



## **Auswirkungen einer Treibhausgasbepreisung auf die Bauwirtschaft**

Projektarbeit

Markus Peter Taubert

Matrikelnummer: 4508819

Wien, der 27. Januar 2020



## **Aufgabenstellung für die Projektarbeit in Modul BIW5-01**

Name: Markus Taubert

Vertiefung: Baubetriebswesen

---

**Thema: Auswirkungen einer Treibhausgasbepreisung auf die Bauwirtschaft**  
(Impact of greenhouse gas tax on the construction industry)

### **Zielsetzung:**

Die national einheitliche Bepreisung von Treibhausgasen, insbesondere im Rahmen einer Steuer für Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), war in den vergangenen Monaten ein politisch stark diskutiertes Thema. Der Beschluss zur Festlegung eines Preises je Tonne CO<sub>2</sub> ab dem Jahr 2021 wird sich auch auf die Bauwirtschaft auswirken, welche aufgrund emissionsintensiver Prozesse einen nicht zu vernachlässigen Anteil an dem jährlichen Kohlenstoffdioxid-ausstoß hat.

Im Zuge der Projektarbeit sind die Auswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung auf die Bauwirtschaft zu untersuchen. Hierfür ist zunächst das Prinzip einer Treibhausgasbepreisung aufzuzeigen. In einem zweiten Schritt sind die möglichen Auswirkungen auf die Bauwirtschaft zu untersuchen, wobei insbesondere ein Bezug zu der Entwicklung der Baupreise und den möglichen Veränderungen des Bauprozesses herzustellen ist.

Die Bearbeitung der Projektarbeit erfolgt im Rahmen des Mobilitätsfensters. Präzisierungen und Abgrenzungen der Aufgabenstellung sind während der Bearbeitung mit dem Betreuer abzustimmen.

Zur Projektarbeit gehört die aktive Teilnahme am Seminar mit Vorstellung der Projektarbeiten sowie dem eigenen Vortrag, wie in der Modulbeschreibung ausgewiesen.

Wiss. Ansprechpartner TU: Dipl.-Ing. Charlotte Dorn

ausgehändigt am: 01.10.2019  
einzureichen am: 27.01.2020

erhalten: *M. Taubert*

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jens Otto  
Verantwortlicher Hochschullehrer

## Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| Abbildungsverzeichnis .....                                       | IV        |
| Tabellenverzeichnis .....   | V         |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                       | VI        |
| <b>1 Einleitung .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Problemstellung .....   | 3         |
| 1.2 Ziele und Abgrenzung .....                                    | 3         |
| 1.3 Aufbau.....   | 3         |
| <b>2 Internalisierung externer Effekte .....</b>                  | <b>5</b>  |
| 2.1 Idee und Nutzen einer Internalisierung .....                  | 5         |
| 2.2 Quantifizierung externer Kosten durch Treibhausgase .....     | 6         |
| 2.3 Politische Möglichkeiten einer Internalisierung .....         | 9         |
| 2.3.1 Kyotoprotokoll .....  | 11        |
| 2.3.2 Europäischer Emissionshandel .....                          | 11        |
| 2.3.3 Nationaler Emissionshandel .....                            | 13        |
| <b>3 Treibhausgasquellen im Lebenszyklus eines Bauwerks .....</b> | <b>16</b> |
| 3.1 Baustoffimmanente Treibhausgasemissionen .....                | 17        |
| 3.1.1 Mineralische Baustoffe .....                                | 18        |
| 3.1.2 Dämmstoffe.....   | 19        |
| 3.1.3 Holz und Holzwerkstoffe.....                                | 20        |
| 3.1.4 Metalle .....   | 21        |
| 3.1.5 Glas .....  | 21        |
| 3.2 Bauwerksherstellung .....                                     | 21        |
| 3.3 Nutzungsphase .....   | 23        |
| <b>4 Auswirkungen auf die Bauwirtschaft .....</b>                 | <b>25</b> |
| 4.1 Statische Effekte .....                                       | 25        |
| 4.2 Dynamische Effekte .....                                      | 27        |
| <b>5 Schlussbetrachtung .....</b>                                 | <b>29</b> |
| 5.1 Zusammenfassung.....  | 29        |
| 5.2 Bewertung der Ergebnisse .....                                | 29        |
| 5.3 Ausblick.....   | 30        |
| Literaturverzeichnis.....   | 32        |
| Konsultationsverzeichnis .....                                    | 38        |
| Thesen .....  | 39        |
| Kurzfassung.....  | 40        |
| Anlagenverzeichnis.....   | 41        |
| Erklärung zur selbstständigen Abfassung der Projektarbeit .....   | 42        |

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: „Fast lineare Beziehung“ von kumulativen anthropogenen CO <sub>2</sub> -Emissionen und der globalen Erderwärmung.....              | 2  |
| Abbildung 2: Das Pigou-Diagramm stellt qualitativ das Zusammenspiel von Gewinn- und Schadensentwicklung abhängig vom Aktivitätenniveau dar..... | 10 |
| Abbildung 3: Auszug der Lebenszyklusabschnitte nach DIN EN 15804 (2014).....  | 16 |
| Abbildung 4: In der Bauwirtschaft verwendete Energieträger.....   | 22 |
| Abbildung 5: Primärenergieträger für das Erzeugen von Raumwärme.....  | 23 |
| Abbildung 6: Anteil einzelner Baustoffe an den durch Baustoffe verursachten Treibhausgasen.....   | 26 |

**Tabellenverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1: Empfehlung des Umweltbundesamts für Klimakosten. ....  | 7  |
| Tabelle 2: Inflationsbereinigte Klimakosten ausgewählter Studien, bezogen auf 2020. 7   |    |
| Tabelle 3: Globale Erwärmungspotenziale für verschiedene Gase.....  | 8  |
| Tabelle 4: Gegenüberstellung geplanter CO <sub>2</sub> -Preise nach ursprünglicher Fassung und Ergebnis des Vermittlungsausschusses. ....                                     | 14 |
| Tabelle 5: Globale Erwärmungspotenziale und Preisänderungen infolge einer Treibhausgasbepreisung von Dämmstoffen gleichen Wärmedurchgangswiderstands. ....                    | 20 |
| Tabelle 6: Mehrkosten infolge einer Treibhausgasbepreisung für typische Heizenergiebedarfe nach Baujahren sowie den Passivhausstandard unter Annahme des GWP von Erdgas. .... | 24 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                 |  |
|-----------------|--|
| Abs.            | Absatz eines Gesetzes oder Vertrags  |
| äq              | Äquivalent   |
| Art.            | Artikel eines Gesetzes oder Vertrags   |
| BAFA            | Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle  |
| BBSR            | Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung  |
| BEHG            | Brennstoffemissionshandelsgesetz   |
| BMU             | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit  |
| BMUB            | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit   |
| BNB             | Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen  |
| C               | Kohlenstoff  |
| CO <sub>2</sub> | Kohlenstoffdioxid  |
| DIN             | Deutsches Institut für Normung   |
| EEG             | Erneuerbare-Energien-Gesetz  |
| EKT             | Einzelkosten der Teilleistung  |
| EN              | Europäische Norm   |
| engl.           | Englisch   |
| EPS             | Expandiertes Polystyrol  |
| ETS             | Emissions Trading System (engl. Emissionshandelssystem)  |
| EU              | Europäische Union  |
| EU-ETS          | EU Emission Trading System (engl. Europäisches Emissionshandelssystem)   |
| EWR             | Europäischer Wirtschaftsraum   |
| FCKW            | Fluorchlorkohlenwasserstoff  |
| franz.          | Französisch  |
| Gt              | Gigatonne, Einheit der Masse, 10 <sup>12</sup> kg  |
| GWP             | global warming potential (engl. Treibhauspotenzial)  |
| IPCC            | Intergovernmental Panel on Climate Change (engl. Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen)                              |
| ISO             | International Organization for Standardization (engl. Internationale Organisation für Normung)                                   |
| kW              | Kilowatt, Einheit der Leistung, 10 <sup>3</sup> W  |
| K               | Kelvin, SI-Einheit der Temperatur  |
| KMF             | künstliche Mineralfasern   |
| kWh             | Kilowattstunde, Einheit der Energie  |
| LCA             | Live Cycle Assessment (engl. Lebenszyklusanalyse)  |
| Lit.            | Buchstabe, Aufzählungszeichen in Gesetzen oder Verträgen   |
| N               | Newton, Einheit der Kraft  |
| NEEDS           | New Energy Externalities Development for Sustainability (engl. Entwicklung von Externalitäten neuer Energien für Nachhaltigkeit) |
| OSB             | oriented strand board (engl. Platte aus ausgerichteten Spänen)   |
| PAK             | polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe   |
| ppm             | parts per million (engl. Millionstel)  |
| SI              | Système international d'unités (fran. Internationales Einheitensystem)   |
| THG             | Treibhausgas   |

|     |  |
|-----|--|
| tkm | Tonnenkilometer, Einheit der massenbezogenen Transportentfernung     |
| UBA | Umweltbundesamt  |
| VDZ | Vereins Deutscher Zementwerke e.V.                                   |
| VOC | volatile organic compounds (engl. flüchtige organische Verbindungen) |
| W   | Watt, Einheit der Leistung   |
| XPS | Extrudiertes Polystyrol  |

## 1 Einleitung

Mehr als 7 Mio. Menschen beteiligten sich nach Angaben der Initiatoren in 185 Ländern an Demonstrationen im Rahmen der „Week4Climate“ (engl. Woche für das Klima), einer globalen Aktionswoche der Zivilgesellschaft für mehr Klimaschutz.<sup>1</sup> Allein in Deutschland gingen am 20.09.2019 1,4 Mio. Menschen für eine ambitioniertere Klimapolitik auf die Straße.<sup>2</sup> Wiederholt forderten die Demonstrierenden, die Warnungen der Wissenschaft ernst zu nehmen.<sup>3</sup>

Der Stand der Klimawissenschaften wird regelmäßig vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dem sogenannten Weltklimarat, in Sachstandsberichten zusammengefasst. Diese Berichte geben die Ergebnisse einer umfassenden Metaanalyse wieder, die „auf der neuesten wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Literatur auf diesem Gebiet“ beruht.<sup>4 5</sup> Der aktuelle Sachstandsbericht aus dem Jahr 2014 formuliert als wissenschaftlichen Fakt, dass Treibhausgase Klimaschäden verursachen.<sup>6</sup> Weiterhin stellen die Autoren fest: „Der Einfluss des Menschen auf das Klimasystem ist klar und die jüngsten anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen sind die höchsten in der Geschichte.“<sup>7</sup> Folgende Indikatorgrößen zeigen deren maßgeblichen Einfluss auf das globale Klima:

Die mittlere globale Oberflächentemperatur ist über den Zeitraum von 1880 bis 2012 um 0,85 K [0,65 K bis 1,06 K] gestiegen. Zudem ist von „1901 bis 2010 [...] der mittlere globale Meeresspiegel um 0,19 [0,17 bis 0,21] m [...] gestiegen.“<sup>8</sup> Weiterhin bedingt die erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre durch eine osmotische Gleichgewichtsreaktion die Versauerung von Gewässern. „Der pH-Wert des Meeresoberflächenwassers hat um 0,1 abgenommen [...]. Dies entspricht einem Anstieg des Säuregehalts, gemessen als Wasserstoffionen-Konzentration, um 26 %“, führt der IPCC-Bericht aus.

Auch zukünftige Auswirkungen der Klimaerwärmung sind Gegenstand der Forschung. Zu erwarten sind steigende Risiken bezüglich der genannten Parameter sowie in Hinblick auf Extremwetterereignisse und das Aussterben großer Anteile der biologischen Arten.<sup>9</sup> In der Konsequenz werde die globale Ernährungssicherheit untergraben, gesundheitliche Probleme verschärft und die Gefahr gewaltsamer Auseinandersetzungen indirekt erhöht. Auch wirtschaftliches Wachstum werde verlangsamt und die Armutsbekämpfung erschwert.<sup>10</sup>

Die Prognosen fußen auf Szenarien, sogenannten „Repräsentativen Emissionspfaden“, die auf atmosphärische Konzentration CO<sub>2</sub>-äquivalenter Treibhausgase in ppm (parts

---

<sup>1</sup> 350.ORG.

<sup>2</sup> TAGESSCHAU 2019.

<sup>3</sup> THUNBERG 2019.

<sup>4</sup> IPCC 2014, IX.

<sup>5</sup> OTTO 2019.

<sup>6</sup> RAHMSTORF 2019.

<sup>7</sup> IPCC 2014, S. 2.

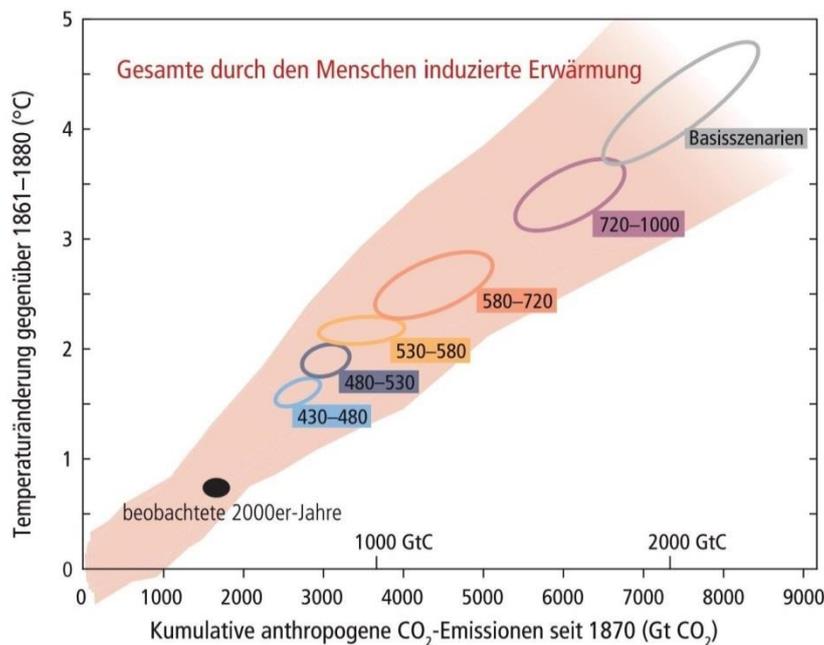
<sup>8</sup> Ebd., S. 4.

<sup>9</sup> Ebd., S. 10.

<sup>10</sup> Ebd., S. 16.

per million, engl. Millionstel) als zentrale Kennzahl zurückgreifen.<sup>11</sup> Den Szenarien werden Prognosen zum mittleren globalen Oberflächentemperaturanstieg im Jahr 2100, bezogen auf den vorindustriellen Stand von 1870, zugeordnet. Auf diese Angaben stützen sich die politischen und gesellschaftlichen Diskussionen. So haben sich am 12.12.2015 alle Staaten der Welt auf ein Klimaschutzabkommen geeinigt,<sup>12</sup> dessen Art. 2 Abs. 1 lit. A verlangt, dass „der Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur deutlich unter 2 °C über dem vorindustriellen Niveau gehalten wird und Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen [...]“.<sup>13</sup> Das als „Abkommen von Paris“ bekannte Übereinkommen ist für Staaten, die es ratifiziert haben, völkerrechtlich verbindlich.<sup>14</sup>

Für die Übersetzung dieser Vorgabe zielen politische Maßnahmen oft auf die absolute Emissionsmenge von Treibhausgasen ab. Dies ist insofern ein adäquates Vorgehen, als dass eine „fast lineare Beziehung zwischen kumulativen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der projizierten globalen Temperaturveränderung bis zum Jahr 2100“ besteht.<sup>15</sup> Abbildung 1 visualisiert diesen Zusammenhang. Die farbigen Ovale stellen Repräsentative Emissionspfade dar. Die vermerkten Zahlenwerte geben die angenommenen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre im Jahr 2100 in ppm an. Die Basisszenarien gehen davon aus, dass das gegenwärtige Emissionsverhalten unverändert fortgesetzt wird.<sup>16</sup>



**Abbildung 1: „Fast lineare Beziehung“ von kumulativen anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der globalen Erderwärmung.<sup>17</sup>**

<sup>11</sup> Vgl. IPCC 2014, S. 20.

<sup>12</sup> BMU 2017.

<sup>13</sup> BMUB 2015.

<sup>14</sup> BMU 2017.

<sup>15</sup> IPCC 2014, S. 8.

<sup>16</sup> Ebd.

<sup>17</sup> Ebd., S. 9.

Wie der Abbildung entnommen werden kann, müssen die kumulativen CO<sub>2</sub>-Emissionen unterhalb von 2.900 Gt gehalten werden, um dem Abkommen von Paris zu genügen.<sup>18</sup> Der Umstand, dass zwischen 1750 und 2011 bereits 2.040 ± 310 Gt CO<sub>2</sub> durch den Menschen emittiert wurden, in den letzten Dekaden sogar mit zunehmender Geschwindigkeit,<sup>19</sup> verdeutlicht, dass umgehend drastische Maßnahmen ergriffen werden müssen. Als eine solche Maßnahme wurde im Jahr 2019 die Einführung einer nationalen Treibhausgasbepreisung in Deutschland diskutiert.

### 1.1 Problemstellung

Die Bauindustrie gilt als besonders klimaschädlich. In ihrer Wertschöpfungskette werden 14 % der nationalen Treibhausgasemissionen verursacht.<sup>20</sup> Die Erhebung eines Preises für diese Emissionen könnte die Branche daher erheblich beeinflussen. Da Treibhausgasemissionen bisher betriebswirtschaftlich nicht berücksichtigt werden, bedarf es einer sowohl qualitativen als auch quantitativen Identifizierung der Emissionsquellen. Eine Folgenabschätzung insbesondere mit Blick auf Preisentwicklungen verlangt zudem geeignete Kostensätze für die Emissionen.

### 1.2 Ziele und Abgrenzung

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung, welche Auswirkungen die Bepreisung von Treibhausgasen auf die Bauwirtschaft in Deutschland hat. Zentral sind dabei die Konsequenzen für die Baustoffpreise, Rückkopplungen aus steigenden Energiekosten während der Nutzungsphase sowie insbesondere der Einfluss auf Abläufe auf der Baustelle.

