



Stiftungslehrstuhl
Ökonomie und Ökologie
des Wohnungsbaus

Diplomarbeit

Der Beitrag der Bau- und Immobilienbranche am Treibhauseffekt sowie Potenziale und Strategien zu seiner Minderung

zur Erlangung des Grades

Diplom-Wirtschaftsingenieur

Karlsruhe, 30. November 2011

Vorgelegt von

Rebekka Volk

Betreuer

Prof. Dr. Thomas Lützkendorf

Dipl.-Ing. Matthias Unholzer

Karlsruher Institut für Technologie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungen	VI
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehen	2
1.3 Abgrenzung	3
2 Wechselwirkungen zwischen Mensch, Umwelt und Klima	4
2.1 Einführung	4
2.2 Tragfähigkeit der Erde, Nachhaltigkeit und Nachhaltige Entwicklung	4
2.3 Schutzgüter und Schutzziele.....	5
2.4 Die Klimadebatte und internationale Abkommen.....	6
2.5 Fazit.....	10
3 Methoden und Instrumente zur Quantifizierung von Umwelt- und Klimaaspekten	12
3.1 Einführung	12
3.2 Instrumente mit nationalem Bezug	12
3.2.1 Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR)	12
3.2.2 Input-Output-Rechnung	13
3.2.3 Treibhausgasinventar (GHG Inventory)	14
3.2.4 GHG Profile	14
3.2.5 Nationale Nachhaltigkeitsberichte.....	14
3.3 Instrumente mit nicht-nationalem Bezug	15
3.3.1 Umweltmanagementsysteme (UMS)	15
3.3.2 Ökobilanz	16
3.3.3 Embodied Energy	19
3.3.4 Embodied Emissions und Embodied CO ₂ , Emissionsintensität.....	21
3.3.5 Nachhaltigkeitsbewertungssysteme (Zertifizierungen)	28
3.3.6 Umweltkennzeichnungen.....	29
3.3.7 Common Carbon Metric.....	31
3.3.8 GHG Protocol	32
3.3.9 Benchmarks von CO ₂ -Emissionen und CO ₂ -Rechner	33
3.3.10 The Sustainable Buildings Index (SB Index)	34
3.4 Typologisierung der Instrumente.....	34
3.5 Fazit.....	38

4	Analyse der baubezogenen Treibhausgasemissionen.....	41
4.1	Einführung	41
4.2	Allgemeine Datenerhebung und Systemgrenzen	42
4.3	Top Down-Analyse.....	44
4.3.1	Ziel und Untersuchungsrahmen.....	44
4.3.2	Methodische Vorgehensweise	46
4.3.3	Abgrenzung der Baubranche.....	46
4.3.4	Datenanalyse	49
4.3.5	Ergebnisse der Analyse.....	52
4.3.6	Fazit und Diskussion	58
4.4	Bottom Up-Analyse	60
4.4.1	Ziel und Untersuchungsrahmen.....	60
4.4.2	Methodische Vorgehensweise	61
4.4.3	Datenanalyse	62
4.4.4	Ergebnisse der Analyse.....	64
4.4.5	Exkurs: Holz - ein klimaneutraler Baustoff?	70
4.4.6	Fazit und Diskussion	72
4.5	Zusammenführung Top Down- und Bottom Up-Ansatz	73
4.6	Identifikation der Minderungspotentiale von klimarelevanten Gasen in der Baubranche.....	77
4.7	Weitere Entwicklung und Trends.....	81
4.8	Fazit.....	83
5	Akteure und Minderungsstrategien in der Baubranche	85
5.1	Einführung	85
5.2	Akteure der politischen Ökonomie	85
5.3	Handlungsansätze und Minderungsstrategien von Treibhausgasen	89
5.3.1	Bisherige Ansätze in Deutschland und Europa	89
5.3.2	Problematiken	92
5.3.3	Lösungsansätze	93
5.3.4	Umsetzbare Treibhausgasminderung	98
5.4	Fazit.....	99
6	Zusammenfassung und Ausblick	101
6.1	Resümee und Schlussfolgerung	101
6.2	Kritische Würdigung.....	105
6.3	Ausblick	105
	Literatur	108
	Anhang	126

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 2-1: Treibhausgasemissionen nach den SRES-Szenarien des IPCC (links) und kontinentale Temperaturänderungen seit 1900 (rechts)</i>	<i>6</i>
<i>Abbildung 2-2: Absolute Treibhausgasemissionen (1000 t CO₂e per grid cell) und Treibhausgasemissionen pro Kopf (t CO₂e/capita) weltweit in 2005</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 2-3: Emissionsminderungslücken hinsichtlich des Kyotoziels in den Staaten der EU</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 2-4: Ebenen der Nachhaltigen Entwicklung</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 3-1: Zusammenhänge zwischen den vier Bestandteilen einer Ökobilanz</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 3-2: Indikatoren der Ökobilanz</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 3-3: Modell zur Ermittlung von Embodied Energy von Produkten (EPE) in der Produktion</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 3-4: Typische Verteilung der operationalen (blau) und verkörperten (rot) CO₂-Emissionen in einem Londoner Bürogebäude (links) und anderen Gebäudetypen</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 3-5: DPSIR-Kategorisierung von Indikatoren und ihre gegenseitigen Einflüsse</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 3-6: Landkarte der ökologischen Instrumente nach räumlichem Bezug</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 4-1: Globale Verflechtung von Energie und Treibhausgasemissionen - Fließdiagramm mit Gesamtemissionen von 41,76 Gt CO₂e (in 2000)</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 4-2: Level der Ermittlungstiefe von Energien und Emissionen entlang der Wertschöpfungskette</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 4-3: Weltweite Treibhausgasemissionen nach Wirtschaftszweigen und Quellkategorien</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 4-4: CO₂ aus Gebäudenutzung mit geschätzten Gesamtemissionen von 6,4 Gt CO₂</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 4-5: Sektorale Unterteilung der Baubranche</i>	<i>47</i>
<i>Abbildung 4-6: Einteilung der Abschätzungsszenarien der Top Down-Analyse</i>	<i>48</i>
<i>Abbildung 4-7: Internationale Gliederung statistischer Daten</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 4-8: Top-Down-Abschätzung der Treibhausgasemissionen der Baubranche in Mt CO₂e (in 2008)</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 4-9: Spannweiten der jährlichen Treibhausgasemissionen der Baubranche nach Top Down-Abschätzungen (in 2008)</i>	<i>55</i>

<i>Abbildung 4-10: Anteilige Top-Down-Abschätzung der Treibhausgasemissionen der Baubranche in Mt CO₂e (in 2008)</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 4-11: Prozentuale Anteile statistisch erfasster Wirtschaftszweige an der Baubranche</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 4-12: Schematische Darstellung des Lebenszyklus eines Gebäudes</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 4-13: Lebenszyklus mit Baustoff- und Bauproduktherstellung (links) und Rückbau bzw. Wiederverwendung (rechts).....</i>	<i>61</i>
<i>Abbildung 4-14: GWP-Intensitäten verschiedener Baumaterialien und Bauprodukte</i>	<i>65</i>
<i>Abbildung 4-15: Bottom Up-Abschätzung des GWP der Bauindustrie für unterschiedliche Annahmen (in 2008-2010).....</i>	<i>67</i>
<i>Abbildung 4-16: Prozentuale Veränderungen im Primärenergieeinsatz und im Treibhausgaspotential (in 2008-2010).....</i>	<i>68</i>
<i>Abbildung 4-17: Prozentuale Anteile der fossilen (blau) und regenerativen (orange) Energieträger je Baustoff bzw. Bauprodukt (links) und im Kreisdiagramm die durchschnittlichen Anteile in der gesamten Bauindustrie (rechts)</i>	<i>69</i>
<i>Abbildung 4-18: Abschätzung des Treibhausgas-Minderungspotentials auf Basis der Bottom Up-Analyse.....</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 4-19: GWP je kg Holz, Holzwerkstoff oder Lacksystem mit und ohne End-of-Life-Betrachtung (ohne expandierten Kork)</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 4-20: Aufteilung der Treibhausgasemissionen der deutschen Baubranche nach Bedürfnisfeldern und Sektoren (nach anteiliger Top Down-Abschätzung) in Mt CO₂e (in 2008).....</i>	<i>73</i>
<i>Abbildung 4-21: Flussdiagramm der Treibhausgasemissionen in der Baubranche inkl. aller Industrien und Dienstleistungen in Deutschland aus anteiliger Top Down-Abschätzung.....</i>	<i>75</i>
<i>Abbildung 4-22: Überblick über die unterschiedlichen Quellen von Treibhausgasen und ihrer prozentualen Datengliederungen für 2008.....</i>	<i>76</i>
<i>Abbildung 4-23: Vermeidungskostenkurven für den Gebäudesektor (oben) und für den Industriesektor (unten) in Deutschland bis 2020</i>	<i>78</i>
<i>Abbildung 4-24: SC Johnson-Matrix zur Bewertung von Treibhausgas-Minderungspotentialen entlang der Wertschöpfungskette</i>	<i>79</i>
<i>Abbildung 4-25: Weltweites wirtschaftliches Treibhausgas-Minderungspotenzial nach Sektoren</i>	<i>80</i>
<i>Abbildung 4-26: CO₂-Emissionsintensität nach Produktionsbereichen in kg CO₂ je Euro Bruttowertschöpfung.....</i>	<i>81</i>

<i>Abbildung 4-27: Projektion "Stand der Technik" für die sektoralen Treibhausgasemissionen in Deutschland in Mt CO₂e</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 5-1: Akteure der politischen Ökonomie</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 5-2: Wesentliche politische und gesellschaftliche Akteure der politischen Ökonomie in der Baubranche</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 5-3: Strukturelle Sektoranalyse hinsichtlich möglicher Minderungsstrategien</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 5-4: Überblick über bestehende und denkbare(*) Instrumente zur Treibhausgasminderung im Baubereich</i>	<i>91</i>
Anhang	
<i>Abbildung 0-1: Entwicklung und Kyoto-Minderungsziel der Treibhausgasemissionen in Deutschland aufgeteilt nach Sektoren</i>	<i>126</i>
<i>Abbildung 0-2: Anteile der Quellkategorien an Treibhausgas nach IPCC-Reporting und die Entwicklung der Treibhausgas seit 1990 (in CO₂e)</i>	<i>127</i>
<i>Abbildung 0-3: Einordnung der baubezogenen Instrumente nach zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen sowie nach DPSIR-Ansatz</i>	<i>128</i>
<i>Abbildung 0-4: Überblick über die unterschiedlichen Quellen von Treibhausgasen und ihrer prozentualen Datengliederungen für 2008</i>	<i>129</i>
<i>Abbildung 0-5: Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) - Gliederung des Baugewerbes (Abschnitt F)</i>	<i>130</i>
<i>Abbildung 0-6: Einteilung der Branchen in 17 Industrien nach SIC-Codes von Kenneth French</i>	<i>131</i>

Abkürzungen

Annex I Parties	Australia, Austria, Belarus, Belgium, Bulgaria, Canada, Croatia, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Portugal, Romania, Russian Federation, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, Ukraine, United Kingdom, United States of America
AR4	Vierter Sachstandsbericht (Fourth Assessment Report) des IPCC
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
BEA	Building Environmental Assessment
BEC	Broad Economic Categories (Systematik der Güter nach großen Wirtschaftskategorien) der UN
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BRE	Building Research Establishment
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CDIAC	Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A
CDM	Clean Development Mechanism (entspricht: Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung)
CEN	European Committee of Standardization
CF	Carbon Footprint
CFCs	Chlorofluorocarbons (entspricht: FCKW)
CFP	Siehe PCF
CHP	Combined Heat and Power Plant
CN	Combined Nomenclature – European Classification of Goods
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO _{2e}	CO ₂ equivalent (entspricht: Kohlenstoffdioxid-Äquivalent CO ₂ äquiv.)
COP	Conference of the parties (entspricht: Vertragsstaatenkonferenz des Kyoto-Protokolls)
CPA	European Classification of Products by Activity (entspricht: Statistische Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Gemeinschaft)
CPC	Central Product Classification der UN
DECs	Display Energy Certificates
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DG CLIMA	EU Directorate-General for Climate Action

DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (entspricht: German Sustainable Building Council) und Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen
ECO ₂	Embodied CO ₂
EE	Embodied Energy (entspricht: Graue Energie)
EEA	European Environment Agency (entspricht: Europäischer Umweltagentur)
EIA	U.S. Energy Information Administration
EITs	Economies in Transition (Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia & Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Estonia, Georgia, Hungary, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Macedonia FYR, Moldova, Poland, Romania, Russian Federation, Serbia & Montenegro, Slovakia, Slovenia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan)
EOL	End-of-Life
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
EPCs	Energy Performance Certificates for properties
EPE	Embodied Product Energy
EPER	European Pollutant Emission Register
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
EPD	Environmental Product Declaration
ETS	Siehe EU ETS
EUA	Europäische Umweltagentur
EU ETS	European Union Greenhouse Gas Emission Trading Scheme (entspricht: Emissionshandelssystem, handelbare Nutzungsrechte)
EUROSTAT	Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
FSC	Forest Stewardship Council
GDP	Gross Domestic Product
GHG	Greenhouse Gas (entspricht: Treibhausgas)
GP	Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken
GRI	Global Reporting Initiative
GWP	Global Warming Potential (entspricht: Treibhausgas-Potential)
HFCKW	Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe
HS	Harmonisiertes System zur Bezeichnung und Codierung der Waren der Weltzollorganisation
IEA	International Energy Agency
IEC	International EPD Consortium
ILCD	International Reference Life Cycle Data System
IPCC	Intergouvernemental Panel on Climate Change entspricht: Zwischenstaatliche Sachverständigengruppe für Klimaänderungen)

ISIC	International Standard Industrial Classification of all Economic Activities der UN
JI	Joint Implementation
JRC	Joint Research Centre
JRC-IES	EU Commission's Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
LCA	Life Cycle Assessment (entspricht: Ökobilanz)
LCC	Life Cycle Costing (entspricht: Lebenszykluskostenrechnung)
LCIA	Life Cycle Impact Assessment (entspricht: Wirkungsabschätzung bspw. in der Ökobilanz)
LCSA	Life Cycle Sustainability Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LUCF	Siehe LULUCF
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry (entspricht: Änderung der Landnutzung) (auch LUCF)
NACE	Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne (entspricht: Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft)
NZEB	Net Zero Energy Building
Non-Annex I Parties	Afghanistan, Albania, Algeria, Angola, Antigua & Barbuda, Argentina, Armenia, Azerbaijan, Bahamas, Bahrain, Bangladesh, Barbados, Belize, Benin, Bhutan, Bolivia, Bosnia & Herzegovina, Botswana, Brazil, Burkina Faso, Burundi, Cambodia, Cameroon, Cape Verde, Central African Republic, Chad, Chile, China, Colombia, Comoros, Congo, Congo Dem. Republic, Cook Islands, Costa Rica, Cote d'Ivoire, Cuba, Cyprus, Djibouti, Dominica, Dominican Republic, Ecuador, Egypt, El Salvador, Equatorial Guinea, Eritrea, Ethiopia, Fiji, Gabon, Gambia, Georgia, Ghana, Grenada, Guatemala, Guinea, Guinea-Bissau, Guyana, Haiti, Honduras, India, Indonesia, Iran, Israel, Jamaica, Jordan, Kazakhstan, Kenya, Kiribati, Korea (North & South), Kuwait, Kyrgyzstan, Laos, Lebanon, Lesotho, Liberia, Libya, Macedonia FYR, Madagascar, Malawi, Malaysia, Maldives, Mali, Mauritania, Mauritius, Mexico, Moldova, Mongolia, Morocco, Mozambique, Myanmar, Namibia, Nauru, Nepal, Nicaragua, Niger, Nigeria, Niue, Oman, Pakistan, Palau, Panama, Papua New Guinea, Paraguay, Peru, Philippines, Qatar, Rwanda, Saint Kitts & Nevis, Saint Lucia, Saint Vincent & Grenadines, Samoa, Sao Tome & Principe, Saudi Arabia, Senegal, Serbia & Montenegro, Seychelles, Sierra Leone, Singapore, Solomon Islands, South Africa, Sri Lanka, Sudan, Suriname, Swaziland, Syria, Tajikistan, Tanzania, Thailand, Togo, Tonga, Trinidad & Tobago, Tunisia, Turkmenistan, Uganda, United Arab Emirates, Uruguay, Uzbekistan, Vanuatu, Venezuela, Vietnam, Yemen, Zambia, Zimbabwe
PAM	Climate Change Policies and Measures in Europe
PAS	Publicly Available Specification (entspricht: Britischem Standard)
PCF	Product Carbon Footprint
PEB	Positive Energy Building
pP	pro Person (per person) bzw. pro Kopf
PRODCOM	Classification of goods used for statistics on industrial production in the EU (entspricht: Produktionsdatenbank)

PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
SEEA	<i>System of Integrated Environmental-Economic Accounting</i>
SITC	Standard International Trade Classification (entspricht: Internationales <i>Warenverzeichnis</i> für den Außenhandel) der UN
SLCA	Social Life Cycle Assessment (entspricht: produktbezogener Sozialbilanz)
SOER	The European environment state and outlook
TEHG	Deutsches Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
THG	Treibhausgas
TPES	Total Primary Energy Supply
UAP	Umweltaktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnungen
UMS	Umweltmanagementsystem
UNEP	United Nations Environment Programme
UNEP SBCI	United Nations Environment Programme – Sustainable Buildings and Climate Initiative
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (entspricht: UN-Grundlagen-Konventionen zum Klimawechsel resp. Klimarahmenkonvention)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WMO	World Meteorological Organization (entspricht: Weltorganisation für Meteorologie)
WRI	World Resources Institute
ZEB	Zero-Energy-Building

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Problemstellung

„Der Übergang zu einer ‚Low Carbon Economy‘ ist eine – wenn nicht die – entscheidende Herausforderung des 21sten Jahrhunderts.“¹

Nachhaltiges und klimaneutrales Handeln ist eines der relevantesten Themen des 21. Jahrhunderts und wird von der internationalen Gemeinschaft als wichtige Größe angesehen, um globale und nationale Herausforderungen vor allem im Bereich des Klimaschutzes zu meistern. Von allen Bereichen der Gesellschaft kommt dabei dem Baubereich das größte Potential zu, Einfluss auf die CO₂- und Treibhausgasemissionen zu nehmen. Weltweit benötigen Gebäude rund 40% der jährlichen globalen direkten und indirekten Energieströme und emittieren dabei in der EU etwa 36% der CO₂-Emissionen.² Es wird geschätzt, dass bei optimaler Umsetzung der klimarelevanten Minderungspotentiale in den nächsten 40 Jahren 30-50% der Treibhausgasemissionen verringert werden können.³ Da die Baubranche einen erheblichen Anteil an Wirtschaft⁴, Energieverbrauch und Emissionstätigkeit hat, ist es erforderlich, dass im Rahmen von Minderungsanstrengungen und Burden Sharing europäischer Nationen die sektoralen Emissionen detailliert quantifiziert und daraus Reduktionsstrategien entworfen werden.

Obwohl in den letzten Jahren das Umweltbewusstsein drastisch gestiegen ist, nationale und internationale Klimaziele formuliert wurden, die Wechselwirkungen zwischen humaner Aktivität und Klima stärker zutage treten und zunehmend in Wissenschaft und Medien präsent sind, ist für die Baubranche kein konkreter nationaler Plan erkennbar, wie in den kommenden Jahren die klimarelevanten Gase der Baubranche signifikant vermindert werden könnten. Aktuelle Ansätze fokussieren sich auf die Reduktion der energiebedingten Treibhausgase während der Gebäudenutzung. Auch in der Praxis werden weitgehend Maßnahmen zur Minderung des Energiebedarfs in der Gebäudenutzungsphase ergriffen, die zwar auch einen Treibhausgasminderungseffekt haben, jedoch nicht ganzheitlich über den gesamten Lebenszyklus hinweg die Klimateffizienz von Gebäuden adressieren.

Jedoch erkannten schon in Jahr 1999 Kohler et al. (1999), dass neben der energetischen Optimierung und Treibhausgas-Minimierung in der Gebäudenutzungsphase auch die anderen Lebenszyklusphasen in der Betrachtung berücksichtigt werden sollten.⁵ Denn bei sinkenden Klimabelastungen in der Nutzungsphase von Bauwerken, steigt die Relevanz der indirekten Emissionen durch die Herstellung und das Recycling

1 Stichnothe (2009), S. 40

2 Vgl. Dixit et al. (2010), S. 1238 und Europäische Kommission (2010)

3 Vgl. Wittstock et al. (2009), S. 8

4 Mit 8% aller deutschen Arbeitsplätze und dem größten volkswirtschaftlichen Anteil von Güterumsätzen und Vorketten macht die Baubranche im weiteren Sinne den größten Anteil der Wirtschaft aus (Vgl. Graubner und Hüske (2003), S. 6).

5 Vgl. Kohler et al. (1999), S. 232

von Baustoffen und Bauprodukten, die bislang häufig unterschätzt wird.⁶ Insgesamt wird das Minderungspotential, das von der Baubranche ausgeht systematisch unterschätzt, während die Kosten für eine Umstrukturierung hin zu klimaschonenderen Produkten und Prozessen tendenziell überschätzt werden.⁷

Kritiker sehen eine Vielzahl von Problemen und Hemmnissen, die eine Entwicklung in Richtung eines nachhaltigen und insbesondere emissionsarmen Wirtschaftens in der Baubranche beeinträchtigen: hohe Investitionen, eine Vielzahl von Instrumenten zur Quantifizierung von Umwelt- und Klimaeinwirkungen durch Produkte oder Unternehmen, unklar definierte Begrifflichkeiten, sich überschneidende Systemgrenzen und Berechnungsverfahren sowie Schwierigkeiten in der praktischen Umsetzung.

Die größten Herausforderungen für Forschung und Entwicklung stellen jedoch die uneinheitlichen Methoden, die teilweise unzureichende Datenlage und die Umsetzung der Minderungspotentiale dar.

1.2 Zielsetzung und Vorgehen

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die jährlichen Treibhausgasemissionen der deutschen Baubranche im weiteren Sinn abzuschätzen, darauf basierend mögliche Minderungspotentiale auszuweisen und Handlungsstrategien für die beteiligten Akteure aufzuzeigen. Dabei sollen sowohl die direkten als auch die indirekten Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus berücksichtigt und der Beitrag der Baubranche zur Erreichung der nationalen Klimaziele identifiziert werden.

Dazu wird in Kapitel 2 auf die aktuelle Klimlage und die Thematik des nationalen und sektoralen Burden Sharings eingegangen, sowie auf die internationalen, völkerrechtlichen Verpflichtungen Deutschlands, in den kommenden Jahren den nationalen Treibhausgasausstoß zu senken.

Kapitel 3 stellt die theoretischen Grundlagen der lebenszyklusorientierten Quantifizierung von Treibhausgasemissionen dar und ermöglicht einen Überblick über die verwendeten Methoden, die zur Ermittlung von Treibhausgasemissionen in der Baubranche eingesetzt werden. Eine Analyse hinsichtlich der Übereinstimmung von Begrifflichkeiten und Systemgrenzen sowie eine Typologisierung der Instrumente nach unterschiedlichen Zugängen zur Thematik runden dieses Betrachtungsfeld ab.

Das vierte Kapitel behandelt die Quantifizierung der klimarelevanten Emissionen auf Makro- und Mikroebene in verschiedenen Wirtschafts- und Industriezweigen der Baubranche. Dazu werden aus wesentlichen Statistiken und Informationsquellen in diesem Bereich die relevanten volkswirtschaftlichen Daten identifiziert und hinsichtlich ihrer Gliederung und Qualität untersucht. Basierend auf diesen Daten erfolgt eine Abschätzung der Treibhausgasemissionen von Baugewerbe und Immobilienwirtschaft, Bauindustrie, Gebäudebetrieb und Baubranche. Auch auf Mikroebene werden die Ökobilanzdaten von Bauprodukten auf ihre Vollständigkeit und Qualität hin untersucht und

⁶ Vgl. Acquaye et al. (2011), S. 1295

⁷ Vgl. Lützkendorf (2009), S. 67

darauf basierend die aus der Bauindustrie resultierenden klimarelevanten Emissionen ermittelt. Die Zusammenführung dieser beiden Ansätze bekräftigt die Aussage und beschreibt weitere Möglichkeiten der Treibhausgasreduktion neben den energetisch bedingten Minderungspotentialen im Gebäudebetrieb.

Der gesellschaftliche Einfluss von Akteuren wie Bürgern, Interessenverbänden und Regierungen durch ihre Möglichkeiten aktiver Mitgestaltung im Wohnungsbau, Wirtschaftsbau sowie technischer, sozialer und kultureller Infrastruktur hinsichtlich Treibhausgasminderung ist erheblich. Daher werden in Kapitel 5 die einzelnen Akteure in der umweltpolitischen Ökonomie der Baubranche dargestellt und ihre Struktur analysiert. Darüber hinaus werden die aktuellen politischen Strategien und Handlungsoptionen dargestellt und diskutiert sowie mögliche Lösungsansätze erörtert. Eine Umsetzung im Rahmen der politischen Ökonomie und ihrer Akteure wird in Ansätzen skizziert.

1.3 Abgrenzung

Diese Arbeit beschränkt sich auf die Betrachtung und Einordnung von Begriffen, Definitionen und analytischen Methoden im Bereich der Bilanzierung des Treibhausgaspotentials im Bausektor. Eine solche Untersuchung kann allerdings nicht hinreichend die lokale und globale Umweltbeeinflussung von Gebäuden oder der gesamten Baubranche auf die Umwelt beschreiben. Dazu ist die Betrachtung weiterer ökologischer Faktoren und ihrer Wirkbereiche⁸ notwendig und relevant, werden in den Analysen dieser Arbeit jedoch nicht betrachtet. Auch wird nicht weiter auf die ökonomischen und sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit in der Baubranche eingegangen.

Da diese Arbeit die Baubranche behandelt, wird nicht näher auf einzelne Bauformen im Hoch- und Tiefbau sowie in Innenausbau und Einrichtung eingegangen, sondern der Baubereich nach einzelnen Wirtschaftssektoren und Bauproduktkategorien gegliedert. Die Bauaktivitäten sind aus datentechnischen Gründen nicht in Wohnungsbau, Nicht-Wohnungsbau und Industrieanlagen separierbar. Neubau und Instandhaltung lassen sich datenbedingt ebenfalls nicht voneinander trennen.

In dieser Arbeit liegt der Fokus im ökologischen Bereich des Klimaschutzes, auf der Messung von Treibhausgasen und den möglichen Vermeidungsstrategien (mitigation). Ansätze der Anpassung an den Klimawandel (adaptation) werden nicht betrachtet.

⁸ Wie Abiotischer Ressourcenverbrauch, Flächeninanspruchnahme, Versauerungspotential, photochemische Oxidantienbildungspotential, Eutrophierungspotential, Stratosphärische Ozonabbaupotential sowie Human- und Ökotoxizität, Lärm, Strahlung und weitere Emissionen.

2 Wechselwirkungen zwischen Mensch, Umwelt und Klima

2.1 Einführung

Zusehends realisieren die Menschen der Industrienationen, dass ihre Zivilisationen mehr Ressourcen und Energie pro Kopf benötigen als verfügbar ist und mehr Treibhausgase emittieren als dem Ökosystem Erde zuträglich ist. Daher werden diese Einwirkungen auf die Umwelt zunehmend anerkannt, gemessen und wenn möglich gemindert bspw. durch Änderung des Lebensstils oder durch Effizienz-, Suffizienz- oder Konsistenzstrategien.

In diesem Kapitel wird zunächst auf die theoretischen zugrunde liegenden Konzepte der Nachhaltigkeit, die wissenschaftliche Grundlage der Klimaveränderung und die aktuelle Situation von anthropogener Klimaeinwirkung eingegangen, die die Dringlichkeit des Themas für die Baubranchen aller Nationen verdeutlicht.

2.2 Tragfähigkeit der Erde, Nachhaltigkeit und Nachhaltige Entwicklung

Unter dem Konzept der Tragfähigkeit der Erde versteht man ursprünglich die maximale Bevölkerungszahl einer bestimmten Spezies, die eine Bodenfläche (resp. Erde) ernähren kann, ohne ihre Fähigkeit zur Erhaltung der gleichen Spezies in der Zukunft zu gefährden oder zu reduzieren.⁹ Zur besseren Anschaulichkeit des Güter- und Ressourcenverbrauchs sowie der Treibhausgasemissionen bedient man sich oft des Tragfähigkeitskonzepts, um die begrenzte Fähigkeit des Ökosystems Erde deutlich zu machen, natürliche Ressourcen¹⁰ zu liefern und Reststoffe aufzunehmen.¹¹

Dieses Konzept führt direkt zum Begriff der Nachhaltigkeit und damit der Nutzung von knappen Ressourcen im Umfang ihrer Regenerationsfähigkeit, bei der sich der vorhandene Kapitalstock an natürlichen und nicht-natürlichen Ressourcen¹² nicht vermindert. Dabei lassen sich eine ökologische, ökonomische, soziale und kulturelle Dimension der Nachhaltigkeit ausmachen; besser bekannt als das 3-Säulenmodell, welches kulturelle und soziale Komponente zusammenfasst.¹³ Messbar gemacht wird Nachhaltigkeit bis-

⁹ Vgl. Daily und Ehrlich (1992), S. 762

¹⁰ Im engeren Sinne versteht man darunter die abiotischen und biotischen Rohstoffe der Erde sowie das genutzte Land; im weiteren Sinne alle Funktionen des Ökosystems Erde und des Sonnensystems, die vom Menschen genutzt werden können (bspw. Stabilität des Klimas, die Aufnahmefähigkeit für Schadstoffe etc.) (Vgl. Schütz und Bringezu (2008), S. 45f.).

¹¹ Vgl. Arrow et al. (1995), S. 520f.

¹² Unter nicht-natürlichen Ressourcen versteht man Produktionsmöglichkeiten auf Basis von Technologien, Wissen, Politischen Institutionen und immateriellen Gütern, sowie kulturelle und immaterielle Werte (Vgl. König et al. (2009), S. 8).

¹³ Vgl. König et al. (2009), S. 8 weitere Ansätze bei Klöpffer und Grahl (2009), S. 384f.

lang in jeder der drei Säulen durch Ökobilanz (LCA), Lebenszykluskostenrechnung (LCC) und produktbezogene Sozialbilanz (SLCA).¹⁴

Die Brundtland-Kommission definiert Nachhaltige Entwicklung als eine „Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ und inkludiert damit die globale Generationen- und Verteilungsgerechtigkeit.¹⁵ In Deutschland gibt es seit 2002 eine von der Bundesregierung beschlossene Nachhaltigkeitsstrategie, die regelmäßig vom Rat für Nachhaltige Entwicklung auf ihre Ziele, Indikatoren, Zeitpläne und Initiativen überprüft und in Fortschrittsberichten offengelegt wird.¹⁶ Für den kommenden Fortschrittsbericht 2012 fordert der Rat für Nachhaltige Entwicklung eine Priorisierung der Nachhaltigkeitsziele, eine Konkretisierung der Nachhaltigen Entwicklung von Zukunftsmärkten wie dem Nachhaltigen Bauen und die Übernahme von internationaler Verantwortung.¹⁷ Bislang ist eine Priorisierung auf bestimmte Ziele oder Branchen im Entwurf des Berichts jedoch nicht zu erkennen.¹⁸

2.3 Schutzgüter und Schutzziele

Unter Schutzgütern, in Deutschland auf Basis der EU-Richtlinie 85/337/EWG gesetzlich festgelegt, versteht man Menschen, Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft sowie Sachgüter und kulturelles Erbe einschließlich ihrer Wechselwirkungen.¹⁹ Schutzziele werden EU-weit festgelegt und falls politisch gewollt, auf nationaler Ebene verschärft umgesetzt.

Das aktuelle Umweltaktionsprogramm der EU legt für den Zeitraum von 2002-2012 die prioritären Themen und Ziele sowie konkrete Maßnahmen für alle Mitgliedsstaaten fest. Als zentrale politische Priorität wird die Bekämpfung der Klimaveränderung eingestuft, aber auch der Schutz der Biodiversität, der menschlichen Gesundheit und der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen und Rohstoffen.²⁰

¹⁴ Diese drei Elemente könnten auch zu einem ganzheitlichen Werkzeug der Nachhaltigkeitsbewertung, dem Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA), zusammengefasst werden (Vgl. Feifel et al. (2010), S. 51, Klöpffer und Grahl (2009), S. 386–395).

¹⁵ Brundtland et al. (1987), S. 51, Absatz 49

¹⁶ Die Nachhaltigkeitsstrategie basiert auf den Managementregeln der Nachhaltigkeit und auf 35 Indikatoren, die die aktuelle Entwicklung der Schutzgüter im Fortschrittsbericht erfassen und messen (Vgl. Bundesregierung (2011) (b) und Stigson et al. (2009), S. 58).

¹⁷ Vgl. Rat für Nachhaltige Entwicklung (2011), S. 4f.

¹⁸ Vgl. Bundeskanzleramt (2011), S. 50–53

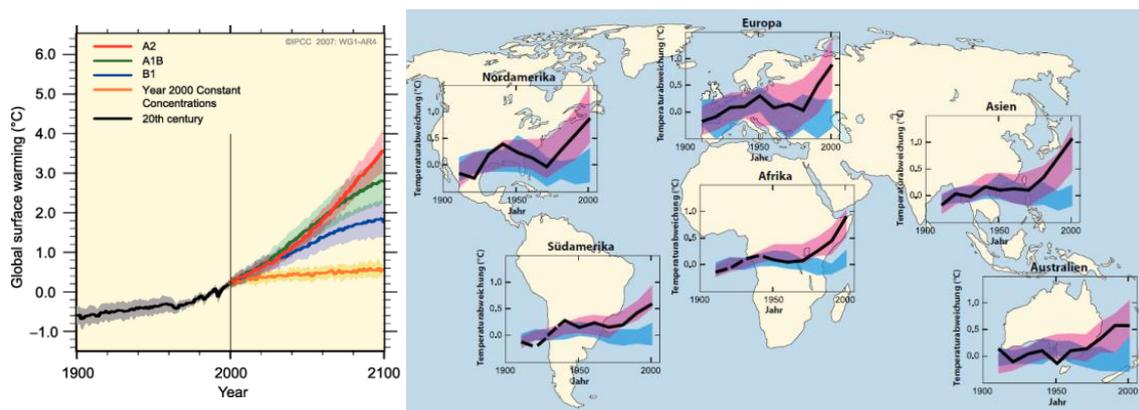
¹⁹ Vgl. Rasmus et al. (2000), S. 1, EU-Richtlinie 85/337/EWG vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten, § 3 (Stand 2009) sowie Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), § 2 (zuletzt geändert 18.05.2011).

²⁰ Das siebte Umweltaktionsprogramm der EU wird derzeit diskutiert. Das BMU sieht dort die Themen Green Economy sowie die Ausgestaltung von Instrumenten und deren Integration vor (Vgl. EU-Koordination des Deutschen Naturschutzrings (2011), S. 1–3).

2.4 Die Klimadebatte und internationale Abkommen

Seit einigen Jahren kann eine Veränderung des Klimas beobachtet werden, die daher rührt, dass es zu erwärmenden und abkühlenden, anthropogenen „Änderungen in der atmosphärischen Konzentration von Treibhausgasen und Aerosolen [kommt], [...] [die] die Energiebilanz des Klimasystems [verändern]“²¹; dabei überwiegen in den betrachteten Szenarien erwärmende Effekte durch das wichtigste Treibhausgas CO₂.²²

Abbildung 2-1: Treibhausgasemissionen nach den SRES-Szenarien des IPCC (links) und kontinentale Temperaturänderungen seit 1900 (rechts)



Quelle: IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 14, 11

Aus der erhöhten und weiter steigenden, anthropogenen Treibhausgaskonzentration kann der beobachtete Anstieg der mittleren globalen Temperatur seit Mitte des 20. Jahrhunderts und andere klimatische Auswirkungen erklärt werden (Vgl. Abbildung 2-1).²³ Daher ist weltweit strategischer Handlungsbedarf geboten, der allerdings vom IPCC aufgrund von gewaltigen wirtschaftlichen Hemmnissen und sozialen Verhaltensbarrieren als schwierig und problembehaftet eingestuft wird²⁴

Für die weltweite, gemeinsame Umsetzung einer Reduktion der Treibhausgase und Anpassung an die nicht vermeidbaren Klimaänderungen wurde 1992 die Klimarahmenkonvention (UNFCCC) angenommen und trat 1994 in Kraft.²⁵ Diese Konvention bildet den Rahmen für die regelmäßigen Klimaschutzverhandlungen der Vertragsstaaten und betont die Verantwortung der entwickelten Länder, die weniger entwickelten Länder finanziell und technologisch bei der Reduktion der Treibhausgase zu unterstützen.²⁶

²¹ Vgl. IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 2

²² Vgl. IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 3

²³ Vgl. IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 3–34

²⁴ Vgl. IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 35–37

²⁵ Vgl. BMU (1994) und BMU (2011) (b)

²⁶ Vgl. Vereinte Nationen (1992), § 4.

Das Kyoto-Protokoll, 1997 auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz beschlossen, legt auf dieser Basis erstmalig „völkerrechtlich verbindliche Emissionsreduktionsziele für Industrieländer [...] mit einem klaren Zeitrahmen [fest]“²⁷; es trat am 16. Februar 2005 in Kraft. Inzwischen haben 192 Staaten und eine Organisation mit einem Anteil von 63,7% der globalen Treibhausgasemissionen unterzeichnet – nicht jedoch die USA (Stand: Nov. 2011)²⁸. Deutschland hat das Abkommen im Jahr 2002 als Kyoto-Gesetz rechtlich festgeschrieben.

Die Kyoto-Vertragsstaaten (COP) sind damit u.a. zu Energieeffizienz, zur zunehmenden Verwendung erneuerbarer Energieformen, zur Entwicklung von CO₂-bindenden Technologien sowie zu konkreten Maßnahmen zur Quantifizierung, Begrenzung und Reduktion von Treibhausgasen verpflichtet, die nicht durch das Montrealer Protokoll²⁹ geregelt sind.³⁰ Definiert ist das gemeinsame Reduktionsziel von 5% bezogen auf die sog. Kyoto-Treibhausgase³¹ und auf das Basisjahr 1990 in der ersten Verpflichtungsperiode von 2008-2012.³² Vielfach werden die Kyoto-Treibhausgase anhand von Charakterisierungsfaktoren³³ für eine einfachere Berechnung des Wirkindikatorwertes oder die Bestimmung des Global Warming Potential (GWP) in CO₂-Äquivalente (CO₂e) umgerechnet.

Das Kyoto-Protokoll, dessen Gültigkeit im Jahr 2012 ausläuft, findet aufgrund bislang erfolgloser Verhandlungen keine Fortsetzung in verbindlichen Reduktionsziele für den Zeitraum nach 2012 (Stand: Nov. 2011).³⁴ Weiterhin umstritten ist die eindeutige, verursachergerechte Zuordnung der Umweltbelastungen und die Aufteilung der Minderungsziele, -maßnahmen und -kosten (Burden Sharing) der globalen Treibhausgasemissionen auf die Vertragsstaaten.

27 BMU (2011) (b)

28 Vgl. UNFCCC (2011) (c). Dabei haben die USA das Kyoto-Protokoll unterzeichnet, es wurde aber nicht ratifiziert und ist somit auch nicht in Kraft getreten.

29 Das Montrealer Protokoll behandelt in Artikel 2A-2I die Stoffe FCKW, Halone, andere vollständig halogenierte FCKWs, Kohlenstofftetrachlorid, 1,1,1-Trichlorethan, Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (HFCKW), Teilhalogenierte Fluorbromkohlenwasserstoffe, Bromomethane und Bromochlormethane (Vgl. UNEP (2009) (b), S. 6–12).

30 Vgl. Vereinte Nationen (1997), § 2, Abs. 1 und Stichnothe (2009), S. 40

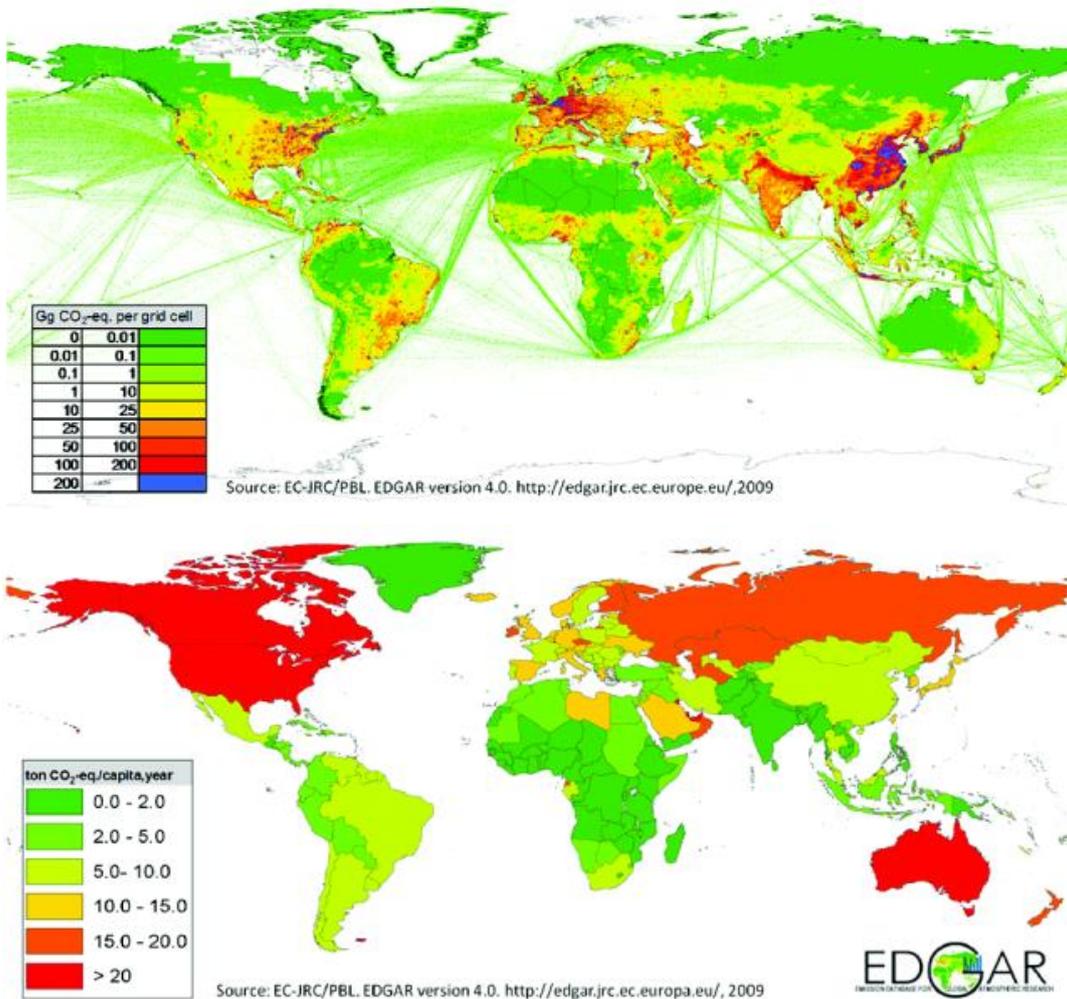
31 Diese bestehen aus: (Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffoxid resp. Lachgas (N₂O), Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW/HFC), Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW/PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) (Vgl. Vereinte Nationen (1997), Anlage A, Statistisches Bundesamt (2010) (a), S. 10). Im Folgenden wird der Begriff der „Kyoto-Treibhausgase“ synonym mit „Treibhausgase“ verwendet.

