

# **Treibhausgasemissionen des stofflichen und energetischen Einsatzes von Holz in Österreich im Vergleich zu Substitutionsstoffen**

In einem vom Klima und Energiefonds (KLIEN) finanzierten Projekt berechnete das Umweltbundesamt im Zeitraum von 11.2012 bis 11.2014 die Treibhausgasemissionen des stofflichen und energetischen Einsatzes von Holz in Österreich im Vergleich zu Substitutionsemissionen.

## **Zusammenfassung:**

Der Einsatz von Holz aus österreichischen Wald führt im Vergleich zum Einsatz von Substitutionsmaterialien in sämtlichen betrachteten Bereichen zu einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-eq Emissionen, wobei die Einsparungen bei der energetischen Nutzung (Ersatz von z.B. Kohle) wesentlich höher sind als bei der stofflichen Nutzung. Bei der stofflichen Nutzung ist die Nutzungsdauer der Holzprodukte ein wesentlicher Parameter, der einen ganz entscheidenden Einfluss auf die klimatologische Performance von Holz hat. Nur bei einem langen Einsatz der Holzprodukte kann sichergestellt werden, dass es zu Treibhausgasemissionseinsparungen kommt.

Durch Holz wird in jedem Jahr bei der stofflichen Nutzung rund 1.300 kt CO<sub>2</sub>-eq und bei der energetischen Nutzung rund 11.000 kt an CO<sub>2</sub>-eq Emissionen eingespart.

## Inhalt

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | Einleitung.....  | 3  |
| 2.    | Definition Substitutionsmaterialien .....  | 3  |
| 3.    | Vergleichbarkeit der Substitutionsmaterialien .....  | 4  |
| 4.    | Emissionsfaktoren für Holz und Substitutionsmaterialien .....  | 6  |
| 5.    | Berechnung der Substitutionsemissionen (CO <sub>2</sub> -Äquivalent Emissionen) – stoffliche Nutzung ..... | 6  |
| 5.1.  | Substitutionsemissionsberechnung für das Referenzszenario im Jahr 2010 .....                               | 7  |
| 5.2.  | Substitutionsemissionen durch die stoffliche Nutzung.....  | 9  |
| 6.    | Berechnung der Substitutionsemissionen (CO <sub>2</sub> -eq Emissionen) – energetische Nutzung .....       | 10 |
| 7.    | Zusammenfassung der Substitutionsemissionen .....  | 12 |
| 8.    | Spezialfall Papier und Pappe .....   | 14 |
| 9.    | Sensitivitätsanalyse Referenzszenario für das Jahr 2050 .....  | 15 |
| 9.1.  | Erhöhung der Nutzungsdauer von Holz um 50% .....   | 15 |
| 9.2.  | Reduktion der Nutzungsdauer von Holz um 50%.....   | 18 |
| 9.3.  | Reduktion der Nutzungsdauer der Substitutionsmaterialien (SM).....   | 21 |
| 9.4.  | Variation der Anteile der SM in den einzelnen Bereichen .....  | 23 |
| 9.5.  | Ausgewählte Beispiele je Kategorie .....   | 26 |
| 9.6.  | Ersatz von Papier und Pappe durch Kunststoff .....   | 28 |
| 9.7.  | Veränderung des Substitutionsmix für die energetische Nutzung .....  | 28 |
| 9.8.  | Interpretation der Sensitivitätsanalyse .....  | 29 |
| 9.9.  | Zusammenfassung.....   | 30 |
| 9.10. | Conclusio .....  | 32 |
| 10.   | THG Emissionen im Wald und der Holzprodukt pools (harvested wood products) .....                           | 33 |
| 11.   | Literaturverzeichnis .....   | 34 |
|       | Anhang A .....   | 35 |
|       | Anhang B .....   | 36 |
|       | Anhang C .....   | 37 |

## Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2015  
Alle Rechte vorbehalten  
ISBN 978-3-99004

## 1. Einleitung

Im Auftrag des Klima und Energiefonds (KLIEN) wurde der Frage nachgegangen inwieweit Wald, Waldboden und Holz aus österreichischem Wald einen Einfluss auf die nationalen Treibhausgasemissionen nehmen können. Anders formuliert: Welche Emissionen würden anfallen, wenn es kein Holz aus österreichischem Wald gibt?

Die Aufgabe des Umweltbundesamt in dem vom KLIEN finanzierten Projekt bestand darin die sogenannten Substitutionsemissionen des stofflichen und energetischen Holzeinsatzes zu berechnen.

Dabei stellten die Universität für Bodenkultur, das Bundesforschungszentrum für Wald und die Holzforschung Austria wichtige Daten zur Berechnung dieser Emissionen zur Verfügung.

Abkürzungen:

|     |                                       |
|-----|---------------------------------------|
| NB  | Nina Braschel (Umweltbundesamt Wien)  |
| DF  | David Fritz (Umweltbundesamt Wien)    |
| WP  | Werner Pölz (Umweltbundesamt Wien)    |
| TSt | Tobias Stern (BOKU Wien)              |
| FD  | Franz Dolezal (Holzforschung Austria) |

## 2. Definition Substitutionsmaterialien

Auf Grundlage der Tabelle „Gütereinsatz“ generiert mittels des Programms Forst- und Holzwirtschaft FOWOH<sup>1</sup> (übermittelt von Tobias Stern; BOKU Wien) ergab sich die Aufteilung der Inputstoffe in Rohstoffe (Schnittholz unterteilt in Nadel- und Laubholz, Holzplatten, Brennholz, Sägenebenprodukte, sowie Papier und Pappe) und deren Einsatzbereiche (Bau Konstruktion, gestaltende Konstruktion, Verpackung, Möbel, andere Waren, energetische Nutzung<sup>2</sup>). Die Mengenangaben der Produktion von Holzprodukten in Österreich aus inländischem Rohholz wurden aus Simulationsläufen des FOHOW entnommen und für die Berechnung der Substitutionsmöglichkeiten und -emissionen herangezogen. Diese Tabelle „Substitutionsmaterialien<sup>3</sup>“ beinhaltet eben diese Aufteilung und wurde von Werner Pölz (Umweltbundesamt Wien) erstellt und an Franz Dolezal (Holzforschung Austria) und Tobias Stern mit der Bitte um Füllung übermittelt. Die von Tobias Stern übermittelten Angaben/Daten getrennt nach Rohstoffen, Einsatzbereichen sowie potentielle Substitutionsmaterialien und deren pro-

<sup>1</sup> Dies ist ein an der BOKU entwickeltes Programm zur zeitlichen Simulation des Holzproduktepools (harvested wood products) in Österreich, in Abhängigkeit von unterschiedlichen Annahmen zu wirtschaftlicher Entwicklung, Holzvorrats- bzw. -Nachfrageentwicklung, etc.

<sup>2</sup> Anm.: Der Einsatzbereich „Energetische Nutzung“ wird unter Punkt 6 gesondert angeführt, da sich die Vorgehensweise bei der Berechnung und die zugrunde gelegten Annahmen von den anderen Einsatzbereichen unterscheiden.

<sup>3</sup> Dabei wird in den oben erwähnten Einsatzbereichen Bau Konstruktion usw. jeweils maximal drei Substitutionsmaterialien (Stahl, Aluminium, Kunststoff, etc. aufgelistet, die, wenn es kein Holz geben würde, eingesetzt werden.

zentuelle Anteile bildeten die Basis zur Berechnung der Treibhausgasemissionen von Nina Braschel und Werner Pözl (siehe Tabelle 20). Die von FD übermittelten prozentuellen Einschätzungen der SM werden später im Projekt als ein Berechnungsszenario der Sensitivitätsanalyse wiedergegeben.

### 3. Vergleichbarkeit der Substitutionsmaterialien

Basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche von NB und WP zu unterschiedlichen Holz- und Baustoffen und deren Charakteristika in Bezug auf Einsatzbereiche, Dichten und ähnliches, wurden auf jene Materialien das Hauptaugenmerk gelegt, welche laut der Substitutionsmaterialienliste die unterschiedlichen Holzmaterialien ersetzen würden/könnten. Tabelle 1 zeigt die Substitutionsmaterialien und deren für die nachfolgenden Berechnungen wesentlichen Charakteristika.

Tabelle 1: Darstellung der Substitutionsmaterialien und deren Dichte und Einsatzgebiete.

| Substitutionsmaterialien | Durchschnittliche Dichte in kg/m <sup>3</sup> | Einsatzbereiche          |
|--------------------------|---|--------------------------|
| Stahl                    | 7.837   | Bau Konstruktion         |
|                          |   | Gestaltende Konstruktion |
|                          |   | Möbel                    |
| Aluminium                | 2.750   | Gestaltende Konstruktion |
|                          |   | Gestaltende Konstruktion |
|                          |   | Verpackung               |
|                          |   | Möbel                    |
|                          |   | Andere Waren             |
| Beton                    | 2.225   | Bau Konstruktion         |
| Kunststoff               | 1.500   | Gestaltende Konstruktion |
|                          |   | Verpackung               |
|                          |   | Möbel                    |
|                          |   | Andere Waren             |
| Ziegel                   | 1.650   | Bau Konstruktion         |
| Glas                     | 2.500   | Möbel                    |
| Keramik                  | 2.650   | Gestaltende Konstruktion |
| Gips (Karton und Platte) | 950   | Bau Konstruktion         |

Im Anschluss wurden Überlegungen bezüglich der Substitutionsmöglichkeiten von Holz durch die oben angeführten Materialien angestellt. Mehrere mögliche Ansätze wurden im Team diskutiert, z.B. den Vergleich basierend auf dem Parameter Gewicht unter der Annahmen von Massengleichheit

darzustellen, bezogen auf die Materialdichten, und ähnliche Möglichkeiten. Da nach Expertenmeinung nicht von einer Massegleichheit der Materialien in den Einsatzbereichen (i) Bau Konstruktion, (ii) gestaltende Konstruktion, (iii) Verpackung, (iv) Möbel und (v) andere Waren ausgegangen werden kann, wurde entschieden einen Korrekturfaktor heranzuziehen.

Beispielsweise substituiert 1 m<sup>3</sup> Stahl nicht 1 m<sup>3</sup> Holz, da eben keine Massegleichheit vorherrscht. Auch kann eine 12 cm dicke Holzwand nicht durch eine 12 cm dicke Betonwand ersetzt werden, weil eine solche in der Praxis gar nicht hergestellt und eingesetzt wird. Daher muss in diesem Fall eine 12 cm Holzwand durch eine 18 cm Betonwand ersetzt werden. (Baubook, 2013)

Da also eine Substitutionsannahme rein auf Basis von Gewichts- und Volumenangaben (Massegleichheit) nicht repräsentativ wäre, wurden unterschiedliche Korrekturfaktoren für die jeweiligen Einsatzbereiche der Substitutionsmaterialien ermittelt. Hierfür wurden auf Basis der Wandstärken (Einsatzbereiche (i) und (ii)) bzw. des Gewichts (Einsatzbereiche (iii), (iv) und (v)) unter Berücksichtigung der Rohdichten die Verhältnisse von Holz zu den Substitutionsmaterialien errechnet. Tabelle 2 und Tabelle 3 zeigen für je einen Bereich exemplarisch die Berechnung der Korrekturfaktoren.

Tabelle 2: Exemplarische Berechnung von Korrekturfaktoren für den Bereich (i) Bau Konstruktion.

| Außenwand-aufbauten              | Stärke in cm | Rohdichte in kg/m <sup>3</sup> | Bezug in m <sup>3</sup> pro 1 m <sup>2</sup> | Faktorbauteile in kg/m <sup>2</sup> | Vergleich Holz zu Substitutionsmaterial |
|----------------------------------|--------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| Holz - Schnittholz Nadel<br>rauh | 12           | 500                            | 0,12   | 60                                  | 1,00                                    |
| Stahlbeton                       | 18           | 2400                           | 0,18   | 432                                 | 7,20                                    |
| Ziegel                           | 25           | 800                            | 0,25   | 200                                 | 3,33                                    |

Tabelle 3: Exemplarische Berechnung von Korrekturfaktoren für den Bereich (iv) Möbel.

| Möbel       | Gewicht in kg | Rohdichte in kg/m <sup>3</sup> | Vergleich Holz zu Substitutionsmaterial |
|-------------|---------------|--------------------------------|---|
| Holztisch   | 4,5           | 800                            | 1,00                                    |
| Metalltisch | 20            | 7.800                          | 4,44                                    |
| Alutisch    | 7             | 2.800                          | 1,56                                    |

Der in Tabelle 2 angeführte Korrekturfaktor von 7,2 bei Stahlbeton impliziert, dass die für eine Einheit Außenwandaufbau aus Schnittholz Nadel 7,2 Einheiten Stahlbeton eingesetzt werden.

#### 4. Emissionsfaktoren für Holz und Substitutionsmaterialien

Im nächsten Schritt wurden die Emissionsfaktoren für die in Tabelle 1 gelisteten Substitutionsmaterialien sowie für diverse Holzprodukte erhoben. Die Emissionsfaktoren werden in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente angegeben und wurden aus GEMIS 2013, Rüter & Diederichs 2012 und Umweltbundesamt 2013 entnommen. Eine Auflistung aller verwendeten Emissionsfaktoren ist im Anhang Tabelle 19 ersichtlich.

Die Datenbank GEMIS bietet für viele unterschiedliche Holzprodukte und Baustoffe Daten über die THG-Emissionsentwicklung sowie den Primärenergieverbrauch. Um diese GEMIS-Daten mit diversen Angaben aus weiterer Literatur zu verifizieren, wurde auf die anfangs durchgeführte umfassende Literaturrecherche zurückgegriffen.

#### 5. Berechnung der Substitutionsmissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent Emissionen) – stoffliche Nutzung

Die Verbindung der Holzproduktmengen in Österreich aus den FOHOW Simulationsläufen, der Substitutionsmaterialien inklusive definierter Korrekturfaktoren sowie Emissionsfaktoren ergaben die verursachten bzw. zurechenbaren treibhausrelevanten Emissionen der einzelnen Materialien sowie die so genannten Substitutionsemissionen. Für einen Zeithorizont von 100 Jahren wurden die THG-Emissionen von Holz im Vergleich zur Substitution (mit bestimmten prozentuellen Verteilungen) mit anderen Materialien kalkuliert. Wesentlich für die Berechnungen war die Annahme unterschiedlicher effektiver Nutzungsdauern der drei Holzprodukte in den diversen Einsatzbereichen. Somit wurde impliziert, dass z.B. Nadelholz im Bereich 'Bau Konstruktion' durch eine Nutzungsdauer von 50 Jahren zwei Mal nachgefragt wird, wohingegen **alle** Substitutionsmaterialien mit einer Nutzungsdauer von 100 Jahren angenommen wurden und somit die THG-Emissionen nur einmal anfallen. Tabelle 4 zeigt die Annahmen über die Nutzungsdauer der Holzprodukte.

*Tabelle 4: Angenommene Nutzungsdauer der Holzprodukte in Jahren.*

| Nutzungsdauer in Jahren      | Nadelholz | Laubholz | Holzplatten | SNP |
|------------------------------|-----------|----------|-------------|-----|
| Bau Konstruktion             | 50        | 50       | 50          |     |
| Gestaltende Konstruktion     | 25        | 25       | 25          |     |
| Herstellung von Möbeln       | 50        | 50       | 50          |     |
| Herstellung von Verpackungen | 20        | 20       | 20          |     |
| Herstellung anderer Waren    | 50        | 50       |             | 25  |

Die gesamte Kalkulation wurde für sämtliche Szenarios<sup>4</sup> für die Jahre 2010, 2025, 2050, 2075 und 2100 durchgeführt.

Im Folgenden wird die Berechnung für das Referenzszenario (business as usual) im Jahr 2010 exemplarisch ausgeführt.

### 5.1. Substitutionsemissionsberechnung für das Referenzszenario im Jahr 2010

Die Holzinputmenge wurde von der BOKU mittels des Programms FOHOW ermittelt und an das Umweltbundesamt übermittelt.

Tabelle 5: Holzmengen aus FOHOW(gerundet)

|            | Holzmenge in m <sup>3</sup> |
|------------|-----------------------------|
| Nadelholz  | 7.490.000                   |
| Laubholz   | 110.000                     |
| Holzplatte | 2.690.000                   |

Die Holzmengen wurden auf die einzelnen „Einsatzbereiche“ (Bau Konstruktion, Gestaltende Konstruktion, Herstellung von Möbeln, Verpackungen und anderer Waren) nach einer prozentualen Verteilung, die ebenfalls von der BOKU zur Verfügung gestellt wurde, aufgeteilt. Dies ergibt folgende Holzmengen je Segment/Halbprodukt.