Die Arbeit berücksichtigt in Bezug auf die Treibhausgasbepreisung die aktuelle Entwicklung der Gesetzgebung. Daher liegt der Betrachtungsschwerpunkt auf Auswirkungen infolge des Brennstoffemissionshandelsgesetzes. Auch die damit in Zusammenhang stehenden Entlastungsmaßnahmen werden einbezogen, insofern Einflüsse auf die Bauwirtschaft erkennbar sind. Auswirkungen der Preisentwicklung des europäischen Emissionshandels werden nur oberflächlich untersucht.

### 1.3 Aufbau

Nachdem einleitend die Notwendigkeit der Treibhausgasemissionsreduktion dargestellt wurde, setzt sich das zweite Kapitel mit der Internalisierung externer Effekte auseinander. Im Zuge dessen wird der finanzwissenschaftliche Hintergrund erläutert, bevor das Problem der Quantifizierung externer Effekte sowie die Möglichkeiten zur politischen Umsetzung diskutiert werden.

---

<sup>18</sup> IPCC 2014, S. 10.

<sup>19</sup> Ebd., S. 3.

<sup>20</sup> GRAMM 2017.

Daran schließt sich die Ermittlung der Treibhausgasemissionsquellen im Bauwesen an. Mit einem praxisnahen Kostensatz für die Treibhausgasbepreisung werden die monetären Auswirkungen quantifiziert und mittels Sensitivitätsanalyse validiert. Das sich anschließende vierte Kapitel bemüht sich um belastbare Folgeabschätzungen. Insbesondere werden Aussagen zu dynamische Auswirkungen getroffen. Mit einer Zusammenfassung, einer kritischen Bewertung der Ergebnisse sowie einem Ausblick schließt das fünfte Kapitel die Arbeit ab.

## 2 Internalisierung externer Effekte

Auch die Wirtschaft wird von den Auswirkungen der Klimaerwärmung betroffen sein, sodass es auch in ihrem Interesse ist, dem Klimawandel entgegenzuwirken.<sup>21</sup> Prof. Dr.-Ing. Becker resümiert: „Ökologie und Ökonomie sind langfristig dasselbe.“<sup>22</sup> Die Minderung des Klimawandels sowie die die Anpassung an dessen Folgen sind demzufolge komplementäre Strategien.<sup>23</sup> Beide Aspekte sind mit volkswirtschaftlichen Aufwendungen verbunden. Die Veränderung des Klimas verursacht folglich Kosten, die zurzeit maßgeblich von der Gemeinschaft getragen werden. Da volkswirtschaftliche Kosten nicht in betriebswirtschaftliche Berechnungen integriert werden, werden sie als Externalitäten bezeichnet.

### 2.1 Idee und Nutzen einer Internalisierung

Zurück geht der Internalisierungsansatz auf Arthur Cecil Pigou (1877-1959), der 1920 sein Werk „The Economics of Welfare“ (engl. Wohlfahrtsökonomie) publizierte. Aus der These, Umweltprobleme seien die Konsequenz externalisierter Kosten, folgte er, dass der Staat regulierend eingreifen müsse, wenn der Markt keine Preise zustande bringe. Zu den bedeutendsten Kritikern zählt Ronald Coase (1910-2013), der mit seinem 1960 abgefassten Coase-Theorem die Überlegungen Pigous erweiterte. Seiner Ansicht nach könne eine vollständige Internalisierung auch auf Grundlage privater Verhandlungen erreicht werden. Der durch eine Internalisierung mögliche volkswirtschaftliche Wohlfahrtsgewinn ist seiner Ansicht nach ausreichende Motivation für die Beteiligten, um Verhandlungen aufzunehmen.<sup>24</sup> Dennoch ist Pigou's Grunderkenntnis, dass Externalisierungen zu Fehlallokationen von Kapital führen und die Verschwendung von Ressourcen begünstigen, finanzwissenschaftlich weitgehend unumstritten.<sup>25</sup>

Unabhängig vom gewählten Modell ist eine nachvollziehbare Bezugsgröße für die Einführung eines Preises notwendig. Treibhausgase werden hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe freigesetzt, die den Kohlenstoff zuvor über Erdzeitalter gebunden hielten. Da der Kohlenstoffgehalt dieser Rohstoffe mit nur geringen Unschärfen bekannt ist, kann der Treibhausgasausstoß über stöchiometrische Betrachtungen mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden.

Für eine Internalisierung werden die Klimawandelkosten auf Treibhausgaseinheiten aufgeteilt, sodass €/t<sub>CO2</sub> eine mögliche Einheit ist. Treibhausgasemissionen werden somit zu einem Rohstoff, der betriebswirtschaftlich zu berücksichtigen ist. Es handelt sich um eine Umsetzung des Verursacherprinzips, da die anderenfalls von der Gemeinschaft zu tragenden Mehrausgaben, auf die Emittenten umgelegt werden.<sup>26</sup>

---

<sup>21</sup> TAGESSCHAU.DE 2020.

<sup>22</sup> BECKER 2019.

<sup>23</sup> IPCC 2014, S. 17.

<sup>24</sup> HASLBECK 1995.

<sup>25</sup> BECKER 2019.

<sup>26</sup> BECKER 2019.

## 2.2 Quantifizierung externer Kosten durch Treibhausgase

Die Internalisierung von Schäden infolge des Treibhausgasausstoßes ist anspruchsvoll. Wie später deutlich wird, variieren die Prognosen zu Klimaschäden in Abhängigkeit der gewählten Untersuchungsansätze von Studie zu Studie stark. Hinzu kommt, dass das Schadenspotenzial von Treibhausgasen in keinem linearen Zusammenhang mit deren Emission steht. Zwar wurde in Kapitel 1 dargestellt, dass sich der globale Oberflächentemperaturanstieg proportional zur CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre verhält, jedoch besteht die Gefahr, dass ab diskreten Erwärmungswerten eine positive Rückkopplung einsetzt. Als Kippunkt beziehungsweise kritischen Schwelle wird der Wendepunkt bezeichnet, ab dem die temperaturbedingt ausgelösten natürlichen Prozesse weitere Emissionen induzieren, die ihrerseits den Klimawandel beschleunigen. In der Folge kann die Menschheit durch bloße Emissionsreduktion die Verschärfung der Klimawandelfolgen nicht mehr begrenzen.<sup>27</sup>

Letztlich sind die zu vermeidenden Schadensmechanismen keine Naturkonstanten, sodass für eine präzise Ursachen-Folgen-Zuordnung lokale Gegebenheiten über Anpassungsparameter einbezogen werden müssen. Ein nationaler oder gar internationaler CO<sub>2</sub>-Preis stellt folglich einen Durchschnittswert dar. Vereinfacht wird in der Praxis ein linearer Zusammenhang angenommen, sodass Schadenskosten an jedem Punkt den Durchschnittskosten entsprechen.<sup>28</sup> Weiteren Einfluss auf einen Preis haben der Zeitpunkt der Erhebung, die Inflationsrate sowie die Zeitpräferenzrate.

Die Inflation entwertet Geld, sodass der Wert, der durch einen Preis beziffert wird, über die Zeit sinkt. Daher wird mitunter die Schadensquantifizierung mit einer Jahreszahl versehen, zum Beispiel 1 €<sub>2005</sub>.<sup>29</sup> In der Zukunft liegende Preise müssen über die Inflationsrate angepasst werden. Für Studien, die eine solche Angabe nicht machen, ist es sinnvoll die Anpassung auf das Jahr der Publikation zu beziehen.

Da die Untersuchungen in der Regel mit Emissionspfaden arbeiten, die vom gegenwärtigen Emissionsniveau bis zur geplanten CO<sub>2</sub>-Neutralität im Jahr 2050<sup>30</sup> abnehmende jährliche Emissionen vorsehen, muss der Preis im Gegenzug steigen, um das Anreizniveau Investitionen in Minderungsmaßnahmen fortwährend zu erhöhen. Entsprechend geben Studien oft Tabellen mit steigenden Kostensätzen über die Zeit an.<sup>31</sup>

Die Zeitpräferenzrate wird eher selten einbezogen. Sie beschreibt die notwendige Diskontierung, damit der Konsument eine Investition oder in diesem Fall eine Emission in die Zukunft verschiebt. Hintergrund ist das natürliche menschliche Bestreben, unmittelbar vom Kapitaleinsatz profitieren zu wollen. Liegt die Zeitpräferenzrate in der Größenordnung alternativer, in Aussicht stehender returns on investment (engl. Ertrag einer Investition) oder darüber, ist es betriebswirtschaftlich sinnvoll zu einem späteren Zeitpunkt zu investieren beziehungsweise zu emittieren.

---

<sup>27</sup> IPCC 2014, S. 82.

<sup>28</sup> Vgl. GENIUS 2016, S. 21f.

<sup>29</sup> Ebd., S. 28.

<sup>30</sup> TAGESSCHAU.DE 2019e.

<sup>31</sup> MATTHEY/BÜNGER 2019, S. 9.

Im Zusammenhang mit der Diskussion über die Einführung eines nationalen CO<sub>2</sub>-Preises in Deutschland, stieg zuletzt das Interesse an der quantitativen Bewertung der Klimawandelschadenskosten. Bereits im Jahr 2008 gab eine Untersuchung im Rahmen des New Energy Externalities Development for Sustainability-Projekts (engl. Entwicklung von Externalitäten neuer Energien für Nachhaltigkeit, NEEDS) der EU-Kommission die sozialen Kosten von Treibhausgasemissionen mit einer Spanne von 7 €<sub>2005</sub>/t<sub>CO2</sub> für 2005 bis 198 €<sub>2005</sub>/t<sub>CO2</sub> für 2050 an.<sup>32</sup>

Das Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichte im Februar 2019 eine Neufassung der Methodenkonvention, die Kostensätze für externalisierte Umweltschäden erarbeitet. Tabelle 1 fasst Klimakosten für die Jahre 2016, 2030 und 2050 unter Einbeziehung einer Zeitpräferenzrate in €<sub>2016</sub>/t<sub>CO2</sub> tabellarisch zusammen.

|                             | Klimakosten in € <sub>2016</sub> /t <sub>CO2äq</sub> |      |      |
|-----------------------------|--|------|------|
|                             | 2016   | 2030 | 2050 |
| 1 % reine Zeitpräferenzrate | 180  | 205  | 240  |
| 0 % reine Zeitpräferenzrate | 640  | 670  | 730  |

**Tabelle 1: Empfehlung des Umweltbundesamts für Klimakosten.**<sup>33</sup>

Demnach steigen die Klimakosten bei einer Zeitpräferenzrate von 1 % von 180 €<sub>2016</sub>/t<sub>CO2</sub> im Jahr 2016 auf 240 €<sub>2016</sub>/t<sub>CO2</sub> im Jahr 2050. Liegt die Zeitpräferenzrate bei null, wird im gleichen Zeitraum ein Kostenanstieg von 640 €<sub>2016</sub>/t<sub>CO2</sub> auf 730 €<sub>2016</sub>/t<sub>CO2</sub> angegeben. „Eine reine Zeitpräferenzrate von 1% bedeutet zum Beispiel, dass die Schäden, die der nächsten Generation (in 30 Jahren) entstehen, nur zu 74%, die der übernächsten Generation (in 60 Jahren) entstehenden Schäden nur zu 55% berücksichtigt werden. Bei einer reinen Zeitpräferenzrate von 0% werden hingegen heutige und zukünftige Schäden gleichgewichtet,“ führen Matthey und Büniger aus. Für Zeiträume zwischen den angegebenen Jahren darf linear interpoliert werden.<sup>34</sup>

Die vorgestellten Untersuchungen sind nur eine Auswahl aus den Veröffentlichungen zum Thema. Einen Querschnitt wissenschaftlicher Publikationen wird im Sachstandsbericht des IPCC dargestellt. Dieser beziffert das Schadenspotenzial einer Tonne Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre mit 174 €<sub>2014</sub>.<sup>35</sup> Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der zitierten Untersuchungen inflationsbereinigt zusammen:

| Publikation | Interpolierter Kostensatz 2020          | Kostensatz 2020 inflationsbereinigt     |
|-------------|---|---|
| NEEDS       | 71 € <sub>2005</sub> /t <sub>CO2</sub>  | 87 € <sub>2020</sub> /t <sub>CO2</sub>  |
| UBA         | 187 € <sub>2016</sub> /t <sub>CO2</sub> | 196 € <sub>2020</sub> /t <sub>CO2</sub> |
| IPCC        | 174 € <sub>2014</sub> /t <sub>CO2</sub> | 184 € <sub>2020</sub> /t <sub>CO2</sub> |

**Tabelle 2: Inflationsbereinigte Klimakosten ausgewählter Studien, bezogen auf 2020.**<sup>36</sup>

<sup>32</sup> GENIUS 2016, S. 28.

<sup>33</sup> MATTHEY/BÜNGER 2019, S. 9.

<sup>34</sup> Vgl. ebd.

<sup>35</sup> Vgl. RAHMSTORF 2019.

<sup>36</sup> Eigene Darstellung unter Verwendung von Inflationsraten von INFLATIONSRATE.COM (2019).

Die Tabelle zeigt eine inflationsbereinigte Preisspanne von 87 €<sub>2020</sub> bis 196 €<sub>2020</sub> je Tonne emittiertem CO<sub>2</sub>. Auch wenn die beiden aktuelleren Veröffentlichungen nahe beieinanderliegen, zeichnet sich hier die anfangs beschriebene Unsicherheit in der Abschätzung von Klimawandelfolgekosten ab. Da unzureichende Bemühungen für den Klimaschutz schwerwiegende Schäden am planetaren Klimasystem verursachen, muss aus ingenieurtechnischer Sicht zugunsten der sicheren Seite entschieden werden. Es entspricht dem Vorsorgeprinzip, bei nicht gegebener Faktensicherheit, risikovers zu handeln.<sup>37</sup> In der Konsequenz sollte eine verantwortungsvolle Entscheidung zugunsten eines hohen Kostensatzes ausfallen. Da der Nachhaltigkeitsbegriff jedoch dreidimensional ist, muss die Festlegung eines Kostensatzes in Rücksichtnahme auf ökonomisches Fortbestehen und soziokulturelle Ausgleichsmaßnahmen erfolgen.

Abschließend bleibt zu erwähnen, dass in der öffentlichen Diskussion oft stellvertretend von CO<sub>2</sub>-Emissionen gesprochen wird, wenn die Treibhausgasemissionen insgesamt gemeint sind. Unerwähnt bleibt dabei, dass es auch andere treibhausaktive Gase gibt, die durch menschliches Handeln in die Atmosphäre gelangen und den Klimawandel begünstigen. Die Treibhauswirkung je Emissionseinheit variiert dabei zwischen den Stoffen stark. Die Klimawirksamkeit wird als Global Warming Potential (engl. globales Erwärmungspotenzial, GWP) bezeichnet. Diese Größe ist ein einheitenloser Faktor, der die Klimawirkung eines Gases auf die von CO<sub>2</sub> bezieht. Somit ist das GWP von Kohlenstoffdioxid eins, während zum Beispiel Methan die 25-fache Wirksamkeit besitzt. Soll ein Preismodell nicht nur CO<sub>2</sub> erfassen, so müssen alle Treibhausgase mit einem Preis versehen werden, der dem GWP-fachen des CO<sub>2</sub>-Preises entspricht.<sup>38</sup> Tabelle 3: stellt das Treibhauspotenzial ausgewählter Stoffe tabellarisch zusammen:

| Schadstoff       |                                   | Treibhauspotenzial   |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|
| CO <sub>2</sub>  | Kohlenstoffdioxid                 | 1                    |
| CH <sub>4</sub>  | Methan                            | 25                   |
| N <sub>2</sub> O | Lachgas                           | 298                  |
| SO <sub>2</sub>  | Schwefeldioxid                    | -40                  |
| VOC              | flüchtige organische Verbindungen | 3,4                  |
| CO               | Kohlenstoffmonoxid                | 1,9                  |
| NO <sub>x</sub>  | Stickstoffoxide                   | ± 0                  |
| SF <sub>6</sub>  | Schwefelhexafluorid               | 22.800 <sup>39</sup> |

**Tabelle 3: Globale Erwärmungspotenziale für verschiedene Gase.**<sup>40</sup>

<sup>37</sup> Vgl. GENIUS 2016, S. 27.

<sup>38</sup> MATTHEY/BÜNGER 2019, S. 9.

<sup>39</sup> FORSTER/RAMASWAMY 2007.

<sup>40</sup> Eigene Darstellung nach GENIUS 2016, S. 28.

### 2.3 Politische Möglichkeiten einer Internalisierung

Der 1972 vorgestellte Bericht „The limits of growth“ (engl. Die Grenzen des Wachstums) des Club of Rome, einem internationalen Expertengremium für Zukunftsfragen, gilt als Ausgangspunkt für die Diskussionen um einen CO<sub>2</sub>-Preis.<sup>41</sup> Die Notwendigkeit einer Internalisierung für eine ganzheitlich nachhaltige Volkswirtschaft gilt als unstrittig und hat sich in den politischen Zielvorgaben der Europäischen Union niedergeschlagen. So heißt es bereits 1994 in einem Weißbuch der Europäischen Kommission: „[Es] muß dafür gesorgt werden, daß in die Marktpreise der Produkte systematisch alle externen Kosten eingehen, die sie der Gesellschaft verursachen. Die Neu Orientierung sollte dazu führen, daß alle Wirtschaftsakteure und Entscheidungsträger klare Signale und Anreize erhalten.“<sup>42</sup>

Grundsätzlich stehen der Legislative zwei Möglichkeiten zur Verfügung, um Externalitäten abzubauen. So kann dem Entstehen externer Kosten durch Verbote vorgebeugt werden. Durch dieses Vorgehen zeichnet sich z. B. bei der Reduzierung der ozonschichtschädigenden Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) ein Erfolg ab.<sup>43</sup> Auch im Umgang mit Schadstoffen am Bau wie künstlichen Mineralfasern (KMF) oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffen (PAK) sind Verbote üblich.