32 Vgl. Vereinte Nationen (1997), § 3, Abs. 1 und 2 sowie Anlage B und EU-Kommission (2001), S.4

33 Definition: „Faktor, der aus einem Charakterisierungsmodell abgeleitet wurde, das für die Umwandlung des zugeordneten Sachbilanzergebnisses in die gemeinsame Einheit des Wirkungsindikators angewendet wird“ (DIN EN ISO 14040, S. 13, § 3.37)

34 Vgl. BMU (2011) (a)

Abbildung 2-2: Absolute Treibhausgasemissionen (1000 t CO₂e per grid cell) und Treibhausgasemissionen pro Kopf (t CO₂e/capita) weltweit in 2005

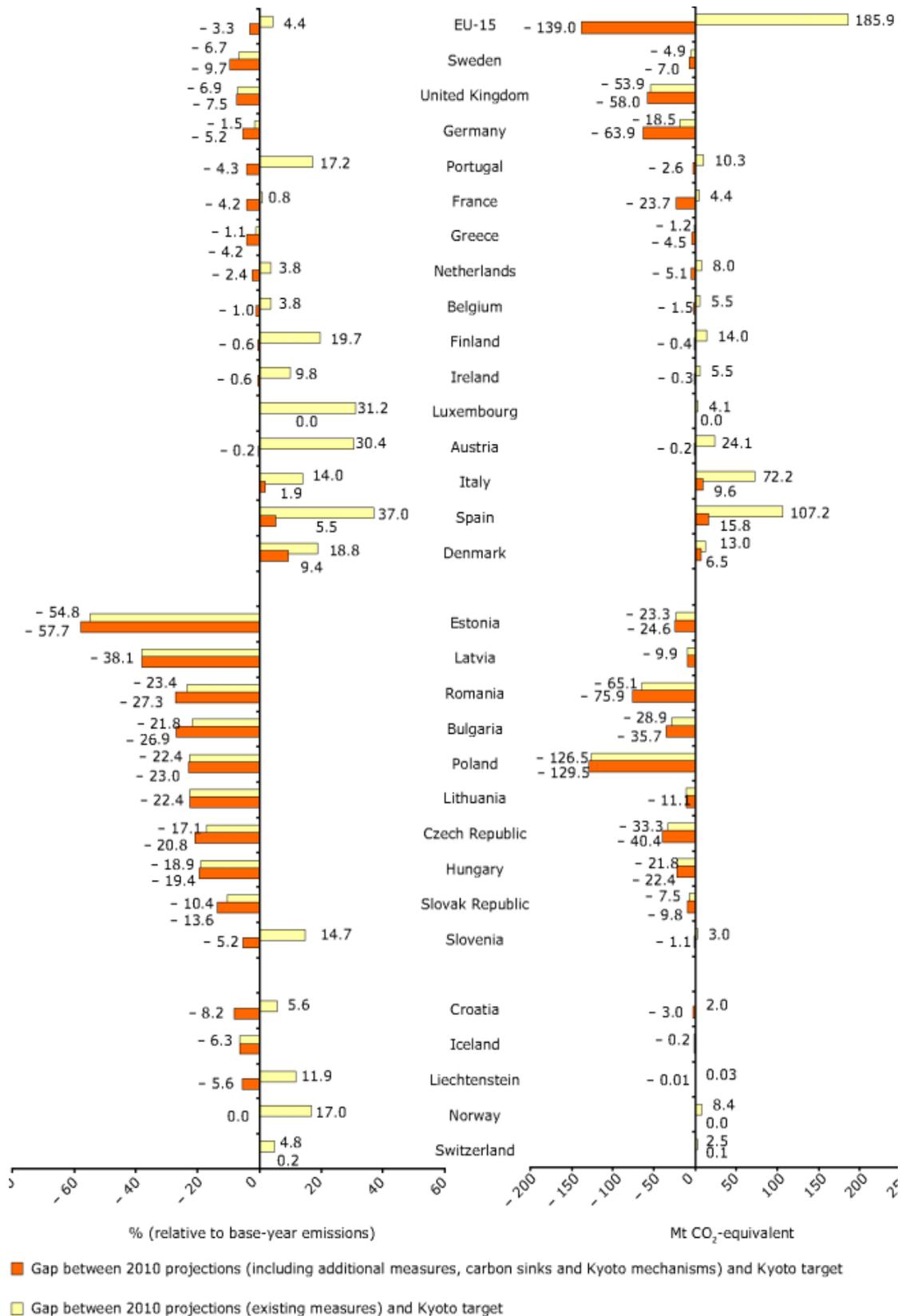


Quelle: EEA (2010) (b), S. 9f.

In Abbildung 2-2 sieht man die aktuellen, teilweise gravierenden Unterschiede der absoluten und relativen CO₂-Emissionen in den Staaten weltweit. Verschiedene denkbare Ansätze für die Verteilung der CO₂-Vermeidungs- und Anpassungskosten (mitigation bzw. adaptation) beziehen sich auf Verantwortung von Verursachern oder Profiteuren, auf Entwicklungsstadien und Finanzkraft der Länder, Bevölkerungszuwächse, Umstrukturierung der Länder (ehem. Ostblock), Sektoren oder einzelne Branchen und auf aktuelle oder zukünftig zu erwartende Emissionen.³⁵

³⁵ Vgl. Kulesa (2009), S. 21f.

Abbildung 2-3: Emissionsminderungslücken hinsichtlich des Kyotoziels in den Staaten der EU



Quelle: EEA (2009)

Obwohl sich hinsichtlich Treibhausgas-Ermittlung und -Begrenzung weltweit einiges getan hat, ist insgesamt davon auszugehen, dass die reale Entwicklung eher im oberen Bereich der IPCC-Szenarien liegt.^{36,37} Das liegt vor allem daran, dass die USA und einige große Emittenten Asiens bislang keine verbindlichen Zusagen im Bereich des staatlichen, regionalen oder sektoralen Burden Sharings gegeben haben³⁸, auch aufgrund der Sorge vor Wettbewerbsnachteilen. Damit ist ein allgemein akzeptiertes Burden Sharing aller Nationen bislang nur schwer zu erreichen.

Auf europäischer Ebene ist der sechste Umweltaktionsplan der derzeitige Rahmen, in dem Klimathemen adressiert werden.³⁹ Dabei wird in der EU die Reduktionslast im sog. Burden Sharing unter den Mitgliedsstaaten aufgeteilt.

EU-interne Programme unterstützen eine Treibhausgas-Minderung über das Kyoto-Ziel hinaus (auf 25% bis 2020 bzw. 40 % bis 2030), bspw. durch den Energieeffizienzplan zur Sanierung öffentlicher Gebäude.⁴⁰ Dennoch illustriert Abbildung 2-3 die Emissionsminderungslücken europäischer Staaten in Projektionen bis 2010 und zeigt deutlich den aktuellen Handlungsbedarf. Trotz dieser Defizite werden die europäischen Kyoto-Verpflichtungen bis 2012 (ohne verkörperte Emissionen) wahrscheinlich eingehalten werden.⁴¹

2.5 Fazit

Auf Basis der Rechercheergebnisse lassen sich die vorgestellten Konzepte der Tragfähigkeit, der Schutzgüter und der Nachhaltigkeit sowie die internationalen Ansätze zur Beschreibung, Erfassung und Minderung der Klimaveränderungen in fünf Ebenen strukturieren, deren Zusammenhang Abbildung 2-4 verdeutlicht. So enthält das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung die vier aktuellen Schutzziele der EU, die sich wiederum in die in Deutschland gesetzlich definierten neun Schutzgüter aufgliedern lassen. Die geplanten und ergriffenen Maßnahmen und Instrumente der europäischen Staaten, der Sektoren und Einzelakteure wiederum basieren auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, adressieren jedoch den Erhalt der jeweiligen Schutzgüter.

36 Vgl. EEA (2010) (a), S. 25

37 Aktuellere Informationen finden sich im UNEP (2010), S. 33–41, UNEP (2009) (a), EEA (2010) (a), S. 25–46 und auf den Webseiten des World Climate Research Programme (WCRP) oder des IPCC. Der nächste umfassende 5. Sachstandsbericht wird bereits erarbeitet und in den Jahren 2013 und 2014 in drei Teilen veröffentlicht (Vgl. BMU (2011) (d)).

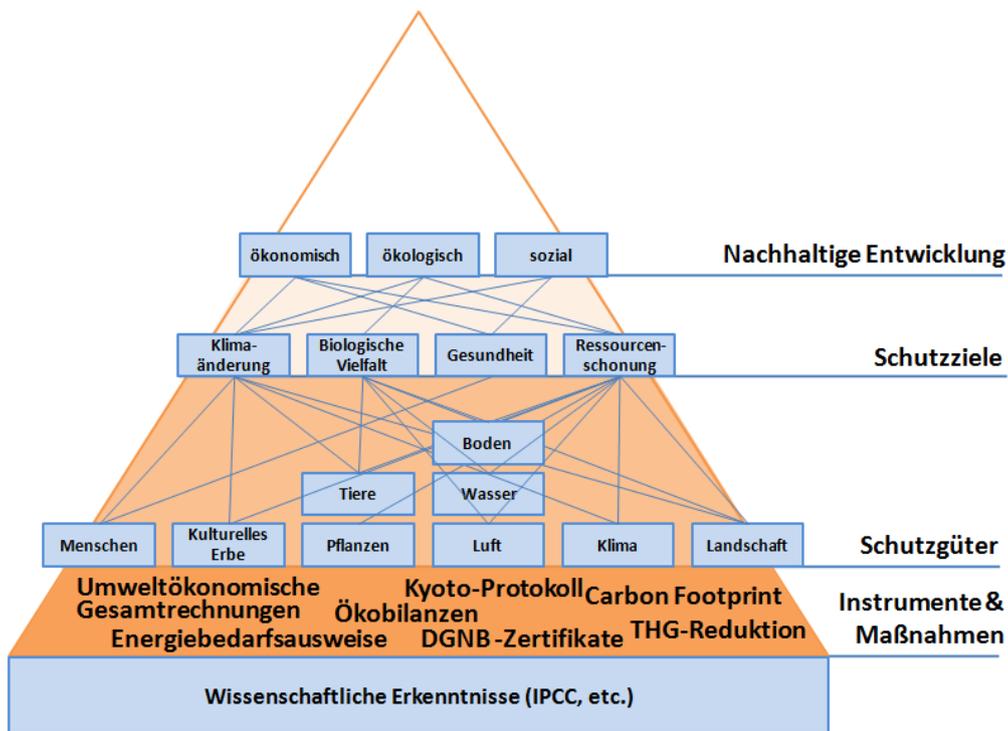
38 Vgl. Blanford et al. (2008), S. 27, OECD Environment Directorate (2008), S. 12f.

39 Vgl. Europäische Kommission (2001)

40 Vgl. BMU (2011) (c)

41 Vgl. EEA (2010) (a), S. 28

Abbildung 2-4: Ebenen der Nachhaltigen Entwicklung



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Recherchen

Aufgrund der aktuellen Klimalage und der internationalen Verpflichtungen muss auch Deutschland seinen Teil zur Emissionsminderung beitragen und die zwischenstaatlichen Ziele der EU einhalten. Die zeitnahe Umsetzung der Emissionsreduktion durch wissenschaftliche Erkenntnisse, Instrumente und Maßnahmen ist also von den verschiedenen Verursachern der Treibhausgase gefordert. Dazu kann und muss auch die Baubranche ihren Teil beitragen.

3 Methoden und Instrumente zur Quantifizierung von Umwelt- und Klimaaspekten

3.1 Einführung

Für die Ermittlung und Quantifizierung von aus menschlichen Tätigkeiten resultierenden externen Effekte sind analytische Methoden und Instrumente notwendig, die entstehenden Umwelteinwirkungen und -belastungen möglichst vollständig zu erfassen, dem Verursacher zuzuordnen, gegebenenfalls Handlungsbedarf zu identifizieren sowie Verbesserungspotential auszuweisen.

Im vorliegenden Kapitel wird in den Abschnitten 3.2 und 3.3 durch eine Zusammenstellung wesentlicher Definitionen, Systemgrenzen sowie Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen ein Überblick über die Vielzahl der Instrumente und Begrifflichkeiten im Bereich der Nachhaltigkeit, des Klimaschutzes und der Umweltverträglichkeit gegeben.⁴² Im Fokus liegen dabei insbesondere Instrumente zur Minderung der Treibhausgasemissionen und die aus unterschiedlichen Definitionen der Instrumente und Begrifflichkeiten, der Berechnungsverfahren und Systemgrenzen resultierende Problematik. In jedem Absatz wird das entsprechende Instrument zunächst theoretisch behandelt, anschließend wird die spezielle Verwendung dieses Werkzeugs in der Baubranche genauer spezifiziert.

Abschnitt 3.4 erarbeitet eine Typologisierung und eine Differenzierung der Instrumente nach verschiedenen Klassifizierungsmöglichkeiten auf nationaler und nicht-nationaler Bezugsebene, um den Stand der bisherigen Entwicklung der Treibhausgas-Quantifizierung in Baubereich widerzuspiegeln und die theoretische Grundlage für die folgenden Analysen zu bilden.

3.2 Instrumente mit nationalem Bezug

3.2.1 Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR)

Nationale Gesamtrechnungen bilden aus Umweltökonomischen (UGR), Sozioökonomischen (SGR) und Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) eine wichtige Datengrundlage für die Abbildung und Analyse von Stoff-, Energie- und Geldströmen auf nationaler Ebene. Gegliedert sind diese nationalen Gesamtrechnungen nach dem deutschen WZ, dem europaweiten NACE oder dem ISIC der UN.

Die Umweltökonomische Gesamtrechnung als Teil der Nationalen Gesamtrechnungen unterstützt die Berichterstattung im Bereich der Nachhaltigkeit und beschreibt die Wechselwirkungen von Umweltbelastungen (Pressures), Umweltzustand (State) und Umweltschutzmaßnahmen (Responses). Sie beruht auf Informationen hinsichtlich einer Reihe von umweltbezogenen Material- und Energieflüssen sowie natürlichen Ressourcen und deren ökologischer und wirtschaftlicher Wechselwirkungen mit den Beständen

⁴² Vgl. UNEP SBCI (2010) (b), S. 3

natürlicher Ressourcen.⁴³ Diese Informationen zu umweltbezogenen Materialströmen basieren auf den gleichen Konzepten, Definitionen, Abgrenzungen und Wirtschaftszweiggliederungen (für Deutschland nach WZ 2003, Stand: 2010) wie die VGR.^{44,45} Die UGR ist eingebettet in das internationale System SEEA der UN, einem statistischen System zur Ableitung von kohärenten Indikatoren und Statistiken zur internationalen Interaktion zwischen Wirtschaft und Umwelt.⁴⁶ Hinsichtlich der Treibhausgasproblematik erfasst SEEA Stoffströme von Treibhausgasemissionen⁴⁷; in der UGR werden Daten zu Energie, Rohstoffen, Emissionen (CO₂-Emissionen nach Produktionsbereichen), Flächennutzung, Umweltindikatoren und Umweltschutzmaßnahmen erfasst⁴⁸. Leider gibt es bislang keinen sektoralen Bericht zu Gebäuden oder der Bauindustrie insgesamt.⁴⁹

Die Bauindustrie im engeren Sinne ist mit der Position Bauarbeiten (Construction) und dem Grundstücks- und Wohnungswesen in der UGR zwar aufgeführt, die Bauindustrien und Vorstufen in der Energieerzeugung allerdings werden nicht extra dargestellt.

3.2.2 Input-Output-Rechnung

Die Input-Output-Rechnungen sind integraler Bestandteil der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und stellen die „produktions- und gütermäßigen Verflechtungen [und kumulierten Vorstufen] innerhalb einer Volkswirtschaft detailliert [...], einschließlich der Güterströme zwischen der Volkswirtschaft und der übrigen Welt“⁵⁰ dar. Sie werden vom Statistischen Bundesamt verfasst, monetär bewertet und gliedern sich in 71 Gütergruppen, 71 Produktionsbereiche und 59 Wirtschaftsbereiche. Input-Output-Rechnungen bilden daher die Grundlage für Strukturuntersuchungen der Wirtschaft sowie für Analysen der direkten und indirekten Auswirkungen von Nachfrage oder Preisänderungen auf die Gesamtwirtschaft.

Eine Input-Output-Rechnung für Energie- und CO₂-Gehalt (Embodied Energy/CO₂) von Importgütern wurde vom Statistischen Bundesamt nach UGR-Struktur (73 Produktionsbereiche) und Inländerkonzept vorgelegt und ermöglicht sowohl eine produktions- als auch eine verbrauchsorientierte Analyse.⁵¹ Hinsichtlich der ausländischen CO₂-

43 Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (d), S. 2f., Statistisches Bundesamt (2010) (e), S. 19f. Bei den Statistischen Ämtern der Länder (2010) finden sich weitere Aufgliederung der Wirtschaftszweige nach WZ 2003 in 3, 6, 17 und 31 Sektoren (Vgl. Statistische Ämter der Länder (2010), S. 32f.).

44 Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (d), S. 3

45 Diese basiert auf dem System of Integrated Environmental-Economic Accounting der UN und ermöglichen die Verknüpfung und jährliche Überwachung der internationalen Berichterstattung im Bereich der Nachhaltigkeit (Vgl. Umweltbundesamt (2008) (a), S. 37).

46 Vgl. United Nations Statistics Division (2011) und Statistisches Bundesamt (2010) (d), S. 5

47 Vgl. UN et al. (2003), S. 140f.

48 Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (d), S. 4

49 Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (d), S. 5

50 Kuhn (2010), S. 5

51 Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 13f.

Emissionen werden lediglich bei Gütern aus dem europäischen Ausland die dort verwendeten Technologien anhand sektorspezifischer CO₂-Koeffizienten berücksichtigt.⁵² Die Herstellungstechnologie der Waren aus dem außereuropäischen Ausland wird allerdings nicht konsequent in allen Bereichen berücksichtigt - daher bestehen weiterhin Datenlücken.

Für eine detaillierte Analyse der resultierenden Treibhausgasemissionen der Baubranche sind die in diesem Bericht veröffentlichten Zahlen zu grob gegliedert und beinhalten auch lediglich CO₂ und nicht die anderen fünf Kyoto-Gase. Auch in der Import- und Exportstatistik tauchen Bauprodukte kaum auf, aufgrund ihrer geringen Handelsquote.⁵³ Die möglichen Emissionswerte der Baubranche werden in Abschnitt 4.3 näher analysiert.

3.2.3 Treibhausgasinventar (GHG Inventory)

GHG Inventories werden von allen Staaten verfasst, die Mitglied der Klimarahmenkonvention sind und damit zum Reporting ihrer Treibhausgasquellen und -senken von der UNFCCC nach IPCC-Richtlinien verpflichtet sind (auch die USA). Die Daten werden jährlich an die UNFCCC berichtet, dort zusammengefasst und ausgewertet.⁵⁴

In diesen Berichten werden Energieerzeugung, Verarbeitendes Gewerbe, Lösemittel- und Produktverwendung und Abfall zwar als Quellkategorien von Treibhausgasen genannt und ihre Emissionen quantifiziert, allerdings nicht im lebenszyklusbezogenen Sinne mit Gebäuden oder der Baubranche in Beziehung gesetzt.

3.2.4 GHG Profile

Diese Profile sind Zusammenfassungen von repräsentativen Treibhausgas-Daten auf nationaler Ebene aus dem Treibhausgas-Inventarbericht der Annex I und Nicht-Annex I-Staaten, in den wesentlichen Quellkategorien nach IPCC für einen Staat oder eine Gruppe von Staaten. Es beinhaltet aktuelle Daten und Prognosen hinsichtlich der Treibhausgas-Gesamtentwicklung, Sektorverschiebungen und Treibhausgas-Anteile nach Gasen, Sektoren und Kategorien in den betrachteten Staaten.⁵⁵ Die Baubranche findet wie auch in den Treibhausgas-Inventaren keine direkte Erwähnung.

3.2.5 Nationale Nachhaltigkeitsberichte

Staaten bzw. Volkswirtschaften wie Deutschland messen ihre Nachhaltigkeit anhand einer großen Anzahl von Indikatoren die auf den nationalen Umweltökonomischen Gesamtrechnungen basieren und sogenannten direkt abgeleiteten Leitindikatoren.⁵⁶ Von

⁵² Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 11–13

⁵³ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 11–82

⁵⁴ Die THG-Emissionsdaten aller Mitgliedsstaaten finden sich unter UNFCCC (2011) (b) bzw. UNFCCC (2010).

⁵⁵ Vgl. UNFCCC (2011) (a)

⁵⁶ Vgl. Umweltbundesamt (2008) (a), S. 35–37, Statistisches Bundesamt (2010) (a)

den 26 Leitindikatoren verweist jedoch nur einer auf Klimaveränderungen und den damit verbundenen anthropogenen Treibhausgasemissionen. Die Baubranche und ihr Einfluss auf das Klima werden nur indirekt durch die jährliche Flächeninanspruchnahme adressiert.⁵⁷

3.3 Instrumente mit nicht-nationalem Bezug

3.3.1 Umweltmanagementsysteme (UMS)

Organisationsbezogene Umweltmanagementsysteme (UMS) basieren auf einem ständigen Verbesserungsprozess mit dem Ziel einer messbaren, zertifizierbaren⁵⁸ Umweltleistung⁵⁹ und ermöglichen dadurch den langfristigen Nachweis des umweltbewussten Handelns und der Erfüllung rechtlicher, politischer und gesellschaftlicher Anforderungen. Ein regelmäßig durch die Organisationsleitung bewertetes UMS basiert im Wesentlichen auf dem Umweltaspekt⁶⁰ und seiner Umweltauswirkung⁶¹, anhand derer mittels einer Umweltpolitik⁶² eine umweltbezogene Zielsetzung⁶³ oder ein umweltbezogenes Einzelziel⁶⁴ angestrebt und erreicht werden soll.

Eingebettet im Umweltmanagement finden sich sowohl allgemeine als auch speziell baubezogene analytische Methoden, um Umweltaspekte und ihre Umweltauswirkungen zu identifizieren, messbar zu machen, zu erfassen, zu kategorisieren.⁶⁵ Diese Instrumente und Indikatoren helfen, Umweltauswirkungen nach umweltrelevanten Kriterien, rechtlichen Verpflichtungen oder nach Belangen von interessierten Kreisen zu

⁵⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (a), S. 10f. und S. 14f.

⁵⁸ Im Sinne einer offiziellen Zertifizierung, Registrierung oder Selbstdeklaration bietet die DIN EN ISO 14001 die Grundlage dazu (Vgl. DIN EN ISO 14004, S. 5).

⁵⁹ Definition: „Messbare Ergebnisse des Managements der Umweltaspekte in einer Organisation“ (DIN EN ISO 14001:2009-11, S. 11, § 3.10).

⁶⁰ Definition: „Bestandteil der Tätigkeiten oder Produkte oder Dienstleistungen einer Organisation, der auf die Umwelt einwirken kann“ (environmental aspect) (DIN EN ISO 12001:2009-11, S. 11, § 3.6)

⁶¹ Definition: „Jede Veränderung der Umwelt, ob ungünstig oder günstig, die sich ganz oder teilweise aus Umweltaspekten einer Organisation ergibt“ (environmental impact) (DIN EN ISO 14001:2009-11, S. 11, § 3.7)

⁶² Definition: „Gesamtabsichten und Ausrichtung einer Organisation in Bezug auf ihre Umweltleistung, wie von der obersten Führungsebene förmlich ausgedrückt“ (environmental policy) (DIN EN ISO 12001:2009-11, S. 11, § 3.11)

⁶³ Definition: „Umweltbezogenes Gesamtziel in Übereinstimmung mit der Umweltpolitik, das eine Organisation sich setzt“ (environmental objective) (DIN EN ISO 12001:2009-11, S. 11, § 3.9)

⁶⁴ Definition: „Detaillierte Leistungsanforderung für die Organisation oder Teile davon, die sich aus den umweltbezogenen Zielsetzungen ergibt und zum Erreichen dieser Zielsetzungen festgelegt und erfüllt werden muss“ (environmental target) (DIN EN ISO 12001:2009-11, S. 11, § 3.12)

⁶⁵ Für Beispiele von Tätigkeits-, Produkt-, und Dienstleistungskategorien siehe DIN EN ISO 14031.

priorisieren und entsprechende Maßnahmen einzuleiten.⁶⁶ Hinsichtlich der Messung von Umweltauswirkungen schreibt die DIN EN ISO 14001 kein Verfahren vor, welches zu verwenden ist, sondern fordert lediglich „Verfahren [...], um die maßgeblichen Merkmale [der] Arbeitsabläufe, die eine bedeutende Einwirkung auf die Umwelt haben könnten, regelmäßig zu überwachen und zu messen“.⁶⁷ Die nachfolgenden Methoden sind daher mögliche Verfahren im Umweltmanagementsystem und werden nun näher beschrieben und erläutert.

3.3.2 Ökobilanz

Die Ökobilanz bzw. Life Cycle Assessment (LCA) ist ein ganzheitliches, iteratives, produktbezogenes Verfahren zur „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“⁶⁸. Kern der Betrachtung ist die sog. Funktionelle Einheit⁶⁹, auf die sich die nachfolgenden, relativen Analysen der Ökobilanz beziehen. Wie in Abbildung 3-1 zu sehen, lässt sich eine Ökobilanz-Studie in die vier Phasen der Festlegung von Ziel- und Untersuchungsrahmen⁷⁰, der Sachbilanz⁷¹, der Wirkungsabschätzung⁷² und der Auswertung einteilen.

66 Vgl. DIN EN ISO 14004:2010-08, S. 32., § 4.3.1.5

67 DIN EN ISO 14001:2009-11, S. 19, § 4.5.1

68 DIN EN ISO 14040:2009-11, S. 7, § 3.2 Das Verfahren der Ökobilanz wird durch die ISO-Normen 14040 und 14044 grundsätzlich beschrieben und ist damit weitgehend standardisiert.

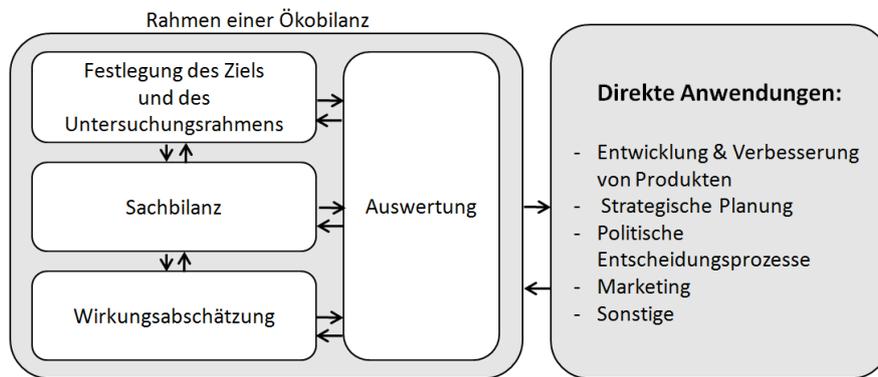
69 Definition: „Quantifizierter Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit“ (DIN EN ISO 14040:2009-11, S. 10, § 3.20). Damit ist eine Nutzeinheit gemeint, die durch das System hergestellt wird; Produkte, die eine solche Nutzeinheit erzeugen, können dann miteinander verglichen werden. (Vgl. König et al. (2009), S. 40)

70 Dies beinhaltet eine ort- und zeitunabhängige Systemgrenze sowie den Detaillierungsgrad der Studie. Detaillierte Aspekte finden sich bei DIN EN ISO 14040, S. 23, § 5.2.1.2. Problematisch ist, dass sich abhängig vom Untersuchungsrahmen Detaillierungsgrad und Zeitrahmen einer Ökobilanz stark unterscheiden können (Vgl. DIN EN ISO 14040:2009-11, S. 17, § 4.3a)).

71 Diese beinhaltet eine Bestandsaufnahme von Input- und Outputflüsse (I/O-Analyse) sowie Masse/Energie-Bilanzen während des gesamten Lebenszyklus eines Produktsystems.

72 Die Wirkungsabschätzung ordnet über Äquivalenzfaktoren allen Sachbilanzposten Wirkkategorien zu und ermittelt einen Indikatorwert je Kategorie; daraus ergibt sich ein orts- und zeitunabhängiges, nicht weiter zusammengefasstes Wirkungsabschätzungsprofil (Vgl. DIN EN ISO 14040:2009-11, S. 18, § 4.3k; Schießl und Robrecht (2006), S. 11 und DIN EN ISO 14040: 2009-11, S. 18, § 4.3l).

Abbildung 3-1: Zusammenhänge zwischen den vier Bestandteilen einer Ökobilanz



Quelle: Eigene Darstellung nach DIN EN ISO 14040, S. 16, Bild 1

Diese werden von einem Bericht begleitet. Ermittelt werden in Sachbilanz und Wirkungsabschätzung folgende Kennzahlen und Indikatoren, die laut DIN EN ISO 14040 nicht zu einer Kennzahl zusammengefasst werden dürfen.⁷³

Abbildung 3-2: Indikatoren der Ökobilanz

Sachbilanz-Indikatoren		Wirkbilanz-Indikatoren
Input	Output	
Erneuerbarer Primärenergieverbrauch (in MJ)	Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	Treibhauspotential (GWP 100) (in CO ₂ -Äquivalenten)
Nicht-erneuerbarer Primärenergieverbrauch (in MJ)	Hausmüll und Gewerbeabfälle	Ozonabbaupotential (ODP) (in R11-Äquivalenten bzw. FCKW 11)
Wassernutzung (in kg)	Sonderabfälle	Versauerungspotential (AP) (in SO ₂ -Äquivalenten)
Naturrauminanspruchnahme (in m ² /Jahr)		Eutrophierungspotential (EP) (in PO ₄ -Äquivalenten)
Sekundärbrennstoffe		Photochemisches Oxidantienbildungspotential/ Sommersmogpotential (POCP) (in C ₂ H ₄ -Äquivalenten)
		Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) (in Sb-Äquivalenten)
		Human- und Ökotoxizitätspotential

Quelle: Eigene Darstellung nach König et al. (2009), S. 43–47

Ein Vergleich der Indikatorwerte gleicher Wirkkategorien ist damit aber nicht ausgeschlossen, sondern gefordert; die Auswertung schließt die Identifikation wesentlicher Umweltaspekte, die Vollständigkeit und Datenqualität sowie Schlussfolgerungen, jedoch nicht die Interpretation der Ergebnisse ein.⁷⁴ Für diese Arbeit relevant ist der Wirkbilanzindikator des Treibhausgaspotentials (GWP), der die produktbezogene Treibhausgasmenge in CO₂-Äquivalenten (CO₂e) beschreibt, die im Lebenszyklus eines Produktes entstehen.

⁷³ Siehe hierzu weitere kritische Anmerkungen und der resultierenden Bewertungsmethodik bei Schmitz und Paulini (1999) oder bei Siegenthaler (2006), S. 144–176.

⁷⁴ Vgl. ISO 14040:2009-11, S. 18, § 4.3 I) und König et al. (2009), S. 48

Prinzipiell in der Ökobilanz-Studie nicht möglich sind die Risikobewertung sowie die Bewertung von standortbezogenen Wirkungen⁷⁵; ökonomische, soziale und technische Aspekte und Auswirkungen sind üblicherweise ebenfalls nicht durch eine Ökobilanz abgedeckt.⁷⁶ Kritisch zu sehen ist der Einfluss der Szenario-Parameter in Zukunftsbeurteilungen auf das Ökobilanzergebnis.⁷⁷ Kritik wird vor allem am fehlenden Zeit- und Ortsbezug geübt; auch in der Wirkungsabschätzung gibt es Ergänzungen sowie andere Gliederungsmöglichkeiten der Wirkkategorien in Ressourcenverbrauch (Input) und chemische, physikalische, biologische Emissionen (Output) und weitere Kategorien.⁷⁸ Weitere Kritik entzündet sich an der Ergebniskommunikation der Ökobilanz, ihrer Praxisuntauglichkeit, der Allokationsproblematik, der Datenbereitstellung und -austauschbarkeit, der Regionalisierung, der Thematik der Ressourcenverknappung durch eine dynamische Betrachtung und der Erweiterung der Ökobilanz hin zur Nachhaltigkeitsbewertung.⁷⁹

Für die Bilanzierung von Energie und Treibhausgas und insbesondere CO₂ existieren nach wie vor konzeptionelle Unstimmigkeiten, ökonomische und akteursbezogene⁸⁰ Interessen und Herausforderungen der Messung.⁸¹ Auch sind bessere LCA-Software-Produkte für die Planungsphase und verlässlichere Informationen im Bereich der Wiederverwendung und des Recyclings notwendig, sowie einer Verbreitung von Expertenwissen hinsichtlich der Anwendung dieser Tools in der Praxis.⁸² Ebenso sind für eine nachhaltige Bewertung von Bauprodukten und Gebäuden auch LCC und SLCA in Zukunft in der Planungsphase zu integrieren.⁸³

Aktuell bewegt sich die Bilanzierung in Richtung eines multikriteriellen Ansatzes bereits in der Planung mit quantitativen als auch qualitativen Skalen. Außerdem entwickeln sich die Ansätze in der Literatur weg vom konventionellen ‚cradle to grave‘- zum ‚cradle to cradle‘-Ansatz in dem weder Abfall noch Emissionen entstehen.⁸⁴

Im Baubereich basiert die bisherige Sachbilanzierung von Baustoffen und Gebäuden hinsichtlich ihrer Umweltaspekte und ihrer Wirkungsabschätzung im Wesentlichen auf deutschen und internationalen Normen⁸⁵, umfassenden Analysen von Eyerer und

⁷⁵ Vgl. König et al. (2009), S. 38

⁷⁶ Vgl. DIN EN ISO 14040:2009-11, S. 14, § 4.1.3

⁷⁷ Vgl. König et al. (2009), S. 48

⁷⁸ Vgl. Klöpffer und Grahl (2009), S. 388ff

⁷⁹ Vgl. Feifel et al. (2010), S. 46–53

⁸⁰ Vgl. Abschnitt 5.2

⁸¹ Vgl. Ng et al. (2011), S. 614 und Wittstock et al. (2009), S. 11

⁸² Vgl. Ng et al. (2011), S. 615

⁸³ Vgl. Klöpffer und Grahl (2009), S. 386–395

⁸⁴ Vgl. Braungart et al. (2007), 1337–1348 und Simon et al. (2007), S. 1–11

⁸⁵ Vgl. DIN EN ISO 14040, 14044 sowie DIN EN ISO 14020-14025, DIN EN ISO 15643-1 bis -3, ISO 15392 und ISO 21929-21931. Die Ermittlung von THG-Emissionen basieren auf der ISO 14064, 14065, 14067 und 14069 sowie der britischen PAS 2050. Eine Übersicht der Normen findet sich in Anhang 2.

Reinhardt (2000)⁸⁶ und Kohler et al. (1999)⁸⁷. Praktische Anwendung findet die Ökobilanz im Baubereich bspw. durch den Product Carbon Footprint, durch Umweltproduktdeklaration von Bauprodukten (EPD)⁸⁸ und Ökobilanzdaten in der Datenbank Ökobaudat⁸⁹ sowie durch Produktkennzeichnungen, Labels oder durch Gebäudezertifizierungen.

Bilanziert wird in der Baubranche auf Baustoff-, Bauprodukt-, Bauteil-, Bauelement- und Bauwerksebene; in den letzten Jahren auch zunehmend nur hinsichtlich der zugehörigen Treibhausgasemissionen.⁹⁰ Wie die Ökobilanz im Baubereich im Detail angewendet wird, beschreiben König et al. (2009) und weisen ferner auf wichtige Parameter hin, die dabei Einfluss auf das Ergebnis haben: Standort und Umgebung, Gebäudetyp, Kubatur und Flächen, Bauweise, Nutzungsart und -intensität sowie die angenommene Nutzungsdauer.⁹¹

Mittlerweile ist der Bereich der Ökobilanzierung im Baubereich relativ stark mit der Vergabe von Labels und Zertifikaten sowohl für Gebäude als auch für Bauprodukte verknüpft. Momentan werden Ökobilanzen für Gebäude zunehmend häufiger⁹² und dann überwiegend zur Erlangung einer Auszeichnung und daraus resultierendem gesteigerten Marktwert und eher weniger im Verlauf der Planung durchgeführt.⁹³

Bezüglich der materialbezogenen Ökobilanzierung ist anzumerken, dass Baustoffe hinsichtlich Produktion, Recycling und Entsorgung ortsunabhängig sind und sich damit rein baustoffspezifisch betrachten lassen. In ihrer Nutzungsphase sind sie jedoch nur gebäudeabhängig zu analysieren.⁹⁴ Dies erschwert die lebenszyklusorientierte Betrachtung für die Nutzungs- und Rückbauphase. Die Verwertung kann wie die Herstellung rein baustoffspezifisch betrachtet werden.

3.3.3 Embodied Energy

Embodied Energy (Grey Energy, Embedded Energy, Embodied Product Energy (EPE) bzw. Graue Energie) ist definiert als aggregierte „Energienmenge, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes notwendig ist“.⁹⁵ Für die konkrete Berechnung und Prozessanalyse kann dabei in direkte Prozessenergie

86 Vgl. Eyerer und Reinhardt (2000), S. 7–193

87 Vgl. Kohler et al. (1999)

88 Diese finden sich bei den entsprechenden Herstellern und bei den ausstellenden Instituten, bspw. beim IBU e.V.

89 Vgl. BMVBS (2009)

90 Vgl. für Bauprodukte/-materialien: Gielen (1997), Kreißig et al. (2010), S. 418–423. Vgl. für Bauwerke: Kuhnhenne et al. (2010), S. 439–447; Dimoudi und Tompa (2008), S. 86–95

91 Vgl. König et al. (2009), S. 48

92 Vgl. Wittstock et al. (2009), S. 11

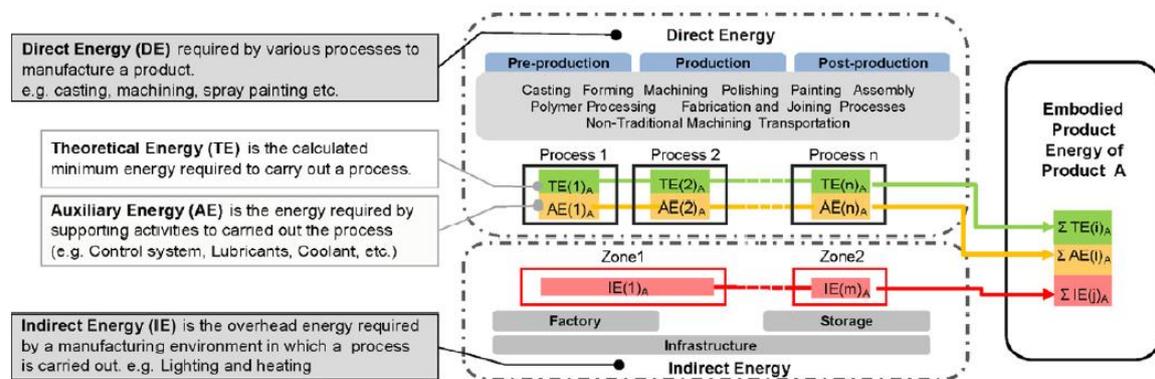
93 Vgl. König et al. (2009), S. 48

94 Vgl. König et al. (2009), S. 41

95 Zeumer et al. (2009), S. 54

und indirekte Energie zur Bereitstellung der Fertigungsumgebung unterschieden werden (Vgl. Abbildung 3-3).⁹⁶

Abbildung 3-3: Modell zur Ermittlung von Embodied Energy von Produkten (EPE) in der Produktion



Quelle: Rahimifard et al. (2010), S. 26

Eingebettet in globale Produktionsketten ist das Konzept der Embodied Energy überdies beeinflussbar durch die gewählten Produktionsorte, das Transportgewicht, die Transportentfernung und die Art des Transportmittels; daher ist auch durch sorgfältige Auswahl von lokalen Zulieferern und effizientere Transporte eine Minderung der Embodied Energy möglich⁹⁷, das in der Abbildung durch den Begriff der Infrastruktur angedeutet wird.