Tabelle 6: Holzinputmengen laut FOHOW im Referenzszenario für das Jahr 2010 (gerundet)

| Holzmengen aus FOWOH in m <sup>3</sup> | Bau Konstruktion | Gestaltende Konstruktion | Herstellung von Möbeln | Herstellung von Verpackungen | Herstellung anderer Waren |
|--|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Nadelholz</b>                       | 4.466.000        | 552.000                  | 618.000                | 1.582.000                    | 272.000                   |
| <b>Laubholz</b>                        | 46.000           | 6.000                    | 32.000                 | 12.000                       | 14.000                    |
| <b>Holzplatten</b>                     | 726.000          | -                        | 1.807.000              | 157.000                      |                           |
| <b>SNP</b>                             |                  | -                        | -                      | -                            | 974.000                   |

Über diese Holzmengen werden unter Berücksichtigung der herstellungsbedingten Emissionen (in kt CO<sub>2</sub>-eq) und der bei dem sog. End-of-Life anfallenden Emissionen die in Tabelle 7 aufgelisteten Emissionen berechnet. Dabei wurde immer von einer Bereitstellung einer Dienstleistung für den Zeithorizont von 100 Jahren ausgegangen und die jeweiligen Nutzungsdauern berücksichtigt. D.h. für Nadelholz im Bereich Bau Konstruktion (Nutzungsdauer 50 Jahre) wird die Dienstleistung 2 Mal nachgefragt.

<sup>4</sup> Erklärung der einzelnen Szenarien siehe Anhang C.

Tabelle 7: THG Emissionen aus dem Holzeinsatz für das Referenzszenario im Jahr 2010 (gerundet)

| THG Emissionen in kt CO <sub>2</sub> | Bau Konstruktion | Gestaltende Konstruktion | Herstellung von Möbeln | Herstellung von Verpackungen | Herstellung anderer Waren |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Nadelholz</b>                     | 1.264            | 217                      | 175                    | 1.120                        | 77                        |
| <b>Laubholz</b>                      | 13               | 2                        | 9                      | 9                            | 4                         |
| <b>Holzplatten</b>                   | 245              | -                        | 1.496                  | 324                          | -                         |
| <b>SNP</b>                           | -                | -                        | -                      | -                            | 1.613                     |

Jene Bereiche ohne Werte kommen laut der Darstellung „Gütereinsätze“ der BOKU Wien nicht in dieser Zusammenstellung vor.

Diese Emissionen sind wesentlich davon abhängig wie groß die Inputmenge an Holz ist (je mehr eingesetzt wird, desto höher sind die Emissionen) und wie oft die Halbfertigprodukte im Zeitrahmen nachgefragt werden.

Bei der Berechnung der Emissionen durch den Einsatz der Substitutionsmaterialien wird über die Holzinputmenge mittels Berücksichtigung der Dichten, Korrekturfaktoren und Zusammensetzung der SM zuerst die Menge an benötigten SM ermittelt und dann über die schon angesprochenen Emissionsfaktoren die THG Emissionen der SM berechnet. Da die Nutzungsdauer der SM mit 100 Jahren angenommen wurde und in Übereinstimmung mit einer konservativen Einschätzung, die bewirkt das die Berechnungen zum „Nachteil“ für die Holzprodukte durchgeführt wurden, werden die End-of-Life Emissionen der SM nicht berücksichtigt. Die herstellungsbedingten Emissionen sind im Emissionsfaktor inkludiert.

Tabelle 8: THG Emissionen der SM für das Referenzszenario im Jahr 2010 (gerundet)

| THG Emissionen in kt CO <sub>2</sub> | Bau Konstruktion | Gestaltende Konstruktion | Herstellung von Möbeln | Herstellung von Verpackungen | Herstellung anderer Waren |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Nadelholz</b>                     | 1.521            | 661                      | 1.022                  | 1.827                        | 600                       |
| <b>Laubholz</b>                      | 27               | 7                        | 77                     | 20                           | 46                        |
| <b>Holzplatten</b>                   | 386              | -                        | 1.667                  | 161                          | -                         |
| <b>SNP</b>                           | -                | -                        | -                      | -                            | 1.270                     |

Für die Berechnung der Substitutionsemissionen wird nun die Differenz der Tabelle 7 und Tabelle 8 gebildet. Diese Differenz zeigt das Einsparungspotential des Holzeinsatzes.



Tabelle 9: THG Emissionen aus dem Holzeinsatz für das Referenzszenario im Jahr 2010 (gerundet)

| Substitutions-<br>emissionen in<br>kt CO <sub>2</sub> | Bau Konstruk-<br>tion | Gestaltende<br>Konstruktion | Herstellung von<br>Möbeln | Herstellung von<br>Verpackungen | Herstellung<br>anderer Waren |
|---|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>Nadelholz</b>                                      | -257                  | -444                        | -847                      | -708                            | -523                         |
| <b>Laubholz</b>                                       | -14                   | -5                          | -68                       | -12                             | -42                          |
| <b>Holzplatten</b>                                    | -141                  | -                           | -172                      | 163                             | -                            |
| <b>SNP</b>  | -                     | -                           | -                         | -                               | 343                          |

In Tabelle 9 ist klar ersichtlich, dass der Einsatz von Nadelholz bzw. Laubholz in allen fünf Bereichen zu einem niedrigerem THG-Emissionsausstoß führt als die jeweiligen Kombinationen der Substitutionsmaterialien. Lediglich Holzplatten führen im Bereich der *Herstellung von Verpackungen* zu einer größeren Menge an THG-Emissionen als der Einsatz von Substitutionsmaterialien, und Sägenebenprodukte im Einsatzbereich der Herstellung von Waren.

## 5.2. Substitutionsemissionen durch die stoffliche Nutzung

Diese oben ausgeführte Berechnung wurde für sämtliche Szenarien für die angegebenen Jahre durchgeführt. Für die einzelnen Jahre wurde dann die Summe der Substitutionsemissionen aus den unterschiedlichen Holzarten gebildet. Dabei ist zu beachten, dass durch die Berücksichtigung der Nutzungsdauer bei der Berechnung der Emissionen aus dem Holzeinsatz (siehe Tabelle 7) die Holzmenge verändert wurde. Das Holzprodukt wird für den betrachteten Zeitraum von 100 Jahren unterschiedliche oft nachgefragt, damit es die gleiche Dienstleistung erfüllt, wie die SM.

Bei den nun folgenden Überlegungen wird aber die Summe aus den Substitutionsemissionen je Jahr gebildet. Das bedeutet, dass die Substitutionsemissionen durch die Nachfrageintensität der Holzprodukte dividiert werden müssen um keinen Systembruch zu erhalten und die tatsächlich zur Verfügung stehende Holzmenge zu berücksichtigen. Nur dann kann die Summe gebildet werden.

Nachfolgenden zeigt die Ergebnisse für die einzelnen Szenarien für die Jahre 2010, 2025, 2050, 2075 und 2100.

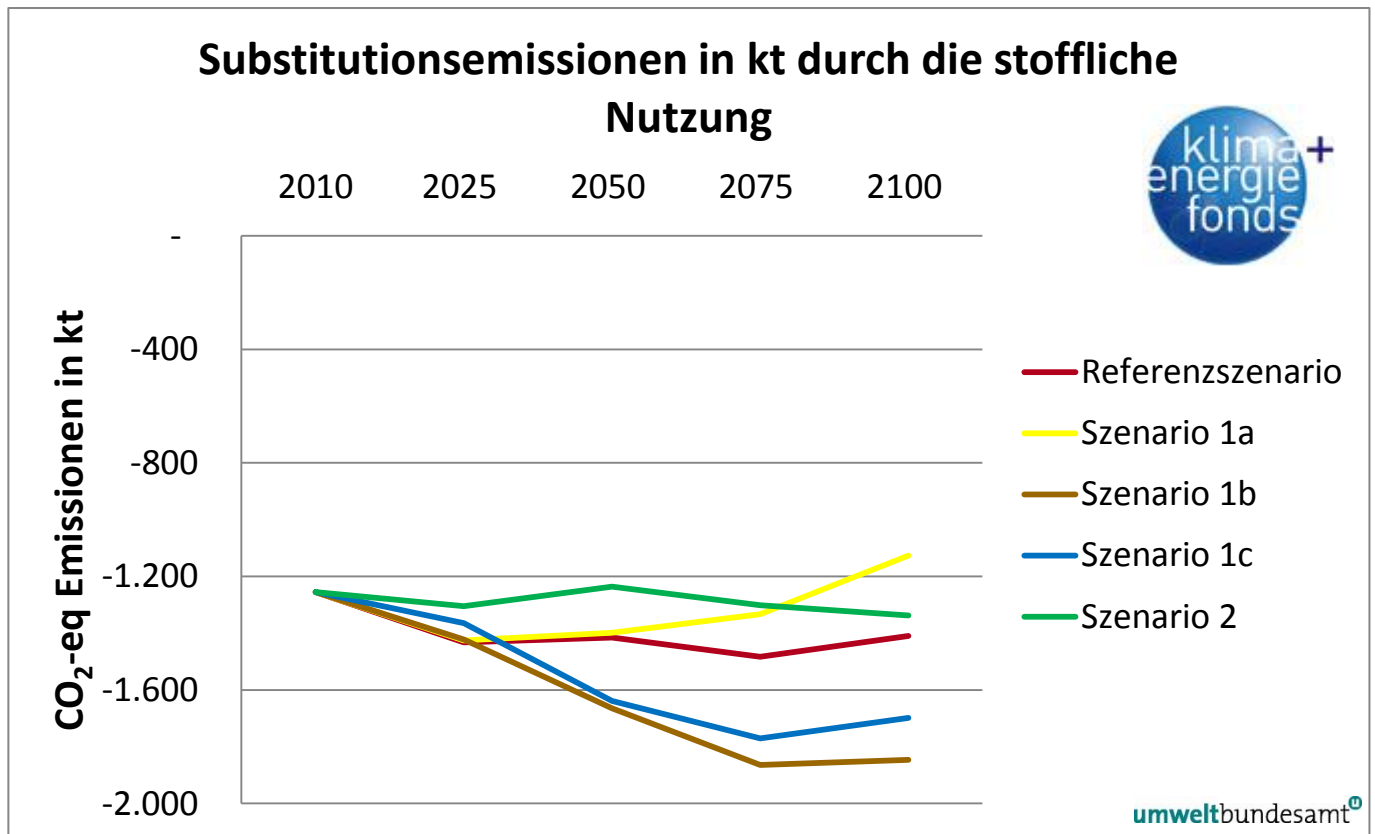


Abbildung 1: Substitutionsemissionen (auf 100 Jahre) in kt durch die stoffliche Nutzung beim Referenzszenario und den Szenarien 1a, 1b, 1c und 2

Die stoffliche Nutzung im Betrachtungszeitraum von 100 Jahren von Biomasse führt bei sämtlichen Szenarien zu CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionseinsparungen um den Bereich von 1.300 kt. Das größte Einsparungspotential liegt im Szenario 1b bzw. 1c (bis zu 1.800 kt CO<sub>2</sub>-eq Emissionen).

## 6. Berechnung der Substitutionsemissionen (CO<sub>2</sub>-eq Emissionen) – energetische Nutzung

Bei der Substitution von Sägenebenprodukten (SNP) und Brennholz im Einsatzbereich der energetischen Nutzung wurde nach einem ähnlichen Schema vorgegangen wie bei den anderen Holzprodukten. Dieser Einsatzbereich der beiden Holzprodukte wurde jedoch separat dargestellt und berechnet, da der Substitutionsansatz ein anderer ist. Während Substitutionseffekte der Rohstoffe Nadel- und Laubholz, Holzplatten sowie SNP im Bereich von stofflicher Substitution auf Basis des bereits definierten Korrekturfaktors in Verbindung mit Mengenangaben in m<sup>3</sup> bzw. kg berechnet wurden, wurden die Substitutionsenergieträger basierend auf den Heizwerten der Holzprodukte und Energieträger und auf den Mengenangaben in kWh kalkuliert.

Für den Inputstoff Brennholz wurden eine Dichte von  $650 \text{ kg/m}^3$  (Holzpellets) und ein Heizwert<sup>5</sup> von  $4,8 \text{ kWh/kg}$  angenommen [Bauforum, 2013]. Hier ist die einzige Substitutionsaktivität die 'Energetische Nutzung', welche durch die Energieträger Erdgas (50 %), Heizöl (40 %) und Kohle (10 %) ersetzt wird. Die Annahme über die prozentuelle Verteilung der Substitutionsenergieträger kam von NB und WP.

Bei den SNP hingegen gibt es zwei Aktivitäten, da neben der 'Energetischen Nutzung' auch die 'Herstellung Waren' als ein Einsatzbereich und somit Substitutionsbereich der SNP angenommen wird, welche bereits dargestellt wurde. Bei SNP wird im Bereich der energetischen Nutzung ebenfalls ein Heizwert von  $4,8 \text{ kWh/kg}$  herangezogen. Bei der energetischen Nutzung werden – gleich wie bei Brennholz – die Substitutionsenergieträger Erdgas, Heizöl und Kohle mit derselben prozentuellen Zuteilung herangezogen.

Da im Bereich der energetischen Nutzung SNP und Energieholz/Brennholz auf Basis kWh substituiert wird, und nicht auf Basis  $\text{m}^3$  bzw. kg, entfällt die Notwendigkeit eines Korrekturfaktors.

Eine genaue Berechnung erfolgt exemplarisch wieder für Daten aus dem Referenzszenario für das Jahr 2010.

Tabelle 10: Holzmengen in  $\text{m}^3$  aus FOHOW im Jahr 2010 für Sägenebenprodukte und Brennholz.

| Holzmengen aus FOHOW in $\text{m}^3$ | Energetische Nutzung |
|--------------------------------------|----------------------|
| Energieholz/Brennholz                | 14.410.000           |
| Sägenebenprodukte                    | 796.500              |

Aus den oben aufgelisteten Inputmengen und der Energiedicht für fossile Energieträger [Umweltbundesamt 2013] wird wie bei der stofflichen Nutzung wieder die Differenz aus den Emissionen des Holzeinsatzes und des Einsatzes der fossilen Energieträger gebildet.

Tabelle 11: Substitutionsemissionen im Jahr 2010 in kt  $\text{CO}_2$ -Äquivalente für Sägenebenprodukte und Energieholz/Brennholz(gerundet).

| Substitutionsemissionen | Energetische Nutzung |
|-------------------------|----------------------|
| Brennholz               | -10.710              |
| Sägenebenprodukte       | -581                 |

Tabelle 10 und Tabelle 11 zeigen die Daten für das Jahr 2010, wobei Tabelle 10 die Holzmengen aus den FOHOW Simulationsläufen in  $\text{m}^3$  aufzeigt, Tabelle 11 die Substitutionsemissionen in kt  $\text{CO}_2$ -Äquivalente, welche durch den Einsatz von Substitutionsmaterialien und Substitutionsenergieträger im Vergleich zu SNP und Brennholz eingespart werden könnten.

<sup>5</sup> Die entspricht dem Heizwert von Holzpellets, wobei in Übereinstimmung mit einer konservativen Annahme nicht der höchste in der Literatur aufgelistete Heizwert für Pellets zur Berechnung herangezogen wurde.

Der Bereich der energetischen Nutzung weist für Brennholz und SNP negative Einsparungen aus, sprich die Substitution von Holz durch Erdgas, Heizöl und Kohle führt unweigerlich zu mehr THG-Emissionen, was durch den fossilen Ursprung der Substitutionsenergieträger begründet ist.

Diese Berechnung wurde für sämtliche Szenarien für die Jahre 2010, 2025, 2050, 2075 und 2100 durchgeführt. Abbildung 2 zeigt diese aggregierten Substitutionsemissionen.