Sind Verbote nicht praktikabel, da z. B. Treibhausgasemissionen nicht vollständig vermieden werden können, besteht in der Internalisierung der zu verantworteten externen Kosten die zweite Möglichkeit. Dem in Kapitel 2.1 vorgestellten Ansatz von A. C. Pigou folgend, ist es Aufgabe des Staates für Schäden am Gemeinwohl einen Preis zu erheben, wenn die Marktmechanismen dies nicht adäquat leisten. Es sei dabei aber finanzwissenschaftlich gleichwertig, ob eine Steuer auf die Schädigung erhoben oder eine Subvention für unterlassene Schädigungen gewährt wird.<sup>44</sup> Letzteres scheint angesichts kontroverser Debatten um den Staatshaushalt jedoch realpolitisch nicht umsetzbar zu sein.<sup>45</sup> Eine Subvention birgt zudem den Nachteil, dass sie auf nicht absehbare Zeit fortwährend Staatsausgaben verursacht, wohingegen in einer klimaneutralen Gesellschaft die Finanzströme einer CO<sub>2</sub>-Steuer nahezu zum Erliegen kommen.

Der Wirtschaftsingenieur und Professor für Verkehrsökologie an der TU Dresden Udo Becker gibt jedoch zu bedenken, dass Steuern dem Non-Affektationsprinzip unterliegen. Demnach fließen Steuereinnahmen in den allgemeinen Staatshaushalt und sind nicht zweckgebunden. Hingegen seien Abgaben, die an den Staat zu leisten sind, an eine konkrete Gegenleistung gebunden. Es sei in Hinblick auf die Zeitverzögerung von Klimaschäden Voraussetzung für eine generationengerechte Internalisierung, dass geleistete Abgaben in Kompensations-, Präventions- und Anpassungsmaßnahmen investiert und zugleich zur Rücklagenbildung herangezogen werden.<sup>46</sup>

---

<sup>41</sup> Vgl. GENIUS 2016, S. 4.

<sup>42</sup> EUROPÄISCHE KOMMISSION 1994, S. 178.

<sup>43</sup> NAUMANN 2019.

<sup>44</sup> HASLBECK 1995 2 f.

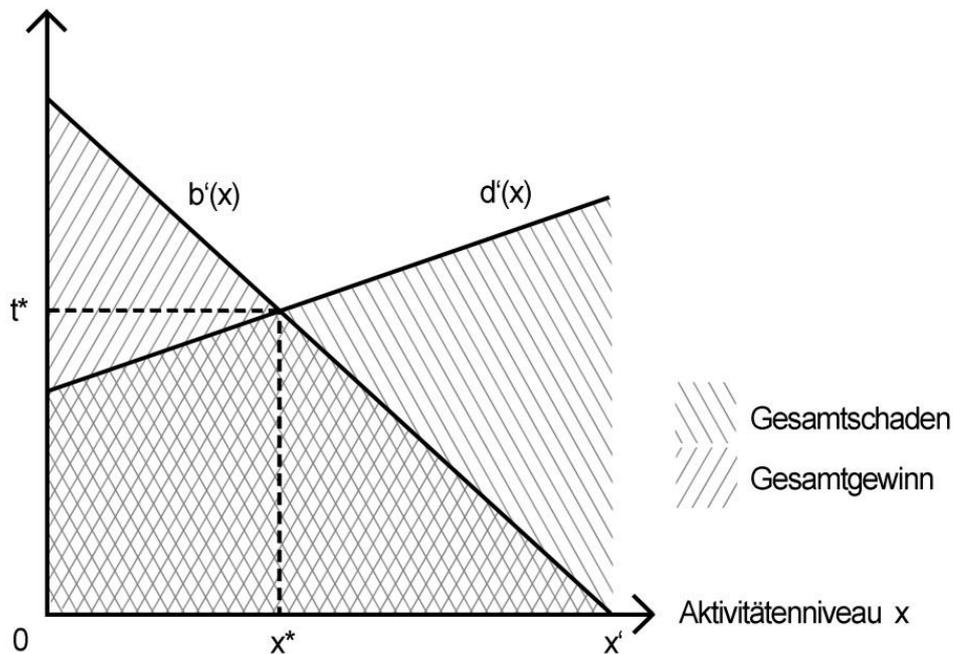
<sup>45</sup> TAGESSCHAU.DE 2019a.

<sup>46</sup> BECKER 2019.

Teil einer Diskussion um eine Steuer oder Abgabe auf Treibhausgasemissionen ist die Frage nach deren Höhe. Vor dem Hintergrund einer vollständigen Internalisierung, in der sämtliche Kosten auf die Emittenten umgelegt werden, scheint es angebracht, einen belastbaren Kostensatz wie aus Tabelle 2 heranzuziehen.

Einen anderen Ansatz wählt Pigou. Er schlägt die Maximierung des Wohlfahrtsgewinns als Maßstab vor. Die folgende Abbildung veranschaulicht den Zusammenhang:

finanzieller Wert  $t$



**Abbildung 2: Das Pigou-Diagramm stellt qualitativ das Zusammenspiel von Gewinn- und Schadensentwicklung abhängig vom Aktivitätsniveau dar.<sup>47</sup>**

Auf der Abszisse wird das Aktivitätsniveau  $x$  aufgetragen, z. B. die hergestellten Tonnagen eines Zementwerks. Dem zugeordnet ist auf der Ordinate ein monetärer Wert. Die Funktion  $b'(x)$  repräsentiert den Zusatzgewinn des Herstellers durch die Erhöhung der Aktivität. Dem gegenüber steht die Funktion  $d'(x)$ , die den Zusatzschaden einer Produktivitätssteigerung darstellt, im Rahmen dieser Arbeit den Klimaschaden. Interessant ist der Schnittpunkt der Funktionen. An dessen Stelle liegt das Pareto-optimale Aktivitätsniveau. Eigenart des Pareto-Optimums ist, dass hier keine Zielgröße verbessert werden kann, ohne mindestens eine andere zu verschlechtern. So entstehen bei geringerer Auslastung Opportunitätskosten, bei höherer Aktivität übersteigt der Schaden den Nutzen. Der  $y$ -Wert an dieser Stelle entspricht dem Wert einer staatlichen Steuer oder Abgabe, die ein zu hohes Produktionsniveau unwirtschaftlich macht.<sup>48</sup> Für den Steuersatz gilt daher:

$$t^* = d'(x^*) = b'(x^*) \quad (1)$$

<sup>47</sup> Eigene Darstellung nach HASLBECK 1995.

<sup>48</sup> HASLBECK 1995.

In Kapitel 2.1 wurde zudem der Ansatz freiwilliger Entschädigungsverhandlungen von R. Coase angediskutiert. Augenscheinlich kann jedoch weder die Natur noch das Weltklima an Verhandlungen teilnehmen. Dennoch gewann ein vergleichbarer Mechanismus, der Zertifikatshandel, demokratische Mehrheiten und wird auf mehreren Ebenen angewendet. Zugrunde liegt das cap-and-trade-Prinzip (engl. Begrenzen und Handeln). In diesem System übernimmt die Legislative die Verhandlungsposition des Klimasystems, indem sie Unternehmen zwingt, Rechte für das Emittieren von Treibhausgasen zu erwerben. Die Menge dieser Verschmutzungszertifikate ist beschränkt. Somit werden die Gesamtemissionen auf ein festgelegtes Niveau gekappt (cap). Die erworbenen Zertifikate dürfen von den Teilnehmern gehandelt werden (trade), sodass sich in Abhängigkeit der Anzahl ausgegebener Zertifikate ein Preis bildet.<sup>49</sup> In einem engen Markt, indem die Nachfrage größer als das Angebot ist, wird sich ein Preis einstellen, der in der Größenordnung von Investitionen in die Vermeidung von Emissionen liegt.

### 2.3.1 Kyotoprotokoll

Die Entwicklung des Emissionshandels wurde maßgeblich von den Vereinten Nationen vorangetrieben. Im Jahr 1997 wurde er erstmals beschlossen und ist wesentlicher Bestandteil des Kyotoprotokolls. Schon hier wurde nach dem cap-and-trade-Prinzip eine fortwährend sinkende Obergrenze für Treibhausgasemissionen festgelegt. Das Protokoll bestimmt, wie viele Emissionsrechte auf welchen Staat entfallen. Überschüsse und Defizite können dann auf nationalstaatlicher Ebene gehandelt werden. In Kraft trat das Protokoll im Jahr 2004. Mit den USA und Kanada nehmen jedoch zwei global relevante Treibhausgasemittenten nicht bzw. nicht mehr am Kyotoprotokoll teil.<sup>50</sup>

### 2.3.2 Europäischer Emissionshandel

Im Jahr 2003 einigten sich die Mitgliedsstaaten der EU auch die „Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Europäischen Union“. Die Verordnung legt fest, dass industrielle Großbetriebe für jede kohlenstoffdioxidäquivalente Tonne Treibhausgasemission ein Zertifikat abgeben müssen. Die Emissionsberechtigungs-papiere werden jedes Jahr von den EU-Mitgliedsstaaten ausgegeben, zum Teil kostenlos, zu einem anderen Teil werden sie versteigert.<sup>51</sup> Der Anteil der versteigerten Papiere stieg von 20 % im Jahr 2013 auf 70 % im Jahr 2020.<sup>52</sup> Erwirbt ein Unternehmen mehr Zertifikate, als es zur Legitimierung seines Treibhausgasausstoßes benötigt, kann es den Überschuss an andere Marktteilnehmer veräußern, die ein Defizit auszugleichen haben.

Um den Anreiz klimafreundlicher Investitionen kontinuierlich zu erhöhen, wird die Anzahl der ausgegebenen Zertifikate jährlich um „1,74 %, verglichen mit der durchschnitt-

---

<sup>49</sup> EBERT 2014.

<sup>50</sup> Ebd.

<sup>51</sup> EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 2003, Art. 10 Abs. 1.

<sup>52</sup> EUROPÄISCHE KOMMISSION 2016, S. 4.

lichen jährlichen Gesamtmenge der Zertifikate [...] für den Zeitraum von 2008 bis 2012“, verringert. Ab dem Jahr 2021 wird dieser lineare Reduzierungsfaktor auf 2,2 % erhöht.<sup>53</sup>

Im Resultat lag der CO<sub>2</sub>-Preis in der ersten Januarhälfte 2020 bei knapp über 24 €. <sup>54</sup> Relevant ist dieser Preis jedoch lediglich für Betriebsanlagen ab einer vorgegebenen Leistungsschwelle, die die EU-Richtlinie in ihrem Anhang aufzählt (gekürzt und auf Sektoren beschränkt, die für das Baugewerbe relevant sind):

- Anlagen zur Verbrennung von Brennstoffen (außer gefährliche und Siedlungsabfälle)
- Destillation von Mineralölprodukten
- Röstung oder Sinterung von Metallerzen
- Roheisen- oder Stahlherstellung
- Herstellung oder Verarbeitung von Eisenmetallen und Nichteisenmetallen
- Herstellung von Primär- und Sekundäraluminium
- Zementklinkerherstellung
- Kalkherstellung und Brennen
- Glasherstellung
- Keramikbrennen
- Herstellung von Mineralwolle dämmstoff
- Trocknen und Brennen von Gips<sup>55</sup>

Somit werden 45 % der Treibhausgasemissionen der EU vom europäischen Emissionshandel behandelt.<sup>56</sup>

Vermieden werden soll jedoch eine Verlagerung der Industrie in Nicht-EU-Staaten. Denn unterliegen Unternehmen dem europäischen Emissionshandel werden ihre Produkte belastet und sind auf dem internationalen Markt benachteiligt. Dies ist insbesondere kritisch in Wirtschaftssektoren mit einer hohen Emissionsintensität bei geringer Wertschöpfung. Artikel 10b der Richtlinie legt folgenden Quotienten als Kennwert zur Beurteilung von Wirtschaftszweigen fest:

$$\frac{\text{Wert Aus – und Einfuhren}}{\text{Marktgröße im EWR}} * \frac{\text{Emissionen in } kg_{CO_2}}{\text{Bruttowertschöpfung in €}} > 0,2 \quad (2)$$

In der Richtlinie heißt es dazu: „Sektoren und Teilsektoren, [die dieses Kriterium erfüllen], gelten als Sektoren bzw. Teilsektoren, bei denen davon ausgegangen wird, dass ein Risiko einer Verlagerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen besteht. Derartigen Sektoren und Teilsektoren werden für den Zeitraum bis 2030 Zertifikate in Höhe von 100 % der gemäß Artikel 10a bestimmten Menge kostenlos zugeteilt.“<sup>57</sup> Davon profitieren unter anderem Zementwerke, deren Produkt die Hauptquelle für Treibhausgasemissionen in der Bauwirtschaft ist.<sup>58</sup> Der Freibetrag für Grauklinker liegt demnach bei 766 kg<sub>CO2</sub>/t, für

<sup>53</sup> EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 2003, Nr. 9.

<sup>54</sup> BOERSE-ONLINE.DE 2020.

<sup>55</sup> EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 2003, Anhang I Punkt 6.

<sup>56</sup> EUROPÄISCHE KOMMISSION 2016, S. 1.

<sup>57</sup> EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 2003.

<sup>58</sup> SCHNEIDER 2018.

Weißklinker sind es 987 kg<sub>CO<sub>2</sub></sub>/t. Für Emissionen, die in diesem Rahmen bleiben, werden keine Zertifikate fällig. Bemessungsgrundlage hierfür sind die besten zehn Prozent aller Anlagen in Hinblick ihrer durchschnittlichen Emissionen.<sup>59</sup>

### 2.3.3 Nationaler Emissionshandel

Die politische Diskussion um einen nationalen Preis für CO<sub>2</sub>-Emissionen gewann im Jahr 2019 an Dynamik. Nachdem es zu Jahresbeginn um die Frage ging, ob ein Preissystem eingeführt werden soll, diskutierte die Regierungskoalition im Herbst bereits über das zu bevorzugende Modell. Während die SPD eine CO<sub>2</sub>-Steuer mit einer pauschalen Rückerstattung an die Bürgerinnen und Bürger forderte, traten die Unionsparteien für einen Zertifikatshandel nach europäischem Vorbild ein.<sup>60</sup> Letztlich verständigte sich das von der Bundesregierung eingesetzte Klimakabinett auf die marktwirtschaftliche Variante. Die Zielsetzung schildert das Umweltbundesamt mit diesen Worten: „Ein Emissionshandel führt zu einer absoluten Mengenbegrenzung der Emissionen und – über die Pflicht, Zertifikate für die Nutzung der Umweltressource Luft und Atmosphäre zu erwerben – zu einem Preis auf CO<sub>2</sub>.“<sup>61</sup>

Nur wenige Wochen später, am 15.11.2019 verabschiedete der Deutsche Bundestag ein Gesetzespaket zur steuerpolitischen Umsetzung des Klimapakets.<sup>62</sup> Zentraler Bestandteil dessen ist eine Treibhausgasbepreisung in Gestalt des neu eingeführten Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG). Der soziale Ausgleich für die Mehrkosten der Bürgerinnen und Bürgern sollte unter anderem durch Absenkung der Umsatzsteuer auf Bahntickets von 19 % auf 7 % sowie durch eine Erhöhung der Entfernungspauschale erfolgen.<sup>63</sup> Alle Einnahmen aus dem Emissionshandel, die nicht auf diesen Wegen an die Bevölkerung zurückgegeben werden, werden zur Finanzierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) herangezogen. Es wird daher mit einer spürbaren Absenkung der EEG-Umlage ab dem Jahr 2021 gerechnet.<sup>64</sup>

Das Gesetz scheiterte jedoch im Bundesrat. Grund waren zum einen Unstimmigkeiten bei der Einnahmen- und Ausgabenverteilung zwischen dem Bund und den Ländern. Zum anderen forderten einige Landesregierungen höhere Zertifikatspreise, nachdem die ursprünglichen Kostensätze unter anderem vom Klimaforscher Prof. Dr. Mojib Latif als „Nullnummer“ bezeichnet wurden.<sup>65</sup>

Zur Schlichtung wurde der Vermittlungsausschuss angerufen, der am 18.12.2019 eine Einigung erzielen konnte. So wurden neben der Erhöhung der Ausgleichsmaßnahmen auch die Kostensätze je Tonne kohlenstoffdioxidäquivalente Emission angehoben. Die geänderte Fassung der steuerlichen Entlastungsmaßnahmen wurde am 19. bzw.

---

<sup>59</sup> VDZ (2019)

<sup>60</sup> TAGESSCHAU.DE 2019b.

<sup>61</sup> DEUTSCHER BUNDESTAG, S. 3.

<sup>62</sup> VERMITTLUNGS-AUSSCHUSS 2019.

<sup>63</sup> TAGESSCHAU.DE 2019c.

<sup>64</sup> JOACHIM 2019.

<sup>65</sup> TAGESSCHAU.DE 2019c.

20. Dezember von Bundestag und Bundesrat angenommen.<sup>66</sup> Die nachfolgende Tabelle stellt die ursprünglich vorgesehenen Preise den nun vereinbarten Werten gegenüber. Ab dem Jahr 2026 werden die Zertifikate versteigert, im ersten Jahr mit einem Preiskorridor von 55 € bis 65 €.<sup>67</sup>

| Kalenderjahr | Preis in €/t <sub>CO<sub>2</sub>äq</sub><br>Stand 14.11.2019 | Preis in €/t <sub>CO<sub>2</sub>äq</sub><br>Stand 20.12.2019 |
|--------------|--|--|
| 2021         | 10   | 25   |
| 2022         | 20   | 30   |
| 2023         | 25   | 35   |
| 2024         | 30   | 45   |
| 2025         | 35   | 55   |

**Tabelle 4: Gegenüberstellung geplanter CO<sub>2</sub>-Preise nach ursprünglicher Fassung und Ergebnis des Vermittlungsausschusses.**<sup>68</sup>

Das Brennstoffemissionshandelsgesetz wendet sich an „die Inverkehrbringer oder Lieferanten [von] Brenn- und Kraftstoffe[n],“<sup>69</sup> die nicht bereits vom europäischen System erfasst sind. Somit sind Doppelbelastungen ausgeschlossen. Die fraglichen Brenn- und Kraftstoffe sind fossile Energieträger, insbesondere:

- Heizöl
- Flüssiggas
- Erdgas
- Kohle
- Benzin
- Diesel

Somit sind nahezu ausschließlich die Sektoren Wärme und Verkehr betroffen.<sup>70</sup> Die Erzeugung und Bereitstellung von elektrischem Strom wird nicht tangiert, da dieser Bereich vollständig dem europäischen Emissionshandel unterliegt.<sup>71</sup>

Dem cap-and-trade-Prinzip folgend wird die Menge jährlich ausgegebener Emissionsrechte dem Treibhausgasbudget der Bundesrepublik Deutschland nach Art. 4 Abs. 3 der EU-Klimaschutzverordnung entsprechend etappenweise verringert. Während der Einführungszeit bis einschließlich 2026 werden jedoch Zertifikate in beliebiger Anzahl ausgegeben. Die Differenz aus dem tatsächlichen Bedarf und dem Treibhausgasbudget der Bundesrepublik wird durch Einkauf von Emissionsrechten aus anderen Staaten gedeckt.<sup>72</sup> Die Zertifikate werden zunächst durch Verkauf zu den oben dargestellten Preisen in Verkehr gebracht. Danach sollen die Zertifikate versteigert werden. Die Preise, zu denen die Zertifikate von der Privatwirtschaft gehandelt werden, sind davon unberührt.