In der Baubranche wird dieses Konzept zunehmend, auch als Indikator für die emittierten Treibhausgase, verwendet. Nach der Definition der SIA „entspricht [Graue Energie] der Summe der entsprechenden Werte [an nicht erneuerbarer Primärenergie] aller Bauteile, auch jener, die nach Ablauf der Nutzungsdauer als Ersatz hinzukommen. Der Aufwand für den Rückbau des Gebäudes ist ebenfalls Teil der Grauen Energie gemäß SIA 2032“^{98,99}. Bedingt durch unterschiedliche Berechnungsmethoden, Annahmen, Definitionen, Abgrenzungen und Daten ergeben sich trotz Normierung durch Ökobilanz unterschiedliche Bilanzierungswerte.¹⁰⁰ Embodied Energy im Gebäudebereich wird in direkte und indirekte verkörperte Energie unterschieden. Direkte Energie teilt sich auf in Errichtungsenergie, Energie aus der Herstellung von Fertigbauteilen und Transport zwischen Herstellung und Errichtung. Indirekte Energie enthält die anfängliche, verkör-

⁹⁶ Vgl. Rahimifard et al. (2010), S. 25

⁹⁷ Vgl. Kara et al. (2010), S. 32

⁹⁸ Gugerli et al. (2008), S. 6f. Vgl. ebenso Dixit et al. (2010), S. 1238–1247 und Ramesh et al. (2010), S. 1594–1600

⁹⁹ Trotz des ganzheitlichen Ansatzes werden von der SIA einige Bauteile nicht berücksichtigt, bspw. Treppen und Schächte, Türen und Türzargen, kleine Bauteile sowie Elektro- und Sanitärinstallationen (Vgl. Gugerli et al. (2008), S. 7)

¹⁰⁰ Vgl. Dixit et al. (2010), S. 1240–1246. Dem entgegen zu wirken entstehen zunehmend öffentlich zugängliche, online verfügbare Datenbanken mit Ökobilanzdaten hinsichtlich embodied energy und embodied emissions (Vgl. Ökobau.dat von BMVBS (2009), LC Database von Athena Institute (2010) und ICE-Database von Hammond und C. I. Jones (2008) (a), S. 87–98).

perte Energie (verursacht durch Herstellung von Baumaterialien und Gebäudeteilen und ihrem Transport zum Verwendungsort), die regelmäßig wiederkehrende verkörperte Energie (Instandhaltung und Renovierung), Rückbauenergie (Rückbau und Entsorgung) und Bewirtschaftungsenergie (Betrieb von elektrischen und mechanischen Einrichtungen).¹⁰¹

In der Praxis werden Bewertungsinstrumente wie das Building Energy Rating (BER) zur Ermittlung des Energiebedarfs und -verbrauchs von Gebäuden und zahlreiche Softwaretools zur Bestimmung des Energiegehaltes eines Gebäudes verwendet.¹⁰² Außerdem werden sog. Energy Performance Certificates (EPCs) und Display Energy Certificates (DECs)¹⁰³ genutzt, um den operationalen Energiebedarf und damit indirekt auch die betriebsbedingten Emissionen des Gebäudes darzustellen.

Zero-Energy-Building (ZEB) und Positive-Energy-Building (PEB)

Es ist das Bestreben der deutschen bzw. europäischen Politik, den Energiebedarf von staatlichen Gebäuden bis 2018 und von Neubauten bis 2020 gegen null zu senken.¹⁰⁴ Trotzdem liegt bislang keine eindeutige Definition vor, was unter einem Nullenergiehaus zu verstehen ist.¹⁰⁵ Meist werden darunter Gebäude verstanden, deren Betriebsenergiebedarf bei netto null (ZEB/NZEB) liegt oder sogar negativ (PEB) ist. Für einen Überschlag der erwarteten verkörperten und operationalen Energie im Gebäudeentwurf eignet sich die Methode SNARC (Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt der SIA-Dokumentation D 0200) bereits in der Planungsphase.¹⁰⁶ Kolokotsa et al. (2010) beschreiben, wie solche Gebäude zukünftig in der Praxis gestaltet sein könnten.¹⁰⁷ Ein Beispiel steht an der Leuphana Universität¹⁰⁸; allerdings werden sogar hier die Begriffe zero energy und zero emission nicht klar voneinander abgegrenzt verwendet.

3.3.4 Embodied Emissions und Embodied CO₂, Emissionsintensität

Eng verknüpft mit dem Begriff der Embodied Energy ist der Ausdruck Embodied Emissions und Embodied CO₂ (ECO₂) bzw. Embodied CO₂-Äquivalente (ECO_{2e}). Dieses Konzept beinhaltet alle CO₂-Emissionen, die einem Produkt oder einer Dienstleistung

¹⁰¹ Vgl. Dixit et al. (2010), S. 1239f.

¹⁰² Vgl. Hernandez und Kenny (2011), S. 3780 und SIA (2010)

¹⁰³ Die Normen DIN EN 15643 Teil 1-4 beschreiben ein lebenszyklusbezogenes Bewertungssystem zur Nachhaltigkeit von Gebäuden, welches eine europaweite Vergleichbarkeit der Bauwerke auf Basis des funktionalen Äquivalents hinsichtlich ihres Energiebedarfs ermöglicht (Vgl. DIN EN 15643-1:2010, S. 4).

¹⁰⁴ Vgl. Hernandez und Kenny (2011), S. 3779 und Directive on Energy Performance of Buildings (EPBD) (2002/91/EC)

¹⁰⁵ Vgl. Hernandez und Kenny (2010), S. 815–821, Marszal et al. (2011), S. 971; Srinivasan et al. (2012), S. 300–315 und Kurnitski et al. (2011), S. 3279–3288..

¹⁰⁶ Vgl. Preisig und Pfäffli (2006), S. 47

¹⁰⁷ Vgl. Kolokotsa et al. (2010)

¹⁰⁸ Vgl. Leuphana Universität (2011)

innewohnen. Damit besteht eine enge Verwandtschaft zum Carbon Footprint; der Unterschied besteht in der Definition, im Umfang der berücksichtigten Emissionen aus den Vorketten und in der Systemgrenze. Die Systemgrenzen für Embodied Energy und Embodied Emissions sind nicht eindeutig definiert, es gibt ‚cradle-to-gate‘- und ‚cradle-to-grave‘-Betrachtungsansätze teilweise unter Einbezug vorgelagerter Produktionsprozesse. Inwieweit diese vorgelagerten Prozesse einfließen ist unterschiedlich und teilweise datentechnisch je nach Supply Chain derzeit kaum realisierbar.¹⁰⁹ Daraus resultiert, dass eine Unterscheidung in Primärenergie oder Endenergie oder in prozessbezogene und energiebezogene CO₂-Emission aufgrund mangelnder Daten kaum möglich ist.

Vergleichbar wird das verkörperte CO₂ bzw. CO_{2e} durch die sog. ECO₂-Intensität, die das Verhältnis von verkörpertem CO₂ zur Produktmasse (kgCO₂/t) angibt¹¹⁰, bzw. für Sektoren die durchschnittliche direkte und indirekte Emissionsmenge (inkl. der vorgelagerten Produktionsprozesse) des Sektors auf ein Produkt (produziert mit der aktuellen Technologie) bezieht.¹¹¹

Verkörpertes CO₂ bzw. Treibhausgase in Bauprodukten und Gebäuden ist eng mit verkörperter Energie verknüpft. Im Baubereich existieren zahlreiche Studien hinsichtlich der verkörperten bzw. grauen Energie (oder Embodied Energy) und in den letzten Jahren verlagern sich diese hin zu den, in den Baumaterialien und Bauwerken verkörperten Treibhausgasemissionen. Dabei fokussieren sich wie in der Ökobilanzierung einige Studien auf lebenszyklusbasierte Gebäude-Assessments, andere lediglich auf den Gebäudebetrieb, die Errichtung oder die Herstellung und den Transport von Baumaterialien.¹¹²

Acquaye et al. (2011) definieren ECO₂-eq (Embodied CO₂-Äquivalente) eines Gebäudes als die Menge an CO₂-Äquivalenten, die durch die verwendete Energie im Herstellungsprozess des Gebäudes an die Atmosphäre abgegeben wurde.¹¹³ Diese Definition ist in der Wissenschaft jedoch umstritten, denn bislang scheint es keine eindeutige Definition in der Literatur zu geben. Unter dem Namen Carbon Footprint wird dieses Konzept momentan diskutiert, um eine stoffliche, systemrelevante und allgemein anerkannte Abgrenzung zu finden.¹¹⁴ Anwendung im Baubereich findet sich laut Literatur hinsichtlich der Ermittlung von verkörperten Emissionen bspw. im Carbon Footprint, in

¹⁰⁹ Vgl. Kara et al. (2010), S. 30

¹¹⁰ Vgl. Hacker et al. (2008), S. 381

¹¹¹ Vgl. Z. M. Chen und G. Q. Chen (2011), S. 2900

¹¹² Vgl. Goggins et al. (2010), S. 735–744; B. Lee et al. (2011), S. 67–71; Yohanis und Norton (2002), S. 77–92; Vukotic et al. (2010), S. 147–158; Ndiaye et al. (2005), S. 1235–1242; Monahan und Powell (2011), S. 290–298; Venkatarama Reddy und Kumar (2010), S. 129–137. Die verkörperte Energie und die in Holz enthaltenen Emissionen werden in Abschnitt 4.4.5 gesondert diskutiert.

¹¹³ “The embodied CO₂-eq of a building can therefore be defined as the equivalent carbon dioxide (CO₂-eq) gas emitted into the atmosphere as a result of all the associated energy used in the production of that building.” (Acquaye et al. (2011), S. 1295)

¹¹⁴ Vgl. Abschnitt 3.3.4.1

Environmental Product Declarations (EPDs), bei Labels oder Zertifizierungen und der verkörperten CO₂-Menge eines Bauteils, die allerdings oft nur einen Teilaspekt der gebäudebedingten Emissionen zeigen.¹¹⁵

Ein Vergleich der Energie- und Emissionswerte pro Fläche erscheint zunächst als ein sinnvolles Instrumentarium, Gebäude einander gegenüber zu stellen¹¹⁶ - Hammond und Jones (2010) widerlegen dies allerdings.¹¹⁷ Bewährte Verfahren (Best Practises) für die Ermittlung von verkörperten Treibhausgasemissionen bilden die Verknüpfung der Genauigkeit der Prozessanalyse (Bottom-Up) mit den vollständigen Systemgrenzen des Input-Output-Ansatzes (Top-Down) und berücksichtigen damit die Schwankungen der ECO₂-Intensitätsdaten.¹¹⁸ Festzulegen für die Ermittlung ist allerdings der Bezug der jeweiligen Untersuchung (pro m², pro Wohneinheit, pro Gebäude). Ein Vergleich des grauen Energieaufwandes eines Gebäudes mit der Betriebsenergie zeigt, dass allein die Erstellung des Rohbaus deutlich mehr als die Hälfte der Energie und damit Treibhausgasemissionen im Gebäudelebenszyklus ausmacht und damit nicht vernachlässigbar ist.¹¹⁹

Die wichtigsten Konzepte zur Darstellung der verkörperten Energie im Baubereich werden im Folgenden dargestellt.

3.3.4.1 Treibhauspotential (GWP) und CO₂-Fußabdruck (Carbon Footprint)

Das Treibhauspotential (Global Warming Potential (GWP)) bezeichnet den natürlichen Effekt, dass kurzwellige Strahlung auf die Erde trifft, diese erwärmt und langwellige Strahlung entstehen lässt, die aufgrund von Absorption und Reflektion durch Treibhausgase in der Troposphäre, teilweise auf die Erde zurückgeworfen wird und diese weiter erwärmt. Zusätzlich zu dem natürlichen Effekt ist in den letzten Jahrzehnten ein deutlicher anthropogener Anteil an diesem nun verstärkten Effekt feststellbar.¹²⁰ Der danach benannte Kennwert „Treibhauspotential [...] ist [aber auch] der wissenschaftlich am besten untersuchte Indikator für den Klimawandel. Er formuliert die Auswirkungen aller Treibhausgase als CO₂-Äquivalente¹²¹ [die innerhalb des Lebenszyklus eines Produktes entstehen] über einen Zeitraum von 100 Jahren“¹²² (GWP 100) in der Ökobilanz.

¹¹⁵ Vgl. Sturgis und Roberts (2010), S. 16

¹¹⁶ Vgl. am Beispiel der Stadtentwicklung Berlin (2011)

¹¹⁷ Vgl. Hammond und C. I. Jones (2010), S. 381

¹¹⁸ Vgl. Acquaye et al. (2011), S. 1296, 1302

¹¹⁹ Vgl. Gugerli et al. (2008), S. 11 und Dixit et al. (2010), S. 1239

¹²⁰ Vgl. König et al. (2009), S. 45. Eine Auflistung der verschiedenen Treibhausgase und ihrem jeweiligen Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt findet sich bei König et al. (2009), S. 46.

¹²¹ Definition: „Das Treibhauspotential wird als CO₂-Äquivalent angegeben. Dies bedeutet, dass alle Emissionen bezüglich ihres potentiellen Treibhauseffektes zu CO₂ ins Verhältnis gesetzt werden“ (König et al. (2009), S. 45)). Vgl. dazu ebenfalls Fußnote 33.

¹²² Stichnothe (2009), S. 41

Der Begriff „Carbon Footprint“ (CF oder PCF) ist ein Maß für die gesamte Menge an Treibhausgas (CO₂e) die durch ein Individuum, eine Organisation, ein Prozess, ein Produkt oder ein Event in einem vordefinierten Rahmen (bspw. im Lebenszyklus) an die Atmosphäre abgegeben wird.¹²³ Er zählt damit nicht zu einem Indikator der Wirkungsabschätzung wie der Ökologische Fußabdruck¹²⁴, kommt aber damit inhaltlich dem Konzept des Treibhausgaspotentials (Global Warming Potential) der Ökobilanz nahe.¹²⁵ Der CF erlaubt über die Ökobilanz hinaus, trotz der Betrachtung der partieller Umweltauswirkungen eines Produktes, eine verbesserte Kommunizierbarkeit von produkt- bzw. organisationsbezogenen Optimierungen, ebenso wie generische und vergleichende Aussagen zu einzelnen Produktgruppen und eine sinnvolle Ergänzung zu bestehenden Hauptlabel (Lead-Label) und Auszeichnungen, um Endkonsumenten bei ihrer Kaufentscheidung zu unterstützen und damit den Umbau zu einem nachhaltigen Wirtschaften zu bewerkstelligen.¹²⁶ Auch Portfolioanalysen von Produktgruppen und die Klimabilanzierung von Privathaushalten ließen sich durchführen, um die dringlichsten Handlungsfelder zu identifizieren und THG-Reduktionsmaßnahmen messbar zu gestalten.¹²⁷

Bislang herrscht Uneinigkeit hinsichtlich der Berücksichtigung von direkten und indirekten CO₂-Emissionen, sowie den einbezogenen Treibhausgasen, der Berücksichtigung des Lebenszyklus und der Systemabgrenzung.¹²⁸ Teilweise zählt auch Methan als weiteres, kohlenstoffbasierendes Treibhausgas dazu¹²⁹; allerdings werden die ebenfalls kohlenstoffbasierenden Kyotogase der teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffen (H-FKW/HFC) und perfluorierten Kohlenwasserstoffe (FKW/PFC) nicht erwähnt. In diesem Sinne ist der CF je nach Definition ein Teil des GWP und kein Indikator für alle klimarelevante Emissionen, sonst müsste er eigentlich „climate footprint“¹³⁰ oder „climate declaration“¹³¹ heißen und würde dann dem GWP entsprechen. Hinsichtlich der Systemgrenzen steht die Berücksichtigung der Vorstufen, der Erneuerbaren Energien, ebenso wie die Beachtung der Landnutzungsveränderungen

¹²³ Vgl. D. Pandey et al. (2011), S. 138, Wiedmann und Minx (2008), S. 4 und BMU et al. (2009), S. 4

¹²⁴ Vgl. D. Pandey et al. (2011), S. 137f.

¹²⁵ Vgl. M. Finkbeiner (2009), S. 91

¹²⁶ Vgl. Griesshammer (2008), S. 19 und Feifel et al. (2010), S. 47. Allerdings gibt es auch begründete Ablehnung gegen die Verwendung lediglich eines Indikators, aufgrund der Verflechtung und gegenseitigen Beeinflussung der Umwelteinwirkungen (Vgl. H.-J. Schmidt (2009), S. 7–9 und Laurent et al. (2010), S. 37–40)

¹²⁷ Vgl. BMU et al. (2009), S. 4f.

¹²⁸ Vgl. Feifel et al. (2009), S. 41f. und BMU et al. (2009), S. 4

¹²⁹ Vgl. Wiedmann und Minx (2008), S. 5

¹³⁰ Wiedmann und Minx (2008), S. 5

¹³¹ The International EPDSystem (2011)

(LULUCF) zur Debatte.¹³² Dabei sind diese sog. Product Category Rules essentiell für aussagekräftige PCFs, da sie die Systemgrenzen der Bilanzierung innerhalb von Produktkategorien festlegen. Sie schreiben diese Regeln hinsichtlich einheitlicher Rahmenbedingungen, Bezugsgrößen, Annahmen zu Prozessdaten und Nutzungsmustern, vergleichbare Datenqualität und Detailtiefe vor.¹³³ Da diese bislang nicht in allgemein akzeptierter Form existieren, wird der Begriff des Carbon Footprint auch nicht einheitlich verwendet.¹³⁴

International existieren bereits einige Leitlinien zur Ermittlung der CO₂-Bilanz und des Carbon Footprint bspw. der PAS 2050, der GHG Protocol Initiative oder des Carbon Trusts für die CF-Bilanzierung von Organisationen und Projekten. Trotzdem arbeiten aktuell mehrere nationale und internationale Gruppen an der Erarbeitung des Carbon Footprint, bspw. ISO, WBCSD, UNEP/SETAC, PAS/Carbon Trust, METI, ADEME, DIN (NA 172 NAGUS) und weitere.¹³⁵ ISO entwickelt zurzeit die ISO-Standards 14067 und 14069 für die Ermittlung sowohl des produkt- als auch des organisationsbezogenen Carbon Footprints, die im Frühjahr 2012 veröffentlicht werden sollen.¹³⁶ Diese ISO-Normen basieren nicht direkt auf dem britischen Vor-Standard PAS 2050.¹³⁷ Bis 2009 fokussierte sich das Forscherinteresse nicht sehr auf den CF. Seitdem ist ein gesteigertes Interesse vorhanden und ein Trend zur Kommerzialisierung erkennbar¹³⁸, trotz fehlender Transparenz und Standardisierung. Die flächendeckende Verbreitung unter Ökobilanzierern und in der Praxis steht noch aus.¹³⁹ Momentan erscheint es aufgrund der vielfältigen CO₂- und Treibhausgasquantifizierungen ratsam für die Erstellung eines Carbon Footprint, die Veröffentlichung der ISO-Standardisierung 14067 im kommenden Frühjahr abzuwarten.

Für den Baubereich definieren Sturgis und Roberts (2010) den Carbon Footprint als Summe aller direkten (operationalen) und indirekten (verkörperten) Treibhausgasemissionen, die im Laufe des Gebäudelebenszyklus anfallen. Kritisch daran sind die zug-

¹³² Vgl. BMU et al. (2009), S. 11–15. Für weitere kritische, datenbezogene und konzeptuelle Anmerkungen siehe Feifel et al. (2009), Feifel et al. (2010), Finkbeiner (2009), H.-J. Schmidt (2009) und Stichnothe (2009) (Vgl. Vgl. Feifel et al. (2009), S. 41–43, Feifel et al. (2010), S. 47, M. Finkbeiner (2009), S. 91–94, M. Schmidt (2009), S. 11–14, Stichnothe (2009), S. 41f.).

¹³³ Vgl. Wittstock et al. (2009), S. 11

¹³⁴ Vgl. BMU et al. (2009), S. 3f. Beispielsweise bezeichnet auch CF in der UGR 2011 die CO₂-Emissionen der Haushalte während in anderen wissenschaftlichen Publikationen damit die (verkörperten) THG-Emissionen von Produkten und Dienstleistungen gemeint sind (Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 21).

¹³⁵ Vgl. M. Finkbeiner (2009), S. 91f.

¹³⁶ ISO/CD 14067 Carbon footprint of products (Part 1: Quantification, Part 2: Communication) und ISO/WD TR 14069 Greenhouse Gas -- Quantification and reporting of GHG emissions for organizations (Carbon Footprint of organization) -- Guidance for the application of ISO 14064-1. Nähere Informationen dazu vgl. Dresen und Herzog (2009), S. 91f. oder unter www.iso.org.

¹³⁷ Vgl. BMU et al. (2009), S. 6

¹³⁸ Vgl. BMU et al. (2009), S. 1

¹³⁹ Vgl. Feifel et al. (2010), S. 52, Dresen und Herzog (2009), S. 93–96

rundliegenden Annahmen über den Treibhausgasgehalt zukünftig verwendeter Energieträger sowie die nicht vorhandene Zuweisung der Emissionen zu Verursacher und verwendeter Fläche sowie einige Lebensdauerannahmen, Messbarkeit, Zukunftsszenarios und Zurechnungsfähigkeit hinsichtlich des lebenszyklusbasierten Carbon Footprint von Gebäuden.¹⁴⁰

Der Carbon Footprint findet im Baubereich bislang nur indirekte Anwendung in der Ökobilanz und des EPDs von Bauprodukten und Gebäuden, da seitens der Normung eine eindeutige Definition und Systemabgrenzung des CF bislang aussteht.¹⁴¹ In der Literatur werden in Fallbeispielen und Studien allerdings bereits zahlreiche Baumaterialien, Bauprodukte, Bauelemente, Gebäudeteile und Gebäude, CO₂-Ermittlungsmethoden oder Gebäude-Betriebsanalysen behandelt, für die das direkte und indirekte (verkörperte) Treibhausgas-Potential bestimmt wird und teilweise Minderungspotentiale ausgezeigt werden.¹⁴²

Zero-Emission-Building

Eine eindeutige Definition des Begriffs Zero-Emission-Building bzw. Zero-Carbon-Building konnte nicht gefunden werden. In der Literatur existiert bis dato auch keine Diskussion oder Zusammenfassung über mögliche Definitionen, Emissionsabgrenzungen und Systemgrenzen. Lediglich Beispielprojekte von Ferrante und Cascella (2011) und von Jones (2004) beschreiben Gebäude ohne CO₂-Ausstoß am Standort, allerdings unter Vernachlässigung der im Bauwerk verkörperten Emissionen.¹⁴³ Für die praktische Realisierung des Zero-Emission-Building-Konzeptes sehen Meggers et al. (2011) Exergie-Analysen von Gebäuden für unumgänglich, um dadurch energetische Prozesse in emissionsarmen Gebäuden zu optimieren.¹⁴⁴

Betrachtet man die Anteile der blauen, betriebsbedingten und der roten, verkörperten Emissionen in Abbildung 3-4, so stellt man fest, dass die Anteile an verkörperten Emissionen nicht zu vernachlässigen sind, vor allem hinsichtlich des zukünftig deutlich geringeren Energiebedarfs von Gebäuden im Betrieb. Im Vergleich verschiedener Gebäudetypen treten deutliche Unterschiede in den Anteilen von operationalen und verkörperten Emissionen, die daher in der Konzeption von Zero-Emission-Buildings berücksichtigt werden sollten.

¹⁴⁰ Vgl. Sturgis und Roberts (2010), S. 16

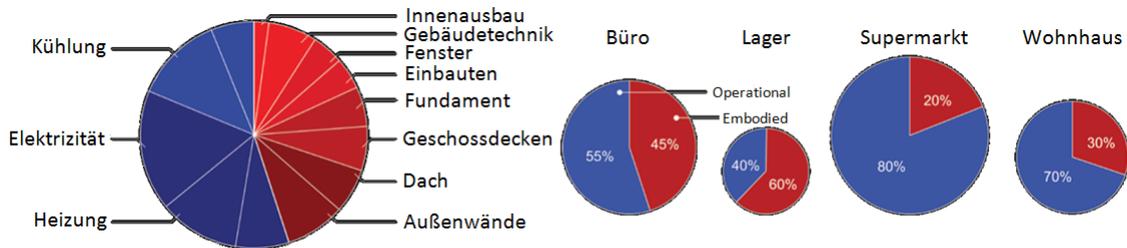
¹⁴¹ Die Veröffentlichung der entsprechenden ISO 14067 wird im Frühjahr 2012 erwartet.

¹⁴² Vgl. bspw. Suzuki et al. (1995), S. 165–169, Suzuki und Oka (1998), S. 33–41, S. John et al. (2010), S. 1–9; Kaloush et al. (2010), S. 1–6; Vestergaard (2008), S. 1–13; Radhi (2010), S. 1412–1424; Cole (1998), S. 335–348; Yan et al. (2010), S. 949–955; H. Ye et al. (2011), S. 147–152; Leung und Yip (2010), S. 1–8.

¹⁴³ Vgl. Ferrante und Cascella (2011), S. 2002–2010 und D. L. Jones (2004), S. 38–41

¹⁴⁴ Vgl. Meggers et al. (2011), S. 9f. Dies führen bspw. Terlizzese und Zanchini an zwei Energiesystemen für Gebäude durch (Vgl. Terlizzese und Zanchini (2011), S. 787–795)

Abbildung 3-4: Typische Verteilung der operationalen (blau) und verkörperten (rot) CO₂-Emissionen in einem Londoner Bürogebäude (links) und anderen Gebäudetypen



Quelle: Eigene Darstellung nach Sturgis und Roberts (2010), S. 11 und 12

Vergleicht man die Zeiten, wann die operationalen Energien und Emissionen eines Gebäudes die verkörperten überschreiten, so unterscheiden sich die Gebäudetypen in dieser Hinsicht teilweise deutlich.¹⁴⁵ Die gewählten Systemgrenzen in einer solchen Bilanzierung sind entscheidend für die Amortisationsdauer und die Entwicklung zum Null-Energie-Haus.

Einen Ausblick auf zukünftige, emissionsarme Wohnformen und Bauweisen gibt ein Workshop-Paper von Londong (2009), in der er die „Null-Emissions-Stadt“ als eine Stadt skizziert, deren Emissionen in die Umwelt die Aufnahmekapazität der lokalen, regionalen und globalen Umwelt nicht überschreiten.¹⁴⁶ Dahin weisen auch die Ansätze von Gemeinden und Städten im Carbon Disclosure Project, die dort ihre klimarelevanten Emissionen offenlegen und aufgrund der verbesserten Informationslage lokale Lösungsansätze und Anreize erarbeiten, um nachhaltige Veränderungen und Emissionsreduktionen im kommunal wichtigen Baubereich umzusetzen.¹⁴⁷

3.3.4.2 Ökologischer Fußabdruck (Ecological Footprint)

„Der ökologische [...] Fußabdruck berechnet Ressourcenbeanspruchungen von Individuen, Städten, Ländern oder der Menschheit als reale Flächenbelegungen und virtuelle Flächenerfordernisse [in ha]“.¹⁴⁸ Anschließend werden diese Flächenbedarfe aufsummiert und der vorhandenen Biokapazität gegenübergestellt. Damit ist der Fußabdruck ein Maß dafür, wie viel Land- und Wasserfläche durch die Betrachtungsgröße mit dem aktuellen Technologieniveau beansprucht wird, um alle dafür notwendigen Ressourcen zu produzieren und um alle resultierenden Emissionen zu absorbieren.¹⁴⁹ Bezogen auf die klimarelevanten Emissionen der Baubranche würde der Fußabdruck in derjenigen Fläche bestehen, die die Treibhausgas-Menge aufnehmen kann. Dieser Begriff hat somit keine Verwandtschaft mit dem Carbon Footprint.

¹⁴⁵ Vgl. Hammond und C. I. Jones (2010), S. 381

¹⁴⁶ Vgl. Londong et al. (2009), S. 1

¹⁴⁷ Vgl. Carbon Disclosure Project und KPMG (2011)

¹⁴⁸ Schütz und Bringezu (2008), S. 12

¹⁴⁹ Im Internet stehen viele Berechnungsmöglichkeiten für den Ökologischen Fußabdruck zur Verfügung, unter anderem unter Global Footprint Network (2011).

3.3.4.3 Carbon Profiling

Ein anderer Ansatz wird in Großbritannien von Sturgis und Roberts (2010) mit der Idee des Carbon Profiling verfolgt. Diese Methode agiert auf fest definierten rechtlichen, praktischen und physikalischen Systemgrenzen¹⁵⁰ und berechnet zum einen die Betriebsemissionen durch Building Energy Ratings (BER), zum anderen die verkörperten Emissionen diskontiert auf ein Jahr.

Dabei wird die emittierte Treibhausgas-Menge stets dem Verursacher und Nutzer (bspw. Bauherr, Vermieter oder Mieter) zugeordnet, der in Echtzeit die Auswirkungen seiner Entscheidungen auf seine persönliche Emissionsmenge beobachten kann. Dies hat den Vorteil, dass nicht zukünftige, unsichere und rein rechnerische Emissionen einbezogen werden, sondern nur die Emissionen, die zum Zeitpunkt der Emissionsabschätzung auf realen Entscheidungen und Handlungen basieren. So kann so die Verwendung wenig emittierender Produkte und recycelter Materialien in der Planung, beim Bau und der Instandhaltung direkt berücksichtigt werden.

3.3.4.4 Carbon Metric of Building

Im Gremium ISO/TC 59 SC 17 gibt es Überlegungen zu dem allgemeinen, einfach zu ermittelndem Maß Carbon Metric of Building für die Menge an direkten und indirekten Treibhausgasemissionen, die aus der Nutzungsphase eines Gebäudes resultieren.¹⁵¹ Betrachtet werden Heizung, Kühlung, Entfeuchtung, Ventilation, Befeuchtung, Warmwasser, Beleuchtung, gebäudebezogener Personentransport, Haustechnik und Haushaltsgeräte sowie die auf dem Grundstück erzeugte Energie bspw. durch Photovoltaik. Errechnet wird der Wert der des Common Carbon Metric anhand des nach Treibhausgaskoeffizienten gewichteten Energieinputs; angegeben wird der in CO₂e kg/m² pro Jahr bzw. in CO₂e kg/Person pro Jahr. Der Energieinput besteht dabei aus Elektrizität, Treibstoffen und zugeführter thermischer Energie. Der zugehörige Bericht umfasst darüber hinaus wichtige Gebäudeinformationen wie Alter des Gebäudes, Anzahl der Stockwerke, die Belegung und ein ausführliches Inventar der technischen Geräte.

Vorteilhaft an diesem Konzept ist die einfache Durchführbarkeit ohne Fachkenntnisse oder spezielle Datenbanken und die Tatsache, dass der Index auf vorliegenden Messwerten beruht. Allerdings gibt es keinen direkten Bezug zu anderen methodischen Konzepten wie der Lebenszyklusbewertung von Gebäuden (LCA) oder dem Carbon Footprint. Auch herrscht Uneinigkeit hinsichtlich Bezugsfläche (Netto/ Bruttogrundfläche), genauer Datenerfassung sowie den zugrundeliegenden Treibhausgaskoeffizienten.

3.3.5 Nachhaltigkeitsbewertungssysteme (Zertifizierungen)

Nachhaltigkeit von Produkten, Dienstleistungen, Organisationen oder staatlichen Institutionen wird durch ökologische, ökonomische und soziale Aspekte definiert und muss

¹⁵⁰ Vgl. Sturgis und Roberts (2010), S. 18–23

¹⁵¹ Vgl. Draft der ISO/NP 16745-1: Environmental performance of Buildings -- Carbon metric of building -- Part 1: In-use stage, § 3.1

daher auch in diesen drei Bereichen gemessen und bewertet werden. Dazu bietet sich für Produkte und Dienstleistungen eine Verknüpfung der LCA, der LCC und der SLCA, oder Teilen davon an¹⁵².

Auf Produkt- und Gebäudeebene gibt es eine Reihe von Nachhaltigkeitszertifizierungen. Dazu bieten Institute und Organisationen für die Erfüllung bestimmter Nachhaltigkeitskriterien Auszeichnungen, Gütesiegel oder Zertifizierungen an, bspw. für Gebäude (DGNB, LEED, BREAM) oder Produkte (FSC (Holz), LEED (Baustoffe)).¹⁵³ Damit wird versucht, Informationsasymmetrien zwischen Akteuren der Baubranche abzubauen. Allerdings führt die Vielzahl an diversen Auszeichnungen zu Verwirrungen hinsichtlich ihrer Glaubwürdigkeit.¹⁵⁴

Kritikpunkte am momentanen Ökobilanzierungsvorgehen für Gebäude sind neben der späten, nicht wesentlich in den dynamischen Planungsprozess eingegliederten Bewertung¹⁵⁵ die teilweise unausgeglichene, zugrundeliegenden Berechnungsmethoden einiger Zertifizierungssysteme wie BREEAM, BEPAC, LEED und HK-BEAM. Außerdem basieren diese Systeme meist auf subjektiv vergebenen Bewertungspunkten und zu umfassenden Kriterienkatalogen.¹⁵⁶ Bei den meisten, aktuell existierenden Zertifizierungen wird außerdem nicht in allen drei Nachhaltigkeitsaspekten Kriterienerfüllung verlangt und die Ergebnisse werden nicht unabhängig geprüft.¹⁵⁷ Eine spezielle Berücksichtigung von Treibhausgaspotential in den Zertifizierungen erfolgt nicht.¹⁵⁸

3.3.6 Umweltkennzeichnungen

Unter „Umweltkennzeichnungen und -deklarationen versteht man Hinweise, die Informationen über Produkte oder Dienstleistungen im Hinblick auf deren gesamte Umwelteigenschaften, zu einem bestimmten Umweltaspekt oder zu einer beliebigen Anzahl von Aspekten [liefern]“¹⁵⁹. Diese freiwilligen Hinweise können in verschiedenen Formen auftreten, sie dürfen aber u.a. nicht irreführend und wettbewerbshinderlich sein, müssen wissenschaftlich korrekt und allgemein zugänglich sein sowie alle Produktaspekte berücksichtigen.¹⁶⁰

Ziel von Umweltkennzeichnungen und -deklarationen ist es, durch die Kennzeichnung von Produkten mit geringerer Umweltbelastung eine marktgetriebene Veränderung von

¹⁵² Vgl. Klöpffer und Grahl (2009), S. 386

¹⁵³ Weitere internationale Labels finden sich in Anhang 3.

¹⁵⁴ Vgl. Ng et al. (2011), S. 610

¹⁵⁵ Vgl. König et al. (2009), S. 79 Graphik 5.1, Wittstock et al. (2009), S. 9–12 und Meggers et al. (2011), S. 12

¹⁵⁶ Vgl. Ng et al. (2011), S. 611

¹⁵⁷ Vgl. Feifel et al. (2010), S. 47

¹⁵⁸ Vgl. Sturgis und Roberts (2010), S. 16

¹⁵⁹ DIN EN ISO 14020:2002, S. 3

¹⁶⁰ Vgl. DIN EN ISO:2002, S. 4-6, § 4.1-4.6

Nachfrage und Angebot in Richtung umweltfreundlicher und nachhaltiger Produkte zu erzeugen.

In der Praxis werden die Kennzeichnungen in Label, Anbietererklärungen und Umweltproduktdeklarationen unterschieden, die im Folgenden kurz erläutert werden.

3.3.6.1 ISO Typ I-Umweltdeklaration (Label)

Umweltdeklarationen des Typs I werden nach ISO 14024 an Produkte vergeben, die einer Reihe von festgelegten Anforderungen entsprechen und damit in ihrer Produktkategorie vorzuziehen sind.¹⁶¹ Sie sind geeignet für Produkte mit singulärer Umweltrelevanz. Von den hier genannten Lead-Labels sind die zahlreichen in Deutschland und auch weltweit existierenden CO₂-Labels zu unterscheiden, die sich je nach ihrem Anspruch in CO₂e-Reduktionslabel, CO₂e-Siegel, Klimaneutral-Siegel und Umweltlabel mit Klimafokus einteilen lassen.¹⁶²

Sie dienen der „gesellschaftlichen Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele“¹⁶³, der einfacheren Kommunizierbarkeit der umweltbezogenen Produkthinweise und zur erleichterten Identifikation umweltschonender Produkte.¹⁶⁴ Aufgrund der großen Anzahl an Labels werden Verbraucher und Anwender beim Kauf von Produkten eher verwirrt und lassen sich weiterhin eher von meist nationalen Lead-Labels in ihren Kaufentscheidungen leiten.¹⁶⁵ Das wichtigste Lead-Label in Deutschland für Bau- und Büroprodukte ist nach wie vor der Blaue Engel.¹⁶⁶

3.3.6.2 ISO Typ II-Umweltdeklaration (Umweltbezogene Anbietererklärungen bzw. Self-declared Environmental Claims)

„Umweltbezogene Anbietererklärungen [bezogen auf Produkte, Waren oder Dienstleistungen¹⁶⁷] können von Herstellern, Importeuren, Großhändlern, Einzelhändlern oder allen gemacht werden, denen möglicherweise derartige Aussagen von Nutzen sind“¹⁶⁸, auf Basis von frei gewählten Kriterien. Umweltaussagen für Produkte sind in verschiedenen Formen möglich, z.B. als schriftliche oder graphische Erklärungen auf Produkt oder Verpackung oder in der Werbung. Sie eignen sich für das Marketing von Einzelprodukten (bspw. glutenfrei). Ziel dieser Kennzeichnungen ist es, durch die Kennzeichnung von Produkten mit geringerer Umweltbelastung eine marktgetriebene Veränderung von Nachfrage und Angebot zu erzeugen.¹⁶⁹ Jedoch haben Umweltde-

¹⁶¹ Vgl. DIN EN ISO 14024:2001, S. 2

¹⁶² Vgl. BMU et al. (2009), S. 24–28

¹⁶³ König et al. (2009), S. 9

¹⁶⁴ Vgl. DIN EN ISO 14024:2001, S. 5, § 4 und Feifel et al. (2010), S. 47

¹⁶⁵ Vgl. BMU et al. (2009), S. 34

¹⁶⁶ Vgl. Blauer Engel und UBA (2010) (a) und Blauer Engel und UBA (2010) (b)

¹⁶⁷ Vgl. DIN EN ISO 14021:2011, S.4, § 3.1.11

¹⁶⁸ DIN EN ISO 14021:2001, S. 2

¹⁶⁹ Vgl. DIN EN ISO 14021:2001, S. 5, § 4

klarationen dieser Ausprägung die geringste Aussagekraft, da die zugrundeliegenden Kriterien frei wählbar sind.

3.3.6.3 ISO Typ III-Umweltdeklaration (Environmental Product Declaration (EPD))

Umweltdeklarationen des Typs II (EPD) bestehen aus Ökobilanzdaten, aus Sachbilanzdaten oder Informationsmodulen, die von einem sog. Programmbetreiber für den Produkthersteller verwaltet werden.¹⁷⁰ Die Verwendung ist im Rahmen von Produktsystemen hauptsächlich für die Kommunikation zwischen Unternehmen (B2B) gedacht, kann aber auch bei Erfüllung zusätzlicher Anforderungen¹⁷¹ für die Kommunikation gegenüber Kunden (B2C) ausgeweitet werden.

Ziel dieser Deklarationen ist die Bereitstellung von Ökobilanzdaten oder ähnlichen Informationen über die Umweltleistung eines Produktes, um fachkundigen Kreisen eine Vergleichbarkeit von Produkten zu ermöglichen.¹⁷²

Für Baustoffe und Bauprodukte hat das Institut für Bauen und Umwelt e.V. (IBU) und das BMVBS im Rahmen der IBU-Umweltdeklarationen festdefinierte Systemgrenzen und Abschneidekriterien für EPDs erarbeitet. Das IBU betreut die Realisierung und Veröffentlichung der Deklarationen¹⁷³; damit ist die Baubranche Vorreiter in der Umsetzung der ISO 14025.¹⁷⁴

3.3.6.4 Klimadeklaration (Climate Declaration)

Eine Klimadeklaration ist die Zusammenfassung aller klimarelevanten Informationen aus der Environmental Product Declaration (EPD) basierend auf den ISO-Normen 14040, 14044 und 14025 und wird unabhängig geprüft.¹⁷⁵ Sie unterscheidet sich insofern vom Carbon Footprint, als dass eine lebenszyklusbasierte Definition und feste Systemgrenzen vorliegen; damit entspricht die Klimadeklaration dem Global Warming Potential (GWP) aus der Ökobilanz.

3.3.7 Common Carbon Metric

Im Jahr 2009 wurde von Green Building Councils, Green Building Council of Australia (GBCA), UK Green Building Council (UKGBC) und US Green Building Council (USGBC) sowie dem BRE Trust ein Memorandum zur gemeinsamen Entwicklung des

¹⁷⁰ Vgl. DIN EN ISO 14025:2010, S. 5

¹⁷¹ Vgl. DIN EN ISO 14025:2010, S. 39-41, § 9. Dazu zählt bspw. die unabhängige, verifizierende Prüfung durch Dritte.