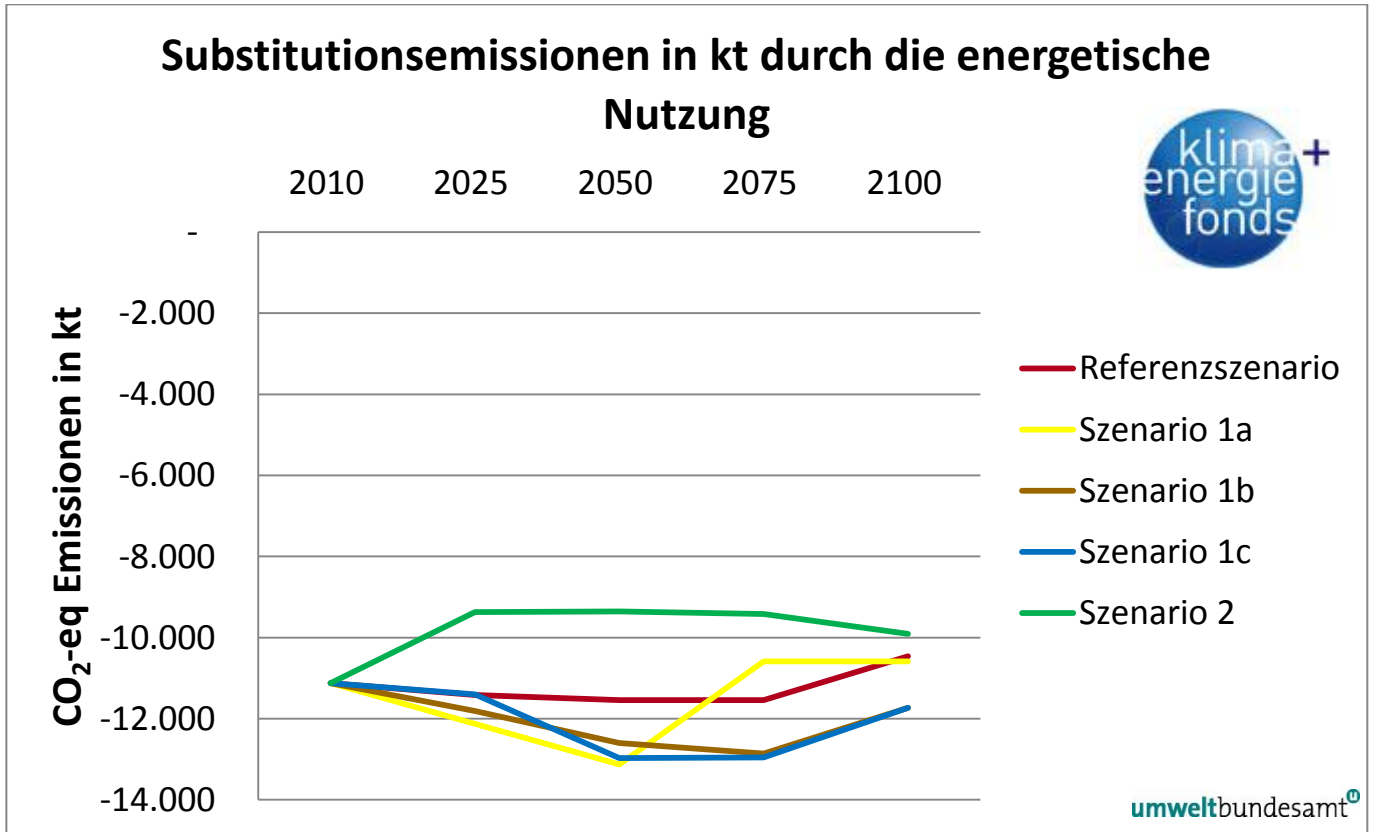


Abbildung 2: Substitutionsemissionen (auf 100 Jahre) in kt durch die energetische Nutzung beim Referenzszenario und den Szenarien 1a, 1b, 1c und 2

Bei der energetischen Nutzung gibt es für alle Szenarien über den gesamten Betrachtungszeitraum deutliche THG Emissionseinsparungen durch den Holzeinsatz in der Größenordnung von rund 10.000 bis 13.000 kt CO<sub>2</sub>-eq. Damit liegen diese Substitutionsemissionen um rund den Faktor 8 höher als bei der stofflichen Nutzung.

## 7. Zusammenfassung der Substitutionsemissionen

In Abbildung 3 sind die stoffliche und energetische Nutzung des Holzes aus dem österreichischen Wald zusammengefasst.

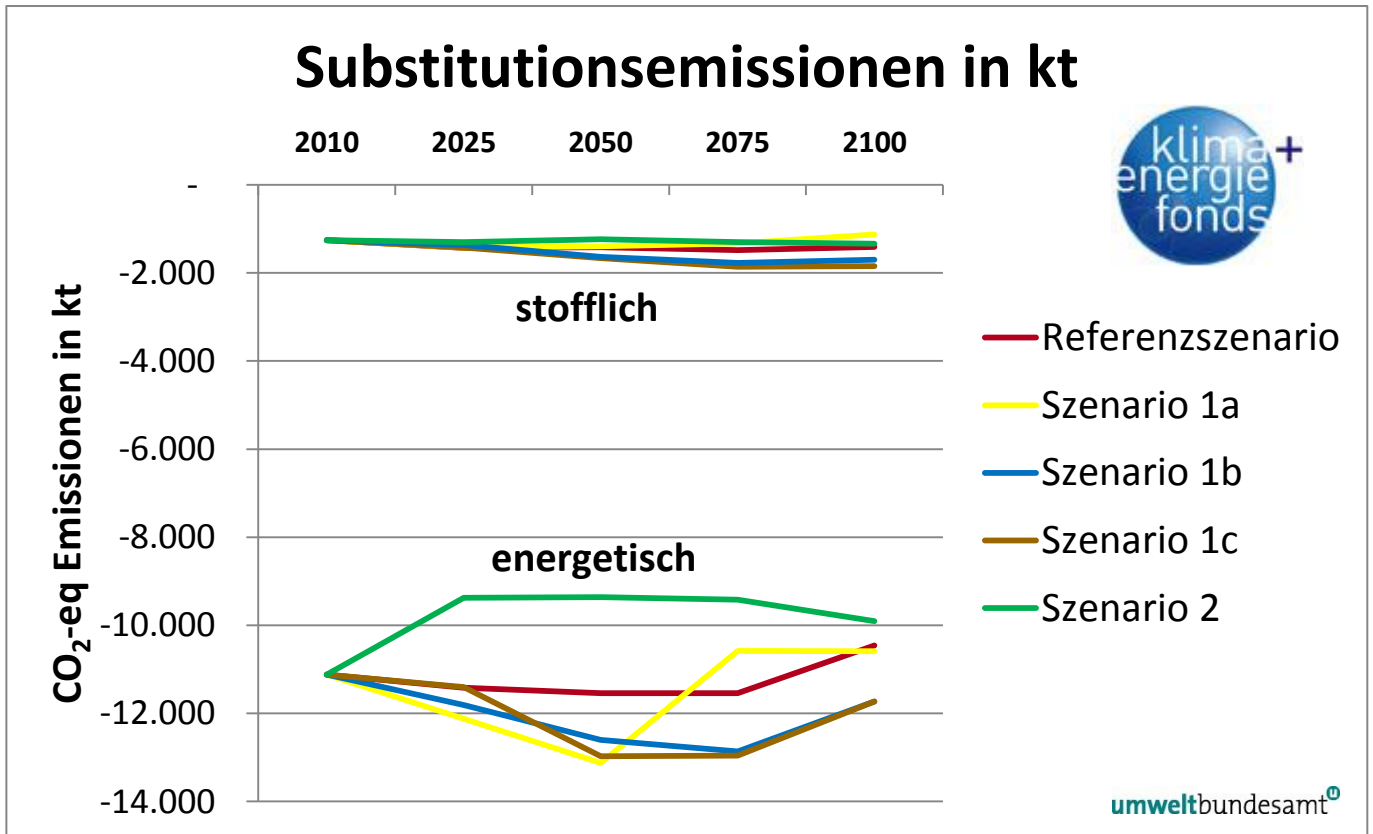


Abbildung 3: Zusammenfassung der Substitutionsemissionen des Holzeinsatzes

Aus obiger Abbildung ist der Unterschied in den Substitutionsemissionen aus der stofflichen und energetischen Nutzung klar ersichtlich. Der Unterschied resultiert in erster Linie aus den unterschiedlichen Emissionsfaktoren, wobei diese für fossile Energieträger zum Teil deutlich über jenen der Substitutionsmaterialien liegen. Außerdem ist der große Unterschied bei den Holzinputmengen ausschlaggebend. Es wird wesentlich mehr Holz energetisch als stofflich genutzt.

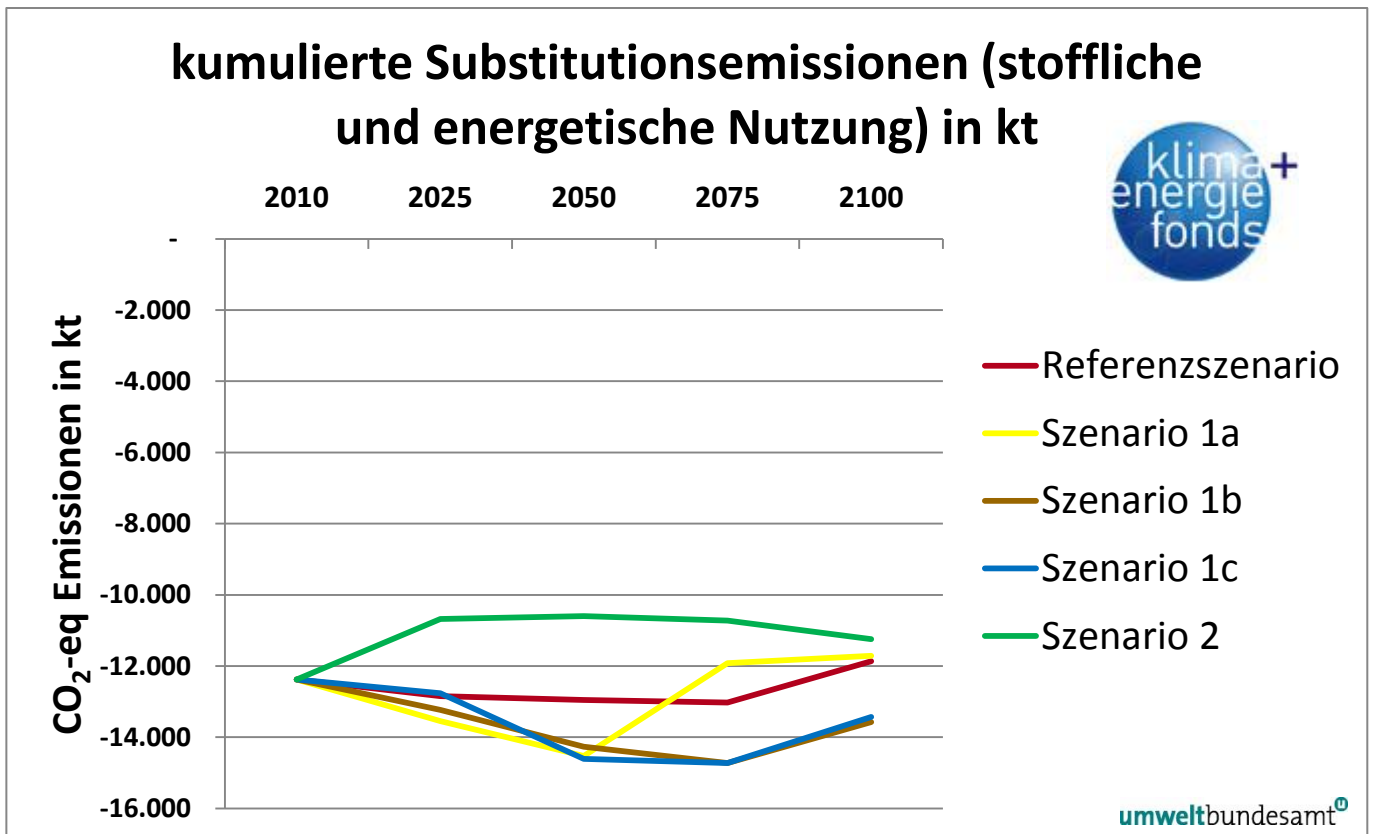


Abbildung 4: kumulierte Substitutionsemissionen aus dem Holzeinsatz aus dem österreichischen Wald

Der Einsatz von Biomasse im Referenzszenario kann im Jahr 2100 zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen durch den Ersatz von Substitutionsmaterialien bzw. fossilen Energieträgern von 12.000 kt führen. Das Szenario 1b bzw. 1c hat mit 14.000 kt das höchste Einsparungspotential im Jahr 2050 bis 2075, nimmt aber zum Ende des Betrachtungszeitraum drastisch ab. Das Szenario 2 birgt im Jahr 2100 mit 11.000 kt das geringste Treibhausgaseinsparungspotential. Der Hauptgrund liegt an der niedrigen energetischen Nutzung, die mit 10.000 kt von allen Szenarien das geringste Ausmaß einnimmt. Auffallend ist der Abfall im Szenario 1a (energetische Nutzung). Für die ersten 50 Jahre gibt es in diesem Szenario ein großes Einsparungspotential, das aber zum Ende der Periode unter das Referenzszenario fällt.

## 8. Spezialfall Papier und Pappe

Trotz einschlägiger Literaturrecherche konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, ob Papier und Pappe durch andere Materialien substituiert werden könnte bzw. welche diese sein könnten. Aus diesem Grund konnte für die beiden Einsatzbereiche 'Herstellung von Verpackung' und 'Herstellung von Papierprodukten' keine Substitutionsmöglichkeiten und daraus resultierende -emissionen berechnet werden.

Die potentiellen Auswirkungen vom Ersatz von Papier durch Substitutionsmaterialien werden mittels Sensitivitätsanalyse abgeschätzt.

## 9. Sensitivitätsanalyse Referenzszenario für das Jahr 2050

Ziel dieser Sensitivitätsanalyse ist es die Berechnungsergebnisse des Referenzszenarios abzusichern und den Einfluss der Annahmen (z.B. Nutzungsdauer, prozentuale Anteil der SM, etc.) darzustellen.

Um eine Bandbreite von Ergebnissen zu erhalten werden folgende Variationen untersucht:

- Erhöhung der Nutzungsdauer von Holz um 50% (I)
- Reduktion der Nutzungsdauer von Holz um 50% (II)
- Reduktion der Nutzungsdauer der SM um 25 Jahre (III)
- Variation der prozentualen Verteilung der SM (IV)
- Gegenüberstellung ausgewählter realer Beispiel je Kategorie (Bau Konstruktion, Gestaltende Konstruktion, Herstellung von Möbeln, Herstellung von Verpackungen und Herstellung anderer Waren) (V)
- Ersatz von Papier und Pappe durch Kunststoff (VI)
- Veränderung des Substitutionsmix für die energetische Nutzung

Durch diese Sensitivitätsanalyse soll unter anderem herausgefunden werden, welche Parameter den größten Einfluss auf das Emissionsreduktionspotentials des Holzeinsatzes haben.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgt am Ende dieser Analyse.

### 9.1. Erhöhung der Nutzungsdauer von Holz um 50%

Um den Einfluss der Nutzungsdauer der Holzprodukte zu erfassen wird die Nutzungsdauer von Holz (Nadel- und Laubholz bzw. Holzplatten) für sämtliche Kategorien (Bau Konstruktion, Gestaltende Konstruktion, Herstellung von Möbeln, Herstellung von Verpackungen und Herstellung anderer Waren) um 50% erhöht.

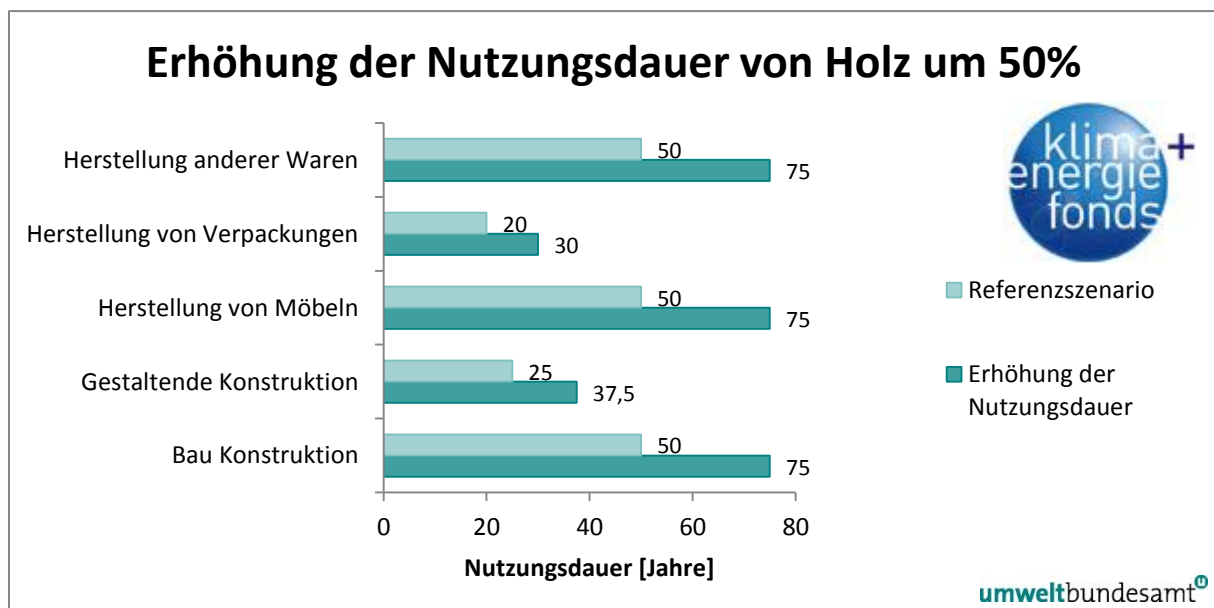


Abbildung 5: Erhöhung der Nutzungsdauer der Holzprodukte um 50% (in Jahren)

Alle anderen Parameter wie Nutzungsdauer der SM oder prozentuale Aufteilung der SM bzw. Holzinputmenge wurden für die Analyse nicht verändert.

Durch diese Erhöhung werden die Holzprodukte für den Zeithorizont von 100 Jahren nicht mehr so oft nachgefragt. In der Folge sinken dadurch auch die THG Emissionen des Holzeinsatzes jeweils um 33% und die positive Wirkung wird zum Teil deutlich verstärkt.