<sup>66</sup> VERMITTLUNGS-AUSSCHUSS 2019.

<sup>67</sup> TAGES-SCHAU.DE 2019d.

<sup>68</sup> Eigene Darstellung basierend auf DEUTSCHER BUNDESTAG, §10 Abs. 2 und DEUTSCHER BUNDESTAG 2019a, S. 17226.

<sup>69</sup> DEUTSCHER BUNDESTAG, S. 3.

<sup>70</sup> Ebd.

<sup>71</sup> Ebd., § 1.

<sup>72</sup> Ebd., §4 Abs. 1.

Problematisch ist wiederum die Gefahr des Verlagerns von Emissionen ins Ausland durch eine einseitige Belastung deutscher Erzeugnisse. Am GWP gemessene Einfuhrzölle wären hierfür eine zweckmäßige Maßnahme. Die politische Maxime eines barrierefreien europäischen Binnenmarkts lässt eine nationale Entscheidung jedoch unwahrscheinlich erscheinen.

Das Brennstoffemissionshandelsgesetz ist noch nicht formal beschlossen. Die Bundesregierung wird diesbezüglich im Frühjahr 2020 den überarbeiteten Gesetzentwurf einbringen.<sup>73</sup> Das bietet Gelegenheit, vorgebrachte Bedenken bezüglich einer Verfassungswidrigkeit einzubeziehen. Mehrere Gutachten kamen zu dem Ergebnis, dass die festgeschriebenen Zertifikatspreise in den Anfangsjahren dem Wesen eines Emissionshandels widersprechen.<sup>74</sup> Ob die Handelbarkeit erworbener Emissionsrechte unter den Marktteilnehmern diese Anforderung erfüllt, müsste das Bundesverfassungsgericht in einem möglichen Verfahren klären.

---

<sup>73</sup> Vgl. DEUTSCHER BUNDESTAG 2019a, S. 17226.

<sup>74</sup> WETZEL 2019.

### 3 Treibhausgasquellen im Lebenszyklus eines Bauwerks

Wie eingangs erwähnt, sind 14 % der nationalen Treibhausgasemissionen der Bauwirtschaft zuzuordnen. Bei 866 Mio.  $t_{CO_2\ddot{a}q}$  im Jahr 2018 entspricht das rund 121 Mio.  $t_{CO_2\ddot{a}q}$ .<sup>75</sup> Bewertet mit dem Einstiegskostensatz des BEHG von 25 €/t $_{CO_2\ddot{a}q}$ , verursachte das eine Belastung der Bauwirtschaft in Höhe von etwa 3 Mrd. €. Gemessen am Umsatz des Bauhauptgewerbes im gleichen Jahr von 127 Mrd. €<sup>76</sup> entspräche das einer Baupreissteigerung von 2,36 %. Hinzu kommen weitere 37 % der nationalen Treibhausgasemissionen aus der Unterhaltung der Bauwerke.<sup>77</sup>

Die folgenden Kapitel identifizieren daher CO<sub>2</sub>-Quellen im Bauwesen. Dazu werden zwei Szenarien gegenübergestellt. Referenz für das erste Szenario ist die gesetzliche Situation des BEHG, so wie sie sich ab Inkrafttreten darstellen wird. Das betrifft den Kostensatz von 25 €/t $_{CO_2\ddot{a}q}$  sowie die einbezogenen Emissionsquellen.

Kontrastiert wird dies durch eine Sensitivitätsanalyse, wie sie das das Umweltbundesamt in der Methodenkonvention vorschlägt. Hierbei werden sämtliche Treibhausgasemissionsquellen berücksichtigt, also auch die Chemismen der Baustoffe. Der Empfehlung folgend wird ein Kostensatz von 640 €<sub>2016</sub>/t $_{CO_2\ddot{a}q}$  also 674 €<sub>2020</sub>/t $_{CO_2\ddot{a}q}$ <sup>78</sup> in Ansatz gebracht. Dieser Preis entspricht einer Zeitpräferenzrate von 0 %. Kostensätze von Treibhausgasemissionen, die bereits vom europäischen Emissionshandel erfasst sind, werden um den gegenwärtigen Zertifikatspreis vermindert auf 650 €<sub>2020</sub>/t $_{CO_2}$ .

Untersucht werden in beiden Szenarien die Lebenszyklusabschnitte A1 bis A3 nach DIN EN 15804 (2014), also die Emissionen von der Rohstoffgewinnung bis zum lieferbereiten Produkt. Die vom Bauunternehmen beeinflussbaren Abschnitte A4 und A5 (Transport und Einbau) werden unter Gliederungspunkt 3.2 untersucht. Zur Übersicht über die Lebenszyklusphasen sein auf Abbildung 3: Auszug der Lebenszyklusabschnitte nach DIN EN 15804 (2014), verwiesen.

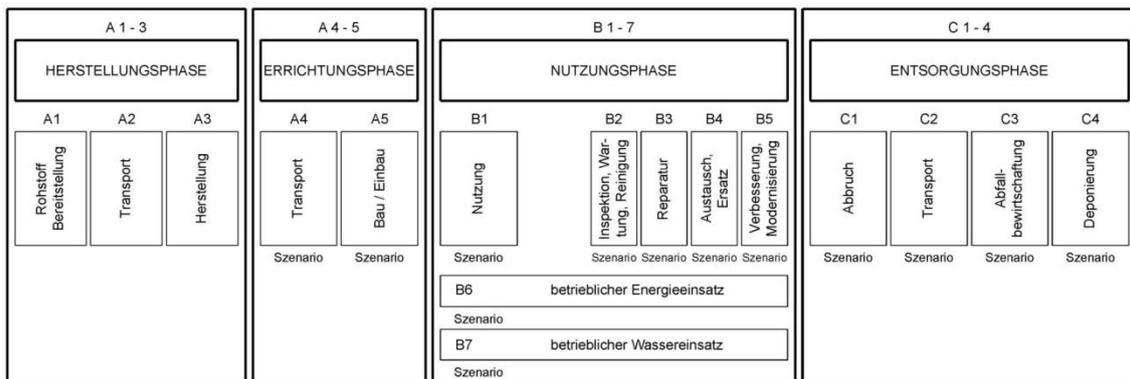


Abbildung 3: Auszug der Lebenszyklusabschnitte nach DIN EN 15804 (2014).<sup>79</sup>

<sup>75</sup> BREITKOPF 2020.

<sup>76</sup> Vgl. KRAUS 2019.

<sup>77</sup> GRAMM 2017.

<sup>78</sup> Inflationsbereinigung mit Inflationsraten von INFLATIONSRATE.COM (2019).

<sup>79</sup> DIN EN 15804 (2014), S. 14.

### 3.1 Baustoffimmanente Treibhausgasemissionen

Um die Auswirkungen einer Treibhausgasbepreisung auf die Bauwirtschaft abschätzen zu können, ist eine Analyse der zu erwartenden Baustoffkostenentwicklung wesentlich. Daher werden die Emissionsdaten für gängige Massenbaustoffe ermittelt und über die Kostensätze der vorgestellten Szenarien monetär bewertet.

Die Schwierigkeit liegt in der der Notwendigkeit geeigneter Datensätze. Das betrifft sowohl deren Validierbarkeit, insbesondere aber auch eine hinreichende Aufschlüsselung der Emissionsangaben nach ihren Quellen. Da sich der nationale Emissionshandel ausschließlich auf die Sektoren Wärme und Verkehr auswirkt, sind nur diese Anteile an den baustoffimmanenten Treibhausgasquellen zu ermitteln.

Eine zuverlässige Datenquelle für Fragen der Bauökologie in Deutschland ist ÖKOBAUDAT. Diese umfassende Datenbank mit Umweltdaten aller gängigen Baustoffe wird vom Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat kostenlos sowohl als Onlinekatalog als auch als Datengrundlage für Life-Cycle-Assessment-Software (engl. Lebenszyklusanalyse, LCA) angeboten. An die Qualität der Daten werden hohe Anforderungen gestellt. So müssen die Daten unter anderem gemäß DIN EN 15804 erstellt und von einer unabhängigen dritten Stelle verifiziert werden, bevor sie auf der Plattform zur Verfügung gestellt werden.<sup>80</sup> Das schafft eine große Verlässlichkeit, sodass sich das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) für bundeseigene Immobilien auf ÖKOBAUDAT stützt. Die ÖKOBAUDAT stellt dabei die verbindliche Datenbasis für die Bilanzierung globaler Umweltwirkungen im BNB-System dar.<sup>81</sup>

Die Datenbank differenziert die eingesetzte Primärenergie detailliert nach erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energiequellen sowie zusätzlich nach deren Einsatz als Energieträger oder im Sinne einer stofflichen Nutzung. Aus diesen Angaben geht jedoch nicht hervor, ob die Energie elektrisch, als Wärme oder in anderer Art in die Prozesse eingebunden wird. Daher sind belastbare Angaben nach ÖKOBAUDAT nur für die Bewertung des Referenzszenarios heranzuziehen. Entsprechend wird die Summe der globalen Erwärmungspotenziale der Lebenszyklusabschnitte A1 bis A3 in  $t_{CO_2}/t$  mit dem Kostensatz von  $674 \text{ €}_{2020}/t_{CO_2\ddot{a}q}$  beziehungsweise  $650 \text{ €}_{2020}/t_{CO_2\ddot{a}q}$  multipliziert.

Für das vorrangige Untersuchungszenario nach BEHG ist mangels geeigneter Daten eine detaillierte Berechnung nicht möglich. An deren Stelle tritt eine begründete qualitative Abschätzung. Dieser als Grundlage dient zunächst ebenfalls eine Multiplikation des globalen Erwärmungspotenzials der Lebenszyklusphasen A1 bis A3 nach ÖKOBAUDAT mit dem Kostensatz von  $25 \text{ €}_{2020}/t_{CO_2\ddot{a}q}$ . In einer ersten Korrektur werden alle Baustoffe, deren Produktionen dem europäischen Emissionshandel unterliegen, mit einem Hinweis versehen und die Preisänderung auf null gesetzt, da diese vom Brennstoffemissionshandelsgesetz nicht berücksichtigt werden. Weiterhin wird die Preisentwicklung aller Stoffe mit einem negativen Erwärmungspotenzial angepasst. Da das Auszahlen einer Prämie für die Bindung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre nicht vorgesehen ist, wird die Preissteigerung des Ausgangsbaustoffs auf 0 € gesetzt. Von

<sup>80</sup> BBSR 2017, S. 8.

<sup>81</sup> Ebd., S. 15.

einem Zertifikatsbedarf in der Weiterverarbeitung ausgehend, wird die GWP-Differenz zum Ausgangsrohstoff mit dem Kostensatz von von  $25 \frac{\text{€}_{2020}}{t_{\text{CO}_2\text{äq}}}$  bewertet. Am Beispiel von OSB-Platten mit Konstruktionsvollholz (KVH) als Bezugsbaustoff stellt sich das wie folgt dar:

$$\text{Zertifikatspreis}_{\text{OSB}} = (\text{GWP}_{\text{OSB}} - \text{GWP}_{\text{KVH}}) * 25 \frac{\text{€}}{t_{\text{CO}_2}} \quad (3)$$

$$\left( -0,968 \frac{t_{\text{CO}_2}}{t_{\text{OSB}}} - \left( -1,429 \frac{t_{\text{CO}_2}}{t_{\text{KVH}}} \right) \right) * 25 \frac{\text{€}}{t_{\text{CO}_2}} = 11,53 \text{ €} \quad (4)$$

Die tabellarische Zusammenstellung von Kostenänderungen in Anhang 1 berücksichtigt eine nichtrepräsentative Auswahl an gängigen Baustoffen, die in folgende Baustoffgruppen gegliedert sind:

- Mineralische Baustoffe
- Dämmstoffe
- Holz und Holzwerkstoffe
- Metalle
- Glas

Neben den globalen Erwärmungspotenzialen je Tonne eines Baustoffs werden deren Marktpreise wiedergegeben. Die zu erwartende Preisänderungen für beide Szenarien werden als absolute Mehrkosten in Euro sowie als relative Preisänderung in Bezug auf den Marktpreis angegeben. Da Marktpreise üblichen Schwankungen unterliegen, sind die prozentualen Preisprognosen als Orientierungswerte zu verstehen.

### 3.1.1 Mineralische Baustoffe

Mineralische Baustoffe weisen im Vergleich zu den anderen ausgewerteten Baustoffgruppen geringe massebezogene Treibhausgasemissionen auf. Da sie jedoch in den größten Tonnagen verbaut werden, wirkt sich ihre Klimabilanz maßgebend auf das gesamte Bauvorhaben aus. Letztlich wird Zement wegen des massenhaften Einsatzes populärwissenschaftlich auch als „Klimakiller“ betitelt.<sup>82</sup> Immerhin werden für die Herstellung einer Tonne Zement im deutschen Durchschnitt 587 kg CO<sub>2</sub>äq freigesetzt. Gips hat hier mit nur 90 kg<sub>CO<sub>2</sub>äq</sub>/t einen Vorteil. Kalk hingegen setzt in der Herstellung knapp 1,1 t<sub>CO<sub>2</sub>äq</sub>/t frei. Kalk nimmt jedoch während des Abbindens den beim Brennen chemisch freigesetzten CO<sub>2</sub>-Anteil wieder auf. Wird nur die Herstellung berücksichtigt, führt dies mit Blick auf den gesamten Lebenszyklus zu einer Benachteiligung von Kalkprodukten. Da jedoch alle drei Bindemittel bereits vom europäischen Emissionshandelssystem erfasst sind, erübrigt sich die Diskussion an dieser Stelle.

Außerdem kritisch zu bewerten ist, dass insbesondere die Zementindustrie bisher kostenlose Zertifikate zugeteilt bekommt. Zwar ist die Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit als Anlass nachvollziehbar, jedoch würde sich nach dem Referenzszenario der Zementpreis mehr als vervierfachen. Da die Freizertifikate als zeitlich beschränkte Maß-

---

<sup>82</sup> SCHNEIDER 2018.

nahme angelegt sind,<sup>83</sup> muss von einem empfindlichen Preisanstieg bei Auslaufen der Sonderbehandlung ausgegangen werden.

Stark im Preis steigen im Referenzszenario auch künstliche Mauerwerkssteine wie zum Beispiel Ziegel (+138 %), die energieintensiv gebrannt werden. Die Herstellung aller gebrannten Keramiken, also auch die von Klinkern und Porzellanen werden vom europäischen Emissionshandel berücksichtigt, sodass hier ebenfalls keine Preisveränderungen durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz zu erwarten sind.

Anders ist dies bei den ebenfalls üblichen Kalksandsteinen. Diese werden in der Produktion nicht gebrannt und ab 2021 durch den nationalen Emissionshandel bepreist, bestätigte Dr.-Ing. Wolfgang Eden, Forschungsleiter der Forschungsvereinigung Kalk-Sand e. V. auf Nachfrage.<sup>84</sup> Der Produktpreis wird um überschaubare 3,40 € je Tonne steigen. Ähnlich verhält es sich mit natürlichen Gesteinen wie insbesondere Sanden und Kiesen aber auch Natursteinen. Deren globale Erwärmungspotenziale sind zwar klein, sie unterliegen zukünftig jedoch dem nationalen Emissionshandel, sodass mit Preissteigerungen im Cent-Bereich zu rechnen ist.

### 3.1.2 Dämmstoffe

Polymere Dämmstoffe, wie expandiertes und extrudiertes Polystyrol, setzen in der Erzeugung mehr als das 2,5 fache ihrer Eigenmasse an Treibhausgasen frei. Auch Mineral- und Steinwolle werden aus geschmolzenem Glas oder Gestein gewonnen, wodurch ihre Produktion energieaufwendig ist. Eine Preisänderung nach dem ersten Szenario steht jedoch nicht in Aussicht, da die Erzeugung bereits durch den europäischen Emissionshandel erfasst ist. Unter Berücksichtigung des Referenzszenarios erhöhen sich die Dämmstoffpreise im gleichgewichteten arithmetischen Mittel um 47 %.

Anders verhält es sich mit Dämmstoffen biologischen Ursprungs. Sie weisen ein negatives globales Erwärmungspotenzial auf. Während die Zelluloseherstellung ohnehin vom europäischen Emissionshandel abgegolten wird, ist bei Dämmstoffen aus Holz- wolle von einer Preiserhöhung durch Prozessemissionen auszugehen, wie im Kapitel 3.1.3 - Holz und Holzwerkstoffe - näher ausgeführt wird.

Um eine bessere Vergleichbarkeit herzustellen, wird eine Datenaufbereitung ergänzt, die die unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten berücksichtigt. Dazu werden volumenbezogene Erwärmungspotenziale nach ÖKOBAUDAT auf materialspezifische Dämmschichtdicken normiert, die einen Wärmedurchgangswiderstand (U-Wert) von 0,2 m<sup>2</sup>K/W gewährleistet:

---

<sup>83</sup> EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 2003.