¹⁷² Vgl. DIN EN ISO 14025:2010, S. 12, § 4

¹⁷³ Vgl. König et al. (2009), S. 41 und S. 81 und BMVBS (2011) (b)

¹⁷⁴ Vgl. Wittstock et al. (2009), S. 11

¹⁷⁵ Vgl. The International EPDSystem et al. (2011)

Common Carbon Metric unterzeichnet.¹⁷⁶ Es handelt sich dabei um ein Messsystem der UNEP und des WRI, um operationale Energie und Treibhausgasemissionen von existierenden Gebäuden weltweit konsistent zu quantifizieren, zu vergleichen und Reduktionen und Verbesserungen der Energieeffizienz im Gebäudebetrieb durch genaue Messung sichtbar zu machen. Das Tool unterstützt somit internationale, regionale, nationale und lokale Politik und Initiativen der Industrie.¹⁷⁷

Das Werkzeug basiert auf den weltweit verwendeten Richtlinien von WBCSD, GHG Protocol Initiative sowie den ISO-Standards 15392:2008 und 14040/44:2006.¹⁷⁸

Common Carbon Metric ist momentan sehr allgemein ausgelegt und bezieht Endenergie- und Emissionsintensität ($\text{kWh/m}_2 \cdot \text{Jahr}$ bzw. $\text{kgCO}_2\text{e/m}_2 \cdot \text{Jahr}$) auf die Bruttogrundfläche in den Kategorien Gebäudetyp (Wohn- und Nichtwohngebäude), Bewohner oder Klimazone, wird aber nach der momentanen zweiten Testphase weiterentwickelt und spezifiziert.¹⁷⁹ In Zukunft soll dieses Instrument die Emissionsveränderungen der Gebäude messbar machen und als Grundlage für internationales Benchmarking von Gebäudebeständen, Politikentscheidungen und Aktivitäten im Zertifikatehandel dienen.¹⁸⁰ Aufgrund der Vielzahl an verwendeten Instrumenten und Indikatoren wird versucht, Initiativen wie Carbon Disclosure Project, Climate Group, Climate Leaders, Climate Registry und andere von dem Berechnungstool Common Carbon Metric zu überzeugen, um dadurch einen weltweiten, akzeptierten Standard zu etablieren. Global Reporting Initiative Construction & Real Estate Sector Supplement konnte schon für die Nutzung von Common Carbon Metric gewonnen werden.¹⁸¹

3.3.8 GHG Protocol

Die GHG-Protocol Initiative vom World Resources Institute (WRI) und dem World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) gibt internationale Leitlinien auf freiwilliger Basis zur Ermittlung der jährlichen CO_2 -Bilanz von Unternehmen vor. Basierend auf dem GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard wurde in Hongkong im Juli 2011 ein THG-Reporting für Gebäude entwickelt und eingeführt, welches in diesem Jahr noch an zehn weiteren öffentlichen Gebäuden durchgeführt werden soll.¹⁸²

Weitere Instrumente dieser Initiative, die verkörpern, produktbezogenen Treibhausgasemissionen zu messen, sind mit dem GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard und dem GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard kürzlich veröffentlicht worden. Dabei basiert das

¹⁷⁶ Vgl. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (2009)

¹⁷⁷ Vgl. UNEP SBCI (2010) (a), S. 3 und UNEP SBCI (2009)

¹⁷⁸ Vgl. UNEP SBCI (2010) (a), S. 8

¹⁷⁹ Vgl. Greenhouse Gas Protocol (2011) (c)

¹⁸⁰ Vgl. UNEP SBCI (2010) (a), S. 9

¹⁸¹ Vgl. UNEP SBCI (2010) (b), Chapter 1, Page 3

¹⁸² Vgl. Greenhouse Gas Protocol (2011) (d)

GHG-Produktprotokoll auf der ISO 14040 und der PAS 2050¹⁸³ und ermittelt die durch ein Produkt ausgelösten THG-Emissionen im Produktlebenszyklus.¹⁸⁴ Das GHG-Wertschöpfungsprotokoll hingegen ermittelt die Treibhausgasemissionen in den Produktwertschöpfungsketten von Unternehmen.¹⁸⁵

3.3.9 Benchmarks von CO₂-Emissionen und CO₂-Rechner

Das Benchmarking-Prinzip vergleicht Produkte, Dienstleistungen oder Organisationen der gleichen Kategorie oder Branche anhand normalisierter Daten, um Markt- bzw. Technologieführer und Nachfolger zu ermitteln.¹⁸⁶ Hinsichtlich CO₂-Emissionen gibt es diese Vergleiche, sie sind allerdings meist nicht besonders aussagekräftig, da unterschiedliche Unternehmen, Gebäude und Produkte miteinander verglichen werden, die in ihren Prozessen verschieden sind und somit eine Vergleichbarkeit nicht unbedingt gegeben ist.¹⁸⁷ Benchmarking wird oft im Zusammenhang mit CO₂-Rechnern verwendet, da für den Anwender eine CO₂-Emission ohne Vergleichswert meist ohne Aussage ist.

Die online verfügbaren CO₂-Rechner sind meist personenbezogen und beinhalten verschiedene Bedürfnisfelder. In den existierenden CO₂-Rechnern wird das Bedürfnisfeld Wohnen meist berücksichtigt, sie unterscheiden sich allerdings oft stark hinsichtlich ihrer Berechnungsfaktoren und basierend des Öfteren auf unterschiedlichen Daten und Methoden.¹⁸⁸ Spezielle CO₂-Rechner und Benchmarks zur Ermittlung und dem Vergleich von Gebäuden und Gebäudesanierungsprojekten sind ebenfalls zu finden.¹⁸⁹

Eine internationale Benchmark für Gebäude und Immobilienportfolios ist der Greenprint Foundation Property Carbon Index (PCI). Der jährliche Bericht der Greenprint Foundation (GPF) gibt einen Überblick über den Carbon Footprint der weltweit teilnehmenden Immobilien und Gebäudeportfolios und bietet damit einen Benchmark für alle Immobilien. Dabei werden Emissionen bewertet, die unter das International GHG Protocol und die ISO 14064 fallen. Außerdem werden innovative THG-Reduktionsmaßnahmen an

¹⁸³ Vgl. Greenhouse Gas Protocol (2011) (e), S. 21

¹⁸⁴ Vgl. Greenhouse Gas Protocol (2011) (e), S. 5

¹⁸⁵ Vgl. Greenhouse Gas Protocol (2011) (e), S. 4 und S. 6 und Greenhouse Gas Protocol (2011) (b), S. 4 und S. 6

¹⁸⁶ Vgl. CO₂Benchmark Ltd (2011)

¹⁸⁷ Online ist ein sektorspezifischer oder auch ein direkter CO₂-Benchmark-Vergleich von Unternehmen und Organisationen möglich (Vgl. CO₂Benchmark Ltd (2011), Greenhouse Gas Protocol (2011) (a) und Carbon Trust (2011) (a)). Oft werden CO₂-Rechner auch im Rahmen von im europäischen Emissionshandel anerkannten Kompensationsprojekten zur Verfügung gestellt.

¹⁸⁸ Vgl. Umweltbundesamt (2007), S. 1 und S. 19–42 sowie UNEP (2008), S. 64. Eine Übersicht über internationale CO₂-Rechner gibt UNEP (2008), jedoch wird dort nur die Gebäudenutzung berücksichtigt, nicht aber die verkörpert Emissionen (Vgl. UNEP (2008), S. 62f.).

¹⁸⁹ Vgl. Gebäude: Mithun et al. (2007); Gebäudesanierung von Nicht-Wohnbauten (Verwaltung und Öffentliche Gebäude): Schunkert (2011).

den teilnehmenden Gebäudebeständen getestet und angewendet.¹⁹⁰ Bislang nahmen im Jahr 2010 rund 20 Immobilienunternehmen mit rund 1600 Immobilien weltweit resp. 31 Mio. m² an der Initiative teil.¹⁹¹

Auch das Instrument Common Carbon Metric ist teilweise als Benchmark ausgelegt, um Entscheidern in Politik und Wirtschaft offenzulegen, inwiefern der aktuelle, weltweite Gebäudebestand Treibhausgase emittiert und inwieweit Emissionsminderungen umgesetzt wurden.

Die Indikatoren des Carbon Disclosure Leadership Index (CDLI) und des Carbon Performance Index fungieren ebenfalls als Benchmark allerdings bislang nur für Unternehmen und Organisationen hinsichtlich ihrer Offenlegung klimarelevanter Informationen und ihres Treibhausgas-Managements. Das Carbon Disclosure Project (CDP) ermöglicht eine Quantifizierung der Treibhausgasemissionen, bewertet die Offenlegung und Transparenz im Umgang mit Treibhausgas-Daten im CD Leadership Index (CDLI) und berücksichtigt die THG-Minderungsstrategien, -maßnahmen und -anpassungen an den Klimawandel im Carbon Performance Index, basierend auf den Antworten der befragten Unternehmen.¹⁹² Im Städtebericht des CDP werden auch die durch Gebäude verursachten Treibhausgase in den jeweiligen Städten veröffentlicht und sowohl das Treibhausgas-Management als auch das klimabezogene Risikomanagement der Städte bewertet.¹⁹³

3.3.10 The Sustainable Buildings Index (SB Index)

Dieser Indikator, der seit Mai 2010 von der UNEP SBCI entwickelt wird, soll zukünftig als Basis für ein globales Reportingsystem der Hauptfaktoren des nachhaltigen Bauens dienen, mit besonderem Fokus auf Energieeffizienz und Treibhausgasemissionen. Dabei werden Treibhausgasemissionen von Wohn- und Nichtwohngebäuden gemessen, berichtet und verifiziert. Aspekte wie Wasserverbrauch, Materialverbrauch, Ressourcenverknappung, Abfall, Biodiversität sowie ökonomische und soziale Gesichtspunkte werden ebenfalls ausgewiesen.¹⁹⁴

3.4 Typologisierung der Instrumente

Eine Einordnung und Typologisierung der existierenden Instrumente für die Beurteilung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Einwirkungen ist prinzipiell nach der Kategorisierung der ISO-Familie 14000, nach Indikatorenschema DPSIR, nach Klimaverträglichkeit, nach betrachteten Treibhausgasen, nach Stoff-/Energiebilanzen und Wirkungsabschätzungen, nach Verfahrensarten oder anhand räumlicher bzw. zeitlicher Systemgrenzen möglich. Im Folgenden werden die diese Einteilungen kurz vorgestellt,

¹⁹⁰ Vgl. Greenprint Foundation (2011)

¹⁹¹ Vgl. Greenprint Foundation (2010), S. 5

¹⁹² Vgl. Carbon Disclosure Project (2011) (b) , Carbon Disclosure Project und KPMG (2011) und Carbon Disclosure Project (2011) (a), S. 3–5

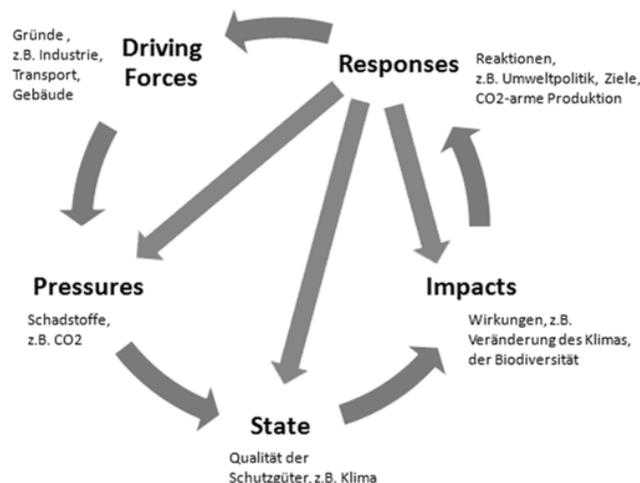
¹⁹³ Vgl. Carbon Disclosure Project und KPMG (2011), S. 17

¹⁹⁴ Vgl. UNEP SBCI (2011) (a) und UNEP SBCI (2010) (b), S. 3

diskutiert und anschließend in einer Typologisierung der Instrumente zusammengefasst, um einen möglichst umfassenden Überblick über die Instrumente und ihre Zusammenhänge zu erhalten.

- Eine Einteilung der verschiedenen, durch Normen beschriebenen Instrumente nach ISO-Familie 14000, findet sich bei ISO (2009).¹⁹⁵ Diese Klassifizierung teilt die Instrumente im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses in die Bereiche ‚Plan‘, ‚Do‘, ‚Check‘ und ‚Act‘ ein, ermöglicht aber keine Übersicht hinsichtlich Verwandtschaften von Methoden oder ihrem Bezug.
- Eine ähnliche Unterteilung der Instrumente, Kennzahlen und Indikatoren im Umweltbereich ergibt sich aus dem Indikatorenschema DPSIR der EEA nach den Indikatorkategorien Triebkräfte (Driving Forces)¹⁹⁶, Belastungsfaktoren (Pressures)¹⁹⁷, Umweltzustand (State)¹⁹⁸, Auswirkungen (Impacts)¹⁹⁹ und Maßnahmen (Responses)²⁰⁰, die dynamisch miteinander verbunden sind (Vgl. Abbildung 3-5).

Abbildung 3-5: DPSIR-Kategorisierung von Indikatoren und ihre gegenseitigen Einflüsse



Quelle: Eigene Darstellung nach EEA (1997), S. 4 und Gabrielsen und Bosch (2003), S. 8

¹⁹⁵ Vgl. ISO (2009), S. 6–10

¹⁹⁶ Definition: "Indicators for Driving forces describe the social, demographic and economic developments in societies and the corresponding changes in lifestyles, [...] consumption and production patterns." (Gabrielsen und Bosch (2003), S. 8).

¹⁹⁷ Definition: "Pressure indicators describe developments in release of substances (emissions)" (Gabrielsen und Bosch (2003), S. 8); d.h. die jährliche Umweltbelastung.

¹⁹⁸ Definition: Spezifische Größe, die Informationen über den lokalen, regionalen, nationalen oder globalen Zustand der Umwelt darstellt (DIN EN ISO 14031:1999, S. 4, § 2.3); d.h. die bisher aufgelaufene Umweltbelastung.

¹⁹⁹ Definition: „Jede Veränderung der Umwelt, ob günstig oder ungünstig, die vollständig oder teilweise das Ergebnis der Tätigkeiten, Produkte oder Dienstleistungen der Organisation ist.“ (DIN EN ISO 14031:1999, S. 4, § 2.4) Gleichartige Auswirkungen wie Gase, die den Treibhauseffekt verstärken, können in CO₂-Äquivalenten gebündelt werden.

²⁰⁰ Definition: „Response indicators refer to responses by groups (and individuals) in society, as well as government attempts to prevent, compensate, ameliorate or adapt to changes in the state of the environment.“ (Gabrielsen und Bosch (2003), S. 8)

Eine Einteilung nach DPSIR ist nicht sinnvoll, da im vorliegenden Kapitel der Fokus lediglich auf den Belastungsindikatoren (Pressures) liegt, also den Kennzahlen und Informationen, die die Emissionstätigkeiten und -mengen quantifizieren. Erst Kapitel 5.3 wird auf Indikatoren und Maßnahmen zur Vermeidung von Emissionen und Anpassung an den Klimawandel (Responses) eingegangen, die durch den politischen Prozess zu entwickeln sind.

- Nach Klimaverträglichkeit können die Instrumente anhand der hinsichtlich Emissionsumfang hierarchisch abstufenden Begriffe ‚zero emission‘²⁰¹, ‚zero carbon emission‘²⁰², ‚net zero emission‘ (emissionsneutral)²⁰³, ‚klimaneutral‘²⁰⁴, ‚carbon neutral/net zero carbon dioxide emissions‘ (CO₂-neutral)²⁰⁵ eingeordnet werden. In der Literatur steht eine eindeutige Abgrenzung der Begriffe voneinander bislang aus. Stattdessen werden in der Praxis unterschiedliche Begriffe gleichgesetzt oder teilweise irreführend bzw. nicht eindeutig verwendet.²⁰⁶ Eine Einordnung der Instrumente in diese Klassifizierung oder eine Zuordnung der praktischen Instrumente ist schwierig aufgrund der teilweise unzureichenden Begriffsdefinition und Abgrenzung sowie der Tatsache, dass viele Instrumente Emissionen ausweisen aber nicht reduzieren helfen.

²⁰¹ Zero emission wird als Zustand bezeichnet, in dem keine schädlichen physikalischen, optischen, strahlenden oder akustischen Emissionen in die Umwelt gelangen, indem Abfall und Emissionen weiterverwendet werden und damit keine messbaren Auswirkungen auf die Umwelt entstehen (Vgl. Kuehr (2007), S. 1198).

²⁰² Zero carbon emission verweist auf Produkte oder Organisationen, die keine kohlenstoffbasierten Emissionen ausstoßen; Matthews und Caldeira (2008) sowie andere Wissenschaftler verwenden diesen Begriff im Zusammenhang mit dem Klimawandel und beziehen sich damit wahrscheinlich auf CO₂ (Vgl. Matthews und Caldeira (2008), S. 1). Es konnte keine Definition gefunden werden, die eine klare Abgrenzung der mit diesem Begriff umfassten Gase oder Stoffe vornimmt.

²⁰³ Der Begriff net zero-emission (emissionsneutral) ist im Zusammenhang mit der Stromerzeugung als komplett regenerativ umschrieben, allerdings konnte keine Definition des Begriffs gefunden werden, aber zahlreiche Artikel, die diesen Ausdruck verwenden (Vgl. Faulstich et al. (2011), S. 74). Leitet man die Definition des Begriffs von der Definition der zero-emission her, muss Emissionsneutralität eine Kompensation aller anthropogenen (THG-relevante und nicht-THG-relevante) Emissionen bedeuten.

²⁰⁴ Klimaneutrale Produkte und deren Anbieter versprechen, die mit Erzeugung, Vertrieb und Nutzung der Ware, Veranstaltung oder Dienstleistung einhergehenden Treibhausgasemissionen zu kompensieren, bspw. durch Klimaschutzprojekte im Clean Development Mechanism (CDM) und damit durch den Erwerb von zertifizierten oder verifizierten Emissionsreduktionen (Vgl. Umweltbundesamt (2008) (b), S. 5–11). Der Begriff der Klimaneutralität ist allerdings etwas irreführend, umfasst er nicht allein die Neutralisierung von CO₂- oder THG-Emissionen, sondern im weitesten Sinne alle anthropogenen Effekte auf das Klima.

²⁰⁵ Carbon neutral (net zero carbon (dioxide) emissions bzw. CO₂-neutral) verweist auf humane Aktivität (Produkte oder Organisationen), die die Wirkung ihrer kohlenstoffbasierten oder auch nur CO₂-Emissionen (CO₂ oder CO_{2e}) durch Reduktion von Emissionen in gleicher Höhe oder Verhindern von Emissionen annullieren (Vgl. Murray und Dey (2009), S. 238 und Department of Energy and Climate Change (2009), S. 4).

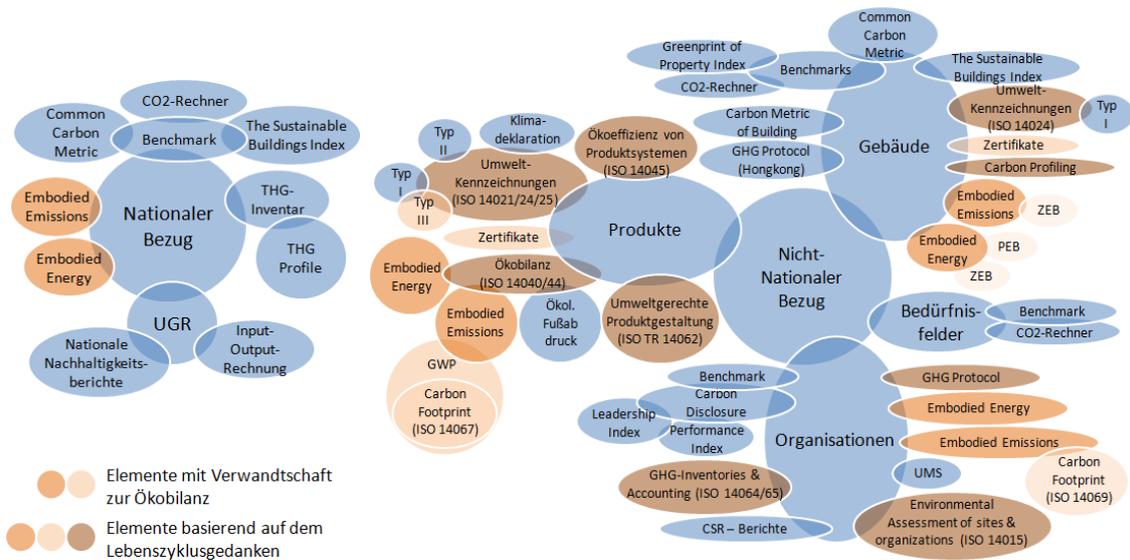
²⁰⁶ Beispiel: TÜV Nord bezeichnet klimaneutrale Produkte und Organisationen als solche, deren CO₂-Bilanz durch Zukauf und Stilllegung von CO₂-Handelszertifikaten auf null ausgeglichen wird (Vgl. TÜV Nord (2011)); dies entspräche allerdings dem Begriff CO₂-neutral.

- Eine Klassifizierung nach Treibhausgasen ist zwar möglich, allerdings nicht relevant, da mindestens CO₂-Emissionen betrachtet werden (entspricht 80% der emittierten Treibhausgase) oder aber CO₂-Äquivalente (CO₂e), die meist alle Kyotogase umschließen. Instrumente, die alle Treibhausgase erfassen sind zwar theoretisch denkbar, aber praktisch sehr umfangreich und datentechnisch sehr aufwändig.
- Eine Typologisierung nach Bilanzen und Wirkungsabschätzungen ist hier ebenfalls nicht sinnvoll, da fast alle betrachteten Instrumente im Bereich der Stoff- und Energiebilanzen liegen; wirkungsbezogene Werkzeuge wie Ökologischer Fußabdruck und Impact-Indikatoren werden in dieser Arbeit nicht betrachtet.
- Eine Klassifizierung nach Verfahrensarten ist in Umweltkommunikationstools, Kennzahlen und Indikatoren, Umweltkennzeichnungen, Bilanzen, Zertifizierungen und weitere möglich. Ein solcher Versuch der Instrumentenaufteilung gibt einen methodischen Überblick, allerdings wird dadurch nicht abgebildet, welche Art von Informationen das Instrument erzeugt oder wie der Zeitbezug oder was der Betrachtungsgegenstand ist.
- Die Einteilung nach räumlichen Systemgrenzen ist stark abhängig vom Bezug des Instrumentes (produkt-, projekt-, dienstleistungs-, organisations-/unternehmens-, branchen-/sektor- und staatsbezogene Werkzeuge), kann aber in diesem Zusammenhang als sinnvolle Kategorisierung betrachtet werden. Ebenso ist eine Klassifizierung nach zeitlichen Aspekten in zeitlich begrenzte (bspw. jährliche) und lebenszyklusbasierte (cradle-gate, gate-gate, cradle-grave) Zeiträume zweckmäßig. Dabei zählen zu den jährlich kalkulierenden Instrumenten die staatlichen Bilanzierungen (GHG Inventories, UGR, u. a.) und die GHG Inventories von Unternehmen. Zu den lebenszyklusbezogenen Instrumenten die Ökobilanz und ihre verwandten Methoden (PCF, GWP, Embodied Emission, Embodied Energy und Ökol. Fußabdruck).

Insgesamt gesehen sind die Einteilungen nach räumlichem und zeitlichen Bezug sowie nach Verfahrensarten sinnvoll. Die folgende Abbildung 3-6 versucht eine Anordnung nach räumlichem Bezug mit Hinweisen auf den zeitlichen Rahmen und verwandte Verfahren zu vereinen, da eine solche Darstellung einen Überblick über die gesamte Landschaft der verwendeten Instrumente gibt und eine Differenzierung hinsichtlich Produkten, Gebäuden, Organisationen und Bedürfnisfeldern ermöglicht.

Die Abbildung macht deutlich, dass die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Instrumente höchst unterschiedlich eingesetzt werden und auf teils unterschiedlichen teils ähnlichen theoretischen Grundsätzen beruhen. Vor allem der Lebenszyklusgedanke zieht sich durch viele Instrumente, ebenso wie der Ökobilanzansatz, der sich sowohl direkt in GWP und Carbon Footprint, als auch indirekt in Zertifikaten und Labels widerspiegelt. Es wird ebenfalls deutlich, dass es auch zwischen einigen Instrumenten Überschneidungen gibt, bspw. im Fall der Benchmark und ihrer Ausprägungen, und dass die meisten von ihnen nicht nur auf ein Anwendungsbereich beschränkt sind. Eine tabellarische Übersicht über die Zusammenhänge findet sich in Abbildung 0-3 in Anhang 1.

Abbildung 3-6: Landkarte der ökologischen Instrumente nach räumlichem Bezug



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Recherchen

Auf die Verknüpfung und Umsetzung der vorgestellten Instrumente in der umweltpolitischen Realität durch die in der Baubranche aktiven Akteure geht Kapitel 5 näher ein.

3.5 Fazit

Dieses Kapitel widmete sich der Beschreibung, Analyse und Gliederung der existierenden Maßnahmen und Instrumente im Bereich der Nachhaltigkeitsbewertung und insbesondere hinsichtlich der Erfassung von klimarelevanten Emissionen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den letzten Jahren die Erforschung und Entwicklung von Instrumenten zur Messbarmachung von Umwelteinwirkungen stark zunimmt. Dabei existieren ausgereifte, umfassende Instrumente zur Treibhausgas-Erfassung wie die standardisierte Ökobilanz (LCA) neben weniger erforschten, weniger klar definierten und weniger ganzheitlichen Instrumenten. Indikatoren und Kennzahlen werden verwendet, um die Umwelteinwirkung von Produkten auf das Klima auch für Konsumenten deutlicher zu machen bspw. Carbon Footprint, Climate Footprint, GWP, Embodied Emissions, Embodied Energy; allerdings variieren diese Konzepte hinsichtlich Definition, Systemgrenze, Bezug und berücksichtigten Treibhausgasen (Kohlenstoffbasiert, CO₂, CO₂e). Dies ist u.a. in der Tatsache begründet, dass in den letzten Jahren zusätzlich zu den bisherigen Entwicklungen im Bereich der Messung von Nachhaltigkeit neue, eher kommerziell orientierte Bestrebungen der Treibhausgas-Quantifizierung hinzukommen, die sich weniger an wissenschaftlichen Methoden orientieren.

Für die Quantifizierung der Treibhausgasemissionen der Baubranche eignet sich nach dieser Analyse auf nationaler Ebene die Methode der Input-Output-Rechnung am besten, da sie die umfassendsten Informationen bietet. Jedoch existiert bislang keine Input-Output-Rechnung für den Bausektor. Daher muss für die folgenden Analysen auf die Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnung zurückgegriffen werden. Auf

nicht-nationaler Ebene eignen sich Ökobilanzdaten bislang am besten zur Quantifizierung klimarelevanter Gase in der Baubranche, denn die Ermittlung dieser Daten in Form des GWP ist für diese Methode am genauesten festgelegt und international anerkannt. Weitere Instrumente wie Caron Footprint oder Carbon Metric of Building können nur als Vereinfachung gelten, die hinsichtlich der praktischen Umsetzung Vorteile haben können.

Darüber hinaus werden viele unterschiedliche Begriffe verwendet um Organisationen oder Produkten ihre Umweltfreundlichkeit, Klimaneutralität oder sogar Emissionsfreiheit nachzuweisen. Problematisch dabei ist, dass einige der verwendeten Begriffe nur unzulänglich festgelegt sind und damit keine wissenschaftliche Grundlage für Handlungs- und Reduktionsmöglichkeiten bieten. In der Literatur stehen eine systematische Kategorisierung der Instrumente anhand festgelegter Kriterien und ihre inhaltliche Abgrenzung von einander, sowohl allgemein als auch im Bezug auf Instrumente der Baubranche, aus. Die hier diskutierte Typologisierung der Instrumente kategorisiert nach räumlichem und zeitlichem Bezug und versucht die Verwandtschaft ähnlicher Methoden darzustellen.

Die verwendeten Instrumente zur Regulierung der Baubranche und Minderung der diesbezüglichen Treibhausgasemissionen sind weiterhin uneinheitlich und eine Vergleichbarkeit aufgrund normativer und regionaler Unterschiede nicht gegeben.²⁰⁷ Daher wäre diese methodische Einordnung der Instrumente anhand festgelegter Kriterien nach mehreren Möglichkeiten notwendig. Darüber hinaus hängt die Ermittlung von Konzepten wie Zero-Energy-Building oder Zero-Emission-Building stark von den vorausgesetzten Definitionen, Parametern, den erwarteten Lebensdauern eines Gebäudes, Bauteils, Bauproduktes, den Systemgrenzen, den Bezugsflächen²⁰⁸ und den verfügbaren Daten ab.²⁰⁹ Verfahren mit unterschiedlichen Grundannahmen und Systemgrenzen führen daher zu unterschiedlichen THG-Bilanzierungsergebnissen. Die bislang verwendeten Bilanzierungsinstrumente sind allerdings nicht ausschließlich auf die Erfassung von Treibhausgasemissionen von Gebäuden über den Lebenszyklus hinweg ausgerichtet, sondern fokussieren sich eher auf die energetische Optimierung von Produkten und Gebäuden im Lebenszyklus.²¹⁰ Damit berücksichtigen sie nur indirekt die entstehenden Treibhausgasemissionen; eine Hinwendung zur verstärkten Berücksichtigung und direkten Erfassung von Treibhausgasemissionen in der Praxis ist jedoch anzustreben.

Solange die internationale Ermittlung von klimarelevanten Emissionen für Gebäude und ihre Bestandteile im Verlauf ihres Lebenszyklus nicht einheitlich ist, ist keine allgemeine Vergleichbarkeit von Baustoffen, Bauprodukten, Bauelementen und Gebäu-

²⁰⁷ Vgl. Hammond und C. I. Jones (2010), S. 381f.

²⁰⁸ Eine Vergleichbarkeit der Treibhausgasemissionen von Gebäuden auf Basis von $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2\text{a}$ ist aufgrund der Nichtlinearität der Emissionen im Verhältnis zur Gebäudefläche nicht gegeben.

²⁰⁹ Vgl. Sturgis und Roberts (2010), S. 14

²¹⁰ Vgl. Ng et al. (2011), S. 610

den gegeben, eine Treibhausgasminderung in diesem Bereich durch Burden Sharing schwierig und nur mittelbar durch Energieeinsparungen durchführbar.

Wünschenswert wäre eine Untersuchung, ob und inwieweit sich die Instrumente gegenseitig beeinflussen und ob die Anzahl unterschiedlicher Methoden die praktische Anwendung der vorgestellten Instrumente hemmt. Hinsichtlich der Berücksichtigung des Nutzer- und Eigentümerverhaltens besteht weiterer Entwicklungsbedarf; lediglich die Methode ‚Carbon Profiling‘ berücksichtigt das konkrete, heutige Nutzerverhalten und integriert es in das Ergebnis.

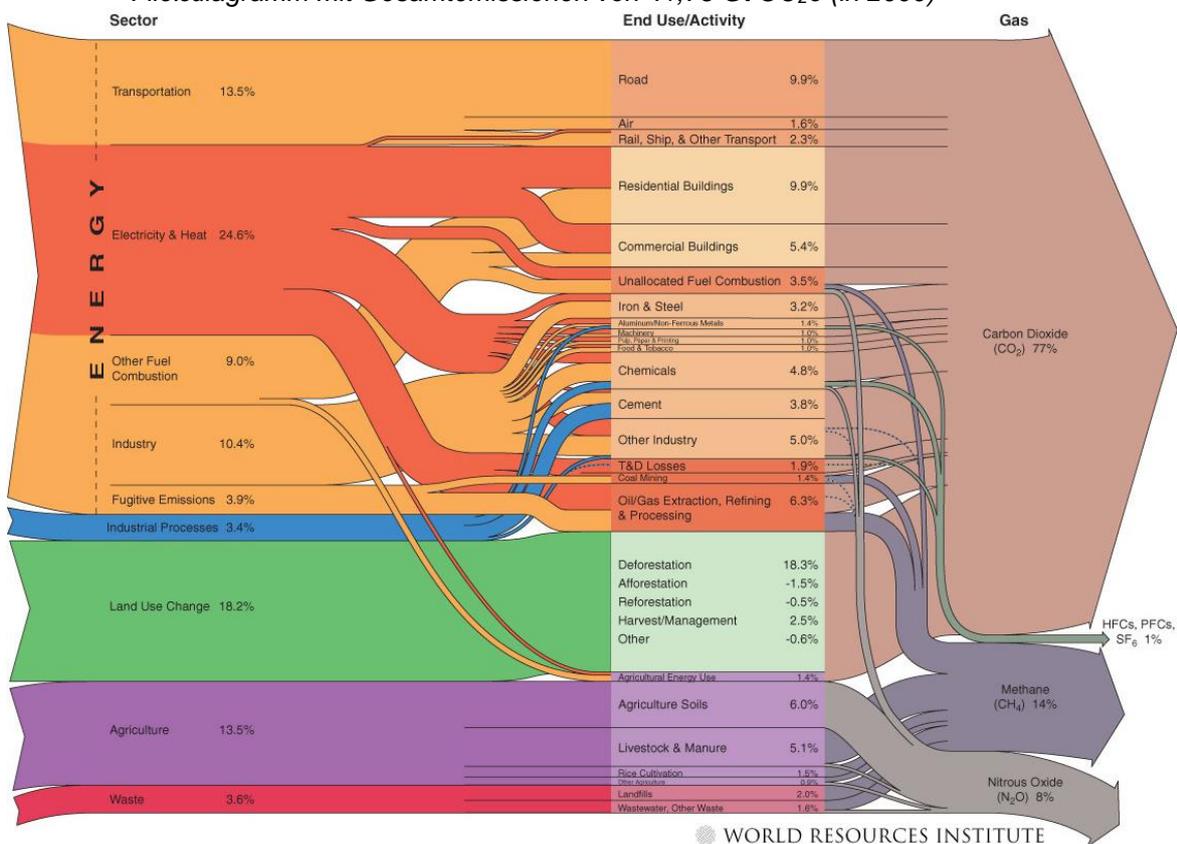
Langfristige Trends wie Demographie, weiterhin steigender Wohnflächenbedarf pro Person, mehr Single-Haushalte, Abwanderung aus Ostdeutschland und die Verwendung neuer Materialien in Bausektor und Bauindustrie werden bislang nicht berücksichtigt.

4 Analyse der baubezogenen Treibhausgasemissionen

4.1 Einführung

Die Quantifizierung der durch die Baubranche verursachten Treibhausgasemission ist aufgrund des internationalen Burden Sharing unabdingbar. Weltweit wird der Baubranche mittels Wohn- und Nichtwohngebäuden (wie in Abbildung 4-1 zu sehen) zwar ein globaler Anteil von 15,3% der klimarelevanten Emissionen zugeordnet. Ob jedoch alle operationalen oder verkörperten, indirekten Emissionen entlang des Gebäudelebenszyklus dazu zählen geht aus der Abbildung jedoch nicht hervor.

Abbildung 4-1: Globale Verflechtung von Energie und Treibhausgasemissionen - Fließdiagramm mit Gesamtemissionen von 41,76 Gt CO₂e (in 2000)



Quelle: World Resources Institute (2005), S. 4f.

Um diese analytische Lücke in der Quantifizierung der durch die Baubranche verursachten Treibhausgasemissionen schließen zu können konzentriert sich das folgende Kapitel auf einerseits eine Untersuchung des volkswirtschaftlichen CO₂- und Treibhausgas-Ausstoßes der Baubranche und ihrer Erfassung im zeitlichen Horizont der Lebenszyklusbetrachtung auf Basis der UGR-Daten. Andererseits werden die produktbezogenen Treibhausgasemissionen mit und ohne energetischen und stofflichen Vorstufen auf Basis von Ökobilanzdaten betrachtet und daraus die emittierte Treibhausgasmenge der Baubranche abgeschätzt. Darüber hinaus werden zu Beginn dieses

Kapitels die verfügbaren Daten und Datenklassifizierungen untersucht, auf denen die darauf folgenden Analysen basieren.

So gibt Abschnitt 4.2 zunächst einen Überblick über die allgemeine nationale und internationale Datenerhebung im Baubereich, die Datenklassifizierung sowie die Systemgrenzen der Datenerhebung. Dazu werden die zugrundeliegenden Datensätze zunächst näher erläutert, untersucht und darauf aufbauend die Emissionen in Deutschland ermittelt.

Da für die geplante Abschätzung nicht alle Informationen über sämtliche Stoffströme verfügbar sind, werden mittels Top Down- und Bottom Up-Ansatz in den Abschnitten 4.3 und 4.4 eine obere und eine untere Grenze für die jährlichen Treibhausgasemissionen der Baubranche und der Bedürfnisfelder Bauen und Wohnen ermittelt.²¹¹ Dies geschieht anhand den, entlang des Gebäudelebenszyklus agierenden Wirtschaftszweigen, wie Bauindustrien (Baustoffherstellung, Rückbau- und Entsorgung), Baudienstleistungen (Bauwerkerstellung, Gebäudebetrieb) und im Transport entstehen. Die Ermittlung auf Bauproduktebene hingegen bedient sich einer sektoralen Aufsummierung von konkreten, lebenszyklusbasierten Treibhausgasemissionen von Baustoffen und ihrer Bewertung mit mikroökonomischen Daten der Produktionsstatistik.

Eine abschließende Zusammenführung der Ergebnisse in Abschnitt 4.5 ermöglicht eine Zuteilung der energetischen und handelsbedingten Stoffströme und Emissionen zur auf die Bedürfnisfelder Bauen und Wohnen sowie auf die Baubranche, wie in Abbildung 4-1 dargestellt. Daraus können die wesentlichen sektoralen Emittenten identifiziert werden und in Abschnitt 4.6 das Emissionsminderungspotential der Baubranche und den zugehörigen Bauindustrien ausgewiesen werden. Abschnitt 4.7 behandelt die Dynamik sowie weitere Trends und Entwicklungen von Gebäudebeständen und ihr Einfluss auf die Baubranche in Deutschland und der Welt.

4.2 Allgemeine Datenerhebung und Systemgrenzen

Je nach Untersuchungsrahmen und Untersuchungsobjekt ergeben sich unterschiedliche Systemgrenzen. **Allgemeine und sektorale Systemgrenzen** der Ermittlung von Kyotogasen sind für das nationale Reporting durch die IPCC-Richtlinien festgehalten.²¹² Diese Richtlinien werden in der staatlichen Treibhausgas-Erfassung angewandt und die Daten jährlich an das UNFCCC berichtet, dort gesammelt und aufbereitet.

Für das Treibhausgas-Reporting von nicht-staatlichen Organisationen, Produkten, Dienstleistungen oder Personen wird aktuell an Richtlinien und Normen gearbeitet. **Organisationsbezogene Systemgrenzen** werden für den organisationsbezogenen Carbon Footprint momentan in der ISO 14069 entwickelt; NGOs, wie bspw. die GHG Protocol Initiative, das World Resources Institute oder das Carbon Disclosure Project haben bereits Richtlinien entworfen, die weltweit Anwendung finden. **Produktbezogene**

²¹¹ Vgl. Kohler et al. (1999), S. 45.

²¹² Vgl. Penman et al. (2006), S. 5

ne Systemgrenzen sind im Fall der Ökobilanz in der Norm ISO 14040 definiert²¹³, für EPD gelten die Systemgrenzen der ISO 14025. In anderen Fällen, bspw. beim produktbezogenen Carbon Footprint, kristallisieren sich nach und nach eindeutige, international gültige Systemgrenzen heraus. So wird für die Betrachtung des produktbezogenen Carbon Footprint (PCF) derzeit die ISO-Norm 14067 teilweise auf Basis der PAS 2050 entwickelt, in der die Systemgrenzen für den PCF (Embodied CO₂ bzw. Emissions) klar von den Systemgrenzen des GWP der Ökobilanz differenziert sein werden.²¹⁴ Dies wird auch eine große Unterstützung sein, produktbezogene Begriffe wie ‚zero emission‘, ‚net-zero carbon (dioxide) emission‘ oder ‚klimaneutral‘ überschneidungsfrei voneinander abzugrenzen.²¹⁵

Da die Emissionsermittlung für Organisationen und Produkte noch nicht ausreichend standardisiert ist, ist es wichtig, bei jeder Quantifizierung von Treibhausgasemissionen die Systemgrenzen und verwendeten Richtlinien bzw. Konventionen anzugeben.

Daten werden von einer Vielzahl an Institutionen zur Verfügung gestellt; teilweise sind die Daten amtlich erhoben, geschätzt oder gemessen und je nachdem unterschiedlich strukturiert. Auf die verwendeten Daten der folgenden Analysen gehen die Abschnitte 0 und 4.4.3 näher ein. Eine Übersicht über die national und international bereitgestellten Datenquellen, Datenaktualität, Datenformate²¹⁶, den Detaillierungsgrad der Daten und Systemgrenzen findet sich in Anhang 3.

Für die folgenden Analysen wird eine Näherung von Hammond und Jones (2010) bemüht, welche die Systemgrenze hinsichtlich der Tiefe der Analyse umschreibt. Die vier Stufen (Level L1 bis L4) der Ermittlungstiefe entlang der Wertschöpfungskette wurden für die Energieanalyse entworfen, sind aber auf eine Emissionsanalyse direkt übertragbar. Wie in Abbildung 4-2 zu sehen ist, umfasst Level 1 lediglich die direkt zur Produktherstellung notwendige Prozessenergien und -emissionen. Level 2 enthält die Energie und Emissionen aus allen Vorstufen der Materialgewinnung bis hin zur Produktherstellung. Level 3 und 4 adressieren darüber hinaus Energien und Emissionen aus Vorstufen der Herstellung von Produktionsmaschinen.

Da Level 1 und 2 etwa 90% der verkörperten Energien und Emissionen ausmachen, soll dies in einer Top-Down-Analyse aufgrund fehlender genauerer Daten als Näherung dienen, d.h. zu Baubranche hinzugerechnet werden all jene Emissionen, die aus Vorketten und Herstellungsprozessen (direkte Emissionen) sowie aus Materialproduktionsprozessen (indirekte Emissionen) entstehen. Dazu zählt im vorliegenden Top-Down-Ansatz auch die Herstellung von Brennstoffen und Elektrizität für die Gebäudeerrichtung und -rückbau, den Gebäudebetrieb und die Materialherstellung.