So wird zum Beispiel beim Einsatz von Nadelholz im Bereich Bau Konstruktion um 164% mehr an THG Emissionen eingespart als bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren. Bei der Herstellung von Möbeln folgt aus der Erhöhung der Nutzungsdauer von Holzplatten eine Steigerung des Emissionsreduktionspotentials um 290%. Bei der Herstellung der Verpackungen verringern sich durch diese Annahme für die Holzplatten die positiven Effekte der Substitutionsmaterialien. Die folgende Tabelle 12 zeigt die prozentuale Änderung des Emissionsreduktionspotentials.

Tabelle 12: Veränderung (in Prozent) der THG-Emissionen im Vergleich zum Referenzszenario bei der Erhöhung der Nutzungsdauer von Holz

|             | Bau Konstruktion | Gestaltende Konstruktion | Herstellung von Möbeln | Herstellung von Verpackungen | Herstellung anderer Waren |
|-------------|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Nadelholz   | 164%             | 16%                      | 7%                     | 53%                          | 5%                        |
| Laubholz    | 30%              | 16%                      | 4%                     | 24%                          | 3%                        |
| Holzplatten | 58%              | -                        | 290%                   | -66%                         | -                         |

Die Erhöhung der Nutzungsdauer von Holz bewirkt, dass sich die absoluten THG Emissionen für den Zeithorizont von 100 Jahren um jeweils 33% verringern. Das Emissionsreduktionspotential von Nadelholz bzw. Laubholz ändert sich bei der Herstellung von Möbeln jedoch nur gering um 7% bzw. 4%. Für Holzplatten jedoch zeigt sich die schon erwähnte Zunahme des Reduktionspotentials um 290%.

Das hängt damit zusammen, dass die Inputmenge von Laubholz generell und insbesondere in diesem Bereich vergleichsweise gering ist. Bei der Herstellung von Möbeln werden 650.000 m<sup>3</sup> Nadelholz aber nur 30.000 m<sup>3</sup> Laubholz eingesetzt. Die Inputmenge der Holzplatten ist bei der Herstellung von Möbeln mit rund 2.500.000 m<sup>3</sup> mit Abstand am größten und somit ist dort die Wirkung der Erhöhung der Nutzungsdauer auf das Reduktionspotential am deutlichsten.



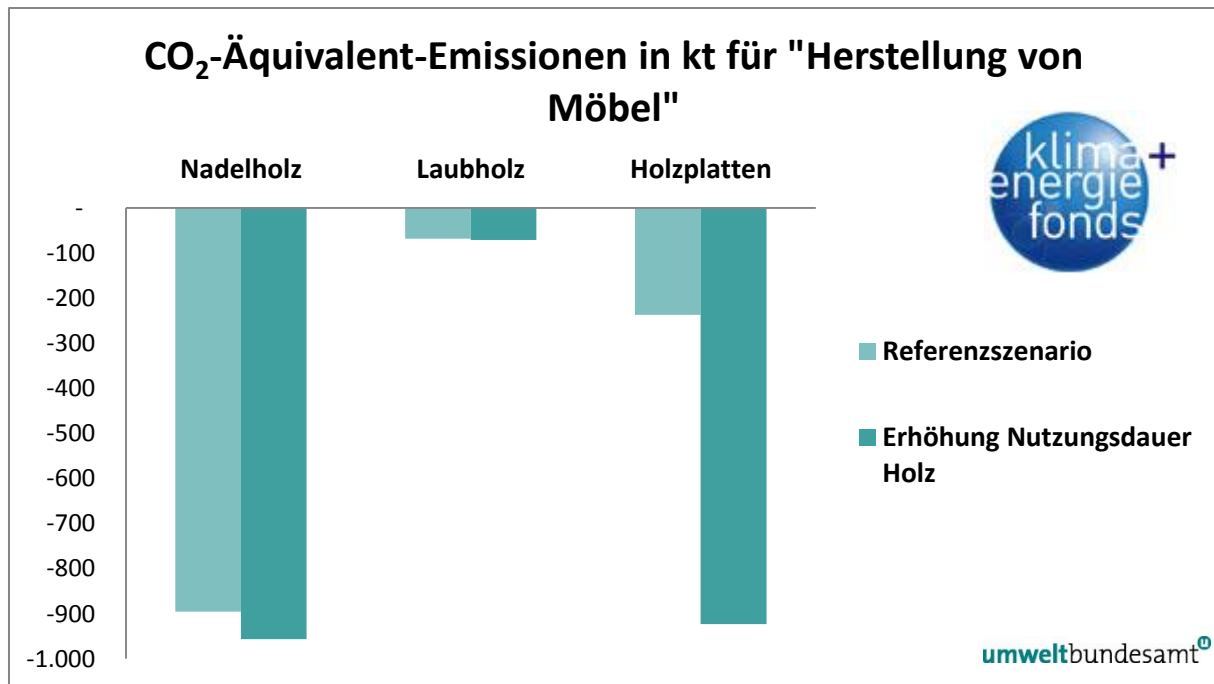


Abbildung 6: Ausmaß der Veränderung bei der Erhöhung der Lebensdauer von Holz im ausgewählten Bereich „Herstellung von Möbel“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

Ein weiterer Effekt, der bei der Herstellung von Möbeln eine Rolle spielt, sind die Emissionsfaktoren der SM und somit die absoluten Emissionen der SM. In den Kategorien Gestaltende Konstruktion und Herstellung von Möbeln wird ungefähr die gleiche Menge an Nadelholz eingesetzt, trotzdem liegen die Emissionen der Substitutionsmaterialien bei der Herstellung von Möbeln deutlich über den Emissionen in der Kategorie Gestaltende Konstruktion. Das liegt daran, dass bei der Herstellung von Möbeln wesentlich mehr (Faktor 25) Aluminium eingesetzt wird. Dies erklärt unter anderem die unterschiedliche Änderung des Reduktionspotentials von je 16% für Gestaltende Konstruktion und 7 bzw. 4% bei der Herstellung von Möbeln für Nadel- respektive Laubholz.

Für den Bereich Herstellung anderer Waren gibt es ähnliche Überlegungen wie bei der Herstellung von Möbeln. Das Emissionsreduktionspotential ändert sich nur gering um 5% für Nadelholz bzw. um 3% für Laubholz. Die Emissionen bei Verwendung der SM sind für den Referenzfall (Nutzungsdauer von Holz 50 Jahre) um die Faktoren 8 bzw. 11 größer als die THG Emissionen für Nadel- bzw. Laubholz. Eine Verringerung der Emissionen des Holzeinsatzes durch die Erhöhung der Nutzungsdauer wirkt sich nur unwesentlich auf das Reduktionspotential bzw. die Substitutionsemissionen aus.

Bei Bau Konstruktion wird in erste Linie Nadelholz eingesetzt. Deswegen wirkt sich für Nadelholz eine Erhöhung der Nutzungsdauer am deutlichsten auf das Reduktionspotential aus.

Im Bereich Herstellung von Verpackungen sind die Emissionen der SM, für beide Annahmen der Nutzungsdauer, geringer als für die Holzplatten. Jedoch wird dieser Vorteil durch die Verlängerung der Nutzungsdauer abgeschwächt. Bei Nadel- und Laubholz sind die Emissionen der SM immer höher als für Holz. Das Reduktionspotential wird für Nadel- und Laubholz durch die Verlängerung der Nutzungsdauer erhöht. Dies wird in folgender Abbildung 7 ersichtlich.

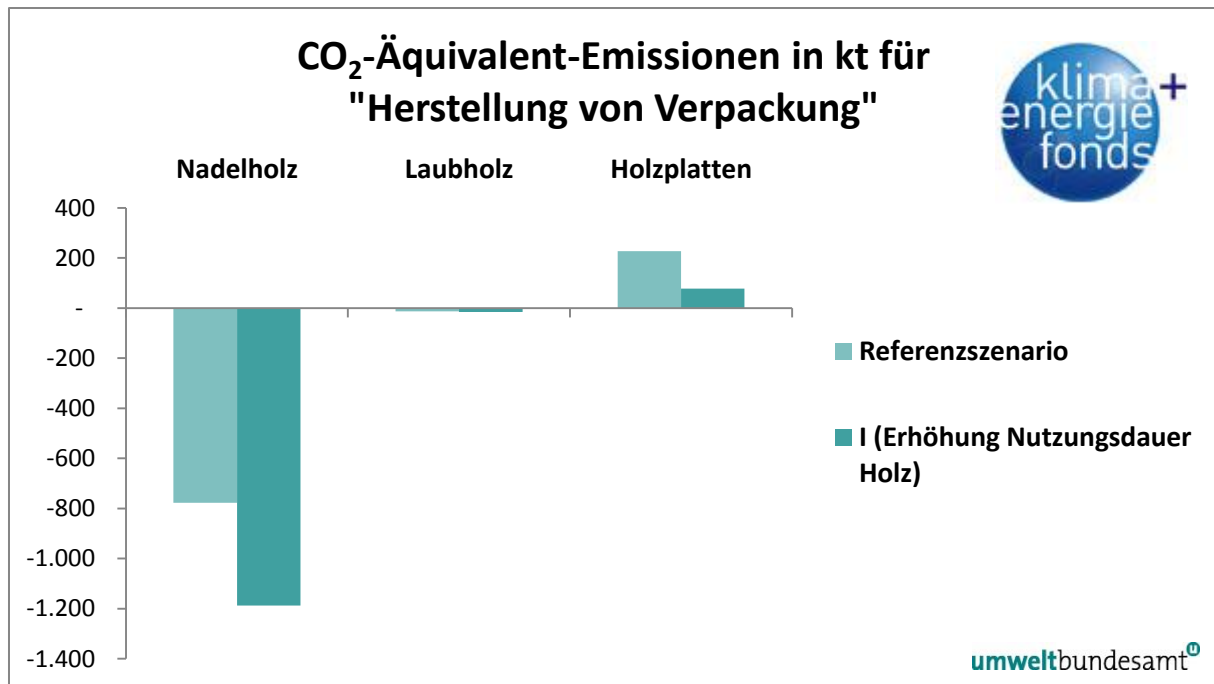


Abbildung 7: Ausmaß der Veränderung bei der Erhöhung der Lebensdauer von Holz im ausgewählten Bereich „Herstellung von Verpackung“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

Diese Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Erhöhung der Nutzungsdauer der Holzprodukte einerseits die Emissionen aus der Verwendung von Holz um ca. 33% verringern und dass dadurch in manchen Bereichen das Reduktionspotential deutlich erhöht wird. Andererseits zeigt sich, dass vor allem die Holzinputmenge einen Einfluss auf das Reduktionspotential aufweist. Dort wo viel Holz eingesetzt wird, bewirkt eine Erhöhung der Nutzungsdauer einen großen Rückgang der absoluten Emissionen und somit eine starke prozentuale Änderung des Reduktionspotentials bzw. der Substitutionsemissionen.

## 9.2. Reduktion der Nutzungsdauer von Holz um 50%

Bei dieser Sensitivitätsanalyse wird der Fall betrachtet, dass die Nutzungsdauer der Holzprodukte für alle Bereiche um 50% verringert wird.

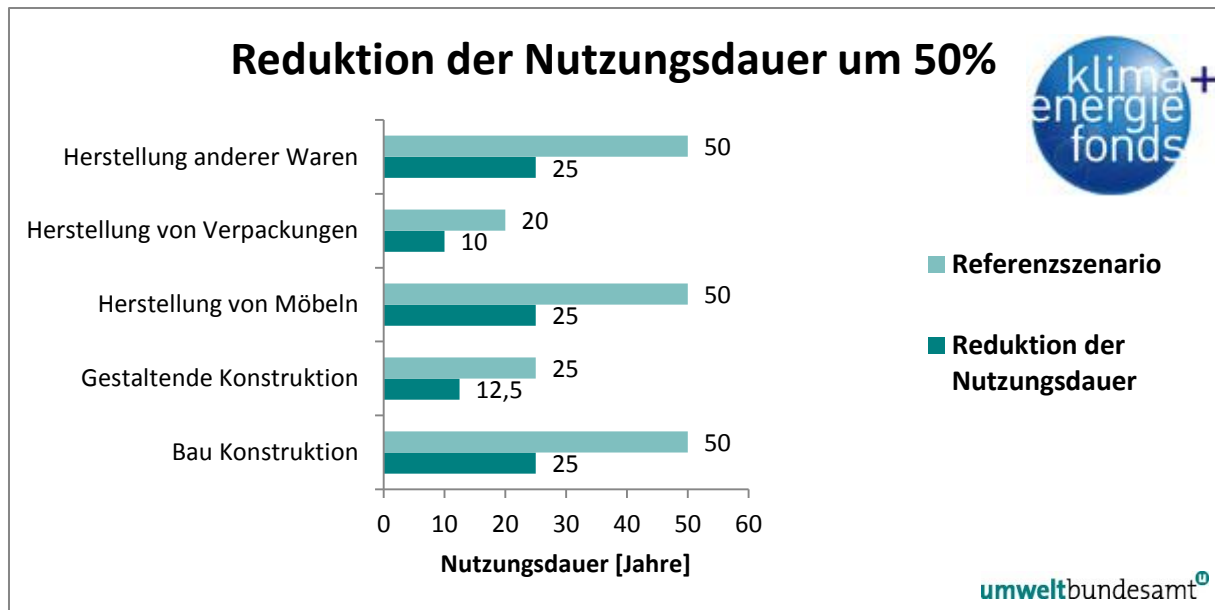


Abbildung 8: Reduktion der Nutzungsdauer der Holzprodukte um 50% (in Jahren)

Alle anderen Parameter wie Nutzungsdauer der SM oder prozentuale Aufteilung der SM bzw. Holzinputmenge wurden für die Analyse nicht verändert.

Eine Reduktion der Nutzungsdauer für Holzprodukte bewirkt generell eine Verdoppelung der Emissionen der Holzprodukte, da die Holzprodukte im Zeitraum von 100 Jahren wesentlich öfter nachgefragt werden müssen.

Dadurch werden die positiven Effekte bei Verwendung von Holz in manchen Kategorien vollständig aufgehoben und es ergeben sich Emissionseinsparungen bei Verwendung der SM.

Nachfolgende Tabelle 13 zeigt die Änderung der Emissionsreduktionspotentiale.

Tabelle 13: Veränderung (in Prozent) der THG-Emissionen im Vergleich zum Referenzszenario bei der Reduktion der Nutzungsdauer von Holz

|                    | Bau Konstruktion | Gestaltende Konstruktion | Herstellung von Möbeln | Herstellung von Verpackungen | Herstellung anderer Waren |
|--------------------|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Nadelholz</b>   | -493%            | -49%                     | -21%                   | -158%                        | -15%                      |
| <b>Laubholz</b>    | -91%             | -48%                     | -13%                   | -73%                         | -10%                      |
| <b>Holzplatten</b> | -174%            | -                        | -869%                  | 198%                         | -                         |

Jene Bereiche mit negativen Änderungen des Emissionsreduktionspotentials von über 100% zeigen positive Effekte bei Verwendung der SM. Das heißt, dass der Einsatz der Holzprodukte mehr Emissionen verursacht als der Einsatz der SM. Negative Änderungen von unter 100% bedeuten lediglich eine Abnahme des Reduktionspotentials des Holzeinsatzes. Eine Ausnahme stellt die Herstellung von Verpackungen aus Holzplatten dar. Hier gibt es auch für den Referenzfall (keine Reduktion der Nutzungsdauer für Holzprodukte) positive Effekte durch den Einsatz der SM. Diese positiven Effekte (THG Einsparungen) werden durch die Reduktion der Nutzungsdauer um rund 200% verstärkt.

Ausschlaggebend für dieses Verhalten ist wieder die Holzinputmenge. Nadelholz wird in großen Mengen im Bereich Bau Konstruktion und Herstellung von Verpackungen eingesetzt. Bei Bau Konstruktion und Herstellung von Möbeln werden anteilmäßig die meisten Holzplatten verwendet. Dort

wirkt sich die Reduktion der Nutzungsdauer am stärksten aus. Laubholz wird generell sehr wenig verwendet. Dies ist auch die einzige Holzart bei der es trotz Verkürzung der Nutzungsdauer immer noch zu Emissionseinsparungen bei Verwendung von Holz kommt.

Die Änderung des Emissionsreduktionspotentials in der Kategorie Bau Konstruktion zeigt nachfolgende Abbildung 9.