<sup>84</sup> EDEN 2020.

| Dämmstoff    | Schichtdicke [m] <sup>85</sup> | GWP [kg <sub>CO2</sub> /m <sup>3</sup> ] <sup>86</sup> | GWP [kg <sub>CO2</sub> /m <sup>2</sup> ] | Preisänderung Szenario 1 [€/m <sup>2</sup> ] | Preisänderung Szenario 2 [€/m <sup>2</sup> ] |
|--------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| XPS          | 0,15                           | 92,61  | 13,43                                    | EU-ETS                                       | 8,73   |
| EPS          | 0,17                           | 59,50  | 10,12                                    | EU-ETS                                       | 6,57   |
| Mineralwolle | 0,20                           | 69,96  | 13,99                                    | EU-ETS                                       | 9,09   |
| Steinwolle   | 0,20                           | 121,80   | 24,36                                    | EU-ETS                                       | 15,83  |
| Zellulose    | 0,20                           | -74,32   | -14,86                                   | EU-ETS                                       | -9,66  |
| Holzwohle    | 0,24                           | -30,17   | -7,24                                    | 2,91   | -4,88  |

**Tabelle 5: Globale Erwärmungspotenziale und Preisänderungen infolge einer Treibhausgasbepricing von Dämmstoffen gleichen Wärmedurchgangswiderstands.<sup>87</sup>**

Die Tabelle zeigt, dass Polystyrolämmstoffe und Mineralwolle leistungsbezogene Erwärmungspotenziale der gleichen Größenordnung haben. Steinwolle verursacht bei gleicher Wärmedämmung etwa doppelten so viele Emissionen. Das eher geringe negative Erwärmungspotenzial von Holzwohle (vgl. Anhang 1) fällt durch die große erforderliche Schichtdicke stärker ins Gewicht. Unter Annahme von Preisauswirkungen durch Prozessemissionen im Szenario 1 führt das jedoch zu einer Preissteigerung von 2,91 €/m<sup>2</sup> gedämmte Fläche.

### 3.1.3 Holz und Holzwerkstoffe

Holz und Holzwerkstoffe haben nach ÖKOBAUDAT ein negatives Treibhausgaspotenzial, das mit dem Verarbeitungsgrad betragsmäßig abnimmt. Hintergrund ist, dass von Holz bildenden Pflanzen während des Wachstums Kohlenstoff aus der Atmosphäre aufgenommen und gebunden wird. Die Rohstoffherzeugung wirkt daher der Klimaerwärmung entgegen. Die Rede ist dann von Negativemissionen. Mit zunehmender Verarbeitungsintensität, reduzieren die im Prozess verursachten Treibhausgasemissionen den Entlastungseffekt.

Negative Emissionen werden jedoch vom Brennstoffemissionshandelsgesetz nicht berücksichtigt. Nichtsdestoweniger werden die Prozessemissionen beaufschlagt. In der Folge ist trotz negativer Emissionsbilanz mit einer Preissteigerung im einstelligen Prozentbereich zu rechnen. Bei thermisch behandelten Hölzern sind sogar größere Auswirkungen wahrscheinlich.

Im Referenzszenario werden teils Preisreduzierungen von über 100 % erreicht. Das entspricht einer Subventionierung, die dem Endkunden den Einbau von Holz und Holzwerkstoffen vergütet. Dieser theoretische Gedanke funktioniert jedoch nur bei Betrachtung der Herstellungsphase. Am Ende des Lebenszyklus wird der im Holz gebundene Kohlenstoff wieder frei, unabhängig davon, ob eine natürliche Zersetzung oder eine thermische Verwertung angenommen wird. Insofern erscheint es nicht sinnvoll,

<sup>85</sup> LATTKE U. A. 2010, S. 89.

<sup>86</sup> BBSR 2019.

<sup>87</sup> Eigene Darstellung.

die Holzproduktion im Rahmen eines Emissionshandels zu vergüten, solange keine dauerhafte Strukturhaltung der Produkte sichergestellt ist.

### 3.1.4 Metalle

Die Herstellung von Metallen bedarf viel Energie.<sup>88</sup> Daraus folgen Treibhausgasemissionen zwischen  $690 \text{ kg}_{\text{CO}_2\text{äq}}/\text{t}_{\text{Stahl}}$  und  $1,97 \text{ t}_{\text{CO}_2\text{äq}}/\text{t}_{\text{Kupfer}}$ . Aluminium sticht mit einem globalen Erwärmungspotenzial von  $10,64 \text{ t}_{\text{CO}_2\text{äq}}/\text{t}$  besonders heraus. Dennoch sind durch das Inkrafttreten des Brennstoffemissionshandelsgesetzes keine Veränderungen des Metallpreises zu erwarten, da die gesamte metallverarbeitende Industrie dem europäischen Emissionshandel unterliegt.

Da dieser Markt keinen Impuls durch das BEHG verspüren wird, ist das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse besonders wichtig. Unter Annahme des Referenzszenarios steigt der Aluminiumpreis um 374 %. Auch die Preissteigerungen anderer Metallprodukte sind schwerwiegend. Einzig Kupfererzeugnisse werden wegen ihres ohnehin hohen Preises nur um 24 % teurer. Ein Stahlpreisanstieg von über 69 %, wie ihn die Analyse nahelegt, würde die Bauwirtschaft empfindlich treffen.

### 3.1.5 Glas

Die Herstellung von Glas ist ebenfalls energieaufwendig. Die Rohstoffe werden bei bis zu  $1800 \text{ °C}$  eingeschmolzen. Auch in der Weiterverarbeitung zu thermisch vorgespannten Gläsern oder Verbundsicherheitsglasscheiben sind erneute Erwärmungen auf mindestens  $800 \text{ °C}$  notwendig.<sup>89</sup> Je nach Veredlungsgrad werden daher eine bis drei Tonnen Treibhausgase je Tonne Produkt ausgestoßen. Die Berücksichtigung der Treibhausgasbepreisung führt hier zu der Sondersituation, dass zwar die Herstellung des Primärglases, zumeist Floatglas, dem europäischen Emissionshandel unterliegt, nicht jedoch die ebenfalls aufwendige Weiterverarbeitung. Aus diesem Grund ist zwar nicht von einer Veränderung der Floatglaspreise auszugehen, thermisch vorgespannte und Verbundsicherheitsgläser werden jedoch  $10 \text{ €/t}$  bis  $45 \text{ €/t}$  teurer. Hierbei ist berücksichtigt, dass der Emissionsanteil, der auf die Floatglasproduktion zurückzuführen ist, nicht durch Zertifikatspreise beaufschlagt wird. Vor dem Hintergrund des Referenzszenarios zeichnen sich deutliche Preissteigerungen zwischen 12 % und 33 % ab.

## 3.2 Bauwerksherstellung

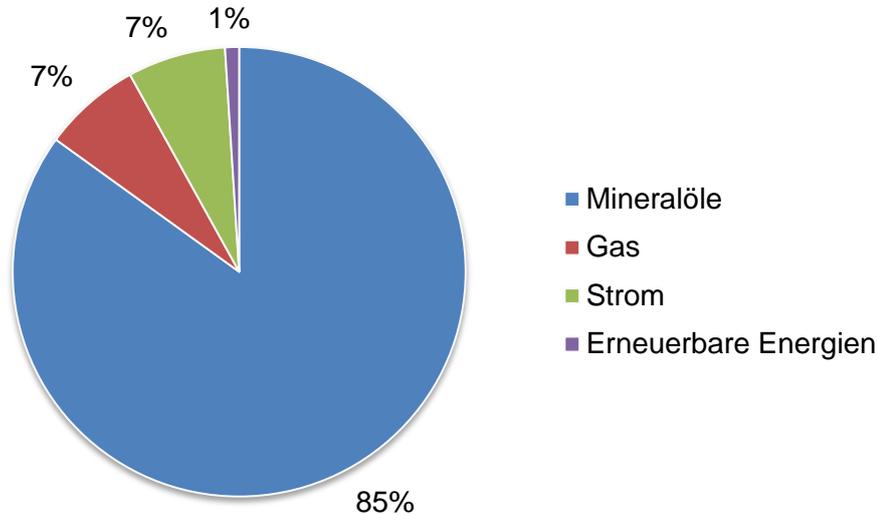
Untersucht wird nun, wie sich das Brennstoffemissionshandelsgesetz auf das unmittelbare Baugeschehen auswirkt. Hierfür wird eruiert, welche der betroffenen fossilen Energieträger an welcher Stelle in Bauprozesse eingebunden sind. Zunächst werden jedoch in der Anlage 2 die Preissteigerungen dieser Brennstoffe in gleicher Weise wie für die Baustoffe berechnet. Um eine Vergleichbarkeit der Brennstoffe herzustellen,

---

<sup>88</sup> BBSR 2019.

<sup>89</sup> NICKLISCH 2018, S. 24.

bezieht die Tabelle die Angaben auf eine Brennstoffmenge mit einem Heizwert von 100 kWh. Die Preiszuwächse zwischen 4,1 % für Benzin und 19,4 % für Kohle.



**Abbildung 4: In der Bauwirtschaft verwendete Energieträger.<sup>90</sup>**

Das Diagramm zeigt, dass nur 7 % der eingesetzten Energie elektrisch sind. Demnach werden 92 % des baubetrieblichen Energiebedarfs unter das BEHG fallen. Für die Bauwirtschaft besonders relevant ist die Preisentwicklung des Diesels, da dieser Treibstoff für die große Mehrheit der Baumaschinen und Logistikfahrzeuge ist. Anhang 2 beziffert den Preisanstieg des Diesels auf 5,1 %. Auf den Literpreis für Dieselmotoren übertragen bedeutet das einen Preisanstieg um 6,6 Eurocent. Mit dieser Größe lässt sich auch ein Anpassungswert für die Kalkulationssätze von Betriebsstoffen berechnen. Den Wirkungsgrad von Motoren berücksichtigend kann von einem Treibstoffbedarf von 0,15 Litern je kW Motorenleistung und Betriebsstunde ausgegangen werden.<sup>91</sup>

$$0,15 \text{ l/kWh} * 2,65 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{l} * 0,025 \text{ €/kg}_{\text{CO}_2} = 0,01 \text{ €/kWh} \quad (5)$$

Demnach steigen die Betriebsmittelkosten für Baugeräte um einen Eurocent je kWh. Im Referenzszenario steigt der Betriebsmittelpreis um 26,8 Eurocent/kWh. Gerade bei maschinenintensiven Arbeiten wird sich das abzeichnen. So machen im Erdbau die Treibstoffkosten 8 % der Herstellkosten aus.<sup>92</sup> Folglich werden Erdbauarbeiten infolge des nationalen Emissionshandels 0,4 % teurer, im Referenzszenario sogar um 11 %.

Weiterhin von großer Relevanz sind die Auswirkungen auf Logistikfahrzeuge wie LKW. Zur Folgenabschätzung wird von einem Kraftstoffbedarf von 2,54 l/100 tkm ausgegangen.<sup>93</sup> Daraus folgt für Frachtkosten:

$$2,65 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{l} * 0,025 \text{ €/kg}_{\text{CO}_2} * 2,54 \text{ l}/100 \text{ tkm} = 0,17 \text{ €/100 tkm} \quad (6)$$

<sup>90</sup> Eigene Darstellung nach NISANCIOGLU 2018, S. 6.

<sup>91</sup> PLÜMECKE U. A. 2017, S. 66.

<sup>92</sup> Vgl. NISANCIOGLU 2018, S. 36.

<sup>93</sup> INFORMATIONSZENTRUM BETON 2013, S. 6.

Die zu erwartenden 17 Eurocent je 100 Tonnenkilometer stehen im Kontrast zu 4,54 €/100 tkm bei vollständiger Internalisierung der Klimawandelfolgekosten.

Eine weitere erhebliche Treibhausgasquelle in der Phase der Bauwerksherstellung sind Maßnahmen des Winterbaus. Zum Beheizen von Bauteilen sowie zum Vorheizen von Baustoffen kommen in aller Regel fossile Primärenergieträger zum Einsatz. Da der Energieeffizienz derartiger Maßnahmen bisher eher untergeordnete Bedeutung zugemessen wurde, stehen keine ausreichend detaillierte Datensätze zur Verfügung.<sup>94</sup> Die in Anlage 2 dargestellten Preissteigerungen werden hier adäquate Preissteigerungen hervorrufen.

### 3.3 Nutzungsphase

Eine Hauptzielgruppe des Brennstoffemissionshandelsgesetzes sind die Bürgerinnen und Bürger, deren Energienutzung mit einer größeren Kostenwahrheit bepreist und somit teurer wird. Zudem ist die Nutzungsphase eines Gebäudes wegen ihres jahrzehntelangen Andauerns der energieintensivste Abschnitt. Etwa 37 % der nationalen Treibhausgasemissionen gehen auf die Nutzung von Bauwerken zurück.<sup>95</sup> Die Hauptenergieeinsparung ist mit 83,9 % des Endenergieverbrauchs von Gebäuden das Beheizen von Zimmern sowie das Bereitstellen von Warmwasser.<sup>96</sup> Der überwiegende Anteil von 86,5 % der Energie wird aus fossilen Rohstoffen gewonnen. Das folgende Diagramm zeigt die Anteile der Energieträger:

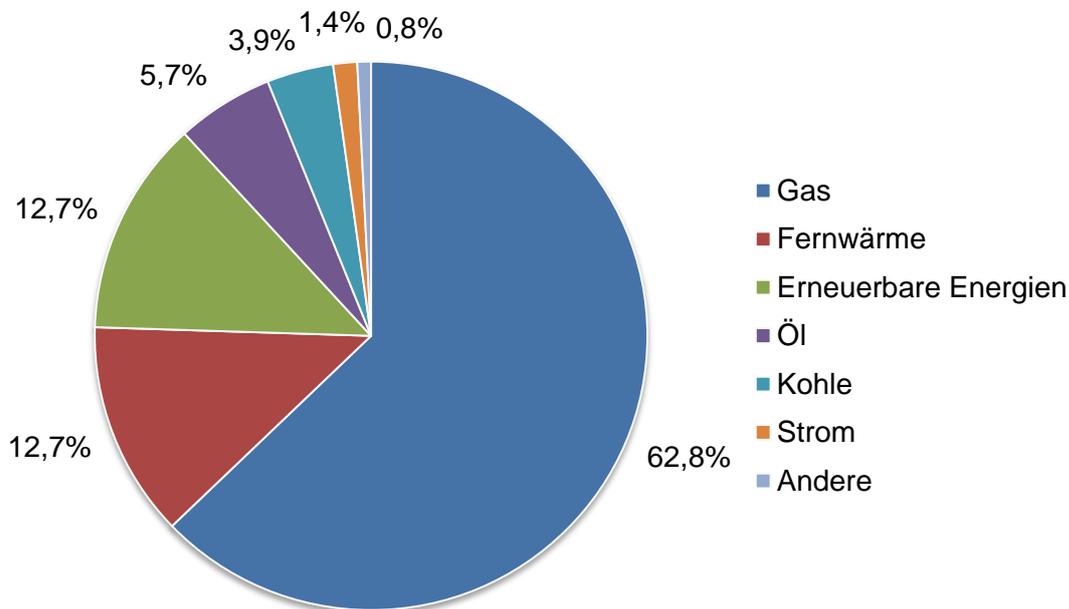


Abbildung 5: Primärenergieträger für das Erzeugen von Raumwärme.<sup>97</sup>

<sup>94</sup> NISANCIOGLU 2018, S. 5.

<sup>95</sup> GRAMM 2017.

<sup>96</sup> FELSMANN 2018, S. 13.

<sup>97</sup> Eigene Darstellung nach FELSMANN 2018, S. 15.

Die Quantifizierung von Zusatzkosten ist mit Heizenergiebedarfskennwerten problemlos möglich, die in der Immobilienwirtschaft gängig sind und den jährlichen Energiebedarf für das Heizen eines Gebäudes auf dessen Nutzfläche beziehen. Nachfolgende Tabelle zeigt typische Kennwerte für den Heizenergiebedarf pro Quadratmeter und Jahr. Für die Preisentwicklungsabschätzung für 50 Jahre Betrieb wird eine Gasheizung (GWP nach Anhang 2) bei Einbeziehung der Preisentwicklung nach dem zukünftigen BEHG mit einem Kostensatz von  $55 \text{ €}_{2020}/\text{t}_{\text{CO}_2\text{äq}}$  ab dem Jahr 2025 angenommen. Das Referenzszenario bringt unverändert  $674 \text{ €}_{2020}/\text{t}_{\text{CO}_2\text{äq}}$  in Ansatz.

| Baujahre     | Mittlerer Heizenergiebedarf <sup>98</sup> | 50-jährige Mehrkosten, Szenario 1        | 50-jährige Mehrkosten, Szenario 2         |
|--------------|---|--|---|
| 1970 – 1980  | 250 kWh/m <sup>2</sup> *a                 | 166,56 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup> | 2106,25 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup> |
| 1980 – 1990  | 162,5 kWh/m <sup>2</sup> *a               | 108,27 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup> | 1369,06 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup> |
| 1990 – 2000  | 107,5 kWh/m <sup>2</sup> *a               | 71,62 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup>  | 905,69 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup>  |
| 2000 – heute | 57,5 kWh/m <sup>2</sup> *a                | 38,31 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup>  | 484,44 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup>  |
| Passivhaus   | 15 kWh/m <sup>2</sup> *a                  | 10,00 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup>  | 126,38 € <sub>2020</sub> /m <sup>2</sup>  |

**Tabelle 6: Mehrkosten infolge einer Treibhausgasbepreisung für typische Heizenergiebedarfe nach Baujahren sowie den Passivhausstandard unter Annahme des GWP von Erdgas.<sup>99 100</sup>**

Für unsanierte Altbauten zeichnet sich ein finanzieller Mehraufwand von etwa 167 €/m<sup>2</sup> für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ab. Im selben Zeitraum müssen auch die Bewohner einer 100 m<sup>2</sup> großen Wohnung, die dem energetischen Stand der Technik entspricht, infolge des nationalen Emissionshandels mehr als 3.800 € zusätzlich für das Heizen ausgeben. Für den Fall, dass wegen einer angespannten Marktsituation die Zertifikatspreise schneller oder höher steigen, gibt das Referenzszenario eine Orientierung. Dann läge die Mehrbelastung je nach energetischer Ertüchtigung zwischen  $126 \text{ €}_{2020}/(50 \text{ a} \cdot \text{m}^2)$  und  $2100 \text{ €}_{2020}/(50 \text{ a} \cdot \text{m}^2)$ .

<sup>98</sup> ROSENKRANZ 2018.

<sup>99</sup> Siehe Anhang 2.

<sup>100</sup> Eigene Darstellung.

## 4 Auswirkungen auf die Bauwirtschaft

Eine Maßnahmenfolgenabschätzung unterscheidet statische und dynamische Effekte. Statische Effekte beschreiben die unmittelbaren Auswirkungen einer Maßnahme. Würden die Einnahmen aus dem Brennstoffemissionshandelsgesetz zur Rücklagenbildung im Sinne einer Internalisierung genutzt, wäre das ein Beispiel für einen statischen Effekt. Weitreichender und daher oft Ziel einer Maßnahme ist deren dynamische Auswirkung. Gemeint sind Verhaltensänderungen infolge geänderter Randbedingungen.<sup>101</sup> Ziel des nationalen Emissionshandels ist demnach die Verteuerung fossiler Energieträger, sodass klimafreundliche Alternativen einen ökonomischen Vorteil genießen.