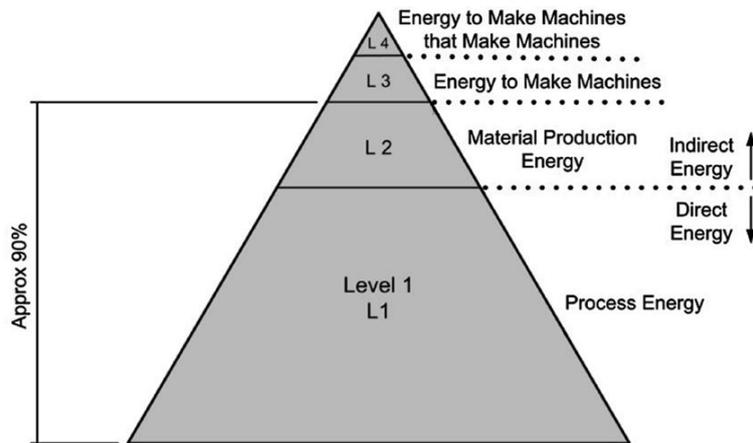
²¹³ Vgl. DIN EN ISO 14040, S. 23, § 5.2.1.2

²¹⁴ Voraussichtliche Veröffentlichung ist im Frühjahr 2012 (Vgl. Webseite der ISO).

²¹⁵ Für eine ausführliche Übersicht über nationale und internationale Normierungsansätze und Richtlinien siehe Anhang 2.

²¹⁶ Bspw. arbeitet das ILCD der EU-Kommission an einem international verwendbaren Datenformat (Vgl. Feifel (2009), S. 231-238).

Abbildung 4-2: Level der Ermittlungstiefe von Energien und Emissionen entlang der Wertschöpfungskette



Quelle: Hammond und C. I. Jones (2010), S. 369

Eine Bottom-Up-Analyse stützt sich auf LCA-Daten, die „cradle-to-gate“ ebenfalls Level 1 und 2 berücksichtigen, d. h. sie umfasst sämtliche Treibhausgasemissionen, die von der Herstellung (cradle) bis zum Fabriktor (gate) der jeweiligen Bauindustrie entstehen.

4.3 Top Down-Analyse

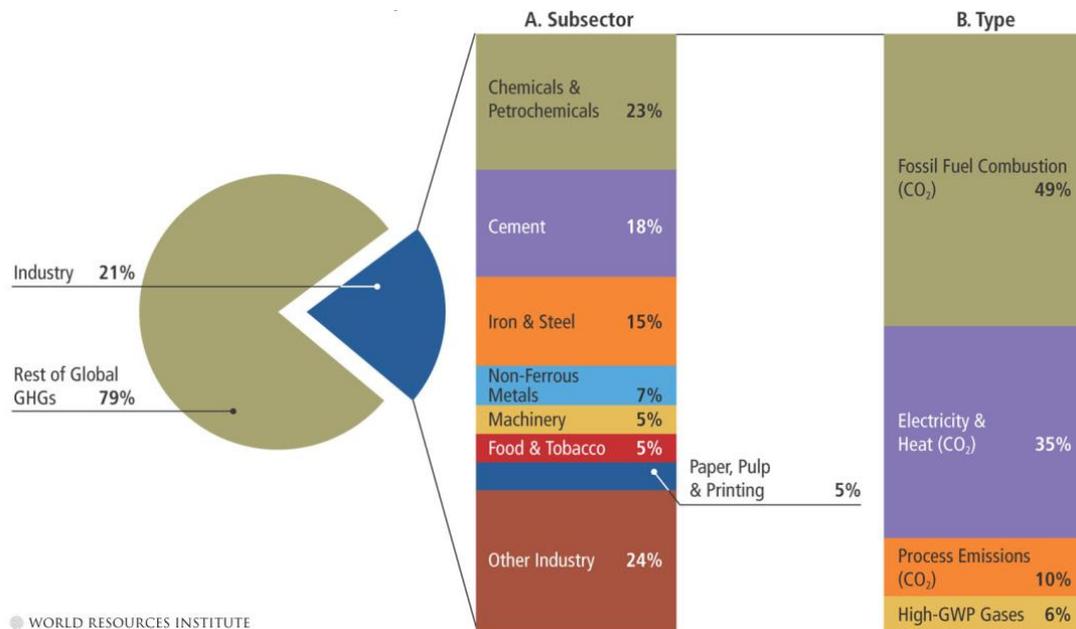
4.3.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Ziel dieser Untersuchung ist es, eine möglichst genaue, makroökonomische Abschätzung der direkten und indirekten Treibhausgasemissionen von Level 1 und 2 für Deutschland zu erhalten, die durch die Baubranche und ihrer zugehörigen Industriezweige verursacht sind. Dazu soll zunächst eine Betrachtung auf Basis des Inländerkonzeptes anhand der UGR-Daten bzw. der Input-Output-Rechnung durchgeführt werden. Anschließend ermöglichen die Diskussion des internationalen Handels von Bauprodukten und der daraus resultierende Treibhausgas-Ausstoß im In- und Ausland eine Abschätzung der Treibhausgasemissionen der Baubranche.

Eine Übersicht über die derzeitige, weltweite Aufteilung der Industriezweige zeigt Abbildung 4-3 mit den sektoralen Anteilen am Treibhausgas-Ausstoß (Subsector) sowie den Treibhausgas-Quellkategorien (Type). Daraus wird deutlich, dass in dieser Abschätzung allein die Bauindustriezweige Zement, Eisen & Stahl und Nicht-Eisenmetalle einen Anteil von 40% der industriellen Treibhausgasemissionen zu verantworten haben; hinzu kommen zusätzliche Emissionen durch die Produktion weiterer Bauprodukte.²¹⁷ Die prozessbedingten, d. h. nicht-energiebedingten, Emissionen und starken Treibhausgasemissionen fallen mit 10% bzw. 6% am Industrieausstoß relativ gering aus.

²¹⁷ Hinweise zu den verwendeten Daten (hauptsächlich IEA und EPA) und berücksichtigten Treibhausgasen siehe World Resources Institute (2005), S. 101–104.

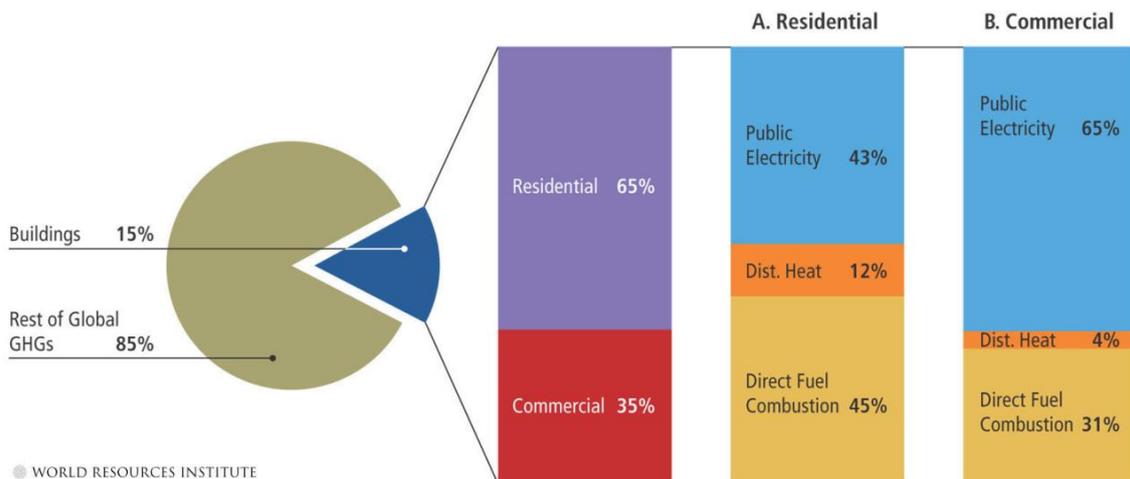
Abbildung 4-3: Weltweite Treibhausgasemissionen nach Wirtschaftszweigen und Quellkategorien



Quelle: World Resources Institute (2005), S. 70

Abbildung 4-4 stellt die geschätzten Gesamtemissionen aus der globalen Gebäudenutzung dar, aufgeteilt in Wohngebäude und gewerbliche bzw. institutionelle Nichtwohngebäude. Darin sind die jeweiligen Treibhausgas-Quellkategorien ablesbar, die sich allerdings nur auf die Nutzungsphase und nicht auf den gesamten Lebenszyklus der Gebäude beziehen.²¹⁸

Abbildung 4-4: CO₂ aus Gebäudenutzung mit geschätzten Gesamtemissionen von 6,4 Gt CO₂



Quelle: World Resources Institute (2005), S. 81

Diese beiden Darstellungen (Abbildungen 4-3 und 4-4) basieren jeweils auf geschätzten Daten und berücksichtigen nicht den internationalen Handel, da dieser für relativ

²¹⁸ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 82

günstige und großflächig verfügbare Produkte wie Zement (<6%) eine untergeordnete, wenn auch zunehmend wichtigere Rolle spielt.²¹⁹ Weltweit variieren die Treibhausgasemissionen der Gebäudesektoren stark, abhängig vom Grad der Industrialisierung, vom Treibstoff- und Strom-Mix, von der Gebäudegestaltung und sozialen Faktoren sowie von den klimatischen Verhältnissen der jeweiligen Untersuchungsregion.²²⁰

In Deutschland liegt der geschätzte Treibhausgas-Ausstoß für Wohngebäude bei fast 25% der Gesamtemissionen.²²¹ Andere Quellen beziffern den Ausstoß für diesen Bereich auf ca. 30% bis 50% inklusive Bauindustrie und Bewirtschaftung der Gebäude.²²²

4.3.2 Methodische Vorgehensweise

Für die Top-Down-Analyse wird im folgenden Abschnitt zunächst die zugrundeliegende Definition des Begriffs ‚Baubranche‘ im engstem, engerem, weiten und weiterem Sinn vorgestellt. Daran anknüpfend werden vier mögliche Abschätzungsszenarien dargestellt, auf denen die weiteren Analysen beruhen. Weiter werden die zugrundeliegenden vier Datensätze geprüft und ihre Untergliederung, Vollständigkeit und Datenqualität analysiert.

Anhand dieser vier Abschätzungen kann so eine Quantifizierung der jährlichen Treibhausgasemissionen der Baubranche im engsten wie weitesten Sinne unter 100%-iger Berücksichtigung der betreffenden Wirtschaftszweige zur Baubranche, erfolgen. In einem weiteren Schritt wird anschließend eine realistischere Quantifizierung mit prozentualen Anteilen der Wirtschaftszweige an der Baubranche, nach näherungsweise ermittelten Anteilen, errechnet. Die Anteile der jeweiligen Wirtschaftszweige werden dazu aus verschiedenen Quellen zusammengetragen.

Die Ergebnisse der Quantifizierung werden in Abschnitt 4.3.5 ausführlich diskutiert und in Abschnitt 4.5 mit den Ergebnissen aus dem Bottom-Up-Ansatz zusammengeführt.

4.3.3 Abgrenzung der Baubranche

Die Baubranche nach NACE Rev.2-Klassifizierung (Kategorie F in der WZ2008) beschäftigte im Jahr 2006 in Deutschland rund 1,5 Mio. Personen mit einer Wertschöpfung von 55 Mrd. Euro.²²³ Im Jahr 2010 belief sich diese Ziffer auf etwa 1,3 Mio. Beschäftigte im Baugewerbe, Bauhauptgewerbe und Ausbaugewerbe mit einem baugewerblichen Jahresumsatz von 173 Mrd. Euro.²²⁴ Damit ist der Bausektor einer der größten Arbeitgeber und einer der wichtigsten Wirtschaftsbranchen Deutschlands.

Eine ganzheitliche Betrachtung der Baubranche umfasst jedoch weit mehr als nur die Unternehmen des Baugewerbes. Im weiteren Sinne und auf Basis des Lebenszyklus-

²¹⁹ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 75–79

²²⁰ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 82f.

²²¹ Vgl. Just (2009), S. 49

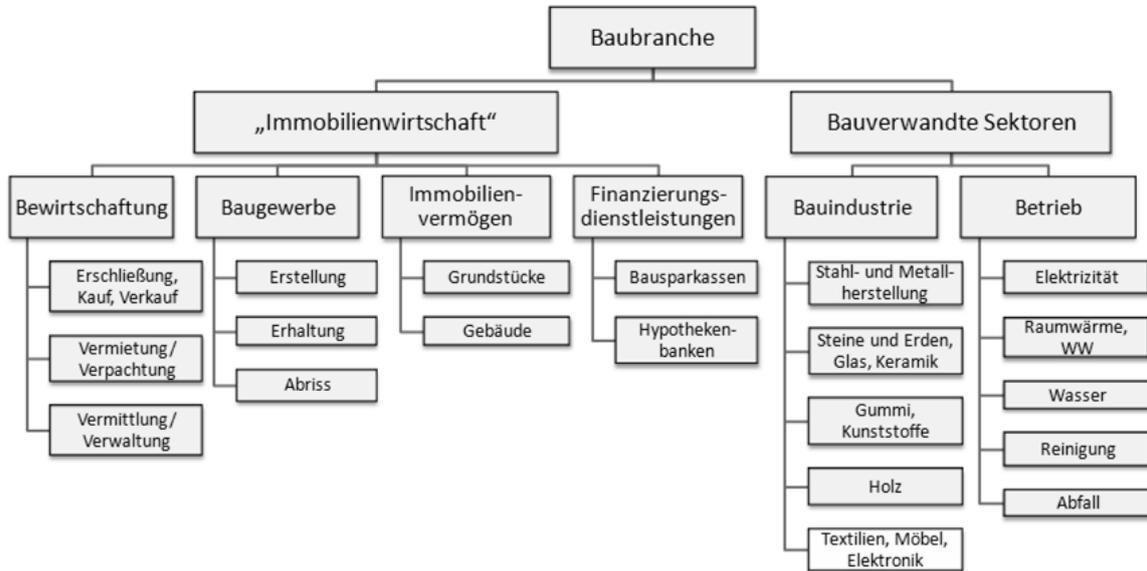
²²² Vgl. González und Navarro (2006), S. 902 und Meggers et al. (2011), S. 3

²²³ Vgl. Eurostat (2009), S. 347

²²⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (b)

gedankens lässt sich die Baubranche, wie in Abbildung 4-5 zu sehen, in Immobilienwirtschaft²²⁵ und bauverwandte Sektoren einteilen.

Abbildung 4-5: Sektorale Unterteilung der Baubranche



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Statistisches Bundesamt (2007) (b), S. 10

Dabei umfasst die Immobilienwirtschaft sowohl die Erstellung und den Rückbau der Gebäude als auch die Bewirtschaftung des Bauwerks, das Immobilienvermögen sowie die zugehörigen Finanzierungsdienstleistungen. Die bauverwandten Sektoren mit den großen Bereichen der Bauindustrie und des Betriebs zählen ebenso zur Baubranche. Zur Quantifizierung der Treibhausgasemissionen werden für diese Analyse gemäß der Einteilung der statistischen Daten - wie in Abbildung 4-6 farbig angedeutet - vier Abschätzungsszenarien unterschieden. Die im rechten Teil der Abbildung genannten Anteile beziehen sich auf den Beitrag dieses Wirtschaftszweiges zur Baubranche und wurden aus verschiedenen Quellen zusammengetragen.²²⁶

Abschätzung 1 (Baubranche im engsten Sinne) umfasst alle Aspekte des Baugewerbes, die unter CPA-Kategorie F - Bauarbeiten sowie unter Kategorie K - Dienstleistungen im Grundstücks- und Wohnungswesen geführten, statistisch erfassten, direkten Emissionen aus der Bautätigkeit fallen. Kategorie K ist dabei mit der Bewirtschaftung aus Abbildung 4-5 gleichzusetzen. Diese Abschätzung wird insbesondere deshalb gewählt, weil diese beiden Teilaspekte der Baubranche in der amtlichen Statistik geführt werden und entsprechende Daten verfügbar sind. Das Kreditwesen wird hierbei nicht berücksichtigt, da „anhand der Daten der amtlichen Statistik nicht festgestellt werden [kann], welcher Wertschöpfungsanteil [...] auf die [...] Immobilienfinanzierung zurück-

²²⁵ Eine allgemeingültige Abgrenzung der Immobilienwirtschaft existiert nicht, jedoch eine Einteilung in die Immobilienbestände und ihre Veränderungen sowie die Bewirtschaftung dieser (Vgl. Statistisches Bundesamt (2007) (b), S. 9f.).

²²⁶ Vgl. auch Abbildung 4-11

geht“.227 Damit kann Abschätzung 1 als Näherung für die Treibhausgasemissionen der Immobilienwirtschaft gelten.

Abbildung 4-6: Einteilung der Abschätzungsszenarien der Top Down-Analyse

CPA	Sektoren	Abschätzung 1 Abschätzung 2 Abschätzung 3 Abschätzung 4				Anteile
		Direkte Baubranche	Direkte und Indirekte Baubranche (Produktbezogen)	Direkte und Indirekte Baubranche (Produktbezogen, mit Betrieb)	Alle Beteiligten der Baubranche mit Betrieb, Möbel, Innenausbau, Elektronik	
10	Gewinnung von Kohle und Torf	0	0	1	1	37%
11	Gewinnung von Erdöl und Erdgas, Erbringung diezbezoglicher Dienstleistungen	0	0	1	1	48%
12/13	Gewinnung von Erzen (einschl. von Uranerzen)	0	1	1	1	28%
14	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstigen Bergbauerzeugnissen	0	1	1	1	85%
17	H.v. Textilien	0	0	0	1	66%
19	H.v. Leder und Lederwaren	0	0	0	1	10%
20	H.v. Holz und Holzzeugnissen	0	1	1	1	80%
21	H.v. Papier- und Pappe und Waren draus	0	0	0	1	48%
23	H.v. Kokereierzeugnissen, Mineralölerzeugnissen, Spalt- und Brutstoffen	0	0	1	1	72%
24	H.v. chemischen Erzeugnissen	0	0	0	1	23%
25	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	0	1	1	1	25%
26	H.v. Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	0	1	1	1	100%
27.2/27.3	H.v. Rohren, Sonst. erste Bearb. von Eisen und Stahl, H.v. Ferrolegierungen (nicht EGKS)	0	1	1	1	18%
27.4	H.v. NE-Metallen und Halbzeuge daraus	0	1	1	1	28%
27.5	H.v. Gießereierzeugnissen	0	1	1	1	4%
28	H.v. Metallerzeugnissen	0	1	1	1	63%
30	H.v. Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen	0	0	0	1	100%
32	H.v. Erzeugnissen der Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik	0	0	0	1	100%
36	H.v. Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren u.Ä.	0	0	0	1	100%
37	H.v. Sekundärrohstoffen	0	1	1	1	63%
40.1	Erzeugung und Verteilung von Elektrizität	0	0	1	1	78%
40.2	Erzeugung und Verteilung von Gasen	0	0	1	1	48%
40.3	Erzeugung und Verteilung von Fernwärme	0	0	1	1	100%
41	Gewinnung und Verteilung von Wasser	0	0	1	1	100%
45	Bausarbeiten	1	1	1	1	100%
J	Dienstleistungen der Kreditinstitute und Versicherungen (ohne Sozialversicherung)	0	0	0	1	52%
K	Dienstleistungen des Grundstücks- u. Wohnungswesens, Vermietung beweglicher Sachen	1	1	1	1	100%
90	Abwasser-, Abfallbeseitigung und sonstige Entsorgungsdienstleistungen	0	0	1	1	58%

Quelle: Eigene Darstellung aus Recherchen

Abschätzung 2 (Baubranche im engeren Sinne) fügt diesen Treibhausgasemissionen aus Abschätzung 1 die verkörperten Emissionen (Embodied Emissions) aus den Bereichen der Bauindustrie und ihrer Vorketten (ohne Innenausbau, Möbel und Elektronik) hinzu, hauptsächlich aus der Gewinnung von Erzen, Steinen und Erden, Holzzeugnissen, Erzeugnissen aus Gummi-/ Kunststoff- und Glas-/ Keramik-Herstellung sowie Metallerzeugnissen und Sekundärrohstoffen.

Abschätzung 3 (Baubranche im weiteren Sinne) erweitert Abschätzung 2 um die Menge an Treibhausgasemissionen des Gebäude- bzw. Bauwerksbetriebs, die aus der Gewinnung der Energieträger, der Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Fernwärme, Gasen, Wasser sowie aus der Behandlung des Abwassers entstehen. Ab-

227 Statistisches Bundesamt (2007) (b), S. 14

schätzung 3 kann somit als Näherung für die Baubranche im Sinne der Abbildung 4-5 gelten.

Abschätzung 4 (inkl. Innenausbau, Möbeln, Elektronik) umfasst alle bisher genannten Punkte, betrachtet zudem jedoch die Menge an Treibhausgasemissionen aus Innenausbau, Möbel und Elektronik, welche sich insbesondere aus den Bereichen Textil- und Lederproduktion, Papierherstellung und chemischen Erzeugnissen, Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten, Emissionen aus Erzeugnissen der Rundfunk- und Nachrichtentechnik, Herstellung von Möbeln, Sportgeräten & Schmuck sowie aus Kreditinstituten und Versicherungen ermitteln lassen.

4.3.4 Datenanalyse

4.3.4.1 Datenverfügbarkeit und Datengliederung

Die Emissions- und Reduktionswerte von Treibhausgas werden jährlich von den Mitgliedsstaaten der Klimarahmenkonvention in Form von GHG Inventories an den UN-FCCC berichtet und sind für alle OECD- und Nicht-OECD-Staaten im Internet frei verfügbar. Konkrete, nationale Aufschlüsselungen der Emissionen nach IPCC-Kategorien befinden sich in den nationalen Treibhausgas-Inventuren (GHG Inventories) oder den nationalen UGRs (als Angliederung an die VGR im internationalen System SEEA), die von staatlichen oder wissenschaftlichen Einrichtungen beauftragt werden.

Für Deutschland finden sich verfügbare innerstaatliche Daten beim Umweltbundesamt (UBA) und beim Statistischen Bundesamt (DESTATIS) in Form der UGR, ergänzt durch Daten der EUROSTAT und anderen internationalen Einrichtungen wie der IEA, der EEA sowie von speziellen Studien, bspw. dem CO₂-Gebäudereport.²²⁸ Organisationsbezogene Treibhausgas-Informationen werden bislang in regelmäßigen Berichten von gesetzlich dazu verpflichteten Unternehmen veröffentlicht²²⁹ sowie bei nicht-staatlichen Einrichtungen in freiwilligen Berichterstattungen wie dem Carbon Disclosure Project oder der GHG Protocol Initiative offengelegt.²³⁰

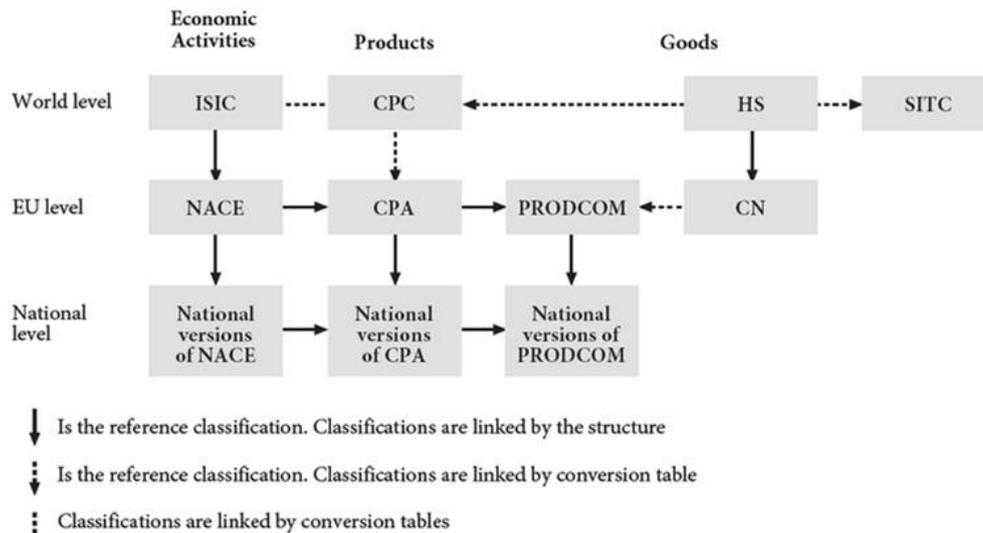
Die Datenaufteilung erfolgt nach Staaten, Staatengemeinschaften (OECD, Nicht-OECD), Regionen, Wirtschaftssektoren (Primär-, Sekundär-, Tertiär- Quartärsektor), Branchen bzw. Wirtschaftszweigen (ISIC, NACE, WZ 2008), Bedürfnisfeldern und Treibhausgas-Quellen/Senken des IPCC sowie nach Treibhausgasen (mit/ohne LULUCF). Der Zusammenhang der international verwendeten statistischen Datengliederungssysteme und Gliederungsebenen (Wirtschaftliche Aktivitäten, Produkte, Waren) ist in Abbildung 4-7 dargestellt. Im folgenden Abschnitt wird insbesondere die Gliederung nach Wirtschaftsaktivitäten relevant sein.

²²⁸ Vgl. BMVBS (2007)

²²⁹ Bspw. im Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR) oder in den jährlichen Nachhaltigkeitsberichterstattungen (auf Basis von GRI-Richtlinien).

²³⁰ Eine tabellarische Übersicht über CO₂-bezogene Daten und Statistiken sowie allgemeine Normen, Richtlinien und Instrumente (Indikatoren für CO₂/THG, Labels, Zertifizierungen) nach Verbreitung gekennzeichnet befindet sich in Anhang 3.

Abbildung 4-7: Internationale Gliederung statistischer Daten



Quelle: Eurostat (2011) (b)

Für die Einteilung statistischer Daten nach Wirtschaftszweigen existieren auf internationaler Ebene die ISIC-Konvention der UN (aktuell: Rev. 4), europaweit das System NACE²³¹ (aktuell: Rev. 2) und deutschlandweit das System WZ (aktuell: WZ 2008).²³² Aus dem NACE-System²³³ mit seiner Einteilung in 10 Sektoren sind für den Baubereich die Abschnitte F mit den Unterkategorien 41-43 als Baugewerbe (Construction) und K Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens (Real Estate Activities) zu 100% relevant. Allerdings enthält Abschnitt F nur die Planung und Ausführung, nicht aber Aspekte der Bauproduktherstellung und -entsorgung sowie der Nutzung. Diese indirekten oder verkörperten Emissionen finden sich teilweise in den partiell zu berücksichtigenden Industriebereichen B, C, D und E.²³⁴ Die Daten der UGR sind nach CPA-Klassifizierung gegliedert, lassen sich aber aufgrund ihrer Relation zum NACE-System gleichwertig verwenden.²³⁵ Für die Berücksichtigung der internationalen Handelsbeziehungen kann die Input-Output-Rechnung hinzugezogen werden. Die Datengliederungen der Input-Output-Rechnung unterscheiden sich prinzipiell in direkte (Verbrennungsprozesse) und indirekte (Herstellung von Gütern) Emissionen²³⁶, sowie

²³¹ Für umfassende Informationen zum System NACE Rev. 2 Vgl. Eurostat (2008) (b).

²³² Die NACE-Klassifizierung ist von der internationalen ISIC-Klassifizierung abgeleitet und besitzt die gleiche Hauptstrukturierung, allerdings ist sie in den Einzelheiten detaillierter (Vgl. Eurostat (2011) (b)).

²³³ Für eine detaillierte Auflistung der NACE- bzw. WZ-Kategorien allgemein siehe Eurostat (2008) (b), S. 43f. Bezüglich der NACE-Kategorie F Baugewerbe siehe Abbildung 0-5 in Anhang 1.

²³⁴ Eine Einteilung der Wirtschaftszweige (SIC-Codes), die der Baubranche zuzuordnen sind, findet sich bspw. bei Kenneth French wie in Abbildung 0-6 in Anhang 1).

²³⁵ Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen wenden NACE Rev.2/WZ 2008 erst nach 2009 an (Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (c)).

²³⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 23

in produktionsorientierte (Territorialkonzept) und verbrauchsorientierte (Verbrauchs-sicht) Emissionen.

Die nationalen Treibhausgas-Inventare (GHG Inventories) gliedern sich nach der IPCC-Einteilung in die maßgeblichen Treibhausgasquellen ‚Energie‘, ‚Industrielle Prozesse‘, ‚Lösemittel und weitere Produktverwendung‘, ‚Landwirtschaft‘, ‚Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)‘ sowie ‚Abfall und Abwasser‘.²³⁷ Der Bereich ‚Energie‘ wird dabei weiter untergliedert in ‚Energieindustrien‘, ‚Verarbeitende Industrie‘, ‚Gewerbe und Bauwesen‘, ‚Transport‘, ‚Straßentransport‘, ‚Andere Sektoren‘ und ‚Nicht anderswo spezifiziert‘. Für die Baubranche sind dabei jeweils nur Anteile der genannten Sektoren relevant - aus ‚Gewerbe und Bauwesen‘, aber auch aus den Kategorien ‚Industrielle Prozesse‘, ‚Lösemittel‘, ‚Abfall und Abwasser‘ sowie der ‚Energieindustrie‘.

Die IPCC-Gliederung (ohne LULUCF) und das UGR-System unterscheiden sich in der Berücksichtigung von Auslandsbetankungen im Straßenverkehr, Bunkerungen in Luft- und Schifffahrt sowie der Verwendung von Biomasse.²³⁸ Auf die Ermittlung der Treibhausgasemissionen der Baubranche hat dies jedoch wenig Einfluss (je nach Einsatzgebiet der Biomasse).

Diese unterschiedlichen Gliederungen insbesondere zwischen dem System ISIC/NACE, UGR und der Erfassung des IPCC ermöglichen einerseits einen guten Überblick über die Sachlage, andererseits erschweren sie die kohärente Verwendung der Daten bezüglich Industrien und großen Wirtschaftszweigen, die wie die Baubranche branchenübergreifend agieren, da diese Industrie Warenproduktion und -verarbeitung (Material-, Energieströme) sowie Dienstleistungen in sich vereint.

4.3.4.2 Datengrundlage

In dieser Arbeit wird die UGR-Klassifizierung nach CPA verwendet, da diese einen hohen Detaillierungsgrad und eine stringente, überschneidungsfreie Gliederung aufweist. Konkret werden vier Datenquellen für die Abschätzung herangezogen; zwei Tabellen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) 2010 für das Jahr 2008, zum einen mit klassischen Treibhausgas-Emissionsdaten nach Inländer- und Territorialkonzept, zum anderen mit kumulierten Vorleistungen aus dem In- und Ausland.²³⁹ Der dritte Datensatz stammt aus der GENESIS-Datenbank des Statistischen Bundesamtes.²⁴⁰ Die vierte Datenquelle basiert auf dem Nationalen Inventarbericht 2010 der UBA und weist die IPCC-Gliederung auf.²⁴¹

²³⁷ Vgl. Umweltbundesamt (2009) (a), S. 47f.

²³⁸ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 17

²³⁹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5.

²⁴⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (a)

²⁴¹ Vgl. Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year

Für die Qualität der UGR-Daten und UBA-Daten bürgt die amtliche Statistik mit ihren Qualitätsstandards.²⁴² Die Daten zu den Emissionen, Energieeinsätzen und Emissionsfaktoren aus der UGR stammen aus dem Datenbestand des UBA sowie aus den Energiebilanzen des Arbeitskreises Energiebilanzen (AGEB) und den Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes. „Bei der Darstellung der kumulierten Ergebnisse wird unterstellt, dass die Herstellung der importierten Güter im Ausland unter denselben Bedingungen erfolgt wie die inländische Herstellung“.²⁴³ Dies ist jedoch nicht immer gegeben.

4.3.4.3 Datenqualität

Die Datengrundlage kann aufgrund der institutionellen Bereitstellung und Überprüfung durch Experten hinsichtlich ihrer Genauigkeit als hinreichend eingestuft werden, allerdings sind die Daten für eine exakte Abschätzung der Baubranche nicht ausreichend tief gegliedert. Auch ist die Unterscheidung in prozess- und energiebedingte Treibhausgasemissionen in den einzelnen Sektoren weder in den UGR-Daten, noch im IPCC-Bericht ablesbar. Für die Analyse werden Daten verwendet, die sich teilweise in räumlicher und sektoraler Abgrenzung voneinander unterscheiden und somit eine weitere Abweichung erzeugen.

In den IPCC-Daten ergeben sich laut Bericht Unsicherheiten vor allem im Bereich der Industrieprozesse, im Abfallbereich und im Bereich der LULUCF-Senken.²⁴⁴ „Daraus leitet sich [...] die Notwendigkeit der Verbesserung der Datengrundlage [...] in den Sektoren Landwirtschaft, LULUCF und Industrieprozesse ab“.²⁴⁵ Ungenau sind die Daten insofern, als dass sie geschätzt bzw. durch einen Fachverantwortlichen und andere Einrichtungen erhoben wurden und nicht vor Ort gemessen worden sind.²⁴⁶

4.3.5 Ergebnisse der Analyse

Das erweiterte Input-/Output-Modell des Statistischen Bundesamtes weist im Jahr 2007 für das Bedürfnisfeld Wohnen direkte Emissionen bzw. indirekte Emissionen von 106 Mt CO₂ bzw. 123 Mt CO₂ für Deutschland aus (rund 17% bzw. 20% der jährlichen Gesamtemissionen); dies entspräche 2,75 t CO₂ pro Kopf.²⁴⁷ Zusammen ergeben sich nach dieser Statistik direkte und indirekte Emissionen im Bereich Wohnen von

²⁴² Vgl. Statistisches Bundesamt (2002), S. 2

²⁴³ Statistisches Bundesamt (2010) (c), S. 4

²⁴⁴ Vgl. Umweltbundesamt (2009) (a), S. 94ff

²⁴⁵ Umweltbundesamt (2009) (a), S. 97

²⁴⁶ Vgl. Umweltbundesamt (2009) (a), S. 71ff und S. 80.

²⁴⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 33–35. Leider ist hier nicht weiter abgegrenzt, welche Produktionsbereiche oder Gütergruppen zu diesem Bereich gezählt werden. Aber es wird trotzdem deutlich, dass je nach Gliederungstiefe hier im Fall der Bauleistungen die Berechnungsergebnisse unterschiedlich ausfallen (Vgl. S. 80).

229 Mt CO₂ pro Jahr bzw. 37% der jährlichen deutschen Treibhausgasemissionen. Weltweit liegt der Durchschnittswert bei 42% für den Bereich Wohnen.²⁴⁸

Berücksichtigt man nun für die unterschiedlichen Abschätzungsumfänge die Treibhausgasemissionen der relevanten Wirtschaftszweige zu 100%, so ergibt sich folgendes Bild:

4.3.5.1 Abschätzung 1

Verwendet man die allgemein verfügbaren, aggregierten Daten der Treibhausgasemissionen in Deutschland von 2008 der EUROSTAT bezogen auf CO₂, so wurden rund 16 Mt CO₂e durch das Baugewerbe (Kategorie F bzw. CPA 45 - Bauarbeiten) und durch die Bewirtschaftung (Kategorie K bzw. CPA 70 – Grundstücks- und Wohnungswesen) emittiert.²⁴⁹ Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 2,4% an den gesamtdeutschen CO₂-Emissionen.

Auf Basis der Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen ergeben sich für Abschätzung 1, wie in Abbildung 4-8 zu sehen, rund 32 Mt CO₂e (bezogen auf CO₂, N₂O, CH₄) (Inlandskonzept), d.h. 4% der Treibhausgasemissionen aller Produktionsbereiche in 2008, und 81 Mt CO₂e für die akkumulierten Treibhausgasemissionen der Vorleistungen aus In- und Ausland.²⁵⁰ Aus den Daten der DESTATIS-Datenbank Genesis ergeben sich allerdings nur etwa 9 Mt CO₂e. Die IPCC-Abschätzung liegt bei 105 Mt CO₂e. Diese deutlichen Abweichungen liegen vermutlich in der Strukturierung der vier unterschiedlichen Datensätze begründet.

Europaweit (EU27) werden für das Jahr 2008 insgesamt rund 77 Mt CO₂e (d.h. 2,2% an den gesamteuropäischen Treibhausgasemissionen) für die Bereiche Bauarbeiten (Construction) und Immobilienwirtschaft (Real Estate Activities) der Abschätzung 1 berechnet. Der Anteil deutscher Emissionen daran beträgt 21%.

4.3.5.2 Abschätzung 2

Die produktbezogene Abschätzung 2 ergibt für das deutsche Baugewerbe, die Bewirtschaftung und Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens sowie vorgelegerten Industrien je nach Datensatz Emissionsvolumina zwischen 88 und 290 Mt CO₂e (Vgl. Abbildung 4-8).

²⁴⁸ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 82

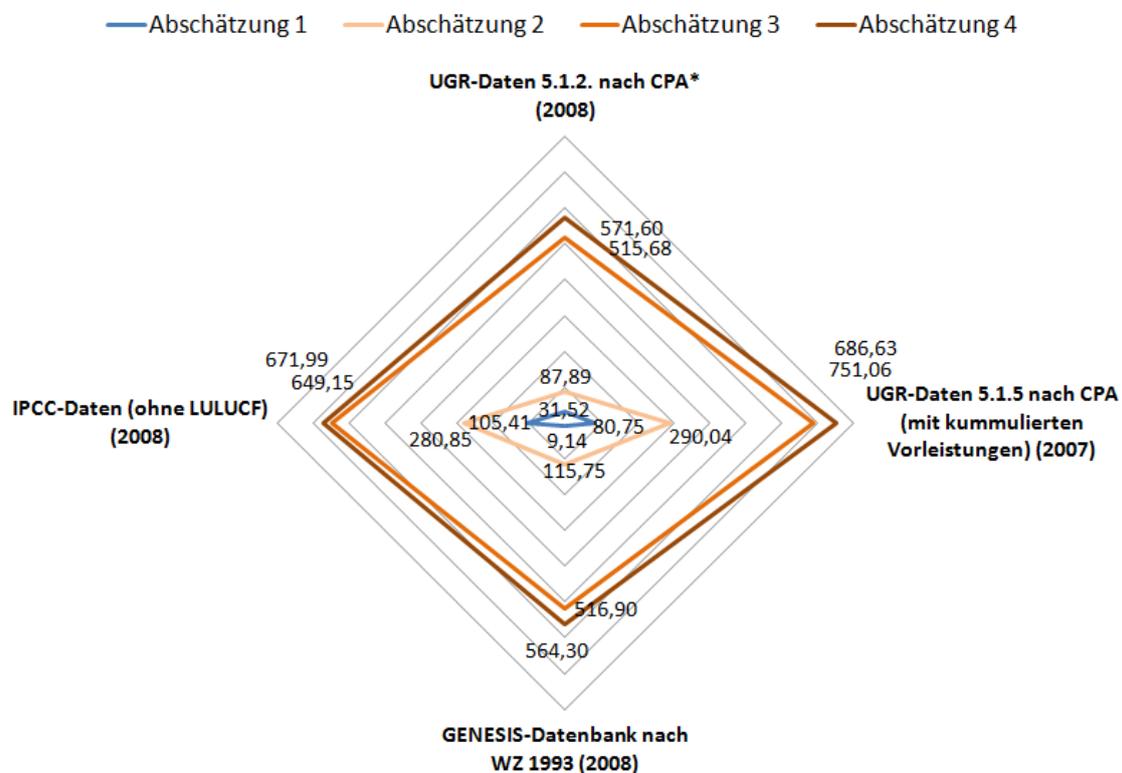
²⁴⁹ Vgl. Eurostat (2011) (a). In dieser Datenbank finden sich keine Angaben zu anderen Kyoto gasen neben CO₂. Auf Anfrage konnten das Statistische Bundesamt und das Umweltbundesamt aufgrund unzureichender Erhebung keine detaillierteren Daten zur Verfügung stellen.

²⁵⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (c)

Abbildung 4-8: Top-Down-Abschätzung der Treibhausgasemissionen der Baubranche in Mt CO₂e (in 2008)

THG-Emissionen der Baubranche 2008 (in Mt CO ₂ e)	UGR-Daten 5.1.2. nach CPA* (2008)	UGR-Daten 5.1.5 nach CPA (mit kumulierten Vorleistungen)	GENESIS-Datenbank nach WZ 1993 (2008)	IPCC-Daten (ohne LULUCF) (2008)	Durchschnitt	Durchschnittlicher Anteil an dt. THG-Emissionen (2008)
Datenquelle	DESTATIS UGR 2010	DESTATIS UGR 2010	DESTATIS GENESIS-DB	UBA Inventarbericht 2010		
Datenstand	2008	2007	2008	2008		
Systemgrenze	Inland	In- und Ausland	Inland	Inland		
Berücksichtigte Gase	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	THG	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , SF ₆ , HFC, PFC		
Abschätzung 1	31,52	80,75	9,14	105,41	56,70	6%
Abschätzung 2	87,89	290,04	115,75	280,85	193,63	20%
Abschätzung 3	515,68	686,63	516,90	649,15	592,09	60%
Abschätzung 4	571,60	751,06	564,30	671,99	639,74	65%

* = mit Vermietung beweglicher Sachen



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5. sowie Statistisches Bundesamt (2011) (a) und Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year

4.3.5.3 Abschätzung 3 und Abschätzung 4

Abschätzung 3 und 4 berücksichtigen über den Umfang der zweiten Abschätzung hinaus resultierende Emissionen aus Betrieb, Entwässerung, Reinigung der Abwässer, Stromerzeugung etc. und weisen eine deutlich geringere Abweichung der Werte zwischen 516 bis 687 Mt CO₂e bzw. 564 bis 751 Mt CO₂e auf (Vgl. Abbildung 4-8). Für das Bedürfnisfeld Bauen und Wohnen²⁵¹ mit seinen direkten und indirekten Emissionen kann näherungsweise die Abschätzung 4 gelten, die die Produktion der Baustoffe,

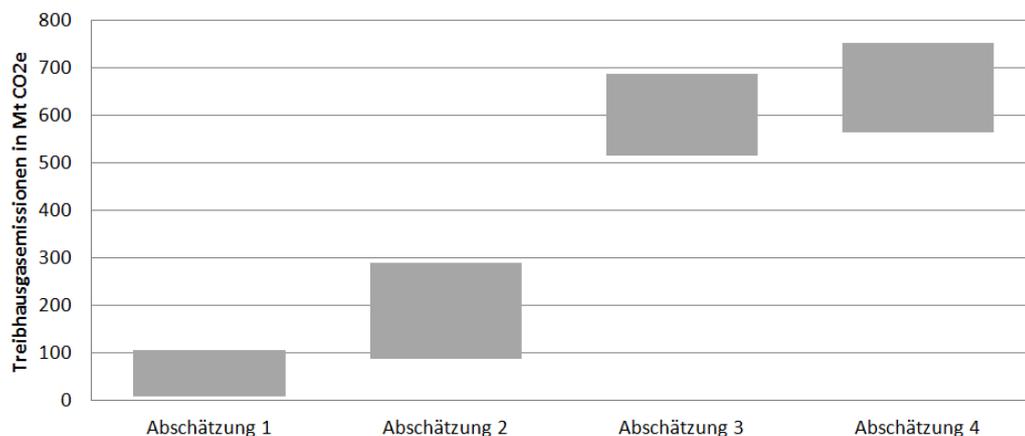
²⁵¹ Eine Abgrenzung findet sich in Umweltbundesamt (2010) (e), S. 11

die Errichtung, Bewirtschaftung, den Betrieb der Gebäude und auch den Innenausbau umfasst. Eine Unterscheidung nach Wohn- und Nichtwohnbauten ist auf Basis der vorliegenden Daten nicht möglich.