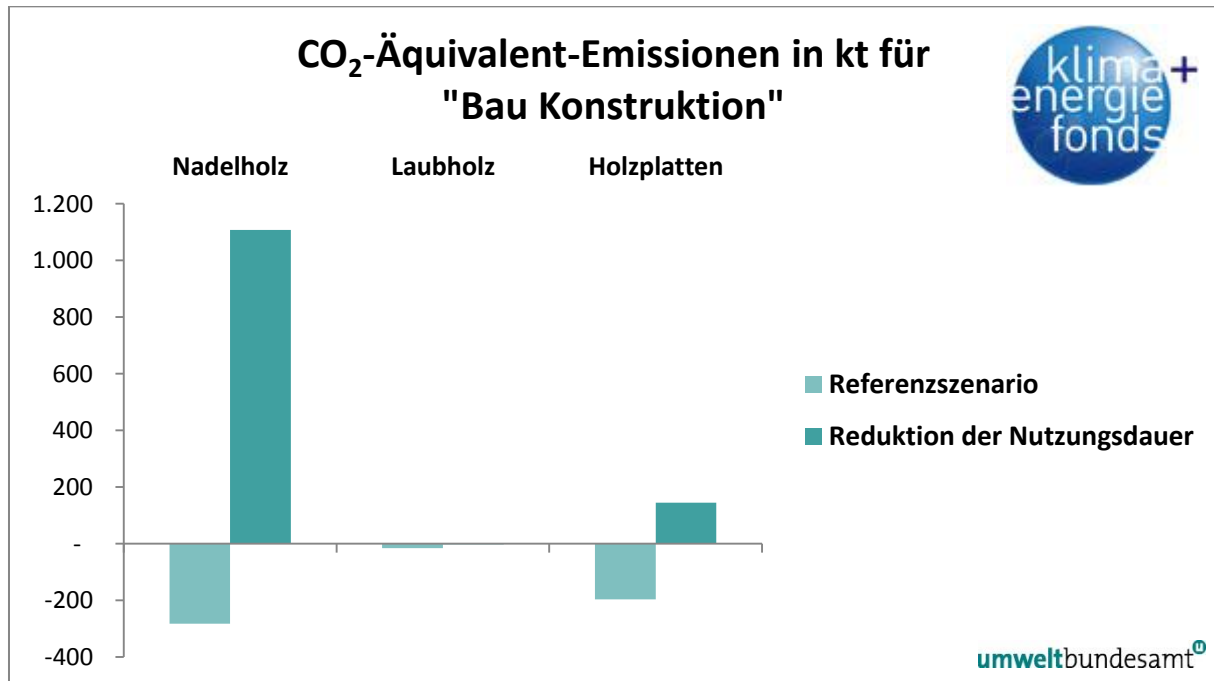


Abbildung 9: Ausmaß der Veränderung bei der Reduktion der Lebensdauer von Holz im ausgewählten Bereich „Bau Konstruktion“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

Die prozentual größten Änderungen des Reduktionspotentials gibt es in denselben Bereichen wie bei der Sensitivitätsanalyse I. Neben der Holzinputmenge spielen auch die Emissionsfaktoren und somit die absoluten Emissionen der SM ein Rolle. Da die Emissionen aus den SM in den Kategorien Herstellung von Möbeln und anderer Waren sehr viel größer als die von Nadel- bzw. Laubholz (für den Referenzfall: keine Reduktion der Nutzungsdauer) sind, wirkt sich in diesen Bereichen die Reduktion der Nutzungsdauer prozentual nicht so stark aus.

In der Kategorie Herstellung von Möbeln gibt es die größte Änderung wieder beim Einsatz der Holzplatten. Durch die hohe Inputmenge an Holzplatten wirkt sich hier eine Reduktion der Nutzungsdauer besonders stark aus.

Für Gestaltende Konstruktion verringert sich das Reduktionspotential auf die Hälfte und in der Kategorie Herstellung anderer Waren um 15% für Nadelholz und um 10% für Laubholz.

Nachfolgende zeigt die Änderung des Reduktionspotentials in der Kategorie Herstellung von Verpackung.

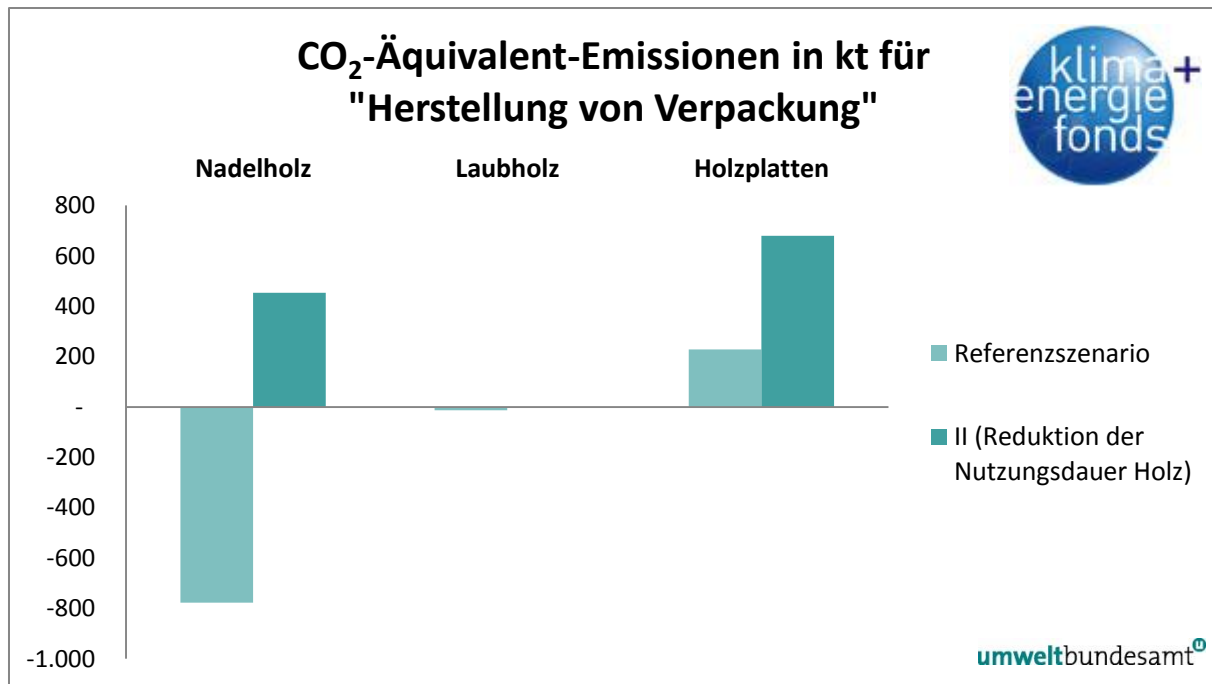


Abbildung 10: Ausmaß der Veränderung bei der Reduktion der Lebensdauer von Holz im ausgewählten Bereich „Herstellung von Verpackung“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

Bemerkenswert ist, dass für den Zeithorizont von 100 Jahren selbst eine 10-fache Nachfrage der Laubholz Verpackungen weniger Emissionen bedingt als die einmalige Nachfrage der SM.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Reduktion der Nutzungsdauer der Holzprodukte um 50% eine Verdoppelung der THG Emissionen bedingt, da diese in 100 Jahren dadurch öfter nachgefragt werden müssen. Eine große prozentuelle Auswirkung auf das Reduktionspotential hat, wie schon bei Sensitivitätsanalyse I, die Holzinputmenge. Dort wo viel Holz eingesetzt wird, wirkt sich die Reduktion der Nutzungsdauer besonders stark aus.

### 9.3. Reduktion der Nutzungsdauer der Substitutionsmaterialien (SM)

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde stets von einer Nutzungsdauer der Substitutionsmaterialien von 100 Jahren ausgegangen.

Nun wird diese Nutzungsdauer um 25 Jahre auf 75 Jahre reduziert (die Nutzungsdauer der Holzprodukte wird wie im Referenzszenario angenommen). Alle anderen Parameter wie Anteile der SM oder Holzinputmenge wurden nicht verändert.

Nachfolgende Tabelle 14 stellt die prozentuale Änderung des Emissionsreduktionspotentials dar.

Tabelle 14: Veränderung (in Prozent) der THG-Emissionen im Vergleich zum Referenzszenario bei der Reduktion der Nutzungsdauer von SM

|             | Bau Konstruktion | Gestaltende Konstruktion | Herstellung von Möbeln | Herstellung von Verpackungen | Herstellung anderer Waren |
|-------------|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Nadelholz   | 198%             | 50%                      | 40%                    | 86%                          | 38%                       |
| Laubholz    | 64%              | 49%                      | 38%                    | 58%                          | 37%                       |
| Holzplatten | 91%              | -                        | 323%                   | -37%                         | -                         |

Die Reduktion der Nutzungsdauer der SM bewirkt jeweils eine Erhöhung der THG Emissionen um 33%. Mit Ausnahme bei der Herstellung von Verpackungen aus Holzplatten bewirkt ein Einsatz der SM unter diesen Annahmen keine klimarelevanten Vorteile. Das Emissionsreduktionspotential wird in den Bereichen mit viel Holzinput deutlicher erhöht als in den Bereichen mit geringerem Holzinput. Im Bereich Bau Konstruktion für Nadelholz und im Bereich Herstellung von Möbeln für Holzplatten sind die Auswirkungen am größten.

Nachfolgende Abbildung 11 zeigt exemplarisch die Änderung des Emissionsreduktionspotentials für den Bereich Gestaltende Konstruktion.

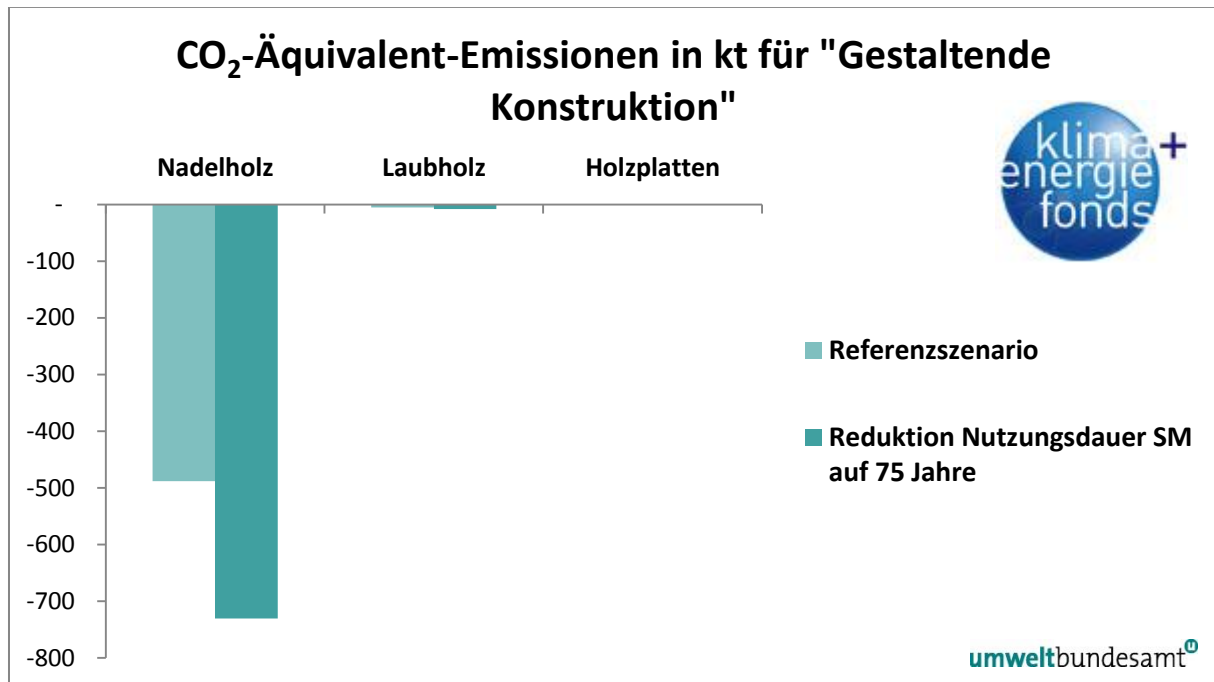


Abbildung 11: Ausmaß der Veränderung bei der Reduktion der Lebensdauer von SM im ausgewählten Bereich „Gestaltende Konstruktion“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

In Abbildung 11 ist klar zu erkennen, dass die Reduktion der Nutzungsdauer der SM für Nadel- und Laubholz das Reduktionspotential vergrößert. In dieser Kategorie werden keine Holzplatten verwendet.

Neben der Holzinputmenge spielen andere Effekte hier eine größere Rolle als in den vorangegangenen Sensitivitätsanalysen. Das Reduktionspotential ändert sich für SM mit „emissionsstarken“ Anteilen (bei der Herstellung von Verpackungen wird vermehrt Kunststoff und Aluminium eingesetzt) prozentuell betrachtet stärker als für SM mit „emissionsarmen“ Anteilen (im Bereich Gestaltende Konstruktion wird neben Kunststoff und Aluminium auch Keramik und Stahl eingesetzt.) Einen weiteren Einfluss auf die Emissionen der SM hat die unterschiedliche Annahme der Korrekturfaktoren. So kann dadurch z.B. der Unterschied zwischen den Bereichen Herstellung von Möbeln und Gestaltende Konstruktion für die Sensitivitätsanalyse I und dieser Sensitivitätsanalyse III erklärt werden (siehe Tabelle 12 und Tabelle 14).

Auch diese Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Holzinputmenge den größten Anteil an den prozentualen Änderungen der Reduktionspotentials darstellt. In den Bereichen mit großer Holzmenge wirkt sich die Reduktion der Nutzungsdauer der SM am deutlichsten aus.

## 9.4. Variation der Anteile der SM in den einzelnen Bereichen

In diesem Teil der Sensitivitätsanalyse werden teilweise die prozentualen Anteile (Materialmix) der Substitutionsmaterialien je Kategorie verändert. Bisher wurden die Anteile nach der Einschätzung der BOKU verwendet. Bei dieser Analyse werden die Anteile laut Holzforschung Austria verwendet, die sich in einigen Bereichen unterscheiden. Die Aufteilung der Anteile insbesondere bei den Materialien mit hohen Emissionsfaktoren (Aluminium, Kunststoff, Stahl) hat einen großen Einfluss auf die THG Emissionen. So kann es zu Einsparungen aber auch zu einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>-eq Emissionen der SM kommen.

Bei Bau Konstruktionen bzw. Gestaltende Konstruktion wurden keine Änderungen der Anteile vorgenommen, da die Holzforschung Austria und die BOKU idente Anteile angenommen haben. Eine Abweichung erscheint dahingehend als unrealistisch und wird nicht näher untersucht. Dies gilt, mit Ausnahmen von Laubholz, auch bei der Herstellung von Verpackungen.

Nachfolgende Tabellen zeigen die Änderungen der Anteile der SM nach den Annahmen der BOKU und Holzforschung Austria.

Tabelle 15: Anteile in Prozent der SM laut BOKU (Berechnungsgrundlage)

|   | SM1                            | SM2               | SM3                |
|---|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| <b>Nadelholz: Bau Konstruktion</b>            | Stahl (40%)                    | Beton (40%)       | Ziegel (20%)       |
| <b>Laubholz: Bau Konstruktion</b>             | Stahl (20%)                    | Beton (70%)       | Aluminium (10%)    |
| <b>Holzplatte: Bau Konstruktion</b>           | Beton (50%)                    | Ziegel (40%)      | Gips (10%)         |
| <b>Nadelholz: Gestaltende Konstruktion</b>    | Kunststoff (80%)               | Aluminium (10%)   | Stahl (10%)        |
| <b>Laubholz: Gestaltende Konstruktion</b>     | Kunststoff (50%)               | Keramik (50%)     | -                  |
| <b>Holzplatte: Gestaltende Konstruktion</b>   | Stahl (50%)                    | Aluminium (40%)   | Kunststoff (10%)   |
| <b>Nadelholz: Herstellung von Möbel</b>       | Stahl, Glas, Textilien (je 5%) | Aluminium (42,5%) | Kunststoff (42,5%) |
| <b>Laubholz: Herstellung von Möbel</b>        | Stahl, Glas, Textilien (je 5%) | Aluminium (42,5)  | Kunststoff (42,5%) |
| <b>Holzplatte: Herstellung von Möbel</b>      | Kunststoff (45%)               | Glas (10%)        | Aluminium (45%)    |
| <b>Nadelholz: Herstellung von Verpackung</b>  | Kunststoff (90%)               | Aluminium (10%)   | -                  |
| <b>Laubholz: Herstellung von Verpackung</b>   | Kunststoff (90%)               | Aluminium (10%)   | -                  |
| <b>Holzplatte: Herstellung von Verpackung</b> | Kunststoff (100%)              | -                 | -                  |
| <b>Nadelholz: Herstellung anderer Waren</b>   | Kunststoff (20%)               | Aluminium (80%)   | -                  |
| <b>Laubholz: Herstellung anderer Waren</b>    | Kunststoff (20%)               | Aluminium (80%)   | -                  |

Tabelle 16: Anteile in Prozent der SM laut Holzforschung Austria

|   | SM1         | SM2       | SM3             |
|---|-------------|-----------|-----------------|
| <b>Nadelholz: Bau Konstruktion</b>          | wie oben    | wie oben  | wie oben        |
| <b>Laubholz: Bau Konstruktion</b>           | wie oben    | wie oben  | wie oben        |
| <b>Holzplatte: Bau Konstruktion</b>         | wie oben    | wie oben  | wie oben        |
| <b>Nadelholz: Gestaltende Konstruktion</b>  | wie oben    | wie oben  | wie oben        |
| <b>Laubholz: Gestaltende Konstruktion</b>   | wie oben    | wie oben  | wie oben        |
| <b>Holzplatte: Gestaltende Konstruktion</b> | wie oben    | wie oben  | wie oben        |
| <b>Nadelholz: Herstellung von Möbel</b>     | Stahl (60%) | Aluminium | Kunststoff (5%) |

|   |                   |                 |                  |
|---|-------------------|-----------------|------------------|
|   |                   | (35%)           |                  |
| <b>Laubholz: Herstellung von Möbel</b>        | Stahl (60%)       | Aluminium (30%) | Kunststoff (10%) |
| <b>Holzplatte: Herstellung von Möbel</b>      | Stahl (40%)       | Aluminium (30%) | Glas (30%)       |
| <b>Nadelholz: Herstellung von Verpackung</b>  | Kunststoff (90%)  | Aluminium (10%) | -                |
| <b>Laubholz: Herstellung von Verpackung</b>   | Kunststoff (40%)  | Stahl (60%)     | -                |
| <b>Holzplatte: Herstellung von Verpackung</b> | Kunststoff (100%) | -               | -                |
| <b>Nadelholz: Herstellung anderer Waren</b>   | Kunststoff (50%)  | Aluminium (50%) | -                |
| <b>Laubholz: Herstellung anderer Waren</b>    | Kunststoff (50%)  | Aluminium (50%) | -                |

Andere Parameter wie Nutzungsdauer und Holzinputmenge etc. werden für die Analyse nicht verändert und orientieren sich am Referenzszenario.