Vor diesem Hintergrund sollen nun die Auswirkungen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes auf die Bauwirtschaft unter Einbeziehung der in Kapitel 3 identifizierten Treibhausgasquellen beleuchtet werden.

### 4.1 Statische Effekte

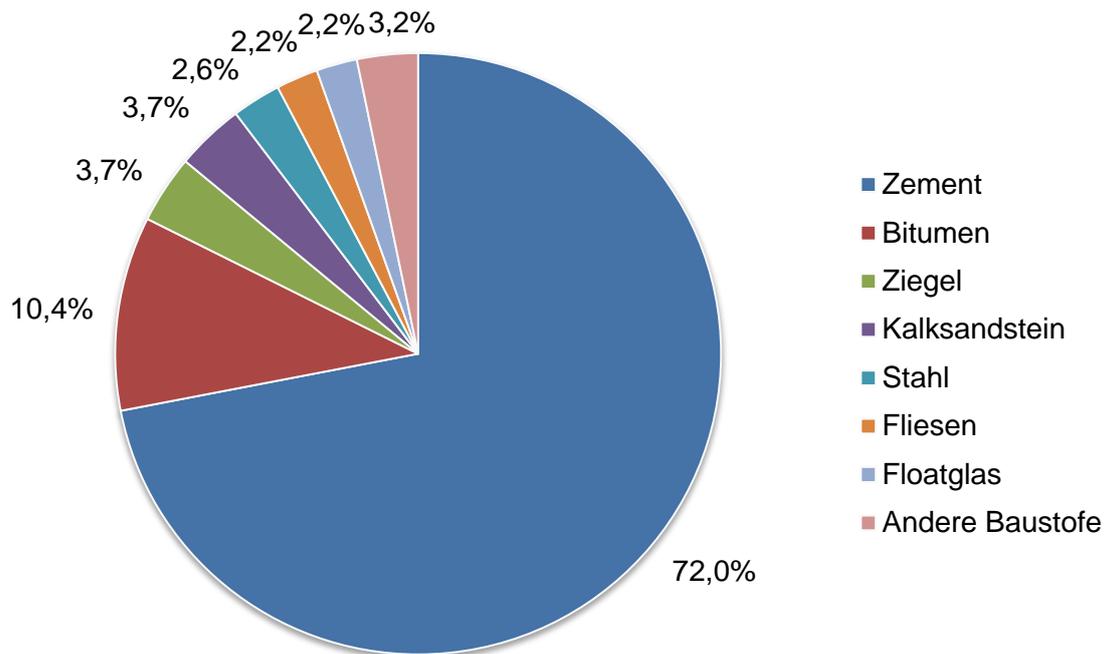
Die statischen Auswirkungen des nationalen Emissionshandels beschränken sich auf Preissteigerungen in Abhängigkeit des Einsatzes fossiler Energieträger in der Wertschöpfungskette. Das betrifft zum einen die Baustoffproduktion. Die Abschätzung der Baustoffpreisentwicklung nach Anhang 1 verschafft einen Überblick über das Verhältnis von Wertschöpfung zu Klimaschädlichkeit. Daraus kann jedoch keine Aussage über die Verteilung der baustofflich verursachten Emissionen nach Stoffen abgeleitet werden. So machten Kies und Sand 75 M% der im Jahr 2018 verbauten Materialien aus, sind jedoch nur für 1,7 % der Treibhausgasemissionen aus der Baustofferzeugung verantwortlich. Wie die folgende Abbildung zeigt, stehen 72 % der baustofflichen Treibhausgasemissionen im Zusammenhang mit der Zementherstellung.<sup>102 103</sup>

---

<sup>101</sup> BECKER 2019.

<sup>102</sup> BBSR 2019.

<sup>103</sup> Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT 2020, S. 106–108.



**Abbildung 6: Anteil einzelner Baustoffe an den durch Baustoffe verursachten Treibhausgasen.**<sup>104 105</sup>

Auch die Erzeugung von bituminösen Bindemitteln verantwortet über 10 % der baustofflichen Treibhausgasemissionen. Da Bitumen als Produkt der Mineralölraffination bereits vom europäischen Emissionshandel erfasst ist,<sup>106</sup> bleiben Gesteinskörnung und Kalksandsteine die einzigen Massenbaustoffe, die vom BEHG berücksichtigt werden. Somit sind nur 5,4 % der Treibhausgasemissionen aus der Baustoffindustrie vom nationalen Emissionshandel betroffen. Gemessen an den relativen Preisentwicklungen dieser Baustoffe nach Anhang 1, steigen die Baustoffpreise insgesamt um 0,6 %.<sup>107</sup> Dem gegenüber steht eine Entlastung durch die Absenkung der EEG-Umlage. Eine quantitative Bewertung der Preisauswirkungen ist zwar wegen fehlender Abschätzbarkeit zukünftiger EEG-Umlagesätze nicht möglich, von einem niedrigen Strompreis profitieren jedoch alle Baustoffhersteller. Da zahlreiche Großbetriebe der Baustoffindustrie von der „besonderen Ausgleichsregelung“ des EEG Gebrauch machen,<sup>108</sup> wird der Preisvorteil hier geringer ausfallen, als zum Beispiel bei ausführenden Bauunternehmen. Die besondere Ausgleichsregelung gewährt Unternehmen auf Antrag für Stromverbräuche über einer Gigawattstunde im Jahr einen EEG-Umlagesatz von 15 % des Regelsatzes.<sup>109</sup>

Im Weiteren wird der Verbrauch von Treibstoffen wie Diesel und Brennstoffen für die Beheizung beaufschlagt. Infolge dessen werden der Baumaschineneinsatz, Winter-

<sup>104</sup> Vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT 2020, S. 106–108.

<sup>105</sup> BBSR 2019.

<sup>106</sup> EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 2003, Anhang I Punkt 6.

<sup>107</sup> STATISTISCHES BUNDESAMT 2020.

<sup>108</sup> BAFA 2019.

<sup>109</sup> SCHWARZ 2019.

baumaßnahmen sowie Zulieferung und Abtransport kostspieliger. In gleicher Weise steigen die Energiekosten für Büros der Geschäftsstelle und anderer dauerhafter Einrichtungen der Unternehmen. Insgesamt liegt der Energiekostenanteil an den Gesamtkosten bei 3,8 %.<sup>110</sup> Unter Annahme des Energiemix aus Abbildung 4 und den Preissteigerungen nach Anhang 2 steigen die Baukosten infolge der Bepreisung von Treibhausgasemissionen aus dem Baubetrieb um 0,24 %. Bei Ansatz des Referenzszenarios sind es 6,6 %.

## 4.2 Dynamische Effekte

Ansatzpunkte für eine dynamische Folgenabschätzung finden sich bei den Interessengruppen, die im Einflussbereich der Auswirkungen agieren. Dies sind zum Beispiel die Gebäudenutzenden. Tabelle 6 konnte zeigen, dass das Heizen durch den nationalen Emissionshandel teurer wird. Eine erste und im Sinne des Klimaschutzes wünschenswerte Reaktion darauf ist ein sparsamerer Einsatz von Heizenergie. Des weiteren begünstigen erhöhte laufende Kosten die Bereitschaft zu Investitionen, die sich dann über eingesparte Energiekosten rentieren. Eine energetische Gebäudesanierung ist eine mögliche Maßnahme. Diesbezügliche Planungs- und Beratungsleistungen werden zudem durch das Klimapaket der Bundesregierung steuerlich begünstigt. Seit 1. Januar 2020 können 50 % entsprechender Planungs- und Beratungskosten von der Einkommenssteuer abgezogen werden.<sup>111</sup> Für die Bauwirtschaft leitet sich aus steigenden Energiekosten und vergünstigten Planungskosten eine zunehmende Nachfrage nach energetischen Bauwerksertüchtigungen ab.

Da die Baustoffindustrie in wesentlichen Teilen nicht vom nationalen Emissionshandel tangiert wird, ist nicht davon auszugehen, dass zusätzliche Forschungs- und Entwicklungsbemühungen hin zu einer klimaneutraleren Baustofferzeugung initiiert werden. Abzuwarten bleibt, inwiefern die Aufnahme der Kalksandsteinproduktion in den nationalen Emissionshandel bei gleichzeitiger Nichterfassung anderer wandbildenden Massenbaustoffen zu einer Verschiebung der Marktanteile führen wird. Dies ist jedoch nicht als Benachteiligung aufzufassen, da die Konkurrenzprodukte bereits seit 2005 dem europäischen Emissionshandel unterliegen. Insofern handelt es sich eher um eine nachträgliche Gleichbehandlung, wenn auch die Preisentwicklungen der beiden Handelsebenen entkoppelt sind.

Kritisch bleibt zu beobachten, ob die Mehrbelastung der Holz- und Holzwerkstoffherzeugung zu den in Anhang 1 berechneten Preissteigerungen führen wird. Sollte sich diese Prognose bewahrheiten, würden die Baustoffe eine Verteuerung erfahren, die die kleinsten globalen Erwärmungspotenziale aufweisen und durch Bindung atmosphärischen Kohlenstoffs sogar zu einer zeitweisen Entlastung der Klimakrise beitragen. In diesem Fall deckt die dynamische Folgenabschätzung eine möglicherweise ungewollte Auswirkung auf. Unabhängig davon kann das Brennstoffemissionshandelsgesetz keine Lenkungswirkung hin zu einer klimagerechteren Baustoffwahl entfalten.

---

<sup>110</sup> NISANCIOGLU 2018, S. 5.

<sup>111</sup> DEUTSCHER BUNDESTAG 2019b.

Im Sinne des Klimaschutzes ebenfalls nachteilig sind die Begünstigung langer Berufswege durch eine steigende Entfernungspauschale sowie die Entlastung des Strompreises unabhängig ob die Elektrizität aus fossilen oder erneuerbaren Energieträgern gewonnen wird.

Durch weitgehend unbeeinflusste Baustoffpreise werden zudem keine zusätzlichen Anreize gesetzt, um im Sinne einer ganzheitlichen Lebenszykluskostenoptimierung die Umnutzungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten von Bestandsbauwerken auszuerschöpfen. Würden Grundbaustoffe wie Zement um 405 % teurer, wie im zweiten Szenario, so hätten existierende Konstruktionen einen ökonomischen Vorteil, weil deren Wiederbeschaffungswert steigt.

Positiv im Sinne des Klimaschutzes wirkt sich die Treibhausgasbepreisung auf die Transportwege aus. Die Mehrbelastung des Diesels, führt zu einer betriebswirtschaftlichen Benachteiligung räumlich entfernter Lieferanten. Aufgrund der eingeschränkten Auswahl wettbewerbsfähiger Anbieter werden regionale und kleinere Zulieferer begünstigt. Infolge dieser geringen Wettbewerbseinengung, sind überschaubare, zusätzliche Preissteigerungen nicht ausgeschlossen. Keinen Effekt hat eine nationale Treibhausgasbepreisung dagegen auf internationale und interkontinentale Transportwege. So profitiert zum Beispiel sächsischer Sandstein nicht in seiner Konkurrenzsituation zu chinesischem Sandstein.

Mit Blick auf den Baumarkt eröffnet der nationale Emissionshandel eine zusätzliche Möglichkeit, um nach Wettbewerbsvorteilen zu streben. Da die Bauunternehmen unmittelbare Konsumenten von Primärenergieträgern sind, haben sie weitreichenden Einfluss auf das Konsumverhalten von Dieselmotoren sowie Heizöl und Gas. Einen betriebswirtschaftlichen Vorteil werden die Unternehmen haben, die bereits aus ethischem Verantwortungsbewusstsein oder kluger Beobachtung der politischen Lage in emissionsarme Technologien investiert haben. Jedoch verstärken sich auch für die Mitbewerber die Anreize, eine Gewinnsteigerung durch energetische Bauprozessoptimierung zu generieren. Insofern wird das Brennstoffemissionshandelsgesetz an dieser Stelle die Entwicklung klimafreundlicherer Baumaschinen und Bauabläufe unterstützen. Somit wirkt es an dieser Stelle im Sinne des Gesetzgebers.

Abgeschlossen werden die Untersuchungen mit einem Blick auf die zu erwartenden Auswirkungen auf die Baukonjunktur. Infolge des nationalen Emissionshandels bleiben die Baustoffpreise weitgehend unberührt. Der durchschnittliche Preisanstieg liegt hier bei 0,6 %. Die Mehrkosten für den Energieeinsatz des Baubetriebs verteuern die Herstellkosten um 0,24 %. Es ist folglich mit einem Baupreisanstieg in der Größenordnung eines halben Prozents, abzüglich nicht näher bestimmbarer Entlastungen durch die Reduzierung der EEG-Umlage, zu rechnen. Somit liegt die Preisbeeinflussung in der Größenordnung von Inflation und Kreditzinsschwankungen. Es ist daher nicht von einem Auftragsrückgang auszugehen, der geeignet wäre, Arbeitsplätze zu gefährden. Zudem ist nicht ausgeschlossen, dass das Brennstoffemissionshandelsgesetz Motivation für die Gebäudeeigentümer und Eigentümerinnen ist, um zum Beispiel in energetische Gebäudesanierungen zu investieren. Eine solche Entwicklung würde die Auftragsbücher weiterhin füllen.

## 5 Schlussbetrachtung

### 5.1 Zusammenfassung

Den Einstieg in die Arbeit gestaltete ein Überblick über den Stand der Klimawissenschaften. Festgestellt wurde, dass eine Zunahme der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Atmosphäre stattfindet und diese unmittelbar die Erwärmung der durchschnittlichen globalen Oberflächentemperatur sowie weitere Mechanismen, wie die Versauerung von Gewässern verursacht. Weiterhin ist es wissenschaftlicher Konsens, dass anthropogene Treibhausgasemissionen, insbesondere seit Beginn der industriellen Revolution, Ursache für den Klimawandel und die einhergehenden Schäden sind.

Letztere den Verursachern anzulasten ist der Grundgedanke der Internalisierung, die im Anschluss diskutiert wurde. Demnach werden Ressourcen effizienter genutzt, wenn sie einen höheren Preis haben. Eine vollständige Internalisierung ist gegeben, wenn sämtliche Kompensations-, Präventions- und Anpassungskosten oder Entschädigungszahlungen durch die verursachenden Nutznießer getragen werden. Steuern, Abgaben, Subventionen, freiwillige Verhandlungen oder Emissionshandelsmodelle sind hierfür Umsetzungsmöglichkeiten. Zudem wurden der europäische Emissionshandel und das Brennstoffemissionshandelsgesetz vorgestellt.

Voraussetzung ist jedoch in jedem Fall Kenntnis über die Höhe der Schäden, die im Fall des Klimawandels mit einem Verzug von Generationen eintreten. Die Arbeit stellte hier verschiedene Ansätze vor und verschaffte einen Überblick über die Größenordnung von Klimawandelfolgekosten.

Im Anschluss wurden Emissionsquellen identifiziert, die im Zusammenhang mit dem Bauwesen stehen. Schwerpunkte lagen auf baustoffimmanenten Emissionen sowie solchen, die während des Bauprozesses und in der Bauwerksnutzungsphase verursacht werden. Parallel wurden entsprechende Preisentwicklungen infolge einer Treibhausgasbepreisung anhand von zwei Szenarien abgeschätzt.

Den Abschluss bildete eine dynamische Folgenabschätzung, die wahrscheinliche Auswirkungen auf die Bauwirtschaft ableitete und darstellte. Im Kern sind dies:

- Begünstigung kurzer Transportwege
- Entwicklungsimpuls für klimafreundliche Baumaschinen
- steigende Nachfrage nach energetischer Gebäudeertüchtigung
- geringere Stromkosten durch Reduzierung der EEG-Umlage
- Baupreisanstieg um 0,5 %
- nur marginaler baukonjunktureller Effekt

### 5.2 Bewertung der Ergebnisse

Die Arbeit bietet eine begründete sowie nachvollziehbare Prognose der Folgen einer Treibhausgasbepreisung auf die Bauwirtschaft. Unschärfen in der Berechnung von Preisentwicklungen sind wesentlich auf eine ungenügende Datenlage zurückzuführen. So wurden Datensätze zu Eigenschaften, Verwendungsquantität und Preisen von Bau-

stoffen aus verschiedenen Quellen bezogen. Hier ist nicht auszuschließen, dass abweichende Betrachtungsrahmen der zitierten Autoren Berechnungsunschärfen verursachen. Zwar ermöglichen europäisch harmonisierte Umweltproduktdeklarationen von einzelnen Baustoffen sowie Datenbanken wie ÖKOBAUDAT einen guten Überblick über die Umweltauswirkungen von Materialien, jedoch schlüsseln diese nicht nach der Art der verwendeten Energie auf. Da sich der nationale Emissionshandel ausschließlich auf Treib- und Brennstoffe bezieht, nicht jedoch auf elektrischen Strom, sind verallgemeinernde Prognosen schwierig. Für Hersteller, die bezüglich ihrer Produkte über eine detaillierte Datenlage verfügen, ist die Übertragung der hier entwickelten Ansätze und gewonnenen Erkenntnisse problemlos möglich.

Inhaltlich bleibt festzustellen und hervorzuheben, dass der nationale Emissionshandel keine Maßnahme im Sinne einer Internalisierung darstellt. Trotz erwarteter positiver Effekte auf die Klimafreundlichkeit der bundesdeutschen Wirtschaft ist mit dem Brennstoffemissionshandelsgesetz nicht geregelt, wer für heute verursachte und in Zukunft zu regulierende Schäden aufkommt.

Zuverlässiger als nationale Lösungen sind zudem global harmonisierte Ansätze, die die Interessen der globalen Bevölkerung abbilden. Nur so kann mit hinreichender Sicherheit ein koordinierter Rückgang der globalen Treibhausgasemissionen sichergestellt werden. Überdies bringt das den ökonomischen Vorteil, dass keine regionalen Unterschiede in der Belastung gleicher Wirtschaftszweige bestehen. Somit erübrigten sich Verhandlungen über Einfuhrzölle auf Produkte, die in ihrem Erzeugerland keiner oder einer anderen Emissionsregulierung unterliegen.