Klar wird aus dieser Analyse, dass vor allem der Gebäudebetrieb (Abstand zwischen Abschätzung 2 und 3) mit rund 38%-44% (durchschnittlich rund 40%) ein Gros der jährlich emittierten Treibhausgase ausmacht. Die Emissionsmenge aus der Bauprodukt- und Baumaterialherstellung sind allerdings mit rund 6% bis 21% (durchschnittlich rund 14%) der jährlichen deutschen THG-Emissionen nicht unerheblich (Abstand zwischen Abschätzung 1 und 2).

Damit liegt ein momentanes Verhältnis von direkten zu indirekten (verkörperten) Emissionen von 2,86:1 vor. Gielen (1997) beziffert dieses Verhältnis mit 3:1.²⁵² Verringern sich in Zukunft die betriebsbedingten Treibhausgasemissionen, so werden die Emissionen der Materialherstellung und -bereitstellung relevant und dieses Verhältnis sinkt. Berücksichtigt man den internationalen Handel und die in Importen und Exporten enthaltenen Emissionen wie in der UGR- Tabelle 5.1.5 so sieht man, dass die Abschätzungen basierend auf diesem Datensatz deutlich höher liegen, als Abschätzungen basierend auf den anderen drei Datensätzen. Dies könnte darin begründet sein, dass in diesen Daten die Vorketten und Importprodukte bereits explizit berücksichtigt werden²⁵³ und diese aus Herstellungsländern kommen mit weniger emissionseffizienten Produktionsweise.

Abbildung 4-9: Spannweiten der jährlichen Treibhausgasemissionen der Baubranche nach Top Down-Abschätzungen (in 2008)



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5. sowie Statistisches Bundesamt (2011) (a) und Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year

²⁵² Vgl. Gielen (1997), S. 111

²⁵³ Bspw. importiert Deutschland in der Stahl- und NE-Metallindustrie 28% der jährlich importierten Emissionen, exportiert jedoch nur 17,8% der klimarelevanten Gase in diesem Sektor (Vgl. Meyer (2010), S. 7f. und Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 29ff).

In Abbildung 4-9 lässt sich gut erkennen, dass die ermittelten Werte der vier Datenquellen teilweise deutlich voneinander abweichen. Dies lässt sich zum einen durch die unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Systemgrenzen in der Datenerfassung, zum anderen durch die teilweise unterschiedliche Gliederung der Daten begründen.

Berücksichtigt man nun die Emissionen der Wirtschaftszweige nur noch anteilig, d.h. mit dem Anteil, den sie zur Baubranche beitragen, so mindern sich die abgeschätzten Treibhausgas-Emissionswerte für die zweite, dritte und vierte Abschätzung deutlich. Abbildung 4-11 zeigt die prozentuale Beteiligung der baubezogenen Wirtschaftszweige für die Treibhausgas-Abschätzung. Dabei zeigt sich, dass einige Industrien vollständig in der Baubranche enthalten sind. Abschätzung 1 basiert auf zwei solcher vollständig enthaltener Wirtschaftszweige - Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens sowie Bauarbeiten - die jedoch, wie hier deutlich wird, nicht die gesamte Baubranche ausmachen. Die nicht vollständig an der Baubranche beteiligten Wirtschaftszweige unterscheiden sich teilweise deutlich in ihren Anteilen.²⁵⁴

Die anteilige Top Down-Abschätzung ermittelt nun durchschnittliche Emissionswerte zwischen rund 137 und 472 Mt CO₂e für die zweite, dritte und vierte Abschätzung (Vgl. Abbildung 4-10). Die erste Abschätzung bleibt aufgrund der nach wie vor vollständigen Berücksichtigung der CPA-Kategorien F und K unverändert.

Abbildung 4-10: Anteilige Top-Down-Abschätzung der Treibhausgasemissionen der Baubranche in Mt CO₂e (in 2008)

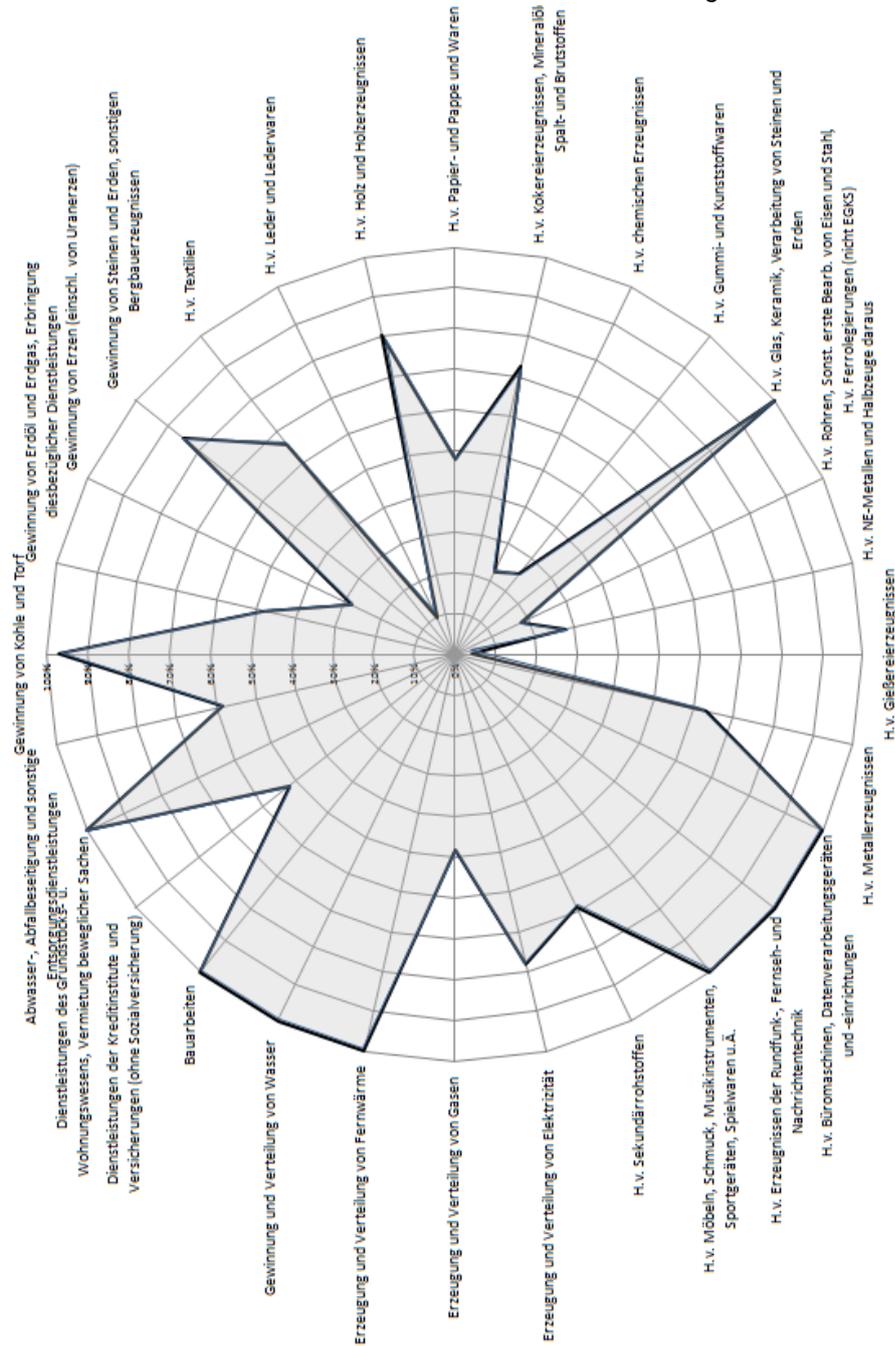
THG-Emissionen der Baubranche 2008 (in Mt CO ₂ e)	UGR-Daten 5.1.2. nach CPA* (2008)	UGR-Daten 5.1.5 nach CPA (mit kumulierten Vorleistungen) (2007)	GENESIS-Datenbank nach WZ 1993 (2008)	IPCC-Daten (ohne LULUCF) (2008)	Durchschnitt	Durchschnittlicher Anteil an dt. THG-Emissionen
Datenquelle	DESTATIS UGR 2010	DESTATIS UGR 2010	DESTATIS GENESIS-DB	UBA Inventarbericht 2010		
Systemgrenze	Inland	In- und Ausland	Inland	Inland		
Berücksichtigte Gase	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	THG	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , SF ₆ , HFC, PFC		
Abschätzung 1	31,52	80,75	9,14	105,41	56,70	6%
Abschätzung 2	79,69	156,98	62,80	247,97	136,86	14%
Abschätzung 3	415,28	440,35	370,40	541,00	441,76	45%
Abschätzung 4	432,81	522,65	385,35	546,14	471,74	48%

Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5. sowie Statistisches Bundesamt (2011) (a) und Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year

Für eine realistische Einschätzung der Treibhausgase der Baubranche im weitesten Sinne ist daher die prozentuale Berücksichtigung der Wirtschaftszweige unerlässlich. Sie ermittelt für das Baugewerbe und die Immobilienbranche rund 6%, für die Bauindustrie 8% (Abschätzung 2 abzüglich Abschätzung 1) und für die gesamte Baubranche einen Anteil zwischen 45% und 48% der jährlichen deutschen Treibhausgasemissionen (Vgl. Abbildung 4-10).

²⁵⁴ Die Anteile sind näherungsweise zu verstehen, da in einigen Fällen nur ungenaue, europäische oder veraltete Angaben gefunden werden konnten. Im Fall der Möbel-, Schmuck-, Musikinstrumente-Industrie, der Erzeugnisse von Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik sowie der Büromaschinen und Datenverarbeitungsgeräten konnte kein baubezogener Anteil identifiziert werden.

Abbildung 4-11: Prozentuale Anteile statistisch erfasster Wirtschaftszweige an der Baubranche



Quelle: Eigene Darstellung nach Recherchen hauptsächlich von BMWi Branchenfokus in BMWi (2011), BMU und Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (2011), Umweltbundesamt und AGE (2011), Umweltbundesamt (2010) (e), S. 14 und Umweltbundesamt (2009) (b), Statistisches Bundesamt (2007) (b), S. 14 sowie Industrieverbänden und weiteren Quellen²⁵⁵

²⁵⁵ Vgl. Gesamtverband textil+mode (2011), Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (2010), S. 35 (Herstellung und Verarbeitung), Löbke (2004), S. 68 und S. 137, Wirtschaftsvereinigung Stahlrohre e.V. : Abnehmerbranchen der Stahlrohrindustrie (2011) (Bau und Kraftwerke), Wirtschaftsvereinigung Metalle et al., S. 7f., Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie und ifo Institut für Wirtschaftsforschung (2008), S. 52, Perlit (2009), S. 2.

4.3.6 Fazit und Diskussion

Zusammenfassend kann man sagen, dass für eine genaue Abschätzung der Baubranche die von den staatlichen Institutionen erhobenen Daten viel zu ungenau sind, um eine detaillierte Abgrenzung der für die Baubranche relevanten Treibhausgasemissionen zu erreichen. Die vom Statistischem Bundesamt und vom Umweltbundesamt erhobenen Daten sind nicht auf die Baubranche abgestimmt und die anteilige Zugehörigkeit anderer Wirtschaftszweige zur Baubranche teilweise unklar.²⁵⁶

Trotz verbessertem Reporting und größerer Datenqualität, sowie erhobenen Daten auf internationaler, nationaler und Unternehmensebene sind weitere Anstrengungen notwendig, um detailliertere Treibhausgas-Ermittlungen, ihre zeitlichen Verläufe, Senken und indirekte Effekte, internationale Transaktionen und Transporte im Baubereich zu beobachten und zuzuordnen. Dadurch ließen sich gebäudebedingte Netto-Emissionen aller Staaten und außerstaatlichen Territorien auch im Bausektor besser miteinander vergleichen, Minderungspotentiale identifizieren und ein Burden Sharing mit geeigneten Maßnahmen und politischen Instrumenten zur THG-Reduktion im Bausektor erreichen.²⁵⁷ Vor allem ist festzustellen, dass die IPCC-Berichterstattung stärker mit den für die Treibhausgasemissionen verantwortlichen Wirtschaftszweigen verknüpft werden kann.

Eine genaue Unterscheidung der Daten auf detaillierter NACE-Produktionsebene in prozess- und energiebedingte Treibhausgasemissionen wäre wünschenswert, ebenso wie detaillierte, über alle Vorleistungen im In- und Ausland kumulierte Treibhausgasemissionsdaten für alle Kyotogase unter Berücksichtigung des derzeitigen Energie-Mix bei der Produktherstellung.

Weiterhin unterscheiden sich die vorhandenen Daten im gleichen Erhebungszeitraum für die vier betrachteten Abschätzungen teilweise deutlich. Das liegt zum einen am unterschiedlichen Erhebungskonzept (Inlands-/Territorialkonzept bzw. Berücksichtigung der Vorleistungen im Ausland), zum anderen in der Ermittlung der Daten mit und ohne LULUCF.

Ebenso fällt auf, dass sich einige indirekte Emissionen der Baubranche nicht oder nur schwer in die Abschätzung integrieren lassen, wie bspw. die Veränderung der Treibhausgasemissionen durch Flächenversiegelung²⁵⁸ aufgrund von Bautätigkeit, die Veränderungen in der Zusammensetzung des verwendeten Strom-/Energie-Mix, die anteilige Quantifizierung in prozess- und energiebedingte Emissionen oder die anteilige

²⁵⁶ Die statistische Erhebung der Baubranche bzw. der Bedürfnisfelder Bauen und Wohnen erfolgt bislang nur in UK und USA mit rund 30% an den nationalen THG-Emissionen (Vgl. BioRegional Development Group und Commission for Architecture and the Built Environment (2008), S. 12f., U.S. Energy Information Administration (2011) (a) und U.S. Energy Information Administration (2011) (b). Allerdings beziehen sich diese Angaben nur auf die Betriebsenergie und resultierende Emissionen der Gebäude, nicht auf embodied energy resp. emissions.

²⁵⁷ Vgl. OECD Environment Directorate (2008), S. 13

²⁵⁸ Ansätze zur Analyse der Veränderung der Flächenversiegelung nach Produktionsbereichen und für Hoch- und Tiefbau finden sich in Umweltbundesamt und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2007), S. 110f. Allerdings wird hier nicht weiter auf Konsequenzen auf die THG-Emissionen durch Flächenversiegelung im Rahmen von Bautätigkeiten eingegangen.

Berücksichtigung einzelner, nur teilweise zur Baubranche zählender Industrien wie Kategorie CPA 30 Büromaschinen und Datenverarbeitungsgeräte, CPA 32 Erzeugnisse von Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik oder CPA 36 (Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, etc.).

Auch fehlt in der Statistik bislang eine eindeutige, detaillierte Definition der Baubranche hinsichtlich Berücksichtigung von Baugewerbe, Bauindustrie (mit Innenausbau und Möbeln, mit neuen Industrien wie der Photovoltaik oder Elektronische Überwachungs- und Steuerungssysteme und Regelungstechnik), Betrieb (mit Beheizen, Klimatisieren, Kochen, Beleuchtung), Immobilienvermögen und Finanzierungsdienstleistungen und Versicherungen. Hier legt French (2011) eine Definition der Baubranche vor, die sich aber nur auf die Bauindustrie und den Handel mit Baustoffen und Bauprodukten konzentriert.²⁵⁹

In Irland wurde eine vergleichbare Studie zur Abschätzung der durch die Baubranche verursachten Treibhausgasemissionen bereits 2009 auf Basis einer Input-Output-Analyse durchgeführt. Dort kommen Acquaye und Duffy (2009) zu ähnlichen prozentualen Anteilen von Emissionen des Baugewerbes (17%) und Emissionen der Bauindustrie (41%).²⁶⁰ Abschätzungen von Goldenberg, J. (1998), Webb, R. (2002), Edwards und Hyett (2001), Meggers et al. (2011) und Ng et al. (2011) schlagen 33-50% der Treibhausgasemissionen der gesamten Baubranche zu; Gielen (1997) geht von 8-12 % im Baugewerbe plus etwa einem Drittel der europäischen Treibhausgasemissionen für den Gebäudebetrieb aus.²⁶¹

²⁵⁹ Vgl. French (2011) und Abbildung 0-6 in Anhang 1.

²⁶⁰ Vgl. Acquaye und Duffy (2009), S. 784

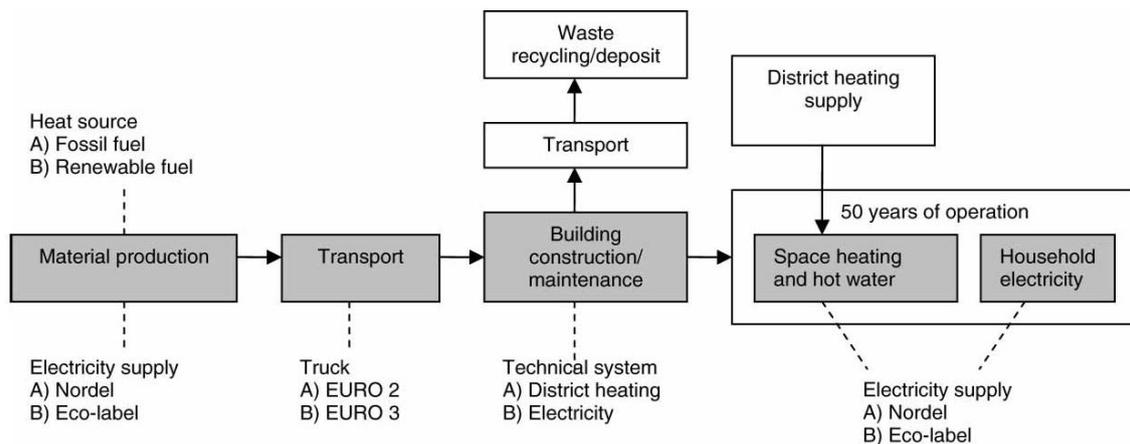
²⁶¹ Vgl. González und Navarro (2006), S. 902, Meggers et al. (2011), S. 3, Ng et al. (2011), S. 609f. und Gielen (1997), S. 5

4.4 Bottom Up-Analyse

4.4.1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Bislang liegt der umweltpolitische Fokus lediglich auf einer Phase des Gebäudelebenszyklus, namentlich der Nutzungsphase (Vgl. Abbildung 4-12) sowie der Reduktion von Energie und Emissionen in dieser Phase durch Energieeinsparung, energetische Sanierung und Erhöhung des EE-Anteils an der Heizwärmeerzeugung.²⁶²

Abbildung 4-12: Schematische Darstellung des Lebenszyklus eines Gebäudes



Quelle: Brunklaus et al. (2010), S. 268

Betrachtet man jedoch den vollständigen Gebäudelebenszyklus wie in Abbildung 4-13 angedeutet inklusive Materialherstellung, Transport, Bauwerkserstellung und -unterhaltung sowie Umbau, Sanierung²⁶³, Rückbau und Entsorgung, so ist feststellbar, dass diese Bereiche bisher deutlich weniger adressiert und quantifiziert wurden. Dabei entspricht allein die verkörperte Energie eines Standard-Wohngebäudes in Deutschland etwa 25 Jahren Betriebsenergie dieses Bauwerks²⁶⁴ und in Zukunft werden diese Anteile der verkörperten Energie durch verbesserte energetische Qualität im Gebäudebetrieb zunehmend wichtiger.²⁶⁵

Je nach Abgrenzung des Berechnungssystems für die Baustoffe vor allem hinsichtlich ihrer Vorketten, Transporte und ihrer Verwertungsprozesse können sich dabei unterschiedliche Treibhausgas-Werte je Bauprodukteinheit ergeben (Vgl. Abbildung 4-13).

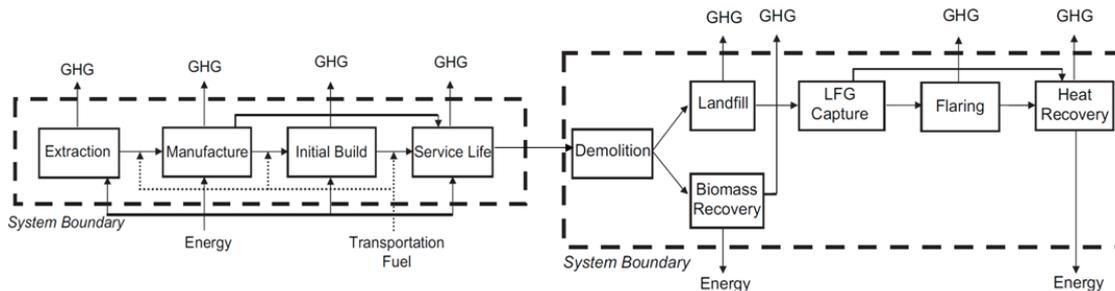
²⁶² Vgl. BMVBS (2007), S. 9. Eine umfassende Baubestandsanalyse und der CO₂-Einsparpotentiale in Deutschland im Bereich der Raumwärme findet sich ebenda S. 60-72. Weitere Maßnahmen zur Einsparung von THG erfolgen nach den Beschlüssen von Meseberg und der EnEV-Verschärfung.

²⁶³ Die Sanierungsquote der 1900-1979 errichteten Häuser lag 2006 bei 2,2%. Das sind 230.000 Gebäude pro Jahr; über 70% der Sanierungen stehen noch aus (Vgl. BMVBS (2007), S. 6f.)

²⁶⁴ Vgl. Meggers et al. (2011), S. 5

²⁶⁵ Vgl. Gielen (1997), S. 5

Abbildung 4-13: Lebenszyklus mit Baustoff- und Bauproduktherstellung (links) und Rückbau bzw. Wiederverwendung (rechts)



Quelle: Salazar und Meil (2009), S. 1568

Diese Unterschiede sollen im Folgenden quantifiziert und untersucht werden. Ziel dieser Untersuchung ist außerdem, anhand einer Datenanalyse und Datenverknüpfung im Bereich der Baumaterial- und Bauproduktherstellung für die Jahre 2008 bis 2010 die jährlichen Treibhausgasemissionen der Baubranche zu quantifizieren, wie bereits von Gielen (1997) vorgeschlagen.²⁶⁶ Besonderer Fokus liegt in der Quantifizierung der Treibhausgasemissionen aus Herstellungsprozessen bis zum Fabrikator anhand lebenszyklusbasierter Emissionsdaten einzelner Baustoffe und Bauprodukte, denn zu diesem Thema existieren zwar zahlreiche Veröffentlichungen, allerdings fehlt bislang eine Einschätzung der insgesamt durch die Baubranche und Bauindustrien verursachten klimawirksamen Emissionen.²⁶⁷

Ermittelt werden die jährlich verursachten Emissionen an Kyotogasen in Deutschland; bereits in den bestehenden Gebäuden verkörperte Treibhausgasemissionen werden nicht berücksichtigt.

4.4.2 Methodische Vorgehensweise

Zunächst werden die vorhandenen Daten auf Qualität und Vollständigkeit hin überprüft. Anschließend wird die Abschätzung der Treibhausgasemissionen der Bauindustrie vorgenommen. Dazu werden die Emissionsdaten aus den Ökobilanzen einzelner Baustoffe mit jährlichen Daten aus der deutschen Produktionsstatistik verknüpft und aufsummiert.

Da dem Baustoff Holz aufgrund seiner geringen Klimawirkung eine besondere Bedeutung zukommt, wird in Abschnitt 4.4.5 näher auf dieses Baumaterial, seine Herstellung und Verwendung eingegangen.

Für die Identifikation von Einsparpotentialen in der Bauindustrie wird eine Untersuchung der verwendeten Energieträger und Emissionen in der Baustoffherstellung durchgeführt.

²⁶⁶ Vgl. Gielen (1997), S. 112

²⁶⁷ Auch zur Abschätzung der Auswirkungen von der Materialauswahl gibt es einige Studien (Vgl. González und Navarro (2006), Ordóñez und Modi (2011), Traverso et al. (2010), Wallhagen et al. (2011)), aber keine beschäftigt sich mit den Auswirkungen der Materialauswahl bzw. Verwendungsrestriktionen auf die Baubranche.

4.4.3 Datenanalyse

4.4.3.1 Datenverfügbarkeit und Datengliederung

Für die Abschätzung der Treibhausgasemissionen, die durch die Baubranche verursacht werden, gibt es in Deutschland per se keine entsprechende Datenbank, die alle relevanten Daten vorhält. Veröffentlichte Ökobilanzdaten und Environmental Product Declarations (ISO 14025) existieren bislang nur vereinzelt und ermöglichen keine umfassende Abschätzung, jedoch unterstützt das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung seit 2009 den Aufbau einer solchen Datenbank für umfassende Analysen.²⁶⁸

Eine Gliederung nach Material oder Verwendung liegt vor²⁶⁹, aber eine Einteilung in Baustoffe, Bauprodukte oder Bauelemente sowie ihre Zuordnung in NACE oder WZ-Kategorien ist nicht gegeben und folgt auch keiner anderen allgemein verwendeten Struktur.

Eine Unterscheidung des Anteils an technischen (prozessbedingten) und energiebedingten Treibhausgasemissionen ist anhand der gegebenen Daten nicht möglich. Zwar sind allgemeine bzw. durchschnittliche Daten zum verwendeten Energiemix bei der Herstellung vorhanden, aber keine Angaben dazu, wie diese Daten zustandekommen und inwiefern Wirkungsgrade und Umwandlungsverluste der Energieträger einfließen. Weitere LCA-Daten aus der Software LEGEP, vom IREB der Universität Weimar, vom ifib des KIT und der Software ecoinvent der ETH Zürich zeigen jedoch teilweise deutliche Unterschiede zu Ökobaudat, aufgrund systemgrenzen- und prozessbedingter Abweichungen sowie Messfehlern und veralteten Daten.²⁷⁰

Die Daten der Produktionsstatistik sind jährlich allgemein auf europäischer und nationaler Ebene verfügbar. Bei den Daten der Produktionsmengen wurde auf die Daten des Statistischen Bundesamtes²⁷¹ zurückgegriffen, da in der europäischen Datenbank PRODCOM²⁷² deutlich weniger Daten als auf nationaler Ebene verfügbar sind. Verwendet werden Angaben zu Produktions- und Absatzmengen der Jahre 2008-2010. Die Statistik ist nach NACE Rev. 2 beziehungsweise für Deutschland nach dem Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken (GP) nach WZ 2008 gegliedert; damit folgen sie der entsprechenden europäischen Datenbank zur Produktionsmenge PRODCOM.²⁷³

²⁶⁸ Vgl. BMVBS (2009)

²⁶⁹ Vgl. PE International (2007), S. 6 und S. 30–37

²⁷⁰ Vgl. Acquaye et al. (2011), S. 1296) und vgl. ebenso Hegger et al. (2005), S. 100f., Eyerer und Reinhardt (2000), S. 41f., Bribián et al. (2011), S. 1139, Zeumer et al. (2009), S. 56f.

²⁷¹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (b), S. 8–300

²⁷² Vgl. Eurostat (2008) (a)

²⁷³ Vgl. Eurostat (2008) (a). Dabei bezeichnen „die ersten vier Stellen des GP-Codes [...] (von wenigen Ausnahmen abgesehen) den NACE-Code, die ersten sechs den CPA-Code und die ersten acht den PRODCOM-Code“, d.h. die Klassifikationen sind weitgehend identisch (Bührer und Wagner (2010), S. 116ff.).

4.4.3.2 Datengrundlage

Im vorliegenden Bottom Up-Ansatz werden die Daten aus der Ökobaudat-Datenbank des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) verwendet.²⁷⁴ Diese Daten setzen sich aus EPD-Daten des Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU vormals AUB), Angaben aus VDI 2067, wissenschaftlichen Veröffentlichungen sowie aus Herstellerangaben und Daten des Unternehmens PE International zusammen. Grundsätzlich werden in dieser Analyse lebenszyklusbezogene Daten aus Ökobilanzen verwendet, um eine ganzheitliche Betrachtung der CO₂-Emissionen der produzierten und verwendeten Güter zu gewährleisten.²⁷⁵ Jedoch können hier aufgrund mangelnder Daten und Unsicherheiten alle Emissionen nach Verlassen des Fabrikators und zukünftige Emissionen, die durch Nutzung der Baumaterialien und ihrer Wiederverwendung bzw. Entsorgung entstehen, nicht berücksichtigt werden.

Die Daten der Produktionsstatistik für Deutschland werden für den Zeitraum 2008-2010 für diese Analysen aus der Fachserie 4, Reihe 3.1 von 2010 bezogen.²⁷⁶

4.4.3.3 Datenqualität

Die Datensammlung Ökobaudat des BMVBS sind teilweise unabhängig geprüfte Cradle-to-Gate-Informationen basierend auf ISO 14040 und ISO 14044, die zum Teil durch Datensätze der End-of-Life-Betrachtung bzw. energetische Verwertung ergänzt sind.²⁷⁷ Die Daten der Ökobaudat sind nicht vollständig; es fehlen Angaben zum zeitlichen Bezug der Berechnungen, die sich auf den deutschen Strom-Mix beziehen, sowie einige Informationen bspw. im Bereich von Photovoltaik-Anlagen²⁷⁸, Angaben zu Baudienstleistungen und weiteren Bauprodukten.²⁷⁹ Außerdem sind einige Zuordnungen zwischen Ökobaudat und Produktionsstatistik aufgrund unterschiedlicher Maßeinheiten, unzureichender Abgrenzung der einzelnen Produkte voneinander oder nicht hinlänglicher Spezifikation nicht möglich.

Allgemein gelten die Ökobaudat-Daten als Daten mit hoher Qualität, Konsistenz und Nutzungssicherheit.²⁸⁰ Jedoch ist anzumerken, dass etwa 75% der Daten mit einem

²⁷⁴ Zu finden ist die Datenbank unter BMVBS (2009) in html-Format.

²⁷⁵ Die Betrachtung entlang der Wertschöpfungskette ist in der Lebenszyklusbetrachtung implizit enthalten.

²⁷⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (2010) (b)

²⁷⁷ Für Hinweise zu Systemgrenzen und Erhebungsmethodik vgl. PE International (2007), S. 10–15.

²⁷⁸ Daten dazu finden sich bspw. bei Nawaz und Tiwari (2006) oder Jungbluth et al. (2008).

²⁷⁹ Datenlücken der Ökobaudat, die im Rahmen der Analyse identifiziert wurden, finden sich in Anhang 4. Die genannten Beispiele erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit; sie sollen lediglich die Unvollständigkeit der Ökobaudat-Datenbank aufzeigen. Diese Datenlücken könnten ggf. mit Daten aus Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (2011) (b); Hammond und C. I. Jones (2008) (b); Jungbluth et al. (2008) zu Photovoltaik; Althaus und Lehmann (2010); Di Paolantonio (2010); Bribián et al. (2011), S. 1136–1138, Gielen (1997), S. 5–125 und Kohler et al. (1999), S. 47–137 ergänzt werden. Eine Auflistung weiterer Informationsquellen findet sich bei Zeumer et al. (2009), S. 58.

²⁸⁰ Vgl. Zeumer et al. (2009), S. 58

Sicherheitszuschlag von 10% versehen sind, da der Datensatz nicht unabhängig geprüft wurde und dass etwa 12% dieser Daten zum Zeitpunkt des Datenabrufs veraltet sind.

In der amtlichen Produktionsstatistik sind die Daten zwar von hoher Qualität, allerdings sind starke Abweichungen zwischen Jahresproduktions- und Jahresabsatzzahlen festzustellen. Dies ist zum einen durch die weltweite Krise im Jahr 2009 bedingt, zum anderen durch fehlende Produktionsstatistikdaten von 2008 und 2010. Daher wird eine gesonderte Betrachtung der Jahre oder eine Durchschnittsbetrachtung der Ergebnisse über den Zeitraum 2008-2010 für notwendig erachtet.

4.4.4 Ergebnisse der Analyse

Die Analyse nach Bottom Up Ansatz erfolgt auf einer Einzelbetrachtung der Baustoffe im Laufe ihres Lebenszyklus von der Rohstoffgewinnung, der Energiebereitstellung, der Produktion der Bauprodukte, der Nutzung, des Rückbaus und der Entsorgung bzw. Wiederverwendung. Dabei liegt die Betrachtungstiefe der Analyse aufgrund der Daten auf den unterschiedlichen Ebenen der Baustoffe, Bauprodukte²⁸¹, Bauelemente und Gebäudeteile²⁸² im Bereich der Herstellung und der Entsorgung.

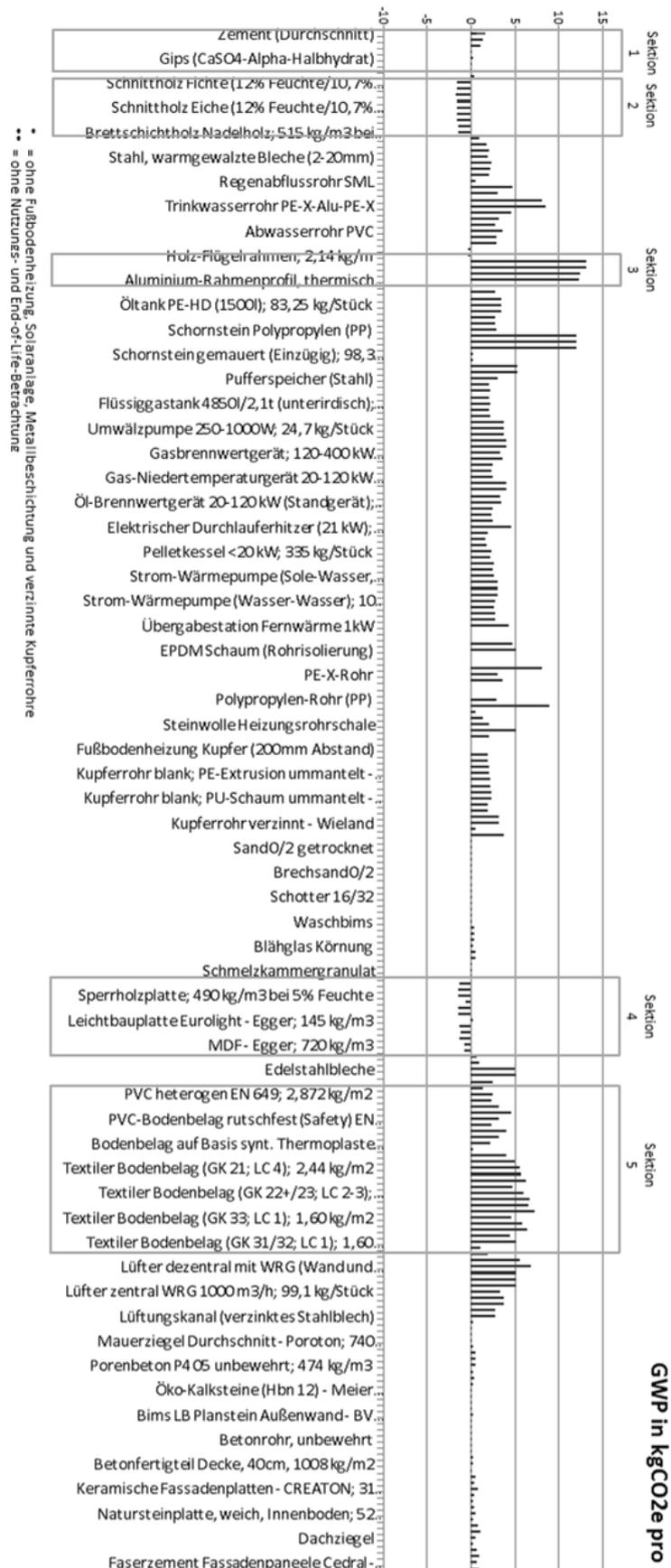
Analysiert man nun die Daten aus Ökobaudat zunächst hinsichtlich ihrer CO₂- bzw. Treibhausgas(GWP)-Intensität je Kilogramm Bauprodukt wie in Abbildung 4-14 zu sehen, so lässt sich feststellen, dass ein Großteil der Werte des Treibhausgas-Ausstoßes pro kg relativ ungleiche Werte zwischen -3,0 und +13,0 CO₂e/kg annehmen. Eine Ausnahme bildet der Wert von expandiertem Kork mit -78,2 CO₂e/kg ganz rechts in Abbildung 4-14. Da dieser Datensatz allerdings weder intern noch unabhängig geprüft wurde, muss hier von ungenügenden Daten ausgegangen werden, sodass dieser Datensatz für die weitere Analyse nicht berücksichtigt werden konnte.

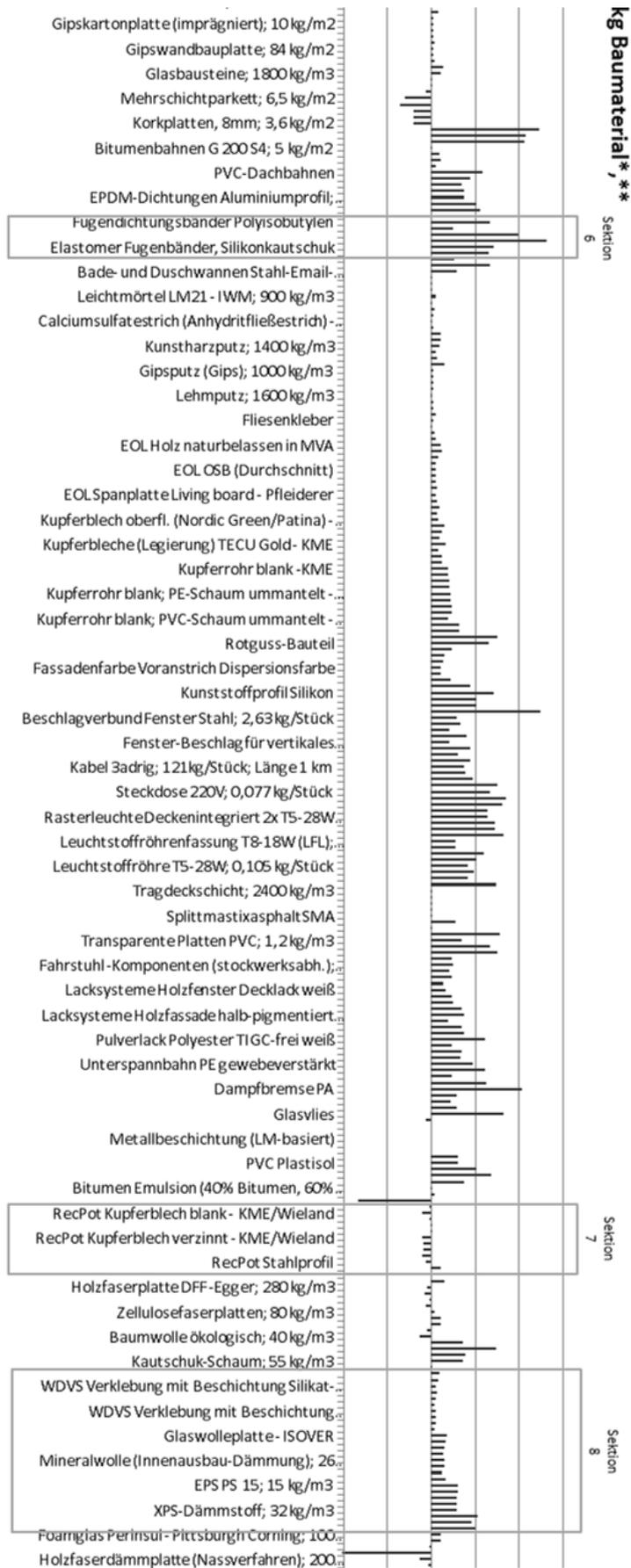
Die Werte der Sektion 1 beschreiben die GWP-Intensität von Zement und Bauprodukten aus Steinen und Erden mit einer durchweg recht geringen GWP-Intensität. Danach folgen mit negativem Treibhausgaspotential die Schnitthölzer und etwas weiter rechts in Sektion 2 und Sektion 4 einige Holzwerkstoffe mit negativem GWP. Sektion 5 zeigt die durchweg hohen textilen Fußbodenbeläge, während Sektion 8 die ebenfalls emissionsintensiven Wärmedämmsysteme aufzeigt. Spitzenwerte von 11,9-13,2 kg CO₂e/kg Baustoff werden von Aluminium-Teilen (Gussteilen, Flügel-Rahmenprofilen) sowie Fenstergriffen, Elastomer-Fugenbändern und Öltanks aus Nylon erreicht (Vgl. Sektion 3 und Sektion 6). Andere Baustoffgruppen wie Mauersteine und Betonfertigbauteile emittieren vergleichsweise wenig Treibhausgas je Kilogramm. Das Recyclingpotential einiger Baustoffe wird ebenfalls in Abbildung 4-14 dargestellt. Wie jedoch in Sektion 7 zu sehen, fällt die Treibhausgasemissionsminderung (hier für Kupfer und Stahl) geringer als die der Holzwerkstoffe aus.