Nachfolgenden Abbildung 12 zeigt die Änderung der Emissionen der SM bei unterschiedlicher Aufteilung im Bereich Herstellung von Möbeln.

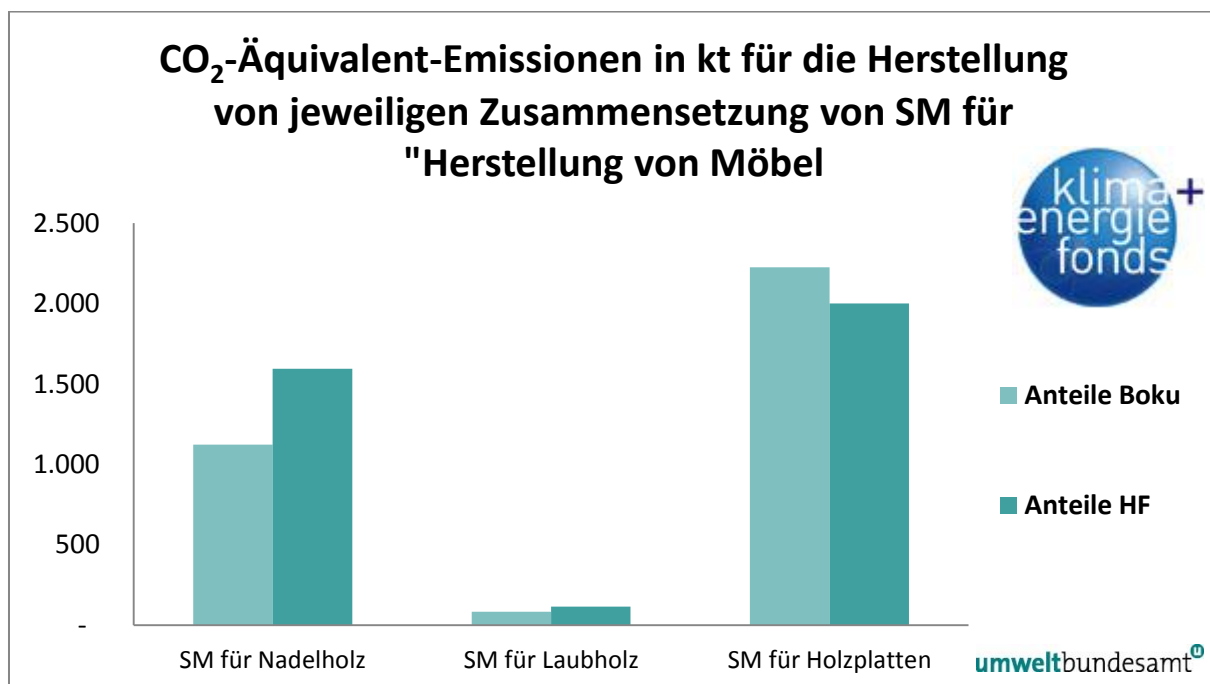


Abbildung 12: Ausmaß der Veränderung bei der Veränderung der Zusammensetzung der SM im ausgewählten Bereich „Herstellung von Möbel“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

Bei den SM für Nadel- und Laubholz bewirkt eine Änderung des Materialmix eine Zunahme der Emissionen um 42% bzw. 37% für den betrachteten Zeitraum von 100 Jahren. Es wird laut Holzforschung weniger Aluminium und Kunststoff, sondern vermehrt Stahl als Substitutionsmaterial, im Vergleich zu den Annahmen der BOKU, eingesetzt. Stahl hat eigentlich einen geringeren Emissionsfaktor von 2,1 kg CO<sub>2</sub>.eq/kg als Aluminium (6,1 kg CO<sub>2</sub>.eq/kg) oder Kunststoff (3,1 kg CO<sub>2</sub>.eq/kg), somit würde ein Emissionsrückgang zu erwarten sein. Aber Stahl hat im Bereich **Herstellung von Möbeln** einen viel



höheren Korrekturfaktor von 2,5 als Aluminium (0,9) oder Kunststoff (0,4). Und da laut Holzforschung Austria vermehrt Stahl eingesetzt wird, folgt daraus eine Erhöhung der THG Emissionen.

Für Holzplatten ergibt sich ein Emissionsrückgang der SM von rund 10%. Statt Kunststoff (45%), Aluminium (45%) und Glas (10%) wird Stahl (40%), Aluminium (30%) und Glas (30%) verwendet. Hier spielt der Korrekturfaktor keine so große Rolle. Glas hat einen Korrekturfaktor von 1. Der Rückgang der Emissionen erklärt sich für diesen Fall einerseits an der Reduktion des Aluminiumanteils der SM und andererseits an der Erhöhung des Glasanteils der SM bei den Annahmen der Holzforschung im Vergleich zu den Annahmen der BOKU. Aluminium hat wie schon erwähnt einen hohen Emissionsfaktor und Glas einen geringen. Wird nun als SM weniger Aluminium eingesetzt als bei den Annahmen der BOKU, reduzieren sich die Emissionen. Das gleiche gilt vice versa für Glas.

In weiterer Folge werden die Emissionen des Holzeinsatzes mit den Emissionen der SM für den Zeithorizont von 100 Jahren betrachtet. Es zeigt sich eine drastische Verringerung der positiven Wirkung des Einsatzes von Holzplatten; es gibt praktisch keine Emissionseinsparung durch den Einsatz von Holzplatten bei der Herstellung von Möbeln. Bei Nadel- und Laubholz wird eine Verstärkung des positiven Effektes durch den Holzeinsatz beobachtet. Da sich die Emissionen der SM für die Aufteilung nach Holzforschung stark erhöhen, ergibt sich im Folgenden ein größeres Reduktionspotential durch den Holzeinsatz.

Dies wird in nachfolgender Abbildung 13 ersichtlich.

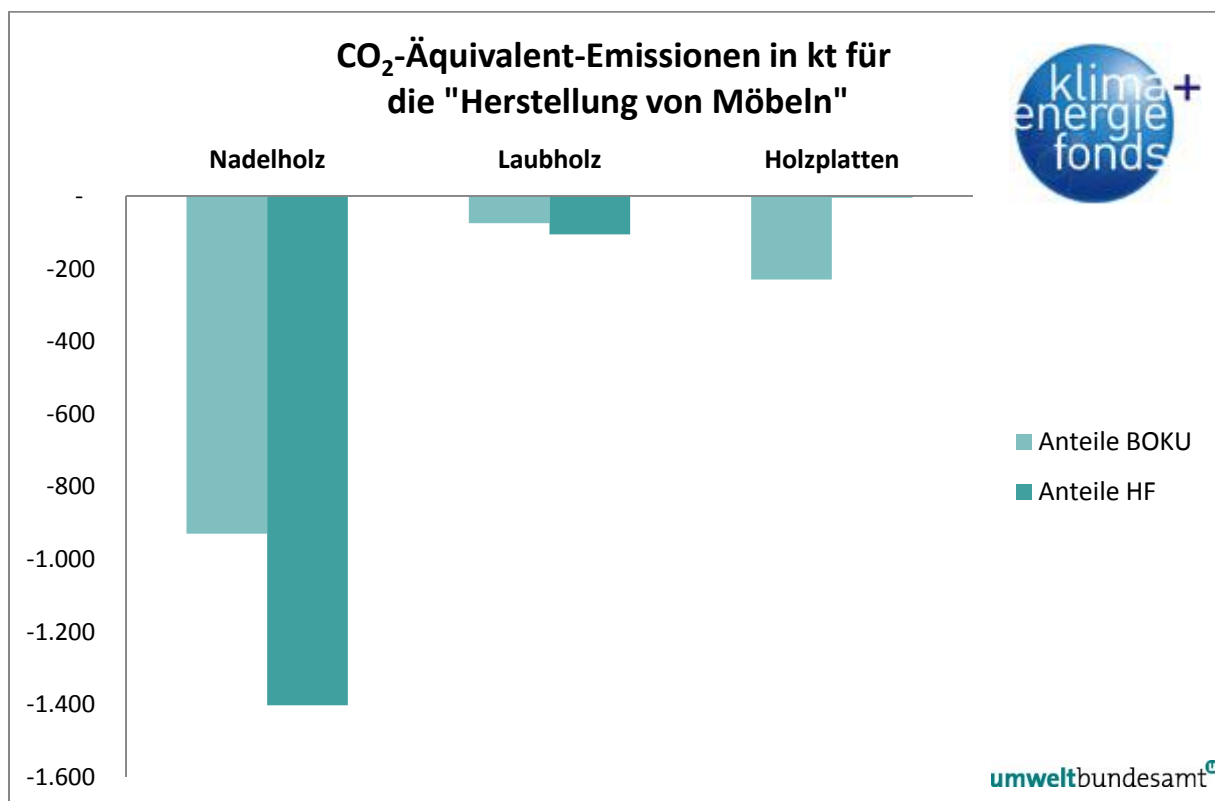


Abbildung 13: Ausmaß der Veränderung bei der Veränderung der Zusammensetzung der SM beim Einsatz von Holz im ausgewählten Bereich „Herstellung von Möbel“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

Für Nadelholz gibt es bei Annahmen der Holzforschung ein um 51% größeres Reduktionspotential als bei den BOKU-Annahmen und für Laubholz um 42%. Bei den Holzplatten verringert sich das Reduktionspotential um 98%.

Bei der **Herstellung anderer Waren** bewirkt die Änderung der Anteile, dass die positiven Effekte bei den THG Emissionen durch den Holzeinsatz leicht verringert werden.

Die Emissionen der SM sind mit den Annahmen der Holzforschung für Nadelholz und für Laubholz um 13% weniger als im Vergleich zu den Annahmen der BOKU. Da die Änderungen der Anteile der SM für Nadel- und Laubholz gleich sind, sind auch die THG-Einsparungen identisch. Der Aluminiumanteil der SM wird bei der Aufteilung laut Holzforschung von 80% auf 50% reduziert. Ein geringer Einsatz von Aluminium bewirkt eine Reduktion der Emissionen.

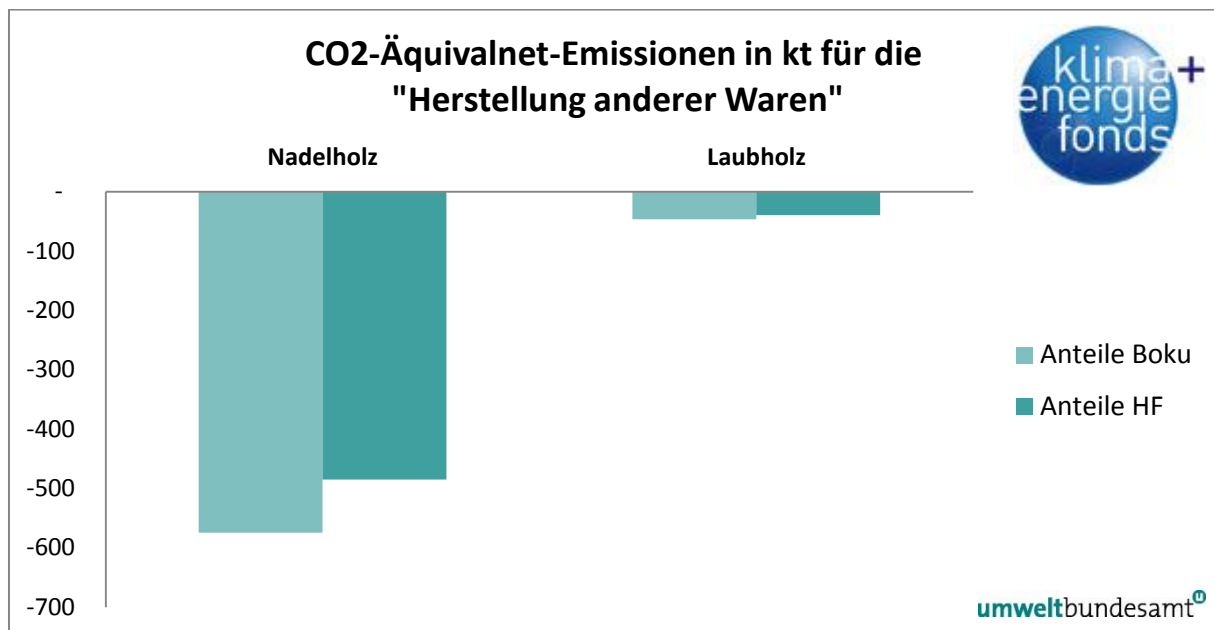


Abbildung 14: Ausmaß der Veränderung bei der Veränderung der Zusammensetzung der SM beim Einsatz von Holz im ausgewählten Bereich „Herstellung anderer Waren“ im Vergleich zum Referenzszenario in kt

Werden nun wieder die Emissionen aus dem Holzeinsatz mit jenen aus dem Einsatz der SM verglichen, so zeigt sich eine Verringerung des Emissionsreduktionspotentials des Holzeinsatzes von 15-16% (siehe Abbildung 14).

Auch bei der **Herstellung von Verpackungen** für Laubholz, führen die Änderungen der Anteile laut Holzforschung zu einer Verringerung der positiven Wirkung des Holzeinsatzes. Das liegt wieder daran, dass die Emissionen der SM bei Annahmen der Holzforschung niedriger sind als bei Annahmen der BOKU. Das Reduktionspotential des Holzeinsatzes wird um 36% kleiner.

### 9.5. Ausgewählte Beispiele je Kategorie

Eine detaillierte Betrachtung ausgewählter Beispiele je Kategorie (Bau Konstruktion, Gestaltende Konstruktion, Herstellung von Möbeln, Herstellung von Verpackungen und Herstellung anderer Waren) erfolgt an dieser Stelle der Sensitivitätsanalyse. Dadurch kann für ein Spezialbeispiel genau berechnet werden, welche Ausmaße die Emissionseinsparungen durch den Einsatz von Holz betragen.

In der Fachliteratur (siehe auch Literaturverzeichnis) zum Thema wird in den meisten Fällen Weichholz und Hartholz betrachtet. Da diese Unterteilung am ehesten auf Nadelholz und Laubholz zutrifft, werden nur diese zwei Holzsorten betrachtet und Holzplatten nicht.

Nachfolgende Tabelle zeigt die ausgewählten Beispiele:

Tabelle 17: Ausgewählte Beispiele je Kategorie

| Kategorie                              | Holz  | Substitutionsmaterial                                  |
|--|---|--|
| Bau Konstruktion <sup>6</sup>          | Treppen, Nadelholz; Nutzungsdauer 45 Jahre                  | Treppen, Beton; Nutzungsdauer 100 Jahre                |
| Gestaltende Konstruktion <sup>6</sup>  | Fenster, Nadelholz; Nutzungsdauer 40 Jahre                  | Fenster Alu; Nutzungsdauer 50 Jahre                    |
| Herstellung von Möbeln <sup>7</sup>    | Küchenkombinationsmöbel, Laubholz; Nutzungsdauer 20 Jahre   | Küchenkombinationsmöbel; Stahl; Nutzungsdauer 20 Jahre |
| Herstellung von Verpackung             | Europaletten, Nadelholz; Nutzungsdauer 6 Jahre <sup>8</sup> | Kunststoffpalette; Nutzungsdauer 15 Jahre <sup>9</sup> |
| Herstellung anderer Waren <sup>9</sup> | Werkzeug, Laubholz; Nutzungsdauer 10 Jahre                  | Werkzeug, Stahl; Nutzungsdauer 50 Jahre                |

Für den Vergleich wird von einer Holzinputmenge von jeweils 1000 m<sup>3</sup> ausgegangen. Es wird immer nur ein Substitutionsmaterial (siehe Tabelle) betrachtet und die Emissionen für eine Verwendung von 100 Jahren berechnet. Das bedeutet, dass z.B. im Bereich Bau Konstruktion die Treppe aus Nadelholz 2,2 Mal nachgefragt wird, die Betontreppe jedoch nur einmal. Im Bereich Herstellung anderer Waren wird das Holzwerkzeug 10 Mal nachgefragt und das Stahlwerkzeug nur 2 Mal.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Emissionseinsparungen durch den Holzeinsatz.