### 5.3 Ausblick

Mit dem 1. Januar 2021 wird der nationale Emissionshandel in Kraft treten. Fossile Brennstoffe werden dann mit 25 € je Tonne freigesetzten Treibhausgases belastet. Mit geringfügiger Verzögerung werden dann die in Kapitel 4 dargelegten Folgen zu beobachten sein. Sollten die Auswirkungen zunächst weniger ausgeprägt eintreten als prognostiziert, werden sie im Laufe der Zertifikatspreiserhöhung bis 2025 auf 55 €/t<sub>CO<sub>2</sub></sub> spürbar.

Spekulativer Natur sind Vermutungen über die Preisbildung am Markt, die erst nach Ablauf der Übergangszeit mit Festpreisen und Preiskorridor im Jahr 2027 einsetzen wird. Methodische Schwierigkeiten im Umgang mit der Handelsplattform und den Versteigerungsabläufen sind nicht zu erwarten, da auf Erfahrungen aus dem europäischen Emissionshandel zurückgegriffen werden kann.

Da die Anzahl ausgegebener Zertifikate entsprechend der Zielvorgaben jährlich verknappt wird, kann mit Sicherheit von einem langfristigen Anstieg der Zertifikatspreise ausgegangen werden. Die Obergrenze ist dabei indirekt an die Investitionskosten in Emissionsvermeidungsmaßnahmen gebunden.

Eine Unbekannte bleibt die politische Fortschreibung des nationalen Emissionshandels. Trotz aller Alternativkonzepte scheint es unwahrscheinlich, dass eine künftige Bundesregierung ein etabliertes System zur Treibhausgasbepreisung grundlegend

umstrukturieren wird. Im Zusammenhang mit dem Ziel einer klimaneutralen Gesellschaft im Jahr 2050<sup>112</sup> könnte die Einbeziehung von Negativemitteln in den Emissionshandel diskussionswürdig werden.

Von kurzfristigerem Interesse sind jedoch Spekulationen um eine mögliche Verfassungswidrigkeit des Brennstoffemissionshandelsgesetzes. Größtmögliche Klarheit in dieser Frage ist von Bedeutung für die Sicherheit von Investitionen in Treibhausgasemissionsreduktionsmaßnahmen. Gemessen an den Interessen zukünftiger Generationen ist diese Sicherheit jedoch zweifelsfrei gegeben.

---

<sup>112</sup> TAGESSCHAU.DE 2019e.

## Literaturverzeichnis

### Monographien und Aufsätze in Fachzeitschriften

- BBSR (2017) BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) IM BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (HRSG.) 2017: ÖKOBAUDAT. Grundlage für die Gebäudeökobilanzierung. Bonn.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2019a) DEUTSCHER BUNDESTAG 2019a: Stenografischer Bericht. 137. Sitzung. Berlin.  
<http://dipbt.bundestag.de/doc/btp/19/19137.pdf>, 21.01.2020.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2019b) DEUTSCHER BUNDESTAG 2019b: Beschlussempfehlung des Vermittlungsausschusses. zu dem Gesetz zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 im Steuerrecht. Berlin.  
<http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/160/1916060.pdf>, 21.01.2020.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (1994) EUROPÄISCHE KOMMISSION 1994: Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung: Herausforderungen der Gegenwart und Wege ins 21. Jahrhundert — Weißbuch. Luxemburg.  
<https://publications.europa.eu/s/m8cq>, 07.10.2019.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2016) EUROPÄISCHE KOMMISSION 2016: The EU Emissions Trading System (EU ETS). Europäische Union. ISBN 978-92-79-62396-7
- FORSTER/RAMASWAMY (2007) FORSTER, Piers/RAMASWAMY, Venkatachalam 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Cambridge.  
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf>, 21.01.2020.
- GENIUS (2016) GENIUS, Wolf 2016: Grüne Bilanzierung. Internalisierung von Umwelt- und Gesundheitsschäden im Rahmen der Input-Output-Rechnung. Dissertation. Stuttgart.
- GRAMM (2017) GRAMM, Sebastian 2017: CO2-Bilanzierung und Minderungsstrategien der Baubranche in Deutschland. Bachelorarbeit. Karlsruhe. <https://www.grin.com/document/412017>.
- HASLBECK (1995) HASLBECK, Christian 1995: Zentrale versus dezentrale Internalisierung externer Effekte bei unvollständiger Information. Dissertation.
- IPCC (2014) IPCC 2014: Klimaänderung 2014. Synthesebericht. Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf: Intergovernmental Panel on Climate Change. ISBN 978-3-89100-047-2

- LATTKE u. a. (2010) LATTKE, Frank u. a. 2010: TES EnergyFacade. prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope. München: Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek.  
[https://www.ar.tum.de/fileadmin/w00bfl/holz/04\\_Forschung/02\\_Abgeschlossen/TES\\_EnergyFacade\\_manual\\_2009.pdf](https://www.ar.tum.de/fileadmin/w00bfl/holz/04_Forschung/02_Abgeschlossen/TES_EnergyFacade_manual_2009.pdf), 23.01.2020.
- MATTHEY/BÜNGER (2019) MATTHEY, Astrid/BÜNGER, Björn 2019: Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze. Dessau-Roßlau, korrigierte Version vom 11.02.2019.
- PLÜMECKE u. a (2017) PLÜMECKE, Karl u. a. 2017: Preisermittlung für Bauarbeiten. (Hoch- und Tiefbau). Köln: Rudolf Müller, 28., überarbeitete und aktualisierte Auflage. ISBN 978-3-481-03247-0
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020) STATISTISCHES BUNDESAMT 2020: Ausgewählte Zahlen für die Bauwirtschaft. Oktober 2019. Wiesbaden.  
[https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Querschnitt/bauwirtschaft-1020210191104.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Publikationen/Downloads-Querschnitt/bauwirtschaft-1020210191104.pdf?__blob=publicationFile), 23.01.2020.

## **Normen, Regelwerke, Richtlinien und Gesetze**

- Deutscher Bundestag (2019) DEUTSCHER BUNDESTAG 2019: Entwurf eines Gesetzes über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen, BEHG. 23.10.2019
- BMUB (2015) BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT 2015: Übereinkommen von Paris. Paris.
- DIN EN 15804 (2014) Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte, Deutsche Norm, 07/2014
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT (2003) EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT 2003: Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Europäischen Union. Fassung vom 19.3.2018.

**Internet**

- 350.ORG (2019) 350.ORG 2019: Globaler Klimastreik 20-27 SEPT. <https://de.globalclimatestrike.net/>, 08.11.2019.
- BOERSE-ONLINE.DE (2020) BOERSE-ONLINE.DE 2020: CO2 European Emission Allowances. <https://www.boerse-online.de/rohstoffe/co2-emissionsrechte>, 15.01.2020.
- BREITKOPF (2020) BREITKOPF, A. 2020: Höhe der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/76558/umfrage/entwicklung-der-treibhausgas-emissionen-in-deutschland/>, 20.01.2020.
- BMU (2017) BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT 2017: Die Klimakonferenz in Paris. <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/pariser-abkommen/>, 10.11.2019.
- EBERT (2014) EBERT, Andreas 2014: Emissionshandel einfach erklärt. explainity® Erklärvideos. YouTube: <https://youtu.be/7EiJo0lvvGw>, 07.01.2020.
- INFLATIONSRATE.COM (2019) FIELTIZ, Ulrich 2019: Inflationsrate in Deutschland. <http://www.inflationsrate.com/>, 02.01.2020.
- JOACHIM (2019) JOACHIM, Kristin 2019: tages-themen 16.12.2019. (tages-themen). <https://www.tagesschau.de/multimedia/sendung/tt-7205.html>, 25.01.2020.
- KRAUS (2019) KRAUS, Petra 2019: Umsätze im Bauhauptgewerbe nach Sparten. [https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/umsatze-im-bauhauptgewerbe-nach-sparten\\_bwz/](https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/umsatze-im-bauhauptgewerbe-nach-sparten_bwz/), 22.01.2020.
- NAUMANN (2019) NAUMANN, Martina 2019: FCKW: Das hat das Verbot dieser Treibhausgase bewirkt. <https://utopia.de/ratgeber/fckw-das-hat-das-verbot-dieser-treibhausgase-bewirkt/>, 21.01.2020.
- RAHMSTORF (2019) RAHMSTORF, Stefan 2019: Warum ein CO2-Preis gerecht und notwendig ist. <https://scilog.spektrum.de/klimalounge/warum-ein-co2-preis-gerecht-und-notwendig-ist/>, 18.09.2019.
- ROSENKRANZ (2018) ROSENKRANZ, Alexander 2018: Der durchschnittliche Energiebedarf im Haus. <https://heizung.de/heizung/tipps/der-durchschnittliche-energiebedarf-im-haus/>, 13.01.2020.

- SCHWARZ (2019) SCHWARZ, Sascha 2019: Warum so viele Unternehmen keine EEG-Umlage zahlen. <https://www.tagesschau.de/regional/nordrheinwestfalen/wdr-story-30957.html>, 25.01.2020.
- TAGESSCHAU.DE (2019a) TAGESSCHAU.DE 2019a: Gegenwind für Scholz. Haushaltsdebatte im Bundestag. <https://www.tagesschau.de/inland/haushalt-bundestag-115.html>, 21.01.2020.
- TAGESSCHAU.DE (2019b) TAGESSCHAU.DE 2019b: Koalition nähert sich beim Klimaschutz an. Papiere von Union und SPD. <https://www.tagesschau.de/inland/klimaschutz-141.html>, 21.01.2020.
- TAGESSCHAU.DE (2019c) TAGESSCHAU.DE 2019c: "So erreicht man Klimaziele nie". Experte zum Klimapaket. <https://www.tagesschau.de/inland/reaktionen-klimapaket-bundesregierung-101.html>, 21.01.2020.
- TAGESSCHAU.DE (2019d) TAGESSCHAU.DE 2019d: "Vertretbar" oder "nicht ausreichend"? Reaktionen auf Klima-Einigung. [https://www.tagesschau.de/inland/klimapaket-einigung-103~\\_origin-4a7e9230-491f-4a61-a543-193467e2e0f1.html](https://www.tagesschau.de/inland/klimapaket-einigung-103~_origin-4a7e9230-491f-4a61-a543-193467e2e0f1.html), 21.01.2020
- TAGESSCHAU.DE (2019e) TAGESSCHAU.DE 2019e: Deutschland will Klimaneutralität bis 2050. <https://www.tagesschau.de/inland/deutschland-klimaneutralitaet-101.html>, 20.01.2020.
- TAGESSCHAU.DE (2020) TAGESSCHAU.DE 2020: "Klimarisiken sind auch Investitionsrisiken". BlackRock-Vize Hildebrand. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/blackrock-klima-101.html>, 22.01.2020.
- THUNBERG (2019) THUNBERG, Greta 2019: Greta fordert Stärkung der Wissenschaft. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Zeitung. YouTube: <https://youtu.be/qku49xrQpOg>, 20.01.2020.
- VDZ (2019) VEREINS DEUTSCHER ZEMENTWERKE E.V.: Das Europäische Emissionshandelssystem. <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/klimaschutz/emissionshandel/>, 11.12.2019.
- VERMITTLUNGS-AUSSCHUSS (2019) VERMITTLUNGS-AUSSCHUSS 2019: Gesetz zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 im Steuerrecht. <https://www.vermittlungsausschuss.de/VA/DE/vermittlungsv erfahren/abgeschlossen/abgeschlossen-node.html>, 07.01.2020.

- WETZEL (2019) WETZEL, Daniel 2019: Gutachten stufen Klimapaket als verfassungswidrig ein.  
[https://www.welt.de/print/die\\_welt/finanzen/article203486048/Gutachten-stufen-Klimapaket-als-verfassungswidrig-ein.html](https://www.welt.de/print/die_welt/finanzen/article203486048/Gutachten-stufen-Klimapaket-als-verfassungswidrig-ein.html), 22.01.2020.

## Weitere Quellen

- Becker (2019) BECKER, Udo J. 2019: Ökonomie und Ökologie. Externe Effekte. (Vorlesung Umwelt und Verkehr). POT 81, 02.07.2019.
- BAFA (2019) BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE 2019: Durch die Besondere Ausgleichsregelung in 2019 begünstigte Abnahmestellen (Excel-Tabelle). Eschborn, 20.12.2019.  
[https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ba\\_r\\_statistik.xlsx?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ba_r_statistik.xlsx?__blob=publicationFile&v=8), 25.01.2020.
- BBSR (2019) BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG 2019: ÖKOBAUDAT. Informationsportal nachhaltiges Bauen (Datenbank). Berlin.  
<https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat.html>, 21.01.2020.
- Eden (2020) EDEN, Wolfgang 2020: Frage im Rahmen der Studienleistung "Auswirkungen einer Treibhausgasbepreisung auf die Bauwirtschaft". Hannover, E-Mail-Korrespondenz.
- FELSMANN (2018) FELSMANN, Clemens 2018: Rechtsrahmen (EPBD, EnEV) und Bewertungsmethoden. Heizungstechnik / TGA / Gebäudeenergie-technik. (Vorlesung Technische Gebäudeausrüstung). Dresden, 09.10.2018.
- INFORMATIONSZENTRUM BETON (2013) INFORMATIONSZENTRUM BETON GMBH 2013: Umwelt-Produktdeklaration. Beton der Druckfestigkeitsklasse C 25/30. Erkrath.
- NICKLISCH (2018) NICKLISCH, Felix 2018: Konstruktiver Glasbau. Baustoff Glas. (Vorlesung: Konstruktiver Glasbau). Dresden, 16.10.2018.
- NISANCIOGLU (2018) NISANCIOGLU, Selcuk 2018: Energieeffizienz im Baubetrieb. Ressourcenschonung in der Bauphase (Präsentation). Hamburg.

- OTTO (2019) OTTO, F. 2019: Klimaforscherin Fredi Otto über Extremwetterereignisse (Jung & Naiv: Folge 437). Berlin.  
[https://open.spotify.com/episode/3mHT40jMWJxuVrwwW34DoT?si=TdpB9gC5T2qUsPO5m\\_X21w](https://open.spotify.com/episode/3mHT40jMWJxuVrwwW34DoT?si=TdpB9gC5T2qUsPO5m_X21w), 03.11.2019.
- SCHNEIDER (2018) SCHNEIDER, Judith 2018: Zement. Der heimliche Klimakiller. (planet e.). DOCUVISTE Filmproduktion.  
<https://www.zdf.de/dokumentation/planet-e/planet-e-zement--der-heimliche-klimakiller-100.html>, 21.01.2020.
- TAGESSCHAU (2019) TAGESSCHAU 2019: Globaler Aktionstag für den Klimaschutz. (Tagesschau).

## Weiterführende Literatur

BRAUN, Helge 2019: Eckpunkte Klimaprogramm 2030. Fassung nach Klimakabinett.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT 2016: Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf), 20.01.2020.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (HRSG.) 2019: Energiepreise und effiziente Klimapolitik. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin.

EDENHOFER, Ottmar u. a. 2019: Optionen für eine CO<sub>2</sub>-Preisreform. MCC-PIK-Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH. Berlin. [https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3\\_Publications/Working%20Paper/2019\\_MCC\\_Optionen\\_f%C3%BCr\\_eine\\_CO2-Preisreform\\_final.pdf](https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3_Publications/Working%20Paper/2019_MCC_Optionen_f%C3%BCr_eine_CO2-Preisreform_final.pdf), 18.09.2019.

KONFERENZ DER VEREINTEN NATIONEN ÜBER UMWELT UND ENTWICKLUNG 1992: Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung. Rio de Janeiro.

NUTZINGER, Hans G. (Hrsg.) 1989: Öko-Steuern. Umweltsteuern und -abgaben in der Diskussion. (Alternative Konzepte, Bd. 73). Karlsruhe: Müller.

WISSENSCHAFTLICHE DIENSTE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGS 2019: Einzelfragen zur steuersystematischen Einordnung einer CO<sub>2</sub>-Steuer.  
<https://www.bundestag.de/resource/blob/653722/918056e18ab9171e66bcaa960fcfccb8/WD-4-094-19-pdf-data.pdf>, 03.11.2019.

## Konsultationsverzeichnis

Dipl.-Ing. Dorn      Wissenschaftliche Betreuerin, Technische Universität Dresden,  
 Institut für Baubetriebswesen, Telefon Nr. +49 351 463-34278, Ort:  
 Büro NÜR 402, Datum: 19.08.2019.

Gesprächsgegenstand:

erster Gliederungsentwurf: zu umfangreich, weiter fokussieren

Umfang der Arbeit: Seitenzahlvorgabe aufgehoben

Formatierung: Vorgaben des Instituts für Baubetriebswesen sollen  
 eingehalten werden, jedoch nicht oberste Priorität

Zitierstil: nach Vorgaben des Instituts für Baubetriebswesen, gerin-  
 ge Abweichungen nach Absprache möglich

Abgabeformat: digitale Abgabe genügt zur Fristwahrung, Druckex-  
 emplar muss nachgereicht werden

Möglichkeit digitaler Aufgabenstellung: wird in den nächsten Wo-  
 chen per Mail zugesandt, muss unterschrieben werden

Verteidigungstermin: während Seminarwoche (Februar), Abwei-  
 chung schwierig

Datengrundlage: Fokussierung auf deutsche/sächsische Bauwirt-  
 schaft, Übersichtskapitel für internationalen Vergleich denkbar

Dipl.-Ing. Dorn      Wissenschaftliche Betreuerin, Technische Universität Dresden,  
 Institut für Baubetriebswesen, Telefon Nr. +49 351 463-34278,  
 Datum: 19.08.2019, E-Mail-Korrespondenz.

Gegenstand:

Übersendung und Entgegennahme der Aufgabenstellung.

Dipl.-Ing. Dorn      Wissenschaftliche Betreuerin, Technische Universität Dresden,  
 Institut für Baubetriebswesen, Telefon Nr. +49 351 463-34278,  
 Datum: 09.01.2020, E-Mail-Korrespondenz.

Gegenstand:

Gegenwärtiger Stand der Bearbeitung

Fokussierung der Arbeit auf bauspezifische Aussagen

Umgang mit ungenügender Datenlage

Dipl.-Ing. Dorn      Wissenschaftliche Betreuerin, Technische Universität Dresden,  
 Institut für Baubetriebswesen, Telefon Nr. +49 351 463-34278,  
 Datum: 21.01. und 23.01.2020, E-Mail-Korrespondenz.