²⁸¹ Definition: Vgl. DIN EN 15643-1, S. 8, § 3.10

²⁸² Definition: Vgl. DIN EN 15643-1, S. 8, § 3.3 und S. 9, § 3.13

Abbildung 4-14: GWP-Intensitäten verschiedener Baumaterialien und Bauprodukte





Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der Ökobaudat aus BMVBS (2009)

Für weitere Vergleiche der Treibhausgasemissionen der Baustoff- und Bauproduktherstellung ist allerdings eine Betrachtung auf Basis einer vorher definierten, funktionalen Einheit (z.B. Tragfunktionen, Dämmfunktionen, etc.) vorzunehmen.²⁸³

Die Verknüpfung der Daten gestaltet sich schwierig, da die Daten der Ökobaudat nach keiner offiziellen statistischen Klassifikation sortiert sind und damit umständlich und fehleranfällig per Hand der Produktionsstatistik zugeordnet wurden. Die nachfolgende Abschätzung ist daher und aufgrund teilweise nicht möglicher Zuordnung eine vorsichtige Schätzung.

Verknüpft man nun soweit möglich die Ökobaudat-Daten mit den Produktionsdaten der Jahre 2008-2010 so erhält man eine lebenszyklusbasierte Abschätzung der durch die deutsche Bauindustrie verursachten Treibhausgasemissionen von durchschnittlich rund 70 Mt CO₂e pro Jahr, wenn man aufgrund möglicher Doppelzählung Baustoffe wie Sand, Kies und Beton nicht berücksichtigt (Vgl. obere Tabelle in Abbildung 4-15).

Abbildung 4-15: Bottom Up-Abschätzung des GWP der Bauindustrie für unterschiedliche Annahmen (in 2008-2010)

Abschätzung Bottom-Up der Bauindustrie (in Mt CO ₂ e)*	2008		2009		2010	
		(darunter zum Absatz bestimmt)		(darunter zum Absatz bestimmt)		(darunter zum Absatz bestimmt)
Ökobaudat-Daten (2009) mit DESTATIS-Daten der Fachserie 4, Reihe 3.1 (2010)	13,44	68,53	29,86	68,06	22,54	72,14
Prozentuale Veränderung		0%		-1%		5%
Drei-Jahres-Mittelwert (Jahresabsatz)	69,58					

*= ohne End-of-Life-Betrachtung bzw. Energetische Verwertung, ohne expandierten Kork und ohne Baustoffe

Abschätzung Bottom-Up der Bauindustrie (in Mt CO ₂ e)**	2008		2009		2010	
		(darunter zum Absatz bestimmt)		(darunter zum Absatz bestimmt)		(darunter zum Absatz bestimmt)
Ökobaudat-Daten (2009) mit DESTATIS-Daten der Fachserie 4, Reihe 3.1 (2010)	23,70	79,86	38,44	77,85	32,23	82,81
Prozentuale Veränderung		0%		-3%		4%
Drei-Jahres-Mittelwert (Jahresabsatz)	80,17					

**= ohne End-of-Life-Betrachtung bzw. Energetische Verwertung, ohne expandierten Kork

Abschätzung Bottom-Up der Bauindustrie (in Mt CO ₂ e)***	2008		2009		2010	
		(darunter zum Absatz bestimmt)		(darunter zum Absatz bestimmt)		(darunter zum Absatz bestimmt)
Ökobaudat-Daten (2009) mit DESTATIS-Daten der Fachserie 4, Reihe 3.1 (2010)	41,92	96,18	60,44	92,19	53,46	104,10
Prozentuale Veränderung		0%		-4%		8%
Drei-Jahres-Mittelwert (Jahresabsatz)	97,49					

***= ohne End-of-Life-Betrachtung bzw. Energetische Verwertung oder Recycling-Potential, ohne (expandierten) Kork, ohne Holz, Holzwerkstoffe, mit Baustoffen

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der Ökobaudat aus BMVBS (2009) und Statistisches Bundesamt (2010) (b)

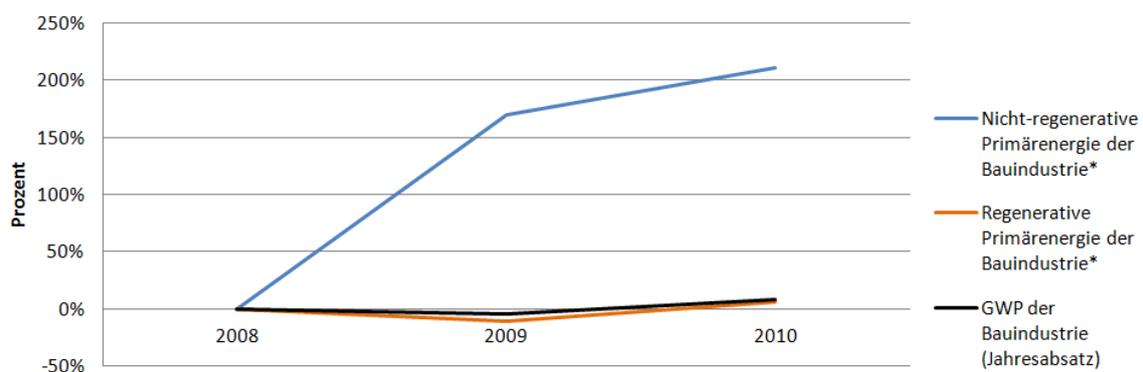
Allerdings ist zu beachten, dass bei 75% der Datensätze ein Sicherheitszuschlag von 10% bereits integriert ist. Ohne diesen Zuschlag würde man im Drei-Jahres-Durchschnitt bei etwa 63 Mt CO₂e/a für die Bauindustrie liegen. Berücksichtigt man die genannten Baustoffe jedoch ebenfalls, wie die mittlere Tabelle in Abbildung 4-15 zeigt, so liegt man durchschnittlich bei circa 80 Mt CO₂e bezogen auf den Bauprodukt-Jahresabsatz. Lässt man aus dieser Betrachtung die Treibhausgas-absorbierenden Hölzer, Holzwerkstoffe und Kork außen vor, da diese nicht durchweg aus nachhaltiger Bewirtschaftung stammen, so liegt die durchschnittliche Abschätzung für die Treib-

²⁸³ Vgl. Schießl und Robrecht (2006), S. 43

hausgasemissionen der Bauindustrie für die Jahre 2008-2010, wie in der unteren Tabelle zu sehen, bei rund 97 Mt CO₂e.²⁸⁴

Aufgrund der in Abschnitt 4.3.4.3 genannten Abstriche hinsichtlich der Datenqualität und -quantität ist die vorgestellte Abschätzung der Bauindustrie eine vorsichtige Näherung der jährlichen Treibhausgasemissionen. So betragen die abgeschätzten klimarelevanten Treibhausgasemissionen lediglich etwa 7-10% der jährlichen deutschen Treibhausgasemissionen. Für eine Quantifizierung der klimarelevanten Emissionen der gesamten Baubranche kommen die hier nicht quantifizierten Emissionen aus den anderen Bereichen wie der Immobilienwirtschaft und dem Gebäudebetrieb hinzu.

Abbildung 4-16: Prozentuale Veränderungen im Primärenergieeinsatz und im Treibhausgaspotential (in 2008-2010)



* = ohne EOL-Betrachtung oder Recycling-Potentiale, ohne Baustoffe und ohne expandierten Kork

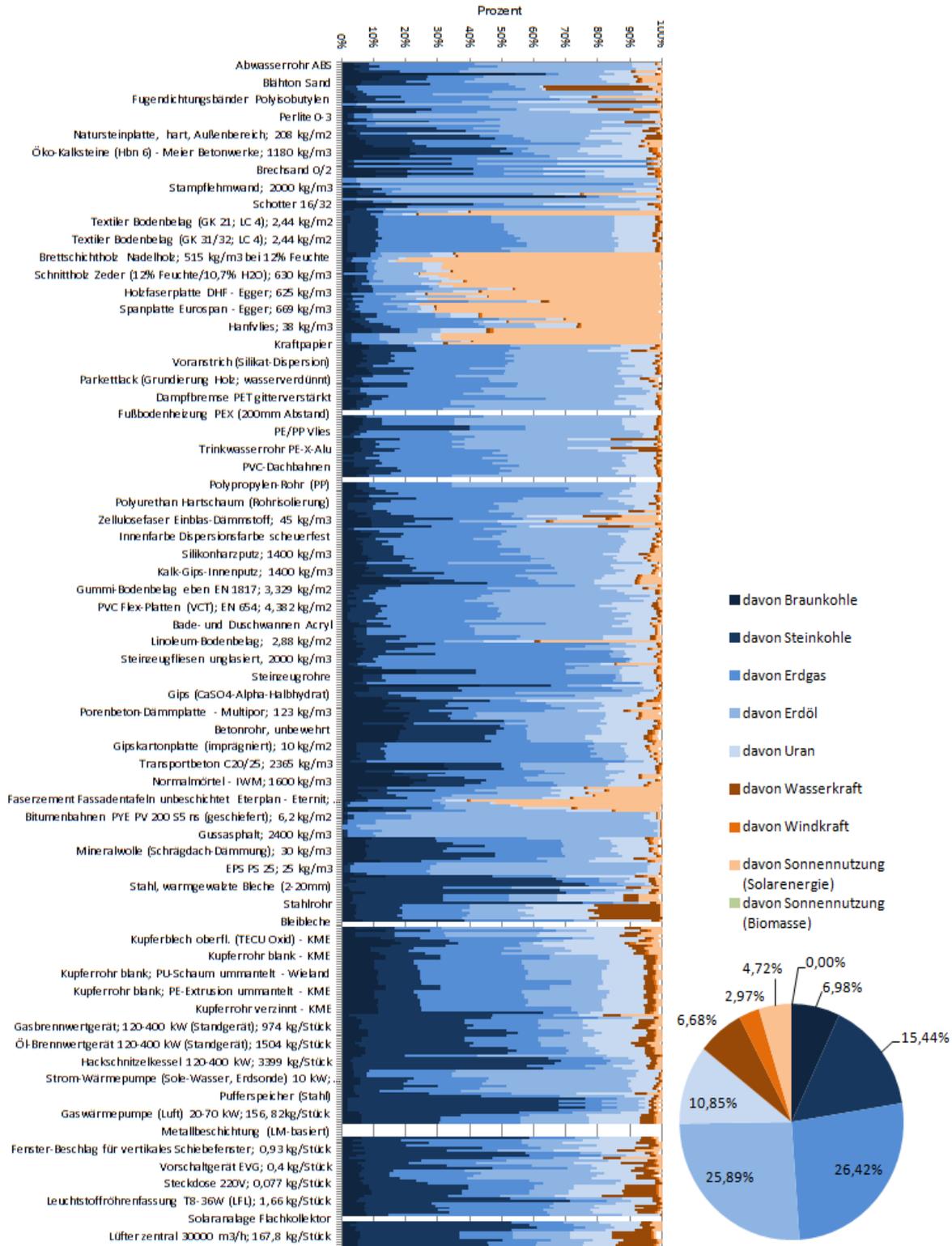
Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der Ökobaudat aus BMVBS (2009) und Statistisches Bundesamt (2010) (b)

Sieht man in Abbildung 4-16 die prozentualen Veränderungen, sowohl des Treibhausgaspotentials (GWP) als auch der eingesetzten Primärenergie in der Bauindustrie, so ist festzustellen, dass nach 2008 der Anteil der verwendeten nicht-regenerativen Primärenergie stark gestiegen ist, bei allerdings etwa gleichbleibenden jährlichen Treibhausgasemissionen.

Betrachtet man Baustoffe und Baustoffindustrie aus energetischer Sicht sowie die jährlichen Treibhausgasemissionen, so lässt sich erkennen, dass die fossilen Energieträger durchschnittlich einen Anteil von über 85% bei der Herstellung je kg Bauprodukt besitzen (Vgl. Abbildung 4-17 in blau). Dabei sind die einzelnen Anteile der Energieträger an den Bauprodukten jedoch höchst unterschiedlich, wie in der Graphik zu sehen. Deutlich erkennbar sind die hellorangenen Spitzen der Holzwerkstoffe im linken und mittleren Teil des Diagramms mit extrem hohem regenerativem Anteil aufgrund der Sonnenenergienutzung. Die weißen vertikalen Streifen deuten unzureichende Daten von Fußbodenheizung, Feuerverzinken, Metallbeschichtung, Eloxieren von Aluminium und Solaranlagen an.

²⁸⁴ Für die Abschätzungen wurden keine Transportwege vom Produktionsort zur Baustelle und zurück zum Ort der Wiederverwendung bzw. Entsorgung und aufgrund mangelnder Daten keine End-of-Life-Betrachtungen oder Recycling-Potentiale berücksichtigt. Auch auf den fehlerhaften Datensatz (Expandierter Kork) wurde verzichtet.

Abbildung 4-17: Prozentuale Anteile der fossilen (blau) und regenerativen (orange) Energieträger je Baustoff bzw. Bauprodukt (links) und im Kreisdiagramm die durchschnittlichen Anteile in der gesamten Bauindustrie (rechts)



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der Ökobaudat aus BMVBS (2009) und Statistisches Bundesamt (2010) (b)

Eine Unterscheidung in prozessbedingte und energiebedingte Treibhausgasemissionen sowie eventueller Minderungspotentiale durch Produkt- oder Prozessinnovationen lassen die Daten allerdings nicht zu.

Abbildung 4-18: Abschätzung des Treibhausgas-Minderungspotentials auf Basis der Bottom Up-Analyse

	2008	2009	2010
Nicht-regenerierbare Primärenergie der Bauindustrie (TJ)***	382,39	1.033,35	1.190,24
Regenerierbare Primärenergie der Bauindustrie (TJ)***	172,50	152,93	183,21
Derzeitiger Anteil an regenerativer Primärenergie	31,09%	12,89%	13,34%
GWP der Bauindustrie (Mt CO ₂ e) (Jahresabsatz) ***	96,18	92,19	104,10
Minderungspotential bei 20% regenerativer Primärenergie (Mt CO ₂ e)	-	6,55	6,93
Minderungspotential bei 25% regenerativer Primärenergie (Mt CO ₂ e)	-	11,16	12,14
Minderungspotential bei 30% regenerativer Primärenergie (Mt CO ₂ e)	-	15,77	17,34

***= ohne End-of-Life-Betrachtung bzw. Energetische Verwertung oder Recycling-Potential, ohne (expandierten) Kork, ohne Holz, Holzwerkstoffe, mit Baustoffen

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der Ökobaudat aus BMVBS (2009) und Statistisches Bundesamt (2010) (b)

Für eine Identifikation des potentiellen Treibhausgas-Reduktionsvolumens der Bauindustrie lohnt jedoch eine genauere Betrachtung des Herstellungsenergiemix der einzelnen Baustoffe. Bestände der zur Bauproduktherstellung verwendete Primärenergieeinsatz zu 20%, 25% oder sogar 30% aus Regenerativer Energie, so wäre wie in Abbildung 4-18 zu sehen, je nach Prozentsatz ein Minderungspotential von rund 7 bis 17 Mt CO₂e allein in der Bauindustrie möglich.

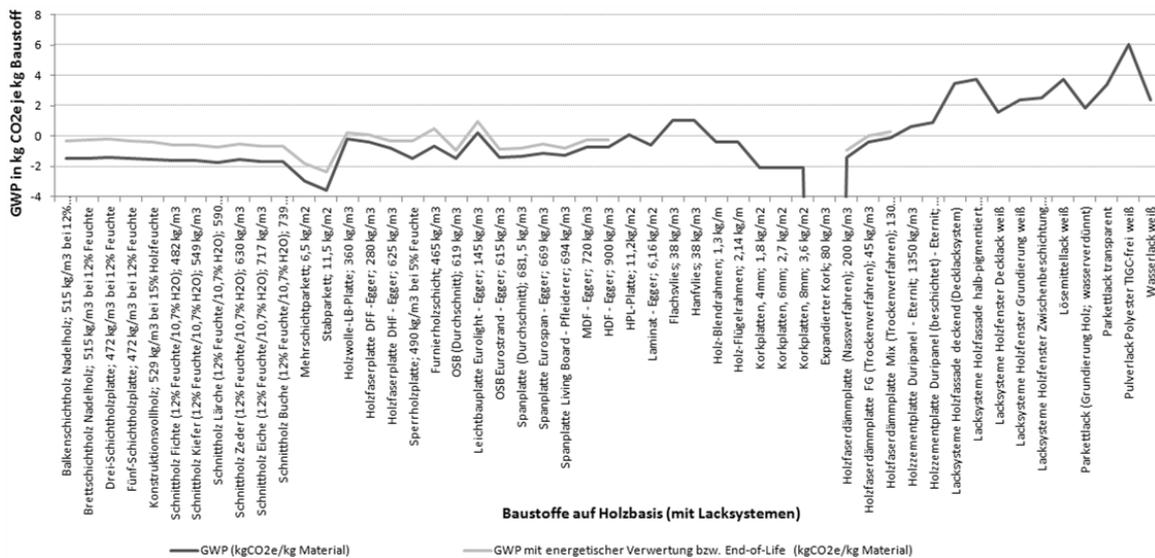
4.4.5 Exkurs: Holz - ein klimaneutraler Baustoff?

Eine Datenanalyse der Bauprodukte auf Holzbasis aus der Ökobaudat resultiert in einer positiven GWP-Bilanz.²⁸⁵ Wie in Abbildung 4-19 zu sehen, ist die GWP-Intensität verschiedener Hölzer und holzbasierter Werkstoffe in kg CO₂e je kg Material durchweg negativ aufgrund eines Anteils von rund 69-83% an regenerativer Primärenergie und ihrer Fähigkeit CO₂ zu binden. Allein hier schon erkennt man im linken Teil der Abbildung 4-19, dass Holz per se das Potential zu einem klimaneutralen Baustoff hat, denn durchschnittlich absorbieren Holz und Holzwerkstoffe etwa 2,9 (mit dem als falsch angenommenen Datensatz ‚Expandierter Kork‘) bzw. 1,0 (ohne diesen Wert) kg CO₂e je kg Material.

Auch wenn man die End-of-Life-Betrachtung berücksichtigt, liegt der durchschnittliche Wert immer noch bei -0,454 kg CO₂e/kg Material. Dabei fehlt jedoch die Berücksichtigung der Emissionen aus der Nutzungsphase und aus dem Transport, wobei letztere einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Treibhausgas-Bilanz von Holz haben.

²⁸⁵ Etwas detailliertere Daten von Hölzern und Holzwerkstoffen finden sich bspw. unter Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (2011) (a), allerdings ohne nähere Angaben zur Datenentstehung und zur Aktualität.

Abbildung 4-19: GWP je kg Holz, Holzwerkstoff oder Lacksystem mit und ohne End-of-Life-Betrachtung (ohne expandierten Kork)



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten der Ökobaudat aus BMVBS (2009)

Eine Reihe von Studien betonen, dass Gebäude mit Holzstruktur über ihre Lebensdauer hinweg weniger Treibhausgasemissionen emittieren, als Gebäude mit anderen Strukturen und je nach Holzbehandlung und Herstellungsprozessen zu Netto-Treibhausgas-Absorbern werden.²⁸⁶ Allerdings wird deutlich, dass wenn man wie im rechten Teil der Graphik zu sehen Lacke und Lacksysteme berücksichtigt, die mit einem durchschnittlichen Wert von 3,11 kg CO₂e je kg Lack zu Buche schlagen, je nach Menge und Art des verwendeten Lacks die GWP-Bilanz von Holzbaustoffen auch netto-emittierend sein kann.

Insgesamt empfiehlt sich aus Sicht der Emission klimarelevanter Gase, eine Änderung der Gebäudekonstruktion hin zu Holzstrukturen anzustreben.²⁸⁷ Dabei übersteigen auf lange Sicht die eingesparten Treibhausgasemissionen bei der Herstellung im Vergleich zu funktionsgleichen Produkten (v.a. Ziegel, Aluminium, Stahl und Beton) das in Holz absorbierte CO₂.²⁸⁸ Eine Speicherung von CO₂ in Holz wäre nur temporär. Erst die Substitution anderer Baustoffe und Treibstoffe durch Holz ermöglicht eine Treibhausgas-Minderung.²⁸⁹ Durch Substitution der herkömmlichen Baustoffe mit Holzwerkstoffen kann somit ein nicht unerheblicher Teil der nationalen Treibhausgasemissionen eingespart werden.

²⁸⁶ Vgl. Bribián et al. (2011), S. 1135 und Gustavsson und Sathre (2006), S. 940f.. Für eine Übersicht über die Prozesse der Holzgewinnung und Verarbeitung siehe Feifel et al. (2009), S. 57.

²⁸⁷ Vgl. bspw. Börjesson und Gustavsson (2000), S. 575–588, Lenzen und Treloar (2002), S. 249–255, Gustavsson und Sathre (2006), S. 940–951, Upton et al. (2008), S. 1–10, Salazar und Meil (2009), S. 1563–1571, Bribián et al. (2011), S. 1138 sowie Yu et al. (2011), S. 2638–2646. Für eine ausführliche Diskussion zu Holz und Holzbaustoffen und ihre Klimawirkung vgl. Gustavsson et al. (2006), S. 1097–1127).

²⁸⁸ Vgl. Buchanan und Levine (1999), S. 427

²⁸⁹ Vgl. Gustavsson et al. (2006), S. 1098

Jedoch ist zu beachten, dass die Behandlung der Materialien nach der Nutzungsphase einen großen Einfluss auf die GWP-Bilanz hat; diese ist jedoch im Einzelfall nicht bekannt und in Analysen schlecht darstellbar.

4.4.6 Fazit und Diskussion

Die Bottom-Up-Abschätzung der jährlichen Treibhausgasemissionen der Bauindustrie ergibt für die Jahre 2008-2010 Werte von 7-10% der deutschen Emissionswerte (70-98 Mt CO₂e); für die Quantifizierung der klimarelevanten Emissionen der Baubranche sind Emissionswerte für die Immobilienwirtschaft und den Gebäudebetrieb hinzuzufügen. Damit liegen die Emissionswerte deutlich unter der erwarteten Größenordnung, was sich durch die unvollständige Datenbasis erklären lässt.

Die in der Bottom-Up-Analyse verwendeten Datensätze sind höchst unvollständig in ihrer Bauproduktabdeckung und in ihrer Spezifikation für eine Verknüpfung mit den Produktionsdaten nicht immer ausreichend. In dieser Hinsicht besteht Bedarf an einer detaillierteren Datenerfassung und genaueren Daten hinsichtlich der unabhängig geprüften, lebenszyklusbasierten GWP-Daten von Baustoffen, -produkten und -elementen. Optimalerweise lägen alle Daten zudem auf derselben Betrachtungsebene vor, um eine überscheidungsfreie Ermittlung der Treibhausgasemissionen zu ermöglichen. Aber auch die Produktionsstatistik hat sich seit der Untersuchung durch Kohler et al. (1999) nur etwas gebessert; die Vollständigkeit der Datensätze für die Jahre 2008-2010 ist nicht gegeben.

Darüber hinaus sollten „technisch mögliche Grenzwerte der heutigen Baustoffherstellung [...] als Zielwerte dienen. [...] Die Sachbilanzen sollten systematisch für Industriemittelwerte und für Industriebestwerte erstellt werden, um so die Relation zwischen Durchschnittswerten und dem derzeit technisch erreichbaren Optimum beurteilen zu können“ und um das daraus resultierende, sektorale THG-Minderungspotential abzuleiten.²⁹⁰ Welche Auswirkungen dies und die Materialauswahl nach nachhaltigen Kriterien auf die Bauindustrie haben ist bislang kaum untersucht.

Mit den vorliegenden Daten ist dennoch ein Treibhausgas-Minderungspotential von 0,7-1,7% der deutschen Gesamtemissionen (6,56-17,34 Mt CO₂e) identifizierbar, basierend auf der Annahme einer Erhöhung des Anteils regenerativer Primärenergie auf 20%, 25% oder 30%. Dies entspricht rund 9-21% THG-Reduktionspotential innerhalb der Bauindustrie. Weitere Einsparungsmöglichkeiten ergeben sich aus verbesserter Zement- und Stahlproduktion, verstärkter Einsatz von Holz und der optimierten Abfallbehandlung von Baustoffen.

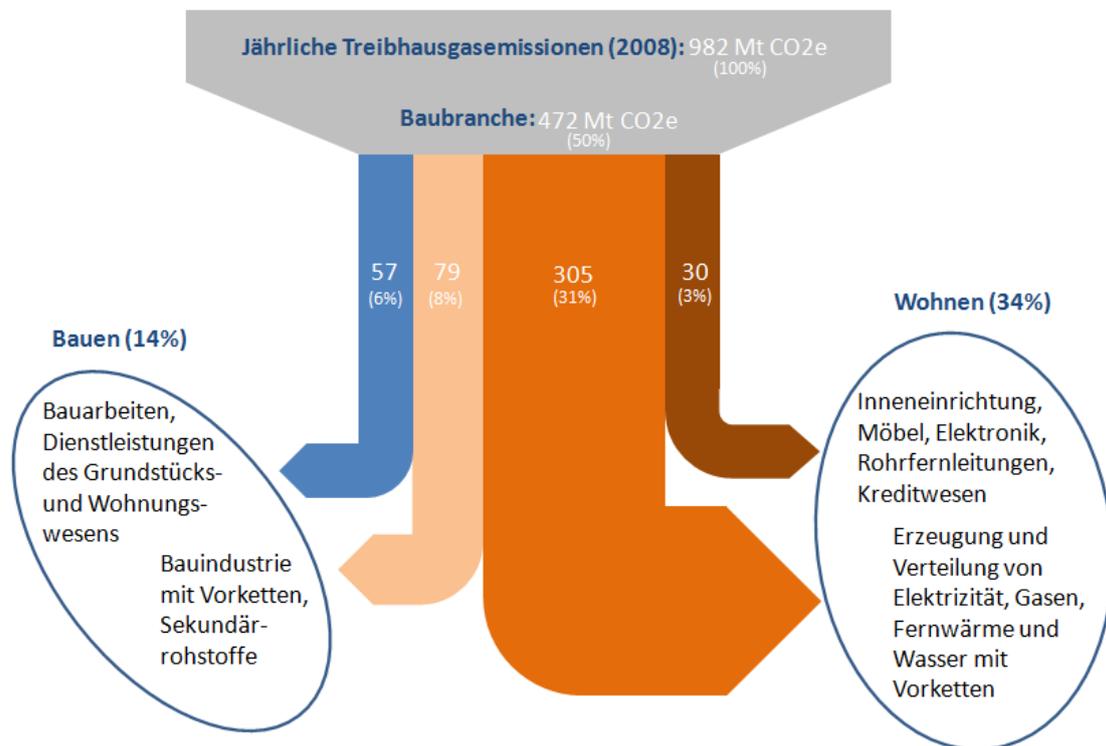
Holz und Holzwerkstoffe werden grundsätzlich als CO₂-Speicher und als in der Herstellung weniger energieintensivere Baustoffe geschätzt; ihr erhöhter, substituierender Einsatz in der Baubranche hat ein mögliches Treibhausgas-Minderungspotential von rund 1,5% der nationalen Emissionen.

²⁹⁰ Kohler et al. (1999), S. 232

4.5 Zusammenführung Top Down- und Bottom Up-Ansatz

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Treibhausgasemissionen der Baubranche je nach Berechnung und Datengrundlage einen wesentlichen Teil der nationalen Treibhausgasemissionen ausmachen. Je nach Szenario und Abgrenzung der Baubranche errechnen sich jährliche Emissionen für 2008 nach **Bottom Up-Ansatz** von 70-98 Mt CO₂e (7-10% der deutschen Treibhausgasemissionen in 2008) und nach **Top Down-Ansatz** zwischen 9 Mt CO₂e (1%) und 751 Mt CO₂e (76%) bzw. durchschnittlich zwischen 57 und 640 Mt CO₂e. Bei realistischerer, anteiliger Top Down-Abschätzung erreicht die Baubranche klimarelevante Emissionen von 9 Mt CO₂e (1%) bis 546 Mt CO₂e (59%) bzw. durchschnittlichen Werten zwischen 57 und 472 Mt CO₂e (6-50%). Bei den durchschnittlichen Werten der vier Datensätze in der anteiligen Top Down-Abschätzung liegt der Anteil der Baubranche inkl. Inneneinrichtung (Abschätzung 4) somit bei 48% der jährlichen deutschen Treibhausgasemissionen (Vgl. Abbildung 4-20).

Abbildung 4-20: Aufteilung der Treibhausgasemissionen der deutschen Baubranche nach Bedürfnisfeldern und Sektoren (nach anteiliger Top Down-Abschätzung) in Mt CO₂e (in 2008)



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5. sowie Statistisches Bundesamt (2011) (a) und aus Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year

In dieser Graphik werden die vier Abschätzungen farblich unterschieden und ergeben von links nach rechts aufsummiert die Werte der durchschnittlichen, anteiligen Top Down-Abschätzung aus Abschnitt 4.3.5. Nimmt man beispielsweise die Top Down-Abschätzung 3 als Näherung für die Baubranche (Bauindustrie, Immobilienwirtschaft

und Gebäudebetrieb ohne Inneneinrichtung und Elektronik), so kommt man in der anteiligen Top Down-Abschätzung auf einen Anteil von 45% an den gesamtdeutschen Treibhausgasemissionen in 2008. Dies entspricht in Abbildung 4-20 der Summe der drei linken Pfeile.

Die realen Emissionswerte liegen wahrscheinlich zwischen Bottom Up- und Top Down-Werten, also zwischen 7-48% der jährlichen deutschen Treibhausgasemissionen, wobei der Bottom Up-Wert mit 7-10% lediglich für die Bauindustrie (zweiter Pfeil von links) als eine sehr vorsichtige, konservative Schätzung gelten kann und damit den tatsächlichen Wert deutlich unterschätzt. Die vier Abschätzungen der Top Down-Abschätzung lassen sich weiter in die Bedürfnisfelder Bauen und Wohnen einteilen, wie in Abbildung 4-20 zu sehen; die Anteile unterscheiden sich jedoch je nach Datensatz und Definition der Bedürfnisfelder.

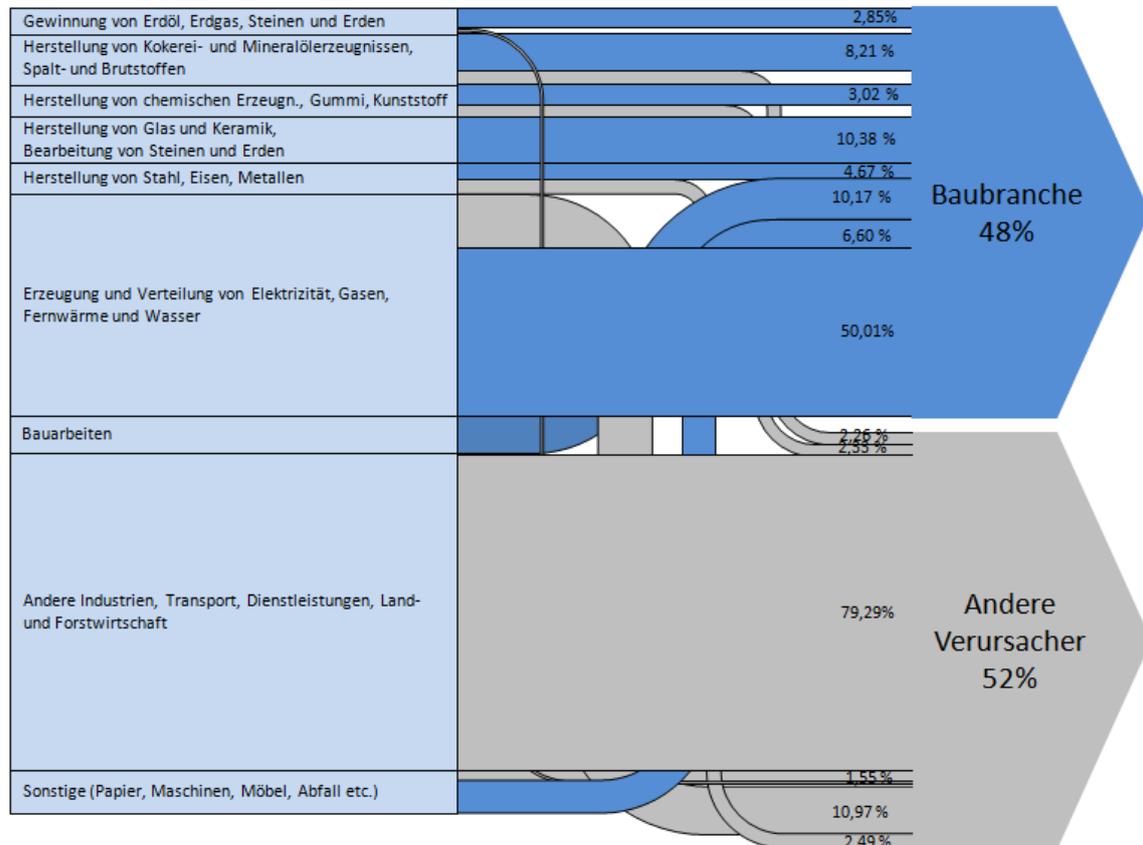
Eine direkte Vergleichbarkeit der beiden Ansätze ist aufgrund unterschiedlicher Systemgrenzen nicht gegeben. Allerdings zeigt sich, dass für die Abschätzung der klimarelevanten Emissionen der Bauindustrie die Zahlen mit 6-21% (Top-Down) bzw. 7-10% (Bottom Up) in der gleichen Größenordnung liegen. Plausibilisieren lässt sich das Ergebnis ebenso mit einem Vergleich der aktuellen Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes, die für die Baubranche mit der Kategorie Wohnen (Brennstoffe und Elektrizität) auf 37,4% und mit der Bauindustrie sowie relevanten Dienstleistungen auf bis zu 65,6% der deutschen CO₂-Emissionen von 2007 angibt.²⁹¹ Weltweit bestimmen Baumert et al. (2005) den Anteil von Gebäuden und ihrem Betrieb auf 42% der jährlichen globalen Treibhausgasemissionen, ohne Berücksichtigung der Bauindustrien.²⁹²

Eine differenzierte Top Down-Betrachtung der einzelnen Sektoren und die Zuordnung ihrer Emissionen zur Baubranche ist in Abbildung 4-21 zu sehen. Die ausgewiesenen Prozentwerte beziehen sich auf die durchschnittlichen Werte der vier zugrundeliegenden Datensätze der vierten, anteiligen Top Down-Abschätzung und sind als beispielhafte Darstellung zu verstehen, deren Werte sich je nach Annahme verändern. Erkennbar ist der große Anteil der energetisch bedingten Emissionen Die in Deutschland erhobenen Daten ermöglichen bislang kein so detailliertes Flussdiagramm wie in der Einleitung für die weltweiten Treibhausgasemissionen gezeigt, um aus der im Baubereich eingesetzten Energie und den Ressourcen die Emission von Treibhausgas herleiten zu können. Lediglich eine anteilige Zuordnung der Sektoren zur Baubranche ist möglich, allerdings mit teilweise unsicheren prozentualen Anteilen. Auch ist anhand der hier untersuchten Daten bislang keine Unterscheidung in prozess- und energiebedingte Treibhausgasemissionen möglich. Zwar hat das erweiterte Modell der Input/Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes einige Informationen zur Herkunft und Verwendung von verkörperten Treibhausgasen beigetragen, es ist aber für die Abschätzung der Baubranche nicht detailliert genug aufgeschlüsselt.

²⁹¹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) (d), S. 33

²⁹² World Resources Institute (2005), S. 82

Abbildung 4-21: Flussdiagramm der Treibhausgasemissionen in der Baubranche inkl. aller Industrien und Dienstleistungen in Deutschland aus anteiliger Top Down-Abschätzung

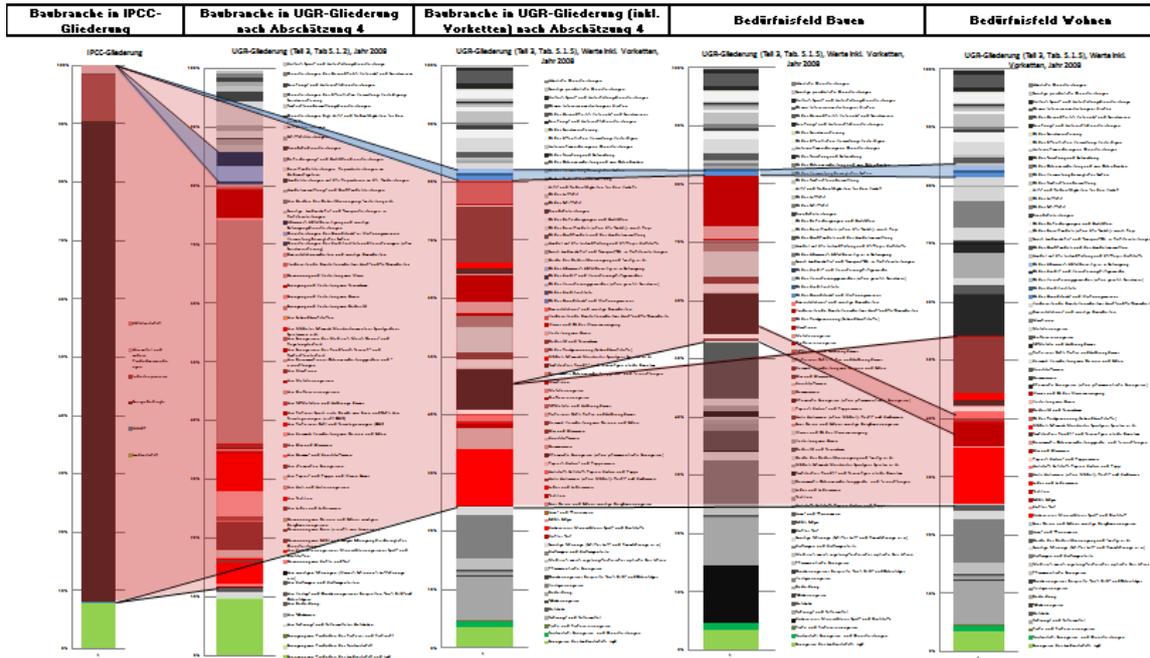


Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5. sowie Statistisches Bundesamt (2011) (a) und aus Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year

Betrachtet man jedoch die genauen Daten je Industrie- und Dienstleistungssektor, so kann man in Abbildung 4-22 sehen, dass die Gliederung der verwendeten statistischen Daten teilweise sehr unterschiedlich ist. Die roten und blauen Anteile stellen dabei die Industrie- bzw. Dienstleistungssektoren dar, die direkt oder indirekt, teilweise oder ganz zur Baubranche zugeordnet werden können.²⁹³ So sieht man bereits an den rot und blau markierten Anteilen der drei linken Säulen mit IPCC-Gliederung und UGR-Gliederung (mit und ohne Vorketten), wie sich der Umfang der Emissionen von Abschätzung 4 je nach Datenquelle erheblich ändert. Auch die Abgrenzung von Bedürfnisfeldern ist nicht eindeutig - erkennbar an der Überschneidung zwischen Bedürfnisfeld Bauen und Bedürfnisfeld Wohnen im rechten Teil von Abbildung 4-22 - produzieren doch einige Industrien sowohl für das eine wie das andere Bedürfnisfeld.

²⁹³ Grün markiert Branchen des primären Sektors, Rot Branchen des sekundären und Blau Branchen des Tertiären Sektors.

Abbildung 4-22: Überblick über die unterschiedlichen Quellen von Treibhausgasen und ihrer prozentualen Datengliederungen für 2008



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5. sowie Statistisches Bundesamt (2011) (a) und des Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year294

Eine Verknüpfung der Daten wie sie in dieser Arbeit vorgenommen wurde, um die Quantität und den Einfluss der baubranchebedingten Treibhausgas abzuschätzen, ist nach Wissen der Autorin bislang noch nicht erfolgt. Hier besteht hinsichtlich der Anzahl von unabhängig geprüften Ökobilanzdaten und EPDs großer Bedarf, um eine fundierte Abschätzung und vollständige Zuordnung der GWP-Daten zu den Produktionszahlen vorzunehmen. Hierzu bedarf es jedoch einer deutlichen Verbesserung und Vervollständigung der Datenlage im Bausektor, um entsprechende statistische Erhebungen für die kommenden Jahre verwertbar zu machen. Auch die durch Baumaßnahmen hervorgerufene Bodenversiegelung und die daraus resultierenden Treibhausgas-Wirkungen aus dem Bereich LULUCF sollten in den statistischen Daten besser erfasst werden²⁹⁵; sie sind momentan aber nicht anteilig zur Baubranche zuordenbar. Bereits 1999 wurde dies von Kohler et al. (1999) bemängelt.²⁹⁶

Eine Einteilung der Ökobaudat-Daten sowohl in Baustoffe, -produkte und -elemente als auch nach statistischen Codes (bspw. NACE, CPA o.ä.) und falls möglich nach Verwendung in Wohn-, Nichtwohngebäuden, Öffentlichen Gebäuden und sonstigen Bauwerken wäre wünschenswert.

Eine weitere Maßnahme wäre, dass ein treibhausgasintensiver Sektor wie der Bausektor in den Indikatoren der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ein Indikator für nachhal-

294 Eine hochauflösende Graphik der Abbildung 4-22 findet sich in Abbildung 0-4 in Anhang 1.

295 Vgl. Kohler et al. (1999), S. 210–213

296 Vgl. Kohler et al. (1999), S. 231

tiges oder zumindest klimaschonende Bauen und Wohnen erhalte, an dem sich Maßnahmen und Strategien in diesem Bereich messen ließen.