Tabelle 18: Substitutionsemissionen bei ausgewählten Beispielen (ein Vergleich zwischen den Emissionen aus Holzeinsatz und Einsatz der SM, gerundet)

| Substitutionsemissionen in kt auf 100 Jahre | Nadelholz | Laubholz |
|---|-----------|----------|
| Treppen                                     | -0,3      |          |
| Fenster                                     | -0,7      |          |
| Küchenkombinationsmöbel                     |           | -17      |
| Europaletten                                | -0,5      |          |
| Werkzeug                                    |           | -0,2     |

Das größte Einsparungspotential zeigt sich für Küchenmöbel. Das liegt vor allem daran, dass die Nutzungsdauer der Laubholzküche und der Stahlküche gleich lang angenommen werden. Da Stahl einen wesentlich höheren Emissionsfaktor aufweist, fallen durch die Substitution sehr viel mehr an Emissionen (Faktor 25) an. Beim Treppenbau wird, auf einen Zeithorizont von 100 Jahren, die Holzkonstruktion 2,2 Mal nachgefragt. Die Betontreppe nur einmal. Trotzdem können durch den Holzeinsatz rund 330 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq Emissionen eingespart werden. Eine Betontreppe verursacht rund 2 Mal so viele Treibhausgase wie der 2,2-fache Einsatz einer Nadelholztreppe. Auch für die Europaletten, bei denen das Holzprodukt mehr als doppelt so oft nachgefragt werden muss, gibt es Emissionseinsparungen. Die Kunststoffpaletten verursachen um den Faktor 3 mehr Emissionen als Holzpaletten.

<sup>6</sup> Baumarkt 2014

<sup>7</sup> Nägeli Transporte 2014

<sup>8</sup> Schrammpalette 2014

<sup>9</sup> Eigene Annahmen

## 9.6. Ersatz von Papier und Pappe durch Kunststoff

Laut Referenzszenario werden im Jahr 2050 rund 4,19 Millionen Tonnen Papier und Pappe eingesetzt. Dies führt zu 5.656 kt CO<sub>2</sub>-eq Emissionen. Unter der Annahme, dass rund 20% von Papier und Pappe durch Kunststoff (Annahme: Massengleichheit) substituiert werden kann, ergeben sich CO<sub>2</sub>-eq Emissionen von rund 7.104 Kilotonnen. Somit ergibt sich ein Treibhausgasreduktionspotential durch den Holzeinsatz von rund 1.447 Kilotonnen CO<sub>2</sub>-eq Emissionen. Zum Vergleich, insgesamt wird im Bereich der stoffliche Nutzung durch Holz rund 1.300 kt CO<sub>2</sub>-eq Emissionen eingespart.

## 9.7. Veränderung des Substitutionsmix für die energetische Nutzung

Bei der Berechnung der Substitutionsemissionen aus der energetischen Nutzung wurde angenommen, dass Holz vollständig durch fossile Energieträger ersetzt wird. In dieser Analyse wird der Fall untersucht, wenn auch erneuerbare Energieträger eingesetzt werden. Wobei der Anteil der erneuerbaren Energieträger bedeutend erhöht wird.

- Steigerung der Wasserkraft um 20%
- Verdoppelung der erneuerbaren Energieträger (Wind, Solar, PV, Geothermie)

Im Jahr 2011 war die Aufteilung der Energieträger auf den Bruttoinlandsverbrauch wie in folgender Abbildung 15 dargestellt.

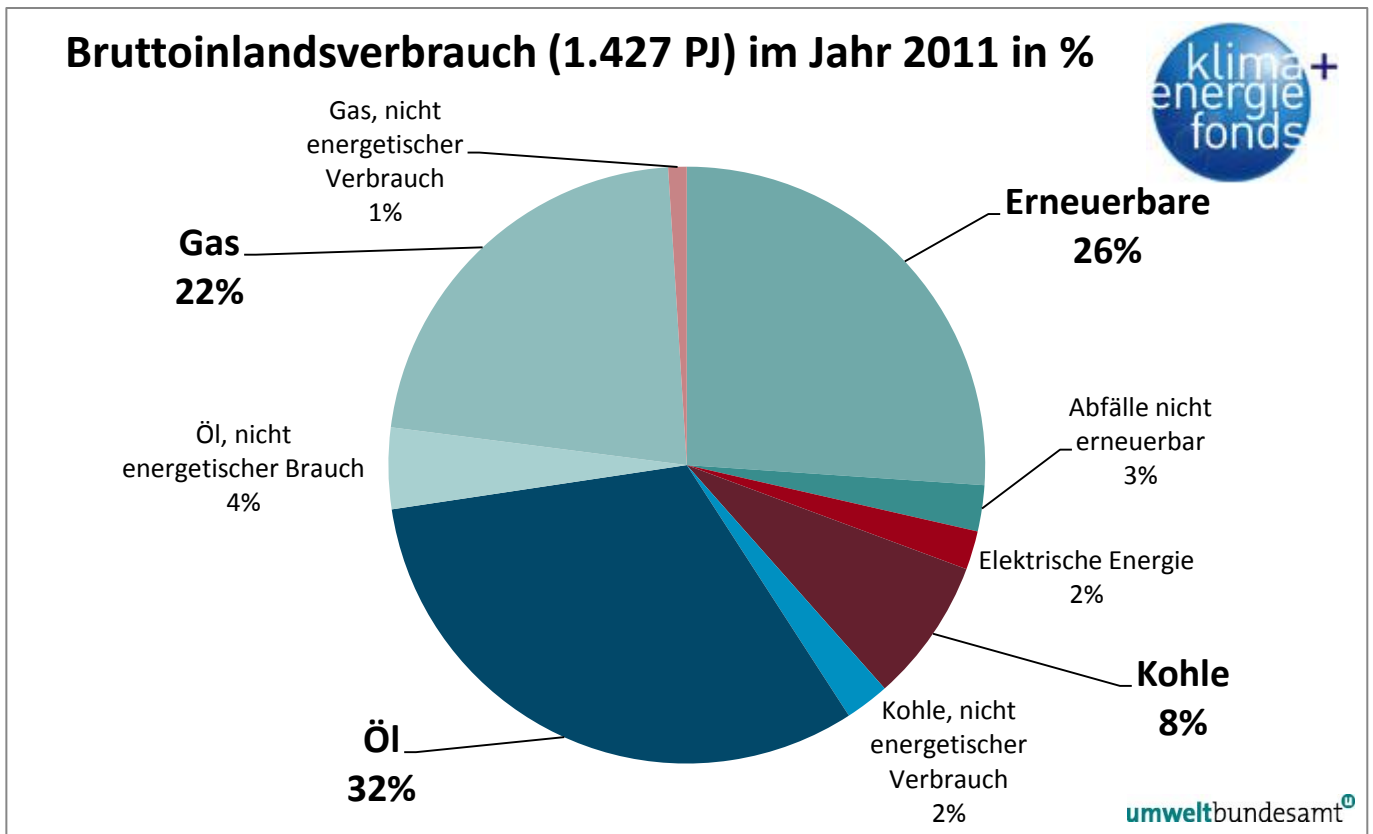


Abbildung 15: Bruttoinlandsverbrauch 2011 (Statistik Austria, Energiebilanzen 1970 - 2011)

Der Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Bruttoenergieverbrauch beträgt rund 26%, wobei dieser vor allem durch Biomasse und Wasserkraft aufgebracht wird.

Die Berechnungen der energetischen Substitutionsemissionen beruhen auf der Annahme, dass rein nur fossile Energieträger als Ersatz für Biomasse einspringen. Diese Annahme wird nun dadurch ersetzt, dass verstärkt auch erneuerbare Energieträger zum Einsatz kommen. Unter den obigen Annahmen (Steigerung der EE) erhöht sich der Anteil der EE am Bruttoinlandsverbrauch um 3,2% auf 29%.

Dies führt dazu, dass die Substitutionsemissionen von Holz um 3,7% sinken, im Vergleich zu rein fossiler Substitution.

## 9.8. Interpretation der Sensitivitätsanalyse

Die vorangegangene Sensitivitätsanalyse lässt einige Schlussfolgerungen zu. Diese werden an dieser Stelle aggregiert zusammengefasst:

- Ein wesentlicher Einflussfaktor auf das Emissionsreduktionspotential des Holzeinsatzes hat die Holzinputmenge. In jenen Bereichen in denen große Holz mengen eingesetzt werden, ändert sich mit den Annahmen der Sensitivitätsanalyse das Reduktionspotential am stärksten.

Ein weiterer Faktor der für die Berechnung der Menge an Substitutionsmaterial eine Rolle spielt ist die Dichte von Holz. Laubholz hat mit  $664 \text{ kg/m}^3$  eine höhere Dichte als Holzplatten mit  $638 \text{ kg/m}^3$  bzw. als Nadelholz mit  $457 \text{ kg/m}^3$ . Für  $1000 \text{ m}^3$  Laubholz werden wesentlich mehr an SM benötigt als für die gleiche Menge an Nadelholz.

- Außerdem haben die Emissionsfaktoren der SM einen starken Einfluss auf das Reduktionspotential.
- Neben den Emissionsfaktoren spielen die Korrekturfaktoren und die prozentuale Aufteilung der SM eine Rolle.
- Im Bereich **Bau Konstruktion** zeigt die Analyse, dass Nadelholz und Holzplatten mindestens 50 Jahre in Verwendung sein müssen um eine positive Bilanz zu erzielen.
- Die prozentualen Aufteilungen der SM haben ebenfalls Auswirkungen auf das Reduktionspotential. Neben dieser Aufteilung wirkt sich auch der Korrekturfaktor aus.

## 9.9. Zusammenfassung

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse in Abbildung 16 für die stoffliche Nutzung zusammengefasst. Dabei wird das Referenzszenario als Baseline angenommen. Dies stellt somit den „Nullfall“ dar. Sämtliche Änderungen der Emissionen, dargestellt in den Balken beziehen sich immer auf diese Baseline. Dabei bedeuten negative Emissionen eine THG Emissionseinsparung und positive Emissionen eine Zunahme der THG Emissionen. Dadurch ist eine übersichtliche Darstellung der stärksten Einflussfaktoren auf das Emissionsreduktionspotential möglich.



### Stoffliche Nutzung: CO<sub>2</sub>-eq Emissionen gemessen am Referenzszenario 2050 und Sensitivitätsanalysen in kt

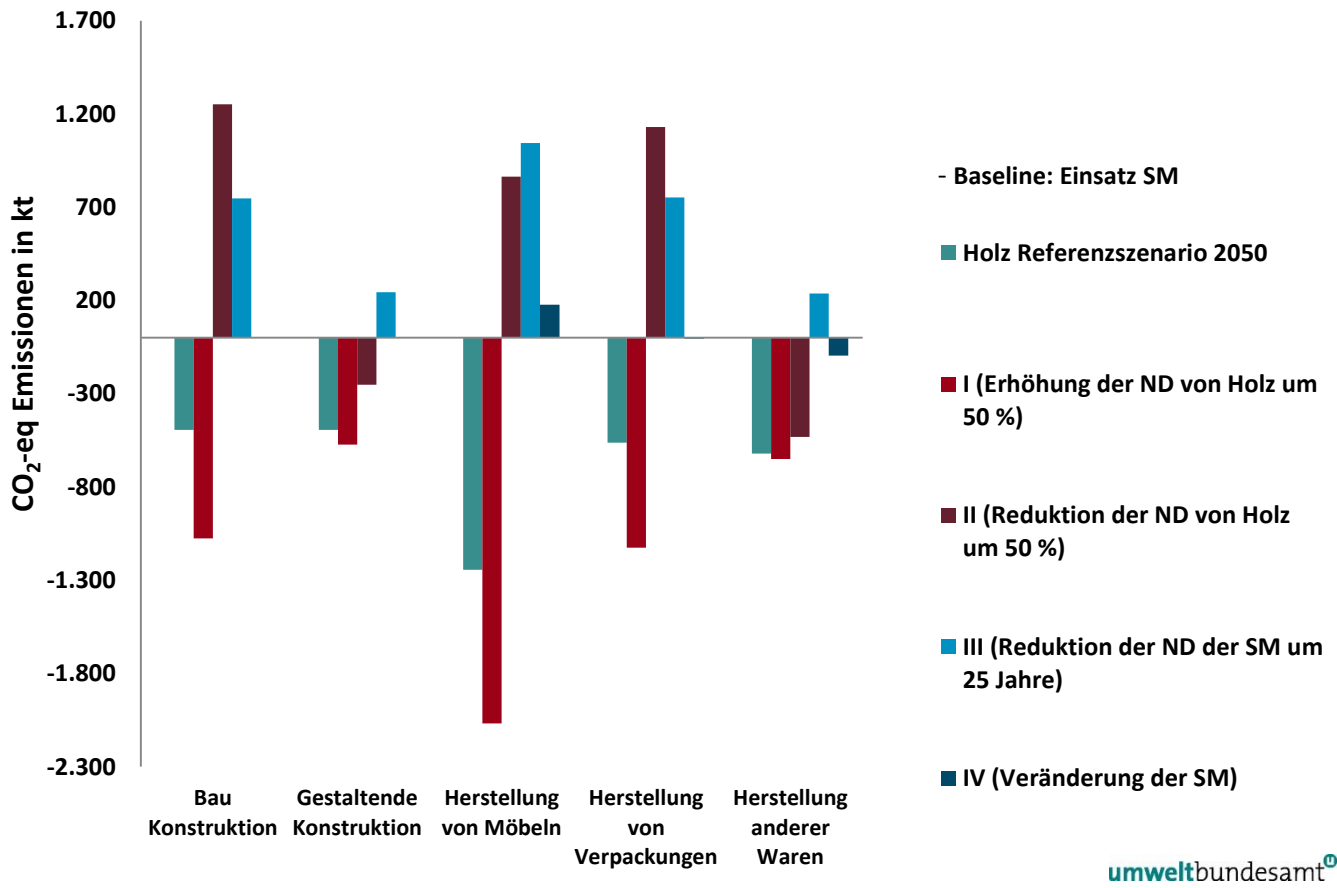


Abbildung 16: Zusammenfassung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse (Das Referenzszenario dient dabei als Baseline)

Durch diese Darstellung kann sehr anschaulich die Auswirkung der Annahmen in der Sensitivitätsanalyse verdeutlicht werden. Wenn Holz (Holz Referenzszenario 2050) anstelle der SM eingesetzt wird, zeigt sich für sämtliche Bereiche teilweise große THG Einsparungen. Wird die Nutzungsdauer der Holzprodukte um 50% verlängert erhöhen sich die Substitutionsemissionen. Andererseits bedeutet eine Reduktion der Nutzungsdauer der Holzprodukte um 50%, dass für bestimmte Bereiche (Bau Konstruktion, Herstellung von Möbeln und Verpackungen) die Substitutionsemissionen in den positiven Bereich wandern. Das heißt, dass durch den Holzeinsatz mehr CO<sub>2</sub>-eq Emissionen entstehen als durch den Einsatz der SM. Eine Veränderung der Substitutionsmaterialien weist nur einen geringen Einfluss auf.

In den Kategorien Herstellung von Möbeln und Bau Konstruktion gibt es die größten Auswirkungen.

## 9.10. Conclusio

- Angenommene Nutzungsdauer hat massive Auswirkungen auf das Ergebnis der THG-Emissionen
- Darstellung und Auswirkungen der großen Treiber / Stellschrauben der THG-Gesamtmenge
- Ausgewählte Substitutionsmaterialien (Aluminium, Kunststoff) haben auf Grund der unterschiedlichen Emissionsfaktoren unmittelbar stärkeren Einfluss als z.B. Beton oder Ziegel.
- Bei der THG-Berechnung wurde ein konservativer Ansatz (zum Nachteil der Holzprodukte) gewählt, daher könnten durch realistischere Annahmen die Ergebnisse noch deutlich besser werden.



## 10. THG Emissionen im Wald und der Holzprodukt pools (harvested wood products)

Um eine Einschätzung zur Größenordnung der Substitutionsemissionen des stofflichen und energetischen Einsatzes von Holz in Österreich mit den Emissionen im Wald und der Kohlenstoffsenke im Holzprodukt pool (HWP) zu ermöglichen, wird an dieser Stelle eine kurze Gegenüberstellung des Einsparungspotentials angeführt.