Gegenstand:

Fragestellungen zum anforderungsgerechten Zitieren und zur Ver-  
 wendung geschlechtsneutraler Sprache

Absprache zur Abgabe der Arbeit

## Thesen

1. Die Zunahme der globalen Oberflächentemperatur korreliert mit dem anthropogenen Freisetzen von Treibhausgasen wie Kohlenstoffdioxid und ist Initial einer folgenschweren Wirkungskette.
2. Ressourcen, die kostenlos sind oder deren Preis unverhältnismäßig klein ist, werden verschwendet.
3. Eine Internalisierung externer Schadensmechanismen im Sinne einer Einpreisung bisher vergesellschafteter Kosten (Verursacherprinzip) erzwingt einen effizienten und verantwortungsvollen Einsatz von Ressourcen.
4. Das Brennstoffemissionshandelsgesetz im Sachzusammenhang mit dem Klimapaket 2030 der deutschen Bundesregierung ist keine Internalisierungsmaßnahme, da die Zertifikatspreise deutlich unter den Schadenskosten liegen und die Einnahmen nicht unmittelbar in Kompensations-, Präventions- und Anpassungsmaßnahmen investiert oder zur Rücklagenbildung für die Ansprüche folgender Generationen herangezogen werden.
5. Infolge des Brennstoffemissionshandelsgesetzes werden kurzer Transportwege begünstigt, Entwicklungsimpulse für klimafreundliche Baumaschinen gesetzt, Stromkosten durch die Reduzierung der EEG-Umlage sinken und die Nachfrage nach energetischen Gebäudeertüchtigungen steigen. Die Auswirkungen auf die Baukonjunktur insgesamt sind gering.

## Kurzfassung der Projektarbeit

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Schlagworte:             | Treibhausgasbepreisung<br>Nationaler Emissionshandel<br>Internalisierung<br>Bauwirtschaft     |
| Verfasser:               | Markus Peter Taubert  |
| Titel der Projektarbeit: | Auswirkungen einer Treibhausgasbepreisung auf die<br>Bauwirtschaft                            |
| Standorte:               | Technische Universität Dresden<br>Fakultät Bauingenieurwesen<br>Institut für Baubetriebswesen |
| und                      | Technische Universität Wien<br>Fakultät für Bauingenieurwesen                                 |

Bibliographische Angaben: 2020, 31 (49) Seiten, 6 Abbildungen, 6 Tabellen

Motiviert durch die politische Diskussion um die Einführung eines Preises für Kohlenstoffdioxidemissionen in Deutschland im Jahr 2019 untersucht diese Arbeit die Auswirkungen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes auf die Bauwirtschaft. Intensiv wird dafür auf den finanzwissenschaftlichen Begriff der Internalisierung eingegangen. Das Umlegen von Schäden, in diesem Fall von Klimawandelfolgen, auf die Verursacher, führt demnach zu einem effizienten Umgang mit Ressourcen.

Dieser Ansatz wirft Fragen nach der Höhe der Schäden sowie der politischen Umsetzbarkeit einer Internalisierung auf. Im Ergebnis der Beantwortung dieser Fragen werden im Zusammenhang mit der Bauwerkserstellung stehende Treibhausgasquellen identifiziert und anhand zweier Szenarien monetär bewertet. Während das erste Szenario möglichst nah am BEHG bleibt, stellt das Referenzszenario eine Sensitivitätsanalyse mit einem Kostensatz dar, der sich am tatsächlichen Schadensvolumen orientiert.

Anhand dieser Untersuchungen werden abschließend Auswirkungen auf die Bauwirtschaft abgeleitet. So steigen die Baupreise um etwa 0,5 % infolge des BEHG. Die Treibhausgasbepreisung schafft jedoch für Eigentümerinnen und Eigentümer Anreize, in die energetische Ertüchtigung ihrer Bauwerke zu investieren. Zudem wird eine zusätzliche Wettbewerbsmöglichkeit für Bauunternehmen implementiert, da sich energieeffiziente Bauprozessgestaltung finanziell lohnt.

## Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Globale Erwärmungspotenziale und Preisentwicklungen infolge Treibhausgasbepreisung nach Szenarien für ausgewählte Baustoffe.
- Anlage 2 Globale Erwärmungspotenziale und Kostensätze fossiler Brennstoffe sowie absolute und relative Kostenentwicklung durch eine Treibhausgasbepreisung nach Szenarien.

## Erklärung zur selbstständigen Anfertigung der Projektarbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und ist auch noch nicht veröffentlicht worden.

Wien, der 27. Januar 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Taubert', with a horizontal line above the letters.

Markus Peter Taubert



**Anhang 1: Globale Erwärmungspotenziale und Preisentwicklungen infolge Treibhausgasbepreisung nach Szenarien für ausgewählte Baustoffe.**

**im Rahmen der Projektarbeit**

**Auswirkungen einer Treibhausgasbepreisung  
auf die Bauwirtschaft**

Projektarbeit

Markus Peter Taubert

Matrikelnummer: 4508819

Wien, der 27. Januar 2020

|                        | Baustoff                           | GWP in t <sub>CO2</sub> /t | Marktpreis in €/t | Preisquelle               | Preisentwicklung Szenario 1 |              | Preisentwicklung Szenario 2 |              |
|------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
|                        |                                    |                            |                   |                           | absolut in €/t              | relativ in % | absolut in €/t              | relativ in % |
| Mineralische Baustoffe | Ziegel                             | 0,241                      | 113,00            | Plümecke, 2017, S. 166    | EU-ETS                      | 0,0          | 156,34                      | 138,4        |
|                        | Kalksandstein                      | 0,136                      | 102,00            | Plümecke, 2017, S. 252    |                             | 3,40         | 91,66                       | 89,9         |
|                        | Naturstein (Marmor)                | 0,028                      | 621,00            | CES Edupack (2014)        |                             | 0,69         | 18,61                       | 3,0          |
|                        | Sand/Kies                          | 0,003                      | 9,80              | Plümecke, 2017, S. 275    |                             | 0,07         | 1,85                        | 18,8         |
|                        | Zement deutscher Durchschnitt      | 0,587                      | 94,30             | CES Edupack (2014)        | EU-ETS                      | 0,0          | 381,55                      | 404,6        |
|                        | Kalziumhydroxid, trocken, gelöscht | 1,096                      | 950,00            | Plümecke, 2017, S. 514    | EU-ETS                      | 0,0          | 712,40                      | 75,0         |
|                        | Gips                               | 0,090                      | 490,00            | EU-Baustoffhandel (2020)  | EU-ETS                      | 0,0          | 58,80                       | 12,0         |
| Dämmstoffe             | Expandiertes Polystyrol (EPS)      | 2,621                      | 5.374,45          | EU-Baustoffhandel (2020)  | EU-ETS                      | 0,0          | 1.703,75                    | 31,7         |
|                        | Extrudiertes Polystyrol (XPS)      | 2,894                      | 4.979,17          | EU-Baustoffhandel (2020)  | EU-ETS                      | 0,0          | 1.881,14                    | 37,8         |
|                        | Mineralwolle                       | 1,513                      | 1.259,82          | EU-Baustoffhandel (2020)  | EU-ETS                      | 0,0          | 983,22                      | 78,0         |
|                        | Steinwolle                         | 1,269                      | 2.114,58          | EU-Baustoffhandel (2020)  | EU-ETS                      | 0,0          | 824,69                      | 39,0         |
|                        | Holzwole                           | -0,084                     | 1.831,48          | baustoffshop.de (2020)    |                             | 33,63        | -56,49                      | -3,1         |
|                        | Zellulose                          | -1,652                     | 1.000,00          | baustoffshop.de (2020)    | EU-ETS                      | 0,0          | -1.073,51                   | -107,4       |
| Holz, Holzwerkstoffe   | Konstruktionsvollholz              | -1,429                     | 476,67            | Plümecke, 2017, S. 186    |                             | 0,00         | -963,27                     | -202,1       |
|                        | Brettschichtholz                   | -1,147                     | 1.577,57          | Lechner (2019)            |                             | 7,05         | -773,29                     | -49,0        |
|                        | Funierschichtholz                  | -1,006                     | 3.865,15          | holzhandel-deutschland.de |                             | 10,57        | -678,20                     | -17,5        |
|                        | Brettsperrholz                     | -1,294                     | 2.873,36          | Wenisch (2018)            |                             | 3,37         | -872,30                     | -30,4        |
|                        | OSB-Platte                         | -0,968                     | 530,00            | EU-Baustoffhandel (2020)  |                             | 11,53        | -652,32                     | -123,1       |
| Metalle                | Bewehrungsstahl                    | 0,690                      | 655,00            | CES Edupack (2014)        | EU-ETS                      | 0,0          | 448,76                      | 68,5         |
|                        | Aluminium                          | 10,640                     | 1.850,00          | CES Edupack (2014)        | EU-ETS                      | 0,0          | 6.916,00                    | 373,8        |
|                        | Kupfer                             | 1,970                      | 5.315,00          | CES Edupack (2014)        | EU-ETS                      | 0,0          | 1.280,50                    | 24,1         |
|                        | Zinkblech                          | 1,710                      | 2.015,00          | CES Edupack (2014)        | EU-ETS                      | 0,0          | 1.111,50                    | 55,2         |
| Glas                   | Floatglas                          | 0,971                      | 5.138,00          | glass-point.com (2020)    | EU-ETS                      | 0,0          | 631,15                      | 12,3         |
|                        | Einscheibensicherheitsglas         | 1,384                      | 5.701,00          | glass-point.com (2020)    |                             | 10,33        | 932,82                      | 16,4         |
|                        | Verbundsicherheitsglas             | 3,172                      | 6.542,01          | glass-point.com (2020)    |                             | 44,70        | 2.137,93                    | 32,7         |

Zellenfärbungen entsprechend der Preisanstiege:

|                 |
|-----------------|
| ≤ 5 %           |
| > 5 %; ≤ 25 %   |
| > 25 %; ≤ 100 % |
| > 100 %         |

EU-ETS ≙ unterliegt europäischem Emissionshandel

Tabelle 1: Globale Erwärmungspotenziale nach ÖKOBAUDAT und Preisentwicklungen infolge Treibhausgasbepreisung nach Szenarien für ausgewählte Baustoffe.

## Quellenangaben

- baustoffshop.de (2020) NA-LOG, 2020. Dämmstoffe [online]. Scheeßel: NA-LOG GmbH, 2020 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: <https://www.baustoffshop.de/daemmstoffe.html>
- BBSR (2019) Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung 2019: ÖKOBAUDAT. Informationsportal nachhaltiges Bauen (Datenbank). Berlin. <https://www.oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat.html>, 21.01.2020.
- Wenisch (2018) WENISCH, Ferdinand, 2018. Brettsperrholzplatte Neu Top Platte Zuschnitt Mehrschichtplatte 80mm [online]. Bruck: Wenicch GmbH, November 2018 [Zugriff am 14.01.2020]. Verfügbar unter: <https://www.ebay.at/itm/Brettsperrholzplatte-Neu-Top-Platte-Zuschnitt-Mehrschichtplatte-80mm-/322165851691>
- CES Edupack (2014) GRANTA MATERIAL INTELLIGENCE, 2014. CES EduPack [Onlinedatenbank]. Cambridge: Granta Design Limited, 2014 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: [http://rzblx10.uni-regensburg.de.wwwdb.dbod.de/dbinfo/detail.php?bib\\_id=slub&colors=&ocolors=&lett=fs&tid=0&titel\\_id=101196](http://rzblx10.uni-regensburg.de.wwwdb.dbod.de/dbinfo/detail.php?bib_id=slub&colors=&ocolors=&lett=fs&tid=0&titel_id=101196)
- EU-Baustoffhandel (2020) WIRBAU, 2020. Mineralische Dämmung online kaufen [online]. Aktuelle Preise für Steinwolle und Glaswolle. Berlin: WIRBAU GmbH, 2020 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: <https://www.eu-baustoffhandel.de/daemmstoffe-daemmung-isolation/uebersicht-glaswolle-und-steinwolle>
- glass-point.com (2020) GBZ ROTHE & ROTHE, 2020. Eckige Glasscheiben konfigurieren [online]. Arnstadt: GBZ Rothe & Rothe OHG, 2020 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: <https://www.glass-point.com/de/Glaskonfigurator/Modell-Rechteck-Klarglas-Floatglas-klar/>
- holzhandel-deutschland.de (2020) KAHRS, 2020. Multiplexplatten [online]. Bremen: Kahrs GmbH, 2020 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: <https://holzhandel-deutschland.de/multiplexplatten-c999390?p=1>
- Lechner (2019) SÄGE- UND HOBELWERK LECHNER, 2019. Preisliste 2019/20 [online]. Privatkunden. Achenmühle: Säge- und Hobelwerk Lechner GmbH und Co. KG, 2019 [Zugriff am 14.01.2020]. Verfügbar unter: [https://www.holzmarkt-lechner.de/index\\_htm\\_files/Gesamtpreisliste\\_P.pdf](https://www.holzmarkt-lechner.de/index_htm_files/Gesamtpreisliste_P.pdf)
- Plümecke (2017) PLÜMECKE, Karl und andere, 2017. Preisermittlung für Bauarbeiten. 28., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Köln: Rudolf Müller. ISBN 978-3-481-03247-0



**Anhang 2: Globale Erwärmungspotenziale und Kostensätze  
fossiler Brennstoffe sowie absolute und relative Kos-  
tenentwicklung durch eine Treibhausgasbepreisung  
nach Szenarien.**

**im Rahmen der Projektarbeit**

**Auswirkungen einer Treibhausgasbepreisung  
auf die Bauwirtschaft**

Projektarbeit

Markus Peter Taubert

Matrikelnummer: 4508819

Wien, der 27. Januar 2020

| Brennstoff | GWP in kg <sub>CO2</sub> /100kWh | Quelle GWP-Daten    | Preis in €/100kWh | Preisquelle                 | Preisentwicklung Szenario 1 |              | Preisentwicklung Szenario 2 |              |
|------------|----------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
|            |                                  |                     |                   |                             | absolut in €/100kWh         | relativ in % | absolut in €/100kWh         | relativ in % |
| Heizöl     | 31,9                             | co2online.de (2020) | 6,80              | co2online.de (2020)         | 0,80                        | 11,7         | 21,50                       | 316,2        |
| Flüssiggas | 27,7                             | co2online.de (2020) | 9,00              | brennstoffboerse.de (2020)  | 0,69                        | 7,7          | 18,67                       | 207,4        |
| Erdgas     | 25,0                             | co2online.de (2020) | 5,90              | co2online.de (2020)         | 0,63                        | 10,6         | 16,85                       | 285,6        |
| Kohle      | 67,9                             | co2online.de (2020) | 8,77              | brennstoffe.kaufen (2020)   | 1,70                        | 19,4         | 45,76                       | 521,8        |
| Benzin     | 27,3                             | Isermann (2010)     | 16,82             | spritpreismonitor.de (2020) | 0,68                        | 4,1          | 18,40                       | 109,4        |
| Diesel     | 27,3                             | Isermann (2010)     | 13,40             | spritpreismonitor.de (2020) | 0,68                        | 5,1          | 18,40                       | 137,3        |

Zellenfärbungen entsprechend der Preisanstiege:

|                 |
|-----------------|
| ≤ 5 %           |
| > 5 %; ≤ 25 %   |
| > 25 %; ≤ 100 % |
| > 100 %         |

**Tabelle 1: Globale Erwärmungspotenziale und Kostensätze fossiler Brennstoffe sowie absolute und relative Kostenentwicklung durch eine Treibhausgasbepreisung nach Szenarien.**

### Quellenangaben

- brennstoffboerse.de (2020) WINZER, Christian, 2020. Flüssiggas bestellen [online]. Halle: atrego GmbH, Januar 2020 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: [https://brennstoffboerse.de/fluessiggas/fluessiggas-kaufen.html?cs\\_pgewashop\\_pg\\_id=11](https://brennstoffboerse.de/fluessiggas/fluessiggas-kaufen.html?cs_pgewashop_pg_id=11)
- brennstoffe.kaufen (2020) MIHAJLOVIC, Alexander, 2020. Kohlebriketts kaufen mit Lieferung [online]. Wien: LL Products and Services e.U. [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: <https://www.brennstoffe.kaufen/braunkohlebriketts/>
- co2online.de (2020) CO2ONLINE, 2020. Brennstoffe und Energieträger [online]. Wichtige Fragen und direkter Vergleich. Berlin: co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft, Oktober 2019 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/brennstoffe-energietraeger-im-vergleich/>
- Isermann (2010) ISERMANN, Rolf, Hrsg., 2010. Elektronisches Management motorischer Fahrzeugantriebe: Elektronik, Modellbildung, Regelung und Diagnose für Verbrennungsmotoren, Getriebe und Elektroantriebe. Wiesbaden: Vieweg+Teubner. ISBN 978-3-8348-0855-4
- spritpreismonitor.de (2020) BUNDESANZEIGER VERLAG, 2020. Spritpreismonitor [online]. Einfach billig tanken. Köln: Bundesanzeiger Verlag, 12.01.2020 [Zugriff am 13.01.2020]. Verfügbar unter: [https://www.spritpreismonitor.de/suche/?tx\\_spritpreismonitor\\_pi1%5BsearchRequest%5D%5BplzOrtGeo%5D=01309&tx\\_spritpreismonitor\\_pi1%5BsearchRequest%5D%5Bumkreis%5D=5&tx\\_spritpreismonitor\\_pi1%5BsearchRequest%5D%5Bkraftstoffart%5D=diesel&tx\\_spritpreismonitor\\_pi1%5BsearchRequest%5D%5Btankstellenbetreiber%5D=](https://www.spritpreismonitor.de/suche/?tx_spritpreismonitor_pi1%5BsearchRequest%5D%5BplzOrtGeo%5D=01309&tx_spritpreismonitor_pi1%5BsearchRequest%5D%5Bumkreis%5D=5&tx_spritpreismonitor_pi1%5BsearchRequest%5D%5Bkraftstoffart%5D=diesel&tx_spritpreismonitor_pi1%5BsearchRequest%5D%5Btankstellenbetreiber%5D=)