasinventars**. Dieses weist gemäss BAFU für das Jahr 2019 einen Wert von 46 Mio. t CO₂ aus.
- Alle Ergebnisse beziehen sich nur auf die gewählte Systemgrenze. Das heisst etwa: Die Substitutionswirkung bezieht sich nur auf den Anstieg im Anteil Holz im Neubau gegenüber heute, nicht die total verbaute Menge im Bauwesen. Die totalen Effekte des Holzbaus fallen noch stärker aus, da ja schon heute mit Holz gebaut wird. Zudem ist auch die verlängerte Speicherwirkung von Holz nicht berücksichtigt.
- Diese Verdoppelung ist insgesamt und als Annäherung zu betrachten. So kann etwa der Anteil der Holzbauten bei Dachstöcken in Einfamilienhäusern nicht mehr verdoppelt werden.

Verdoppelung Holzanteil 2022-2050

- Die wichtigsten Ergebnisse werden auf den folgenden vier Folien detaillierter dargestellt.
- Gestützt auf die vier Kanäle können zwei Unterscheidungen mit jeweils zwei Untereffekten aufgeführt werden.
- Erstens fallen 11 Mio. t CO₂ im jeweiligen Produktionsjahr an, andererseits können zusätzliche 3 Mio. t CO₂ – zeitlich verzögert – bei der Entsorgung eingespart werden.
- Zweitens beträgt die Einsparung durch Materialsubstitution 11 Mio. t CO₂ und 3 Mio. t CO₂ durch Energiesubstitution.
- 10 der 14 Mio. t CO₂ werden über die Tragkonstruktion, bestehend aus Wänden und Decken eingespart.
- Die Substitutionswirkung nimmt im Zeitverlauf leicht zu, da der Gebäudepark weiter wächst, und so eine Veränderung im Holzanteil im 2050 eine immer grösse absolute Wirkung entfaltet. Ab 2051 verringert sich die Substitutionswirkung deutlich, da im betrachteten Szenario eine erhöhte Holznutzung nur bis 2050 angenommen wird und damit die Substitutionswirkung aus der Produktion aufgrund des gewählten Szenarios ab 2051 wegfällt.

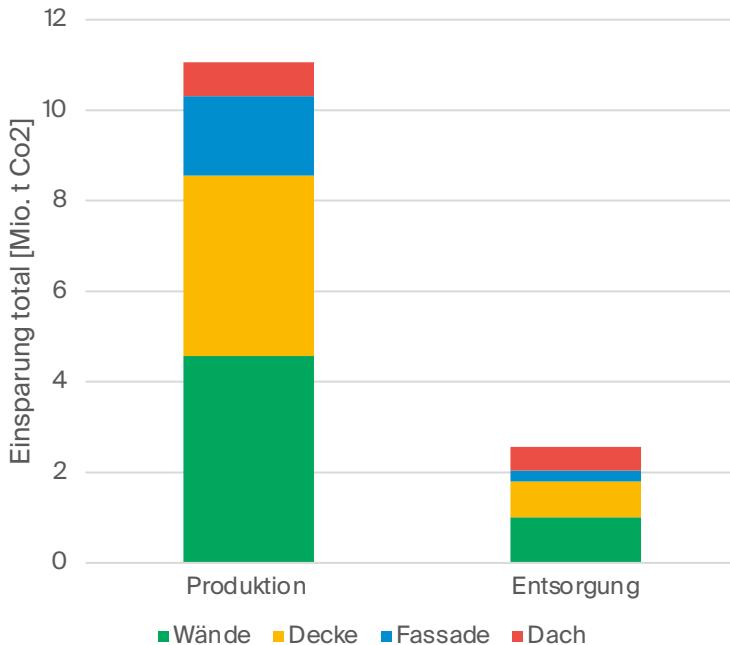
Verdoppelung Holzanteil 2022-2050

Total zusätzlich gegenüber Status quo eingespartes CO2 in Mio. Tonnen nach Wirkungskanal