Die Berechnung erfolgt für das Referenzszenario<sup>10</sup> im Jahr 2011 anhand der Daten die vom Bundesforschungszentrum für Wald und der Universität für Bodenkultur zur Verfügung gestellt wurden. Dabei wird der Emissionsvergleich zum Basisjahr 2010 durchgeführt.

Von 2010 auf 2011 können im Wald durch Vorratsaufbau rund 1.626 kt CO<sub>2</sub> zusätzlich gespeichert und durch den Holzprodukt pool rund 4.716 CO<sub>2</sub>-eq eingespart werden. Im Vergleich dazu liefern die Substitutionsemissionen aus dem Holzeinsatz ein Einsparungspotential von rund 13.674 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Das bedeutet, dass der Einsatz von Holz, und hier in erster Linie der energetische Einsatz, mehr als doppelt so viel Einsparungen liefert als der Wald und der Holzprodukt pool zusammen.

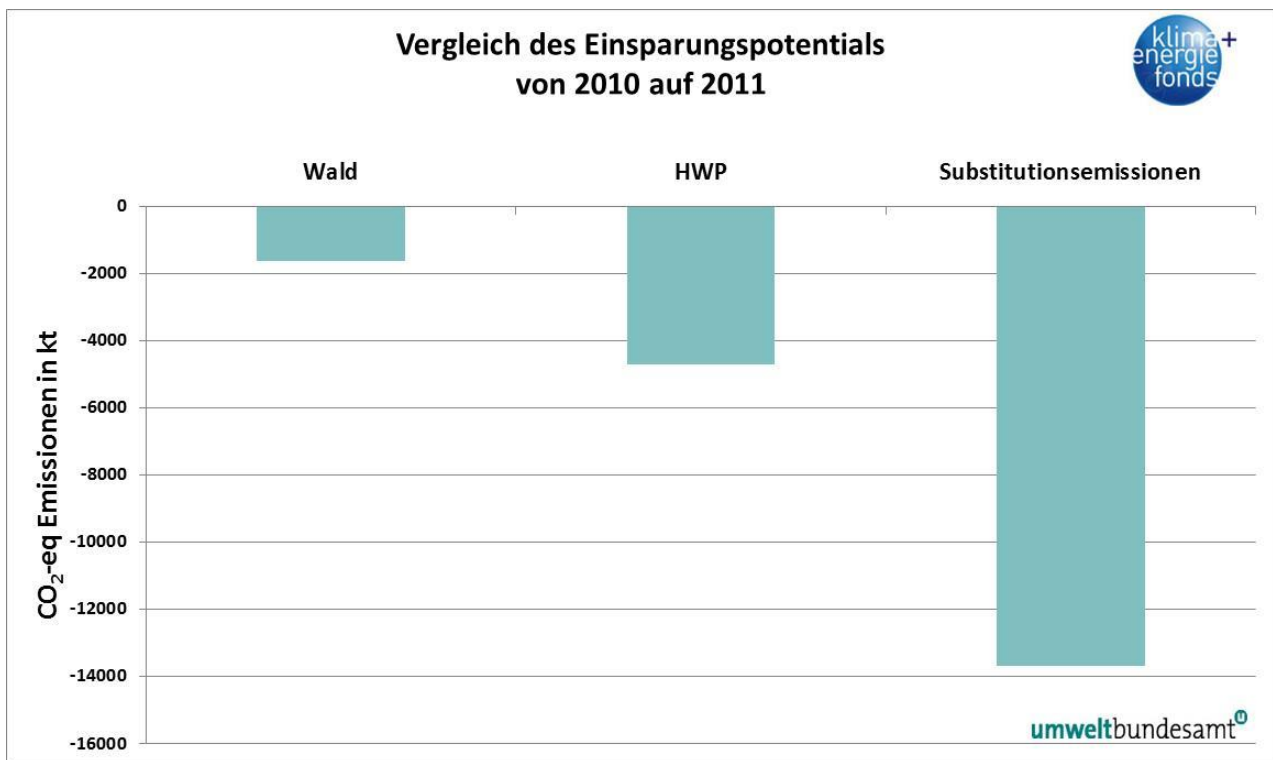


Abbildung 17) Vergleich des Einsparungspotentials des Waldes, der HWP und des Einsatzes von Holz von 2010 auf 2011

Obige Abbildung verdeutlicht den wesentlichen Beitrag des Holzeinsatzes zur positiven Treibhausgasbilanz.

<sup>10</sup> Siehe Anhang C

## 11. Literaturverzeichnis

Baubook 2013: Web-Plattform baubook zur Umsetzung von nachhaltigen Gebäuden, <https://www.baubook.at>, Zugriffe September-November 2013)

Baumarkt 2014: [www.baumarkt.de/nxs/267///baumarkt/schablone1/Lebensdauer-von-Bauteilen-und-Bauteilschichten](http://www.baumarkt.de/nxs/267///baumarkt/schablone1/Lebensdauer-von-Bauteilen-und-Bauteilschichten), Datum der Abfrage: 30.07.2014

Bauforum 2013, [www.bauforumstahl.de/upload/documents/brandschutz/kennwerte/Heizwertholz.pdf](http://www.bauforumstahl.de/upload/documents/brandschutz/kennwerte/Heizwertholz.pdf), Datum der Abfrage: 30.07.2014

GEMIS 2013: Globales Emissions-Model integrierter Systeme. Österreich Version 4.8. Umweltbundesamt Wien/Österreich.

Naegeli Transporte 2014: [www.naegeli-transporte.ch/dokumente/lebensdauer.pdf](http://www.naegeli-transporte.ch/dokumente/lebensdauer.pdf), Datum der Abfrage: 30.07.2014

Rüter, S. & Diederichs, S. 2012: Ökobilanz-Basisdaten für Bauprodukte aus Holz, Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Hamburg/Deutschland.

Statistik Austria 2014: Energiebilanzen 1979 – 2011 aus Bioenergie - Basisdaten 2013 Biomasseverband Österreich, Wien 2014

Schrammpalette 2014: [www.schrammpalette.de/paletten/palettenrecycling.com](http://www.schrammpalette.de/paletten/palettenrecycling.com), Datum der Abfrage: 30.07.2014

Umweltbundesamt 2010: Klimarelevanz ausgewählter Recyclingprozesse in Österreich. Report 0303, Umweltbundesamt Wien/Österreich.

## Anhang A

Table 19: Darstellung der Emissionsfaktoren in CO<sub>2</sub>-Äquivalente von Holzprodukten, Substitutionsmaterialien und Energieträgern.

| <b>Holzprodukte (Rüter &amp; Diederichs, 2012)</b>      | <b>Emissionsfaktor</b> | <b>Einheiten</b>  |
|---|------------------------|-------------------|
| Balkenschichtholz                                       | 141,55                 | kg/m <sup>3</sup> |
| Konstruktionsvollholz                                   | 98,26                  | kg/m <sup>3</sup> |
| Schichtholzplatten                                      | 168,46                 | kg/m <sup>3</sup> |
| Mitteldichte Faserplatte                                | 414,15                 | kg/m <sup>3</sup> |
| Oriented Strand Board (OSB Platten)                     | 412,34                 | kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Substitutionsmaterialien (GEMIS, 2013; UBA 2010)</b> |                        |                   |
| Stahl   | 2,120                  | kg/kg             |
| Aluminium   | 6,050                  | kg/kg             |
| Beton   | 0,169                  | kg/kg             |
| Kunststoff  | 3,090                  | kg/kg             |
| Ziegel  | 0,196                  | kg/kg             |
| Glas  | 0,728                  | kg/kg             |
| Keramik   | 0,595                  | kg/kg             |
| Gips (Karton und Platte)                                | 0,223                  | kg/kg             |
| <b>Energieträger GEMIS (2013)</b>                       |                        |                   |
| Erdgas  | 251,67                 | g/kWh             |
| Heizöl EL   | 301,83                 | g/kWh             |
| Steinkohle  | 436,54                 | g/kWh             |
| Holzpellets   | 52,0                   | g/kWh             |

## Anhang B

Tabelle 20: Darstellung der Substitutionsmaterialien und Einsatzbereiche, Daten von TSt bzw. Annahmen von NB und WP.

|                          |           | Bereiche                                 | Holz-Mengen aus FWOH in m³ | Substitutionsmaterial 1 (SM 1)                            | Anteil SM1 in % | Substitutionsmaterial 2 (SM 2) | Anteil SM2 in % | Substitutionsmaterial 3 (SM 3) | Anteil SM3 in % |
|--------------------------|-----------|--|----------------------------|---|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| <b>Schnittholz</b>       | Nadelholz | Herstellung von Möbel                    |                            | Stahl, Glas, Textilien je 5                               | 15              | Aluminium                      | 42,5            | Kunststoff                     | 42,5            |
|                          | Laubholz  | Herstellung von Möbel                    |                            | Stahl, Glas, Textilien je 5                               | 15              | Aluminium                      | 42,5            | Kunststoff                     | 42,5            |
|                          | Nadelholz | Herstellung von Verpackung               |                            | Kunststoff  | 90              | Aluminium                      | 10              |                                |                 |
|                          | Laubholz  | Herstellung von Verpackung               | wenig                      | Kunststoff  | 90              | Aluminium                      | 10              |                                |                 |
|                          | Nadelholz | Herstellung von anderen Waren            |                            | Kunststoff  | 20              | Aluminium                      | 80              |                                |                 |
|                          | Laubholz  | Herstellung von anderen Waren            |                            | Kunststoff  | 20              | Aluminium                      | 80              |                                |                 |
|                          | Nadelholz | Herstellung von Bau Konstruktion         |                            | Stahl   | 40              | Beton                          | 40              | Ziegel                         | 20              |
|                          | Laubholz  | Herstellung von Bau Konstruktion         | sehr wenig                 | Stahl   | 20              | Beton                          | 70              | Aluminium                      | 10              |
|                          | Nadelholz | Herstellung von Gestaltende Konstruktion |                            | Kunststoff  | 80              | Aluminium                      | 10              | Stahl                          | 10              |
|                          | Laubholz  | Herstellung von Gestaltende Konstruktion | wenig                      | Kunststoff  | 50              | Keramik                        | 50              |                                |                 |
| <b>Holzplatte</b>        |           | Herstellung von Möbel                    |                            | Kunststoff  | 45              | Glas                           | 10              | Aluminium                      | 45              |
|                          |           | Herstellung von Verpackung               | sehr wenig                 | Kunststoff  | 100             |                                |                 |                                |                 |
|                          |           | Herstellung von Bau Konstruktion         |                            | Beton   | 50              | Ziegel                         | 40              | Gips(karton/faser)             | 10              |
|                          |           | Herstellung von Gestaltende Konstruktion | sehr wenig                 | Stahl   | 50              | Aluminium                      | 40              | Kunststoff                     | 10              |
| <b>Brennholz</b>         |           | Energetische Nutzung                     |                            | Erdgas  | 50              | Heizöl                         | 40              | Kohle                          | 10              |
| <b>Sägenebenprodukte</b> |           | Energetische Nutzung                     |                            | Erdgas  | 50              | Heizöl                         | 40              | Kohle                          | 10              |
|                          |           | Herstellung von Waren                    |                            | Kunststoff  | 50              | Aluminium                      | 50              |                                |                 |
| <b>Papier und Pappe</b>  |           | Herstellung von Verpackung               |                            |   |                 |                                |                 |                                |                 |
|                          |           | Herstellung von Papierprodukten          |                            |   |                 |                                |                 |                                |                 |
|                          |           |  |                            | gelb markierte Felder sind Annahmen von Braschel und Pölz |                 |                                |                 |                                |                 |

## **Anhang C**

### **Beschreibung der einzelnen Szenarien:**

#### **Szenario R – Referenzszenario**

Beschreibung: Die weitere Nachfrage nach Holz (nach Menge und nach Zusammensetzung) und die dementsprechende Waldbewirtschaftung folgt dem Trend der letzten Jahre. Es gilt die ceteris paribus Annahme für die den Markt steuernden Rahmenbedingungen und das Verhalten der Marktteilnehmer mit folgender Ausnahme: Der National Renewable Energy Action Plan 2010 (NREAP) wird bis 2020 umgesetzt. Die forstliche Entwicklung bis 2020 entspricht dem Durchschnitt der Waldbau-Szenarien der HOBI-Aufkommensstudie. Dies bedeutet, dass die Nutzung entsprechend den letzten Jahren bis 2020 weiterhin zunimmt. In Szenario R werden nach 2020 keine steuernden politischen Eingriffe mehr wirksam. Somit folgt die Produktion von Halbfertigprodukten den Marktgegebenheiten.

#### **Szenario 1a – Gesteigerter Einschlag wegen forcierter energetischer Nutzung**

Der NREAP wird weiterentwickelt. Die Nachfrage nach Energieholz aus dem Wald nimmt durch eine verstärkte Förderung der Nutzung von Waldbiomasse für die energetische Nutzung entsprechend dem weiteren Ausbau von Biomassekraftwerken bzw. energiewendebedingten Effekten stark zu. Dieser Effekt wird durch Veränderungen in den Preisrelationen Nutzholz/Brennholz und aufgrund des signifikanten Anstiegs der Preise für andere Energieformen verstärkt. Die Nachfrage nach Holz steigt über das Referenzszenario hinaus an. Für dieses Szenario wird angenommen dass das Aufkommen auf Brennholz aus dem Wald bis 2100 auf 120% des Referenzniveaus steigt.

#### **Szenario 1b – Gesteigerter Einschlag wegen forcierter stofflicher Nutzung**

Es wird eine erhöhte Holznutzung gegenüber R unter Annahme einer verstärkten stofflichen Nutzung angenommen, wobei die Rohholz-Importverfügbarkeit zu erwartenden Trends folgt. Der Bau mit Holz und der Einsatz von Holzprodukten werden durch direkte Förderungen, Änderung der Bauordnungen und Entwicklungsarbeit in Richtung neuer Technologien gefördert, die sich durch eine Erweiterung des Einsatzspielraums von Holz in einer verstärkten Verwendung im Bau-sektor manifestieren (es wird jedoch keine Optimierung der kaskadischen Nutzung im Sinne eines effizienteren Kreislaufs in puncto Wiederverwendung und stofflichen Wiederverwertung modelliert). Gleichzeitig gehen die Förderung sowie die Nachfrage der direkten Nutzung von Waldbiomasse für energetische Zwecke zurück. Die Nachfrage nach Holz steigt über das Referenzszenario hinaus an. Die Preisrelation Nutzholz/Brennholz verschiebt sich in Richtung eines stärkeren Anreizes für eine Waldbewirtschaftung in Richtung höherwertiger Sortimente. Dies führt bis 2100 zu einem Ansteigen des Aufkommens an Holz zur stofflichen Nutzung auf 120% des Niveaus im Referenzszenario.

### Szenario 1c – Gesteigerter Einschlag wegen forcierter stofflicher Nutzung unter günstigen Importbedingungen

Hier wird eine erhöhte Holznutzung gegenüber R in Kombination mit einer höheren Rohholz-Importverfügbarkeit angenommen. Durch ein Ausweiten des Einzugsgebietes für Rohholzimporte stehen auch in Zukunft weiterhin größere Importmöglichkeiten zur Verfügung. Die Importverfügbarkeit für Rohholz beträgt 150% des Referenzniveaus

### Szenario 2 – Reduzierte Nutzung (Nutzungseinschränkungen und Außer-Nutzung-Stellung von Waldflächen durch Naturschutzvorgaben)

Es werden Anreiz- und Fördersysteme sowie Rahmenbedingungen geschaffen, die zu einem Rückgang der Waldfläche in forstlicher Nutzung und somit zu einem Rückgang der Holznutzung führen. Derartige Systeme bzw. Rahmenbedingungen sind naturschutzrechtlichen Ursprungs mit entsprechenden Abgeltungen des Nutzungsentgangs und Förderungen bzw. Entgelten für den C-Vorratsaufbau in der Landschaft. In diesem Szenario wird angenommen dass bis 2100 eine Erhöhung des Nutzungsverzichts von derzeit 1% auf 5% der Ertragswaldfläche stattfindet. Zusätzlich werden Nutzungsreduktionen angenommen. Diese sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** als Prozentuelle Abweichung des Referenzwertes im Jahre 2020 dargestellt.

Tabelle 21) Nutzungseinschränkungen für Szenario 2

| Schutzkategorie  | Bis 2020 | 2020-2050 | 2050-2100 |
|--|----------|-----------|-----------|
| Nationalparks und Biosphärenparks (Außenzonen), Natura 2000        | + 20%    | + 10%     | + 5%      |
| Weitere Schutzgebiete (z.B. Landschaftsschutz) und Wanderkorridore | + 30%    | + 15%     | + 10%     |
| Alle anderen Ertragswaldflächen                                    | + 40%    | + 20%     | + 15%     |