4.6 Identifikation der Minderungspotentiale von klimarelevanten Gasen in der Baubranche

Einsparpotentiale in der Baubranche werden vor allem im Gebäudebetrieb und in der Herstellung der Baumaterialien gesehen. Hinsichtlich der Potentiale im Gebäudebetrieb sieht eine Studie von McKinsey (2007) Möglichkeiten für eine Reduktion von über 55 Mt CO₂e (5,6% der jährlichen dt. Treibhausgasemissionen) durch Heizbedarfsminderung (Vgl. Abbildung 4-23 oben). Für Industriegebäude werden ebenfalls deutliche THG-Reduktionsmöglichkeiten bei der Verbesserung von Beheizung und Beleuchtung errechnet.²⁹⁷

In der Herstellung von Baumaterialien wie Zement, NE-Metallen, Stahl - allerdings zu etwas erhöhten Minderungskosten - wird auch ein beträchtliches Treibhausgas-Reduktionspotential identifiziert (Vgl. Abbildung 4-23 unten).²⁹⁸ Die in dieser Arbeit durchgeführte Bottom Up-Analyse identifiziert nur durch Erhöhung des Anteils regenerativer Energie am Primärenergieeinsatz nach vorsichtigen Schätzungen ein Minderungspotential von 7-17 Mt CO₂e (entspricht 0,7-1,7% der jährlichen deutschen Treibhausgasemissionen). Einsparungsmöglichkeiten auf europäische Ebene je Baustoff finden sich bei Gielen (1997), jedoch nur auf Basis der zu dem Zeitpunkt bekannten Verbesserungspotentiale und energetischen Systeme.²⁹⁹

Insgesamt ist in der deutschen Baubranche eine positive Entwicklung zu erwarten, denn die Chancen und Risiken in klimatisch-natürlicher und der regulatorisch-marktwirtschaftlicher Dimension des Klimawandels lassen den Schluss zu, dass die regulatorischen Maßnahmen die Märkte früher und deutlicher als die klimatischen Veränderungen treffen werden.³⁰⁰ Daraus resultieren massive zukünftige Investitionen von 150-400 Mrd. Euro bis 2030 im Kraftwerkspark und in den anderen Immobilienklassen.³⁰¹

²⁹⁷ Vgl. McKinsey (2007), S. 35 und S. 38

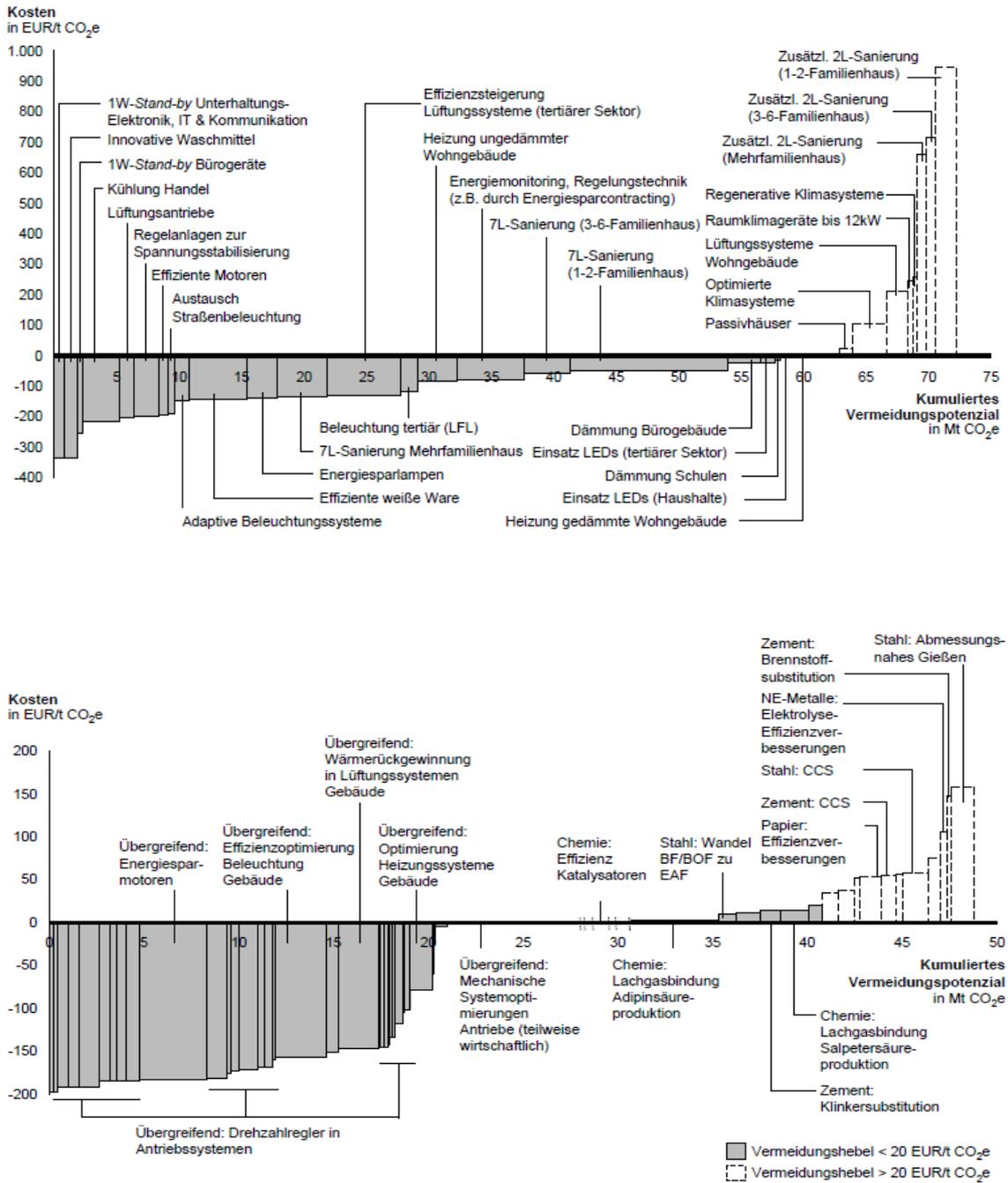
²⁹⁸ Vgl. McKinsey (2007), S. 35 und S. 38

²⁹⁹ Vgl. Gielen (1997), S. 70

³⁰⁰ Vgl. Auer et al. (2008), S. 12–19

³⁰¹ Vgl. Just (2009), S. 46f. und S. 54–57 Just (2009), S. 46f. und S. 54–57

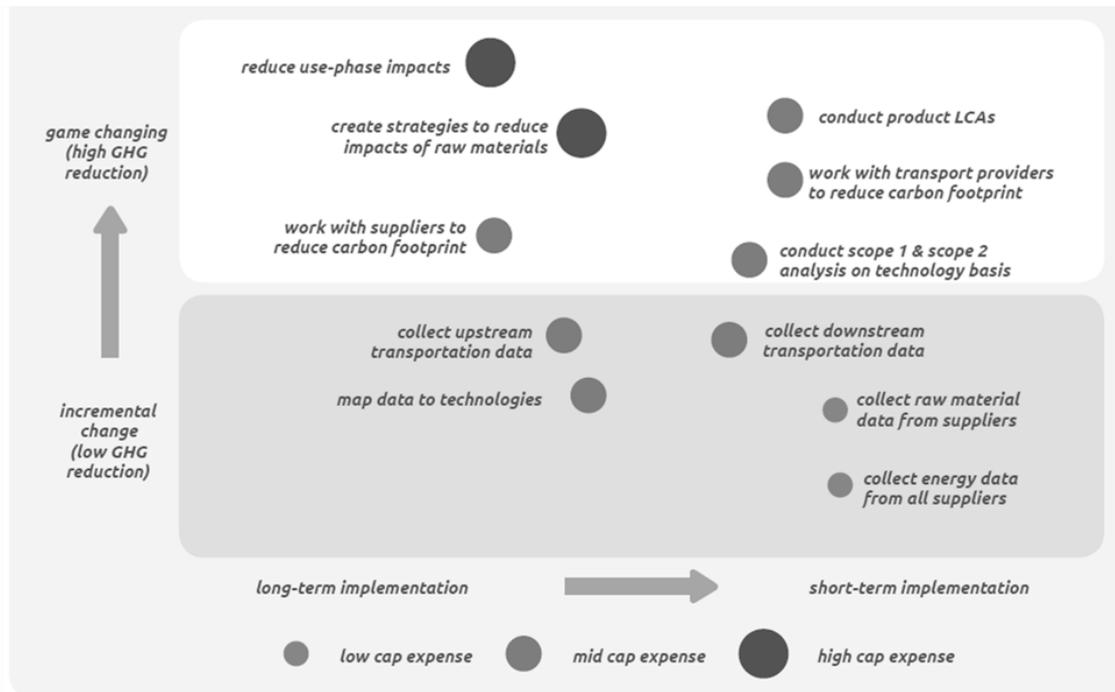
Abbildung 4-23: Vermeidungskostenkurven für den Gebäudesektor (oben) und für den Industriesektor (unten) in Deutschland bis 2020



Quelle: McKinsey (2007), S. 38 und McKinsey (2007), S. 35

Identifikationsmöglichkeiten von THG-Minderungspotentialen in der gesamten Bau- und Industriebranche sind neben den aufgezeigten Einsparungen aus der Bottom Up-Analyse auf Unternehmensebene auch durch eine Analyse der Wertschöpfungsketten in Bauindustrie und Immobilienwirtschaft möglich und monetär bewertbar. So zeigt Abbildung 4-24 den Zusammenhang zwischen Reduktionsmaßnahmen und ihrem monetären Aufwand, das entsprechende Reduktionspotential der Maßnahme sowie eine zeitliche Einordnung.

Abbildung 4-24: SC Johnson-Matrix zur Bewertung von Treibhausgas-Minderungspotentialen entlang der Wertschöpfungskette



Quelle: Greenhouse Gas Protocol (2011) (b), S. 17

Hinsichtlich der Umsetzung der identifizierten THG-Reduktionspotentiale, die durch Materialsubstitutionen und geringere Materialintensitäten entstehen, kann davon ausgegangen werden, dass neben anderen Hemmnissen insbesondere lokales Klima, traditionelle Bauweisen, nationale Materialpräferenzen und Wohlstand starken Einfluss auf die konkreten Gebäudecharakteristika nehmen und dadurch das realisierbare Minderungspotential senken.³⁰² Diese Einflüsse auf die Gebäudegestaltung bedürfen daher weiterer Untersuchung.

Eine europäische Studie von 2008 quantifiziert das Treibhausgas-Minderungspotential in EU-25, das vom aktuellen Gebäudebestand ausgeht, auf 360 Mt CO₂e pro Jahr und damit auf 30-50% der gesamten jährlichen Treibhausgasemissionen verteilt über die nächsten 40 Jahre - jedoch ohne Berücksichtigung möglicher sozialer und ökonomischer Hemmnisse.³⁰³ Dabei bezieht sich die Studie ausschließlich auf Wohngebäude; industrielle und institutionelle Gebäude sowie andere Bauwerke wie Infrastruktur werden nicht betrachtet. Interessant ist, dass Neubauten nur 1,2% des europäischen Bestandes ausmachen und damit im Betrachtungshorizont der Studie vernachlässigbar gering sind.³⁰⁴ Im Umkehrschluss impliziert dieser geringe Anteil an Neubauten einen großen Handlungsbedarf hinsichtlich energetischer Sanierung.

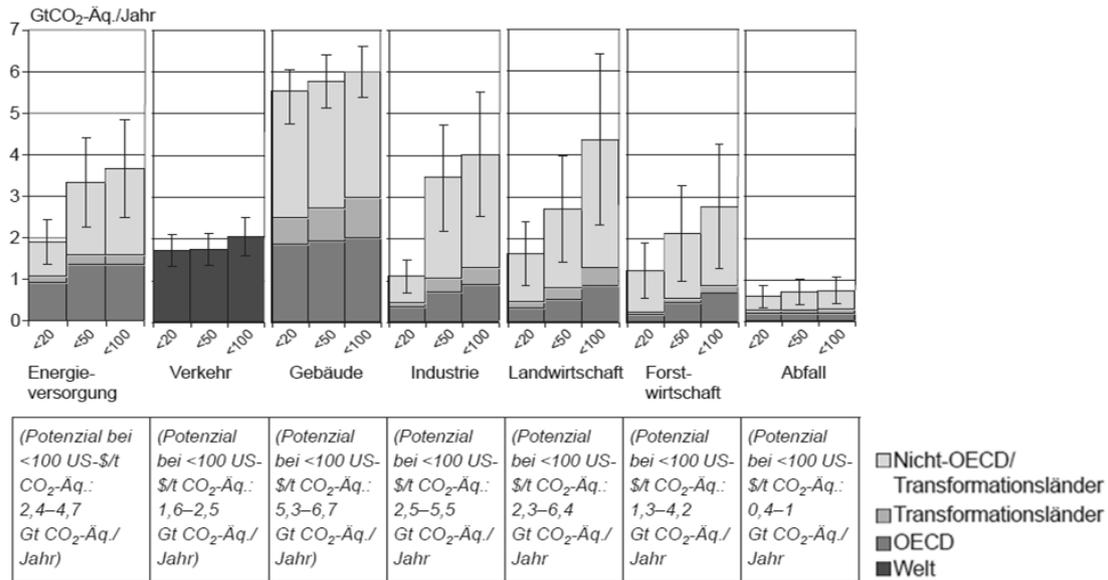
³⁰² Vgl. Gielen (1997), S. 47f.

³⁰³ Vgl. Nemry und Uihlein (2008), S. XX

³⁰⁴ Vgl. Nemry und Uihlein (2008), S. 58

Die Studie berücksichtigt allerdings nicht die Lebenszyklusphase der Baustoffherstellung und des Materialtransportes.³⁰⁵ Daraus lässt sich schließen, dass das in der Bauindustrie und den Herstellungsprozessen gebundene, europäische THG-Minderungspotential noch größer ist.

Abbildung 4-25: Weltweites wirtschaftliches Treibhausgas-Minderungspotenzial nach Sektoren



Quelle: IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 51

Auf internationaler Ebene liegen im Produktionsbereich auch innerhalb der OECD-Staaten deutliche länderspezifische Unterschiede in der CO₂-Intensität vor.³⁰⁶ Dies lässt darauf schließen, dass international eine Treibhausgas-Minderung in einigen OECD-Ländern und weniger entwickelten Ländern allein durch Anwendung der neuesten Erkenntnisse, Technologien und Produktionsprozesse in den dargestellten Branchen möglich ist.

Weltweit schreibt der IPCC-Bericht dem Gebäudesektor und dem Gebäudebetrieb ein Minderungspotential von 5.300-6.700 Mt CO₂e pro Jahr zu (Vgl. Abbildung 4-25).³⁰⁷ Dies entspricht dem mit Abstand größten, sektoralen THG-Reduktionspotential mit erzielbarem Nettogewinn. „Möglichkeiten zur Treibhausgas-Minderung im Gebäudesektor bestehen [in allen Staaten] weltweit“³⁰⁸, allerdings existieren teilweise große Hemmnisse vor allem in Entwicklungsländern, welche die Umsetzung erschweren.

³⁰⁵ Vgl. Nemry und Uihlein (2008), S. XVI

³⁰⁶ Vgl. Carbon Trust (2011) (b), S. 5

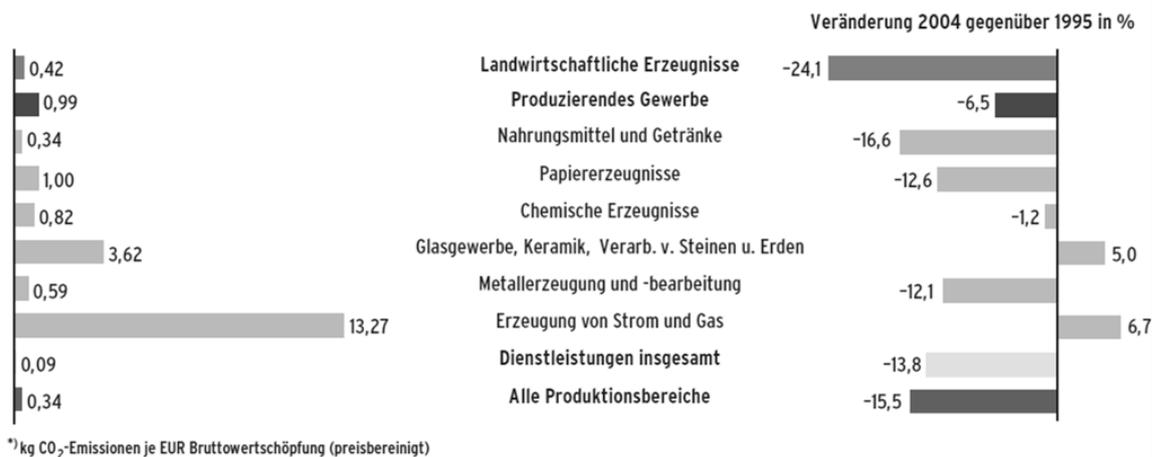
³⁰⁷ Vgl. IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 50f.

³⁰⁸ IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 55

4.7 Weitere Entwicklung und Trends

Insgesamt ist in Deutschland ein rückläufiger Trend für Treibhausgasemissionen seit dem Basisjahr 1990 festzustellen, allerdings verteilt dieser sich ungleichmäßig auf die IPCC-Quellkategorien. So ist etwa das Abfallaufkommen in den letzten Jahren stark gesunken, während die Emissionen aus der Energiewirtschaft oder den industriellen Prozessen nur leicht zurückgehen.³⁰⁹

Abbildung 4-26: CO₂-Emissionsintensität nach Produktionsbereichen in kg CO₂ je Euro Bruttowertschöpfung



Quelle: Umweltbundesamt und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2007), S. 106

Betrachtet man die Emissionsintensität zwischen 1995 und 2004 der NACE-Produktionsbereiche in Abbildung 4-26, so lässt sich für die meisten Branchen wie Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie im produzierenden Gewerbe ein Minderungstrend feststellen. Jedoch ist die Emissionsintensität für die in den für die Baubranche wichtigen Bereichen der Energiewirtschaft, der Produktion von Glas, Keramik und der Verarbeitung von Steinen und Erden erheblich gestiegen. Hierbei ist jedoch, wie in den meisten Statistiken, der Bausektor nicht explizit ausgewiesen.

Schließt man den durch das Vorhandensein von Bauwerken induzierten Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser und die damit einhergehenden Treibhausgasemissionen in die Betrachtung mit ein, so sind etwa 40 % der deutschen Endenergie auf diesen Bereich zurückzuführen³¹⁰ – allerdings sind die Emissionen pro qm seit 1997 deutlich zurückgegangen.³¹¹ Projektionen wie in Abbildung 4-27 zeigen, dass die den Gebäuden zugewiesenen Treibhausgasemissionen in den nächsten Jahren wei-

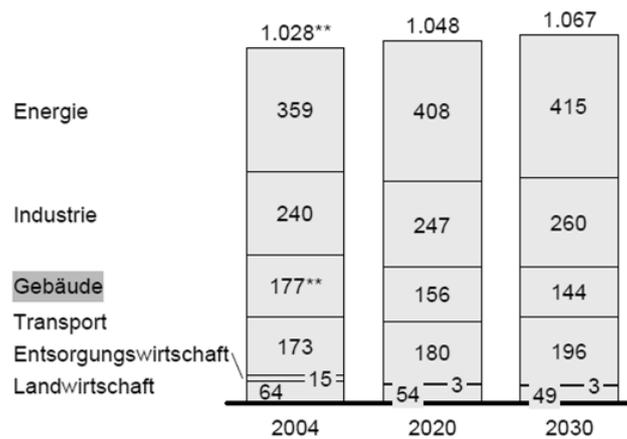
³⁰⁹ Betrachtet man das Abfallaufkommen der letzten Jahre, so ist ein stetiger Rückgang des Abfallvolumens festzustellen; allerdings bewegt sich der Anteil der Bau- und Abbruchabfälle relativ stabil mit der Konjunkturlage zwischen 52 - 64% (Vgl. Umweltbundesamt (2009) (b), Umweltbundesamt (2011) (a) und Umweltbundesamt (2010) (a)).

³¹⁰ Vgl. auch Abbildungen 0-2 und 0-3 in Anhang 1 sowie die Top Down-Abschätzung dazu in Abschnitt 4.3.5

³¹¹ Vgl. BMVBS (2007), S. 4

terhin deutlich sinken. Allerdings beruht dieser Effekt hauptsächlich auf Energieeinsparungen, dem Umstieg auf erneuerbare Energien und reduziertem Heizwärmebedarf durch verbesserte Wärmebereitstellung sowie durch zunehmend energetisch sanierte Bestandsbauten. Sinkt der energetisch bedingte Anteil an Treibhausgasemissionen in den kommenden Jahren weiter, so steigt der relative Anteil der Emissionsintensität der hier teilweise betrachteten, restlichen prozessbedingten und verkörperten Quellkategorien in Industrie, Energiebereitstellung und Transportwesen.

Abbildung 4-27: Projektion "Stand der Technik" für die sektoralen Treibhausgasemissionen in Deutschland in Mt CO₂e



Quelle: McKinsey (2007), S. 27

Hinsichtlich der Datenqualität wird sich in Deutschland durch zunehmende Erstellung und Veröffentlichung von EPDs in den kommenden Jahren die Informationslage deutlich verbessern und sicherere Analysen möglich machen.

Außerdem wird deutlich, dass die aktuelle Entwicklung eher nicht nachhaltig und klimabewusst ist, denn die Lebensdauern von Bauteilen und Bauprodukten sinken, die Massenströme, Flächenversiegelungsraten und der Trend zur Zersiedelung bleiben weiterhin unverändert hoch, die Bauprodukte werden komplizierter und diversifizierter ohne Pflicht zur Produktdeklaration.³¹² Erhöhte Abriss- und Sanierungsquoten zeugen von weiterhin hoher Bautätigkeit in Deutschland, auch wenn die Neubauraten stetig zurückgehen.³¹³ Neubauten werden für den Betrieb zunehmend energieeffizient ausgestattet - das bedeutet erhöhte verkörperte Energie der zukünftigen Gebäude durch größere Dämmstärken, Wärmeschutzverglasung, Wärmepumpen, Pelletheizungen und Brennwertkessel sowie Photovoltaikanlagen und elektrischer Steuerung.^{314,315}

³¹² Vgl. Kohler et al. (1999), S. 236–240.

³¹³ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 13f. und Gielen (1997), S. 5 und S. 112

³¹⁴ Vgl. BMVBS (2007), S. 43–50 und S. 60–62

³¹⁵ Für weitere Trends, die den Bereich des Nachhaltigen Bauens betreffen und sich nicht nur auf die klimarelevanten Aspekte beziehen vgl. Kohler et al. (1999), S. 236–240.

International liegen die Neubautrends in Asien und in Schwellenländern mit 5-7% deutlich höher als in den USA, Europa und Japan mit nur 2%.³¹⁶ Der internationale Emissionstrend der Baubranche ist daher in den kommenden Jahren leicht an Neubauquoten und am Anteil von energie- und emissionseffizienten Bauweisen und nachhaltigen Materialien vor allem in den stark wachsenden BRICS-Staaten ablesbar.³¹⁷ Auch das betreffende absolute Reduktionsvolumen bis 2030 ist in Staaten wie China deutlich höher.³¹⁸

4.8 Fazit

Die wahrscheinlich zutreffendste Top Down-Abschätzung der jährlich durch die Baubranche emittierten Treibhausgase ergab für das Jahr 2008 im Durchschnitt etwa 442 Mt CO₂e; dies entspricht einem Anteil von 45% an den deutschen Treibhausgasemissionen in diesem Jahr. Zählt man die quantifizierbaren Aspekte des Bedürfnisfelds Wohnen wie Innenausbau, Möbel und Elektronik hinzu, so liegt der Ausstoß bei durchschnittlich 472 Mt CO₂e (48%).

Die Bottom Up-Quantifizierung ermittelt allein für die Bauindustrie jährliche Treibhausgasemissionen von durchschnittlich 70-98 Mt CO₂e je nach gewähltem Szenario. Dies entspricht einem Anteil von etwa 7-10% der deutschen klimarelevanten Emissionen bezogen auf das Jahr 2008. Damit liegt diese Abschätzung im unteren Bereich der durch den Top Down-Ansatz ermittelten Spanne von 6-21% und somit deutlich unter der erwarteten Größenordnung für verkörperte Energie in der Baubranche, was sich durch die unvollständige Datenbasis erklären lässt. Der Anteil der in Baumaterialien verkörperten Emissionen an den Treibhausgasemissionen eines Gebäudes ist im Laufe seines Lebenszyklus aber in keinem Fall vernachlässigbar und je nach Gebäudeart erheblich.

Aufgrund unterschiedlicher Systemgrenzen in der Datenerfassung ist es nicht möglich, den Top Down- und den Bottom Up-Ansatz direkt zusammenzuführen, was liegt auch an ungenügenden klimarelevanten Informationen in den Bereichen der Immobilienwirtschaft wie Bewirtschaftung und Vermögensverwaltung liegt.

Mit den vorliegenden Daten ist dennoch ein Treibhausgas-Minderungspotential der Bauindustrie von 0,7-1,7% der deutschen Gesamtemissionen (7-17 Mt CO₂e) identifizierbar, basierend auf der Annahme einer Erhöhung des Anteils regenerativer Primärenergie auf 20-30%.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass für eine exakte Abschätzung der Baubranche im engeren wie im weiteren Sinne die öffentlich verfügbaren, von den staatlichen Institutionen erhobenen Daten zu ungenau sind, um eine detaillierte Abgrenzung der für die Baubranche relevanten Treibhausgasemissionen auszuweisen. Die Ungenauigkeit beruht auf teilweise unzulänglicher Strukturierung nach nationalen oder inter-

³¹⁶ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 83

³¹⁷ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 83

³¹⁸ Vgl. J. Li (2008), S. 1736–1747

nationalen statistischen Konventionen, Unvollständigkeiten und teilweise unzureichender Bauproduktspezifikation (Datenbasis Bottom Up) sowie ungenügender Detailgenauigkeit (Datenbasis Top Down).

In dieser Hinsicht besteht Bedarf an einer detaillierteren Datenerfassung, genaueren Daten hinsichtlich der unabhängig geprüften, lebenszyklusbasierten GWP-Daten von Baustoffen, -produkten und -elementen und Benchmark-Werten der effizientesten Produkte. Optimalerweise lägen alle Daten zudem auf einer Betrachtungsebene, um eine überscheidungsfreie Ermittlung der Treibhausgasemissionen zu ermöglichen. Dabei besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Auswirkungen der Baumaterialauswahl nach Nachhaltigkeitsaspekten auf die betroffenen Wirtschaftszweige der Bauindustrie.

Die vom Statistischen Bundesamt erhobenen, volkswirtschaftlichen Daten sind dabei nicht auf die Baubranche abgestimmt; auch im Bericht für Nachhaltige Entwicklung in Deutschland gibt es keinen Indikator, der die Qualität und Entwicklung des Gebäudebestands dokumentiert. Hinsichtlich der prozentualen Zugehörigkeit von Wirtschaftszweigen an der Baubranche existieren bislang ebenfalls keine Untersuchungen oder Daten. Problematisch sind auch die Verbindung des Indikators der Flächenversiegelung mit der verursachenden Bautätigkeit und die Quantifizierung der resultierenden Treibhausgasemissionen durch die baubedingte Veränderung der Flächennutzung.

Weiterhin ist anzumerken, dass die Daten der IPCC-Berichterstattung zwar an den Emissionsquellen orientiert sind, jedoch auch stärker mit den für die Treibhausgasemissionen verantwortlichen Wirtschaftszweigen verknüpft sein könnten, um sektorale Maßnahmen und branchenweites Burden Sharing besser abzubilden.

Zudem wäre eine genaue Unterscheidung der Daten auf detaillierter NACE-Produktionsebene in prozess- und energiebedingte Treibhausgasemissionen wünschenswert, ebenso wie detaillierte, über alle Vorleistungen im In- und Ausland kumulierte Treibhausgasemissionsdaten für alle Kyotogase unter Berücksichtigung des derzeitigen Energie-Mix der jeweiligen Herstellerländer bei der Produktherstellung. Problematisch ist in diesem Zusammenhang die inkonsequente Verwendung der Begriffe der direkten und indirekten Emissionen; in der Literatur verstehen Einige darunter induzierte Emissionen, Andere Emissionen aus Vorstufen der Wertschöpfungskette, Dritte prozessbedingte Emissionen. Hier herrscht Vereinheitlichungsbedarf hinsichtlich der Definition von direkten und indirekten Emissionen, die eventuell durch die anstehende Standardisierung von Carbon Footprint gelöst wird.

5 Akteure und Minderungsstrategien in der Baubranche

5.1 Einführung

Die Auswirkungen des Klimawandels sowie Minderungs-, Vermeidungs- und Anpassungsstrategien verändern die Wirtschaft und damit auch die Baubranche heute und in den kommenden Jahren tiefgreifend. Die Grundlage für das zukünftige Politikgeschehen und geeignete nationale und internationale Minderungsstrategien ist dabei die Identifizierung der sektoralen Treibhausgas-Verursacher und Quantifizierung ihrer Emissionsmengen.³¹⁹

In Abschnitt 5.2 wird deshalb ein Überblick über die relevanten Akteure in der politischen Ökonomie der Baubranche gegeben, auf dessen Basis die zugrundeliegende Sektorstruktur zu erkennen ist und die Akteure mit dem größten Einfluss auf den Bau-sektor identifiziert werden. Anschließend wird erörtert, inwiefern die einzelnen Interessen der Akteure die politische Ökonomie und die Erarbeitung von Minderungsstrategien und -maßnahmen beeinflussen. Dem folgt in Abschnitt 5.3 eine kritische Betrachtung der bisherigen, aktuellen und zukünftig denkbaren, deutschen und europäischen Politik sowie der Treibhausgas-Minderungsstrategien in diesem Bereich der kommenden Jahre. Auch die sozialen und ökonomischen Hemmnisse, die der Umsetzung von Minderungsstrategien und Reduktionsmaßnahmen im Wege stehen, werden diskutiert und mögliche, akteursbezogene Lösungen betrachtet.

5.2 Akteure der politischen Ökonomie

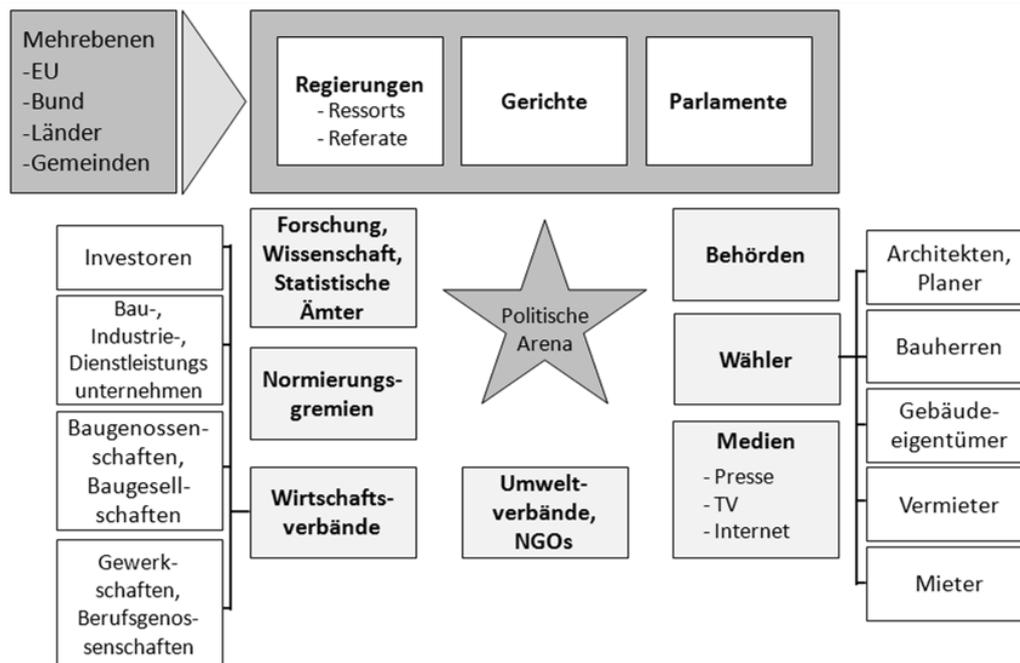
Die politischen Akteure lassen sich prinzipiell in die Gruppen Politische Entscheidungsträger, Behörden (Bürokraten), Wähler, Medien, Forschung und gesellschaftlich organisierte Gruppen unterteilen, wie in Abbildung 5-1 zu sehen. Abbildung 5-2 zeigt die zahlreiche Einzelakteure, gesellschaftlichen Gruppen und Gremien, die im baubezogenen politischen Prozess agieren und Einfluss nehmen.

Dabei folgt jeder Beteiligte in der politischen Ökonomie seinen eigenen Interessen - die je nach thematischem Kontext stark variieren können-, um ihre Machtlage und ihren wirtschaftlichen Erfolg zu verbessern.³²⁰ Zusätzlich beeinflussen die bereits bestehenden, etablierten Netzwerke zwischen Politikern und Industrievertretern, Informationsasymmetrien und die aktuelle wirtschaftliche Lage den Handlungsspielraum für strukturelle Anpassungen, festzulegende Grenzwerte, gesetzliche Regelungen oder Verschärfungen und die Ausprägung politischer Strategien.

³¹⁹ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 53

³²⁰ Bei Lützkendorf (2009), S. 68 findet sich eine Übersicht über mögliche Interessenlagen der Akteure, die auch wie Gielen (1997) beschreibt in einen Interessenkonflikt geraten können (Vgl. Gielen (1997), S. 69).

Abbildung 5-1: Akteure der politischen Ökonomie



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Preisig und Pfäffli (2006), S. 27 und Carbon Trust (2009), S. 10

Je nach Sektor innerhalb der Baubranche findet man unterschiedliche Anzahlen, Konstellationen und Konzentrationen der Akteure vor. Baumert et al. (2005) analysieren auf struktureller Ebene verschiedene Wirtschaftszweige und kommen für den Bereich Gebäude zu dem Schluss, dass internationaler Kontakt und Handelsaktivitäten eher irrelevant sind (Vgl. Betrachtet man jedoch die ebenso in Abbildung 5-3 aufgeführten Industriezweige, die in beträchtlichem Maße zur Bauindustrie zählen, so ist erkennbar, dass hier grundsätzlich andere Strukturen vorliegen. So spielt in den genannten Branchen der Chemie, Zementherstellung, Stahl- und Aluminiumindustrie überwiegend der internationale Handel eine wichtige Rolle. Aufgrund einer hohen Konzentration des nationalen und internationalen Marktes auf wenige große, dominante und viele kleinere Akteure sowie einer relativen Einheitlichkeit von Produkten und Prozessen dieser Branchen ist ein deutlicher Unterschied zum Gebäudebereich festzustellen. Zuordnungsproblematiken von Treibhausgasen und die vorher genannten Aspekte implizieren an dieser Stelle ein sektorspezifisches Vorgehen in der Treibhausgas-Minderung in diesen Wirtschaftszweigen. Da der staatliche Einfluss diese Industrien wenig betrifft, sollten sie sich auf sektorspezifische, internationale THG-Minderungsmaßnahmen wie Effizienzstandards, Technologiestandards oder Benchmarks verständigen.

Allerdings geben Baumert et al. (2005) zu bedenken, dass in dieser Analyse keine subjektiven Faktoren und staatliche Interessen berücksichtigt wurden, die allerdings einen erheblichen Einfluss auf die politische Entwicklung haben können. Für genaue Aussagen hinsichtlich der Machtlagen und Betroffenheit, der Organisationsfähigkeit und Akteurskonfiguration, der Interessenlagen, der Durchsetzungsfähigkeit, der Handlungsbedingungen und des Akteurverhaltens in der Baubranche ist daher eine eingehende Analyse für jedes Politikthema unumgänglich.

Abbildung 5-3). Die Konzentration der Akteure ist dort als vergleichsweise niedrig einzustufen und die Uniformität der Produkte und Prozesse ist eher nicht gegeben. Jedoch ist der Regierungseinfluss in diesen gesamten Sektor aufgrund eines hohen Regulierungsgrades und den Interessen der öffentlichen Hand als Gebäudeeigentümer zurückzuführen und als relativ hoch einzustufen. Daher sollten THG-Minderungsstrategien im Gebäudebereich innerhalb der Baubranche tendenziell staatlich geregelt werden, anstatt mittels sektoraler Kooperationen zwischen Akteuren.

Abbildung 5-2: Wesentliche politische und gesellschaftliche Akteure der politischen Ökonomie in der Baubranche

Europäische & Internationale Politik	Nationale Politik	Umwelt- & Interessenverbände	Wirtschaftsverbände	Medien, Fachmagazine & Journals	Forschung & Wissenschaft, Normung
<p>Europa</p> <ul style="list-style-type: none"> • EU Kommission • Europäische Umweltagentur EEA • Europäisches Umweltbüro EEB <p>International</p> <ul style="list-style-type: none"> • UNEP United Nations Environment Programme und Ozone Sekretariat • UNFCCC (Conference of the Parties) • Internationales Klimasekretariat (Bonn) (Umsetzung Berichtspflichten an UNFCCC) • International Energy Agency (IEA) • World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) • European Federation of Engineering Consultancy Associations (EFCA) • European Organization for Technical Approvals (EOTA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) • Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz & Reaktorsicherheit (BMU) • Umweltbundesamt (UBA) • Enquete-Kommission (Klima 1 & 2) • Dena (Deutsche Energie Agentur) • Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung (BBSR) • Bundesamt für Bauwesen & Raumordnung (BBR) • Stadtentwicklungsplanung 	<p>Deutschland</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deutscher Naturschutzring DNR • BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz • Naturschutzbund NABU • Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU • Greenpeace • WWF • GERMAN-WATCH : Lobby für eine nachhaltige Entwicklung <p>International</p> <ul style="list-style-type: none"> • World Green Building Council • GHG Protocol Initiative • WRI World Resources Institute • GLOBE Alliance 	<p>Industrieverbände</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Die Deutsche Bauindustrie“ • ZDB Zentralverband des Deutschen Baugewerbes • HDB Hauptverband der Deutschen Bauindustrie • VFF Verband der Fenster- und Fassadenhersteller • VIK (Interessenvertretung der energieintensiven Industrie) • Bundesverband Baustoffe Steine und Erden bbs • Bundesverband Glasindustrie BV Glas • Verband der Chemischen Industrie VCI • Verband Deutscher Papierfabriken VDP • Wirtschaftsvereinigung Metalle WVM • Wirtschaftsvereinigung Stahl • FIEC Verband der europäischen Bauwirtschaft <p>Berufsverbände/ Gewerkschaften</p> <ul style="list-style-type: none"> • BDA Bund deutscher Architekten • IG Bauen-Agrar-Umwelt • IG Bergbau, Chemie, Energie • IG Metall 	<ul style="list-style-type: none"> • "Greenbuilding" • "Journal of Greenbuilding" • "Umweltwissenschaften und Schadstofforschung" ab 2011 • "Environmental Science Europe" • Environmental Monitoring and Assessment, Building and Environment • International Journal of GHG control • Environmental Science & Policy • Energy Policy • Renewable and Sustainable Energy Reviews • DETAIL Green • Building and Environment • Stahlbau • Mauerwerk • Beton- und Stahlbau • Bauphysik • Bau aktuell • bauMagazin • ACE • ACI Publications • Journal of Cleaner Production • International Journal of LCA • Baublatt 	<ul style="list-style-type: none"> • Fraunhofer IRB Stuttgart • Öko-Institut Darmstadt • Bremer Energie Institut • Center for Sustainability Management (CSM) Leuphana • Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) • Jülich-Report • Einzelne Wissenschaftler • IPCC, WMO (World Meteorological Organization) • Gif (Gesellschaft für immobilienwirtschaftliche Forschung e.V.) • International Concrete Research & Information Portal <p>Normierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO Standardization (ISO Technical Advisory Group on construction ISO/ TAG8), TC 207/SC 7 • CEN (Europäische Normierung Construction Sector Network • Weitere Nationale Normierungsgremien (DIN (DE), BSI (UK), GEFMA (Richtlinien), IFMA (Schweiz), etc.)

Quelle: Eigene Darstellung nach Recherchen

Betrachtet man jedoch die ebenso in Abbildung 5-3 aufgeführten Industriezweige, die in beträchtlichem Maße zur Bauindustrie zählen, so ist erkennbar, dass hier grundsätzlich andere Strukturen vorliegen. So spielt in den genannten Branchen der Chemie, Zementherstellung, Stahl- und Aluminiumindustrie überwiegend der internationale Handel eine wichtige Rolle. Aufgrund einer hohen Konzentration des nationalen und

internationalen Marktes auf wenige große, dominante und viele kleinere Akteure sowie einer relativen Einheitlichkeit von Produkten und Prozessen dieser Branchen ist ein deutlicher Unterschied zum Gebäudebereich festzustellen.³²¹ Zuordnungsproblematiken von Treibhausgasen und die vorher genannten Aspekte implizieren an dieser Stelle ein sektorspezifisches Vorgehen in der Treibhausgas-Minderung in diesen Wirtschaftszweigen. Da der staatliche Einfluss diese Industrien wenig betrifft, sollten sie sich auf sektorspezifische, internationale THG-Minderungsmaßnahmen wie Effizienzstandards, Technologiestandards oder Benchmarks verständigen.³²²

Allerdings geben Baumert et al. (2005) zu bedenken, dass in dieser Analyse keine subjektiven Faktoren und staatliche Interessen berücksichtigt wurden, die allerdings einen erheblichen Einfluss auf die politische Entwicklung haben können.³²³ Für genaue Aussagen hinsichtlich der Machtlagen und Betroffenheit, der Organisationsfähigkeit und Akteurskonfiguration, der Interessenlagen, der Durchsetzungsfähigkeit, der Handlungsbedingungen und des Akteurverhaltens in der Baubranche ist daher eine eingehende Analyse für jedes Politikthema unumgänglich.

Abbildung 5-3: Strukturelle Sektoranalyse hinsichtlich möglicher Minderungsstrategien

Sector	Share of Global GHG Emissions	International Exposure	Concentration of Actors	Uniformity of Products/Processes	Government Role	GHG Measurement Issues	GHG Attribution