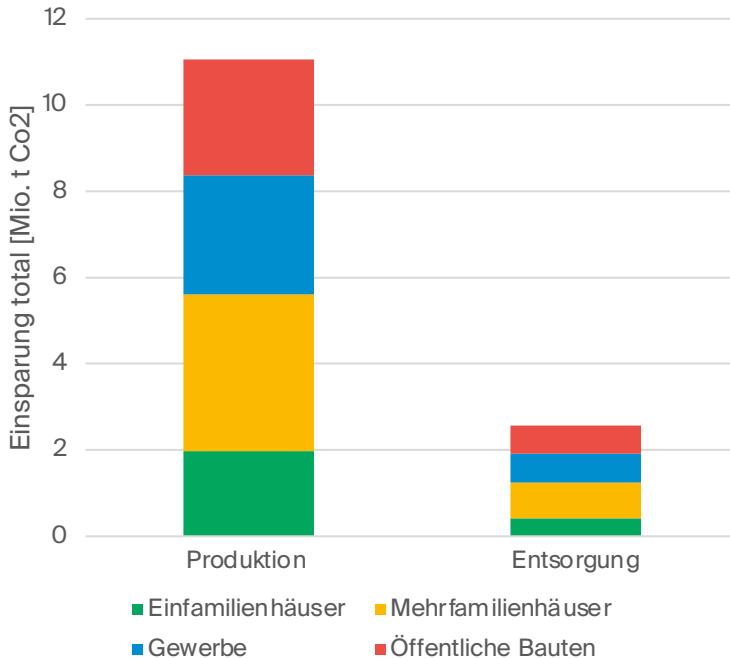
Verdoppelung Holzanteil 2022-2050

Total zusätzlich gegenüber Status quo eingespartes CO2 in Mio. Tonnen nach Bauteil



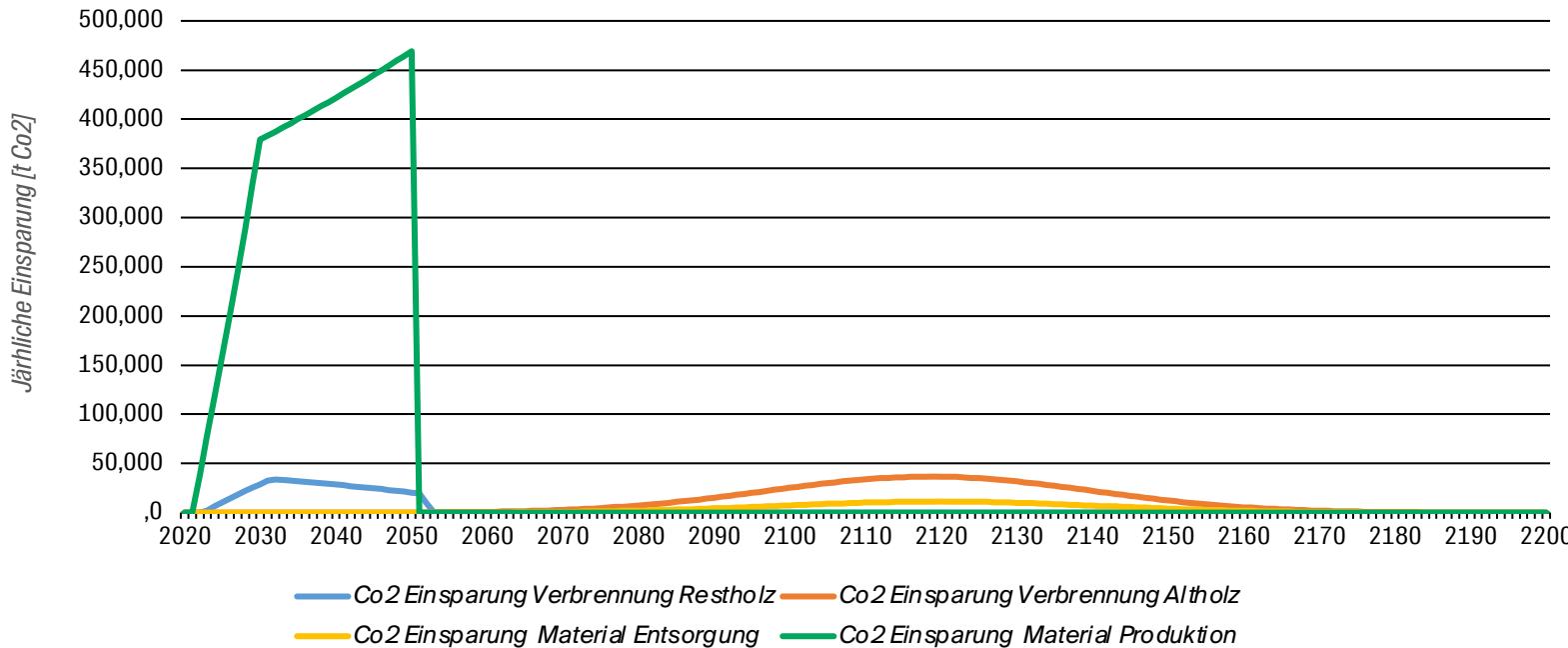
Verdoppelung Holzanteil 2022-2050

Total zusätzlich gegenüber Status quo eingespartes CO₂ in Mio. Tonnen nach Gebäudetyp



Verdoppelung Holzanteil 2022-2050

Zusätzlich gegenüber Status quo eingespartes CO₂ in Mio. Tonnen im Zeitverlauf bis 2200



Bei Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.

Jörg Schläpfer

T 044 289 90 34

joerg.schlaepfer@wuestpartner.com

Wüest Partner AG

Alte Börse

Bleicherweg 5

8001 Zürich

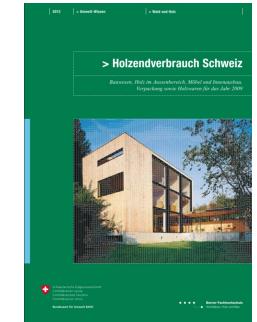
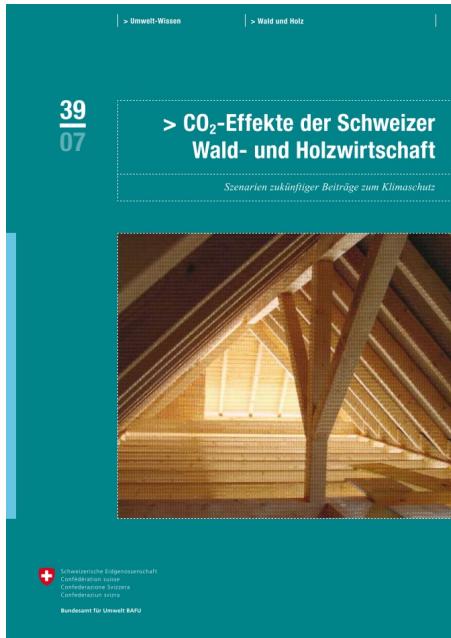
www.wuestpartner.com



Anhang Annahmen

Literatur

- In dieser angewandten Forschung spielen Definitionen, Systemgrenzen und Annahmen eine bedeutende Rolle für das schlussendliche Ergebnis. Wir orientieren uns dabei oft an zwei Studien.



Immobilienmarkt

- Wir modellieren die relevantesten Parameter, als Handlungsoption betrachten wir aber nur Veränderungen in den Anteil Holzbauten, alle anderen Parameter sind exogen.
- Diese Aussage illustrieren wir mit dem Immobilienmarkt. Wir treffen Annahmen zum Immobilienmarkt, die exogen sind und in allen Szenarien gleich betrachtet werden:
 - Bautätigkeit: Wir treffen Annahmen, wieviel Hochbauten in der Schweiz pro Jahr entstehen.
 - Bauweise: Wir halten die Bauweise in allen Szenarien und während den Jahren 2022 bis 2050 für immer gleich.
 - Wir gehen also davon aus, dass in Zukunft gleich oft wie heute Keller (und deren hohe Anteile grauer Energie) gebaut wird.
 - Wir gehen davon aus, dass der Bau eines Einfamilienhaus, dessen Tragkonstruktion oder Fenster aus Holz sind, heute gleich viel Holz benötigt wie in 30 Jahren (es wäre ja möglich, dass mit besseren Bauweisen weniger Holz benötigt wird).
 - Wir gehen davon aus, dass die Emissionen aus dem Betrieb der Liegenschaft gleich ist für Holz- wie für Massivbauten.
 - ...

Immobilienmarkt und Anteil Holzbauten

- Wüest Partner wertet Baubewilligungen aus, die wir von Docu Media GmbH einkaufen. So können wir Zeitreihen berechnen, wie das Verhältnis von Holz zu alternativen Baumaterialien ist. Dieses Verhältnis wird in unterschiedlichen Dimensionen berechnet:
- Gebäudetyp in 10 Kategorien: EFH, MFH (klein, mittel, gross), Gewerbe (Geschäftsgebäuden, Gewerbehallen, Landwirtschaft), öffentliche Gebäude (klein oder gross, Hallen)
- Bauart: Neubau samt Ersatzneubau, Anbau; bewilligungspflichtiger Umbau
- Bauteil: Tragkonstruktion bestehend aus Wände und Decken, Dachstuhl, Fassade (Fenster, Türe, Boden werden nicht mitgerechnet)
- Diese Daten sind Grundlage für die Verfeinerung der Szenarien
- Wir nehmen an, dass der Gebäudebestand zwischen 2021 und 2050 um etwas mehr als 1% pro Jahr ansteigt. Bei EFH um 0.7%, bei MFH um 1.2%, bei Geschäftsgebäuden um 1.1% und bei öffentlichen Gebäuden um 1.0%. Diese Zahlen stützen sich auf Zeitreihen von Wüest Partner zu Energiebezugsflächen nach Gebäudenutzung. Allerdings fällt die Neubautätigkeit aufgrund Abbrüchen grösser aus als der Zuwachs der Fläche, der Faktor ist am höchsten bei EFH und kleiner bei öffentlichen Gebäuden.

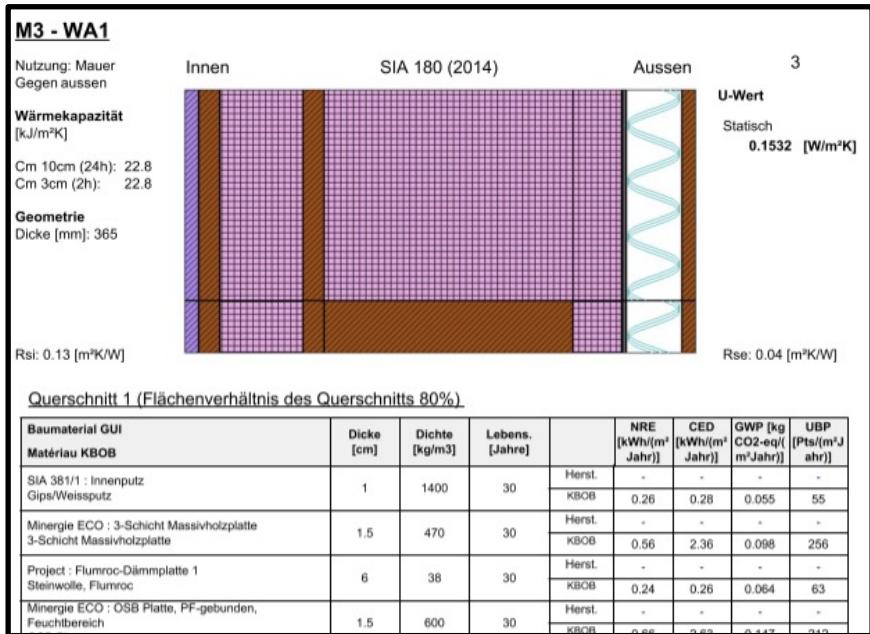
Annahmen Holzmengen

T4 | Berechnungen zum Holzeinsatz bei Einfamilienhäusern^{1,2} für das Jahr 2018

Einsatzbereich		Ø Holzeinsatz je Gebäude [m ³]	Anzahl Gebäude mit Holzeinsatz 2018*	Holzeinsatz 2018 [m ³]**	Holzeinsatz 2018 [m ³] ***
EFH Neubau	Wände	23	1'445	32'590	148'800
	Decken	12	1'445	17'780	
	Fassaden	9	1'890	17'440	
	Dachstühle	11	7'180	80'960	
EFH An-/ Umbau	Wände	13	895	12'010	59'200
	Decken	5	895	4'370	
	Fassaden	8	1'320	10'170	
	Dachstühle	10	3'180	32'650	
Summe Holzeinsatz Einfamilienhäuser [m ³] ***				208'000	

- Die Annahmen zur gebäudenutzungsspezifischen Holzmenge erfolgt gemäss den Studien Schweizer Wald- und Holzwirtschaft respektive Holzendverbrauch Schweiz (2018).
- Die benötigte Menge Holz wird durch eine Aggregation auf Gebäudebasis der Neubautätigkeit errechnet.

Annahmen Materialsubstitution



- Der Materialsubstitutionseffekt ist Differenz der grauen Energie von Holz gegenüber anderen Materialien.
 - Für uns sind die grauen Treibhausgasemissionen relevant. Diese bezeichnen die gesamten Emissionen, welche im Lebenszyklus eines Bauteils ausgestossen werden. In unseren Analysen wird zwischen Emissionen, welche bei der Produktion und dem Einbau und Emissionen welche bei der Entsorgung des Materials anfallen unterschieden. Effekte des Recyclings von Materialien werden ebenfalls bei der Entsorgung berücksichtigt.
 - Für die Berechnung der grauen Emissionen wendete Wuest Partner die Daten des KBOB 2016 auf typische Querschnitte an.
 - Neu gäbe es auch KBOB 2022, diese konnten allerdings für die vorliegende Berechnung noch nicht berücksichtigt werden.

Annahme Energiesubstitution

- Bei der Energiegewinnung wird angenommen, dass das Holz fossile Energieträger ersetzt. Daher ergibt sich eine Einsparung von 0.6 t CO₂ pro m³ Holz.
- In Zukunft wird in der Schweiz voraussichtlich nicht mehr flächendeckend mit Öl oder Gas geheizt werden und deshalb nehmen wir an, dass bis 2040 die Einsparung linear auf 0.2 t CO₂ pro m³ Holz sinkt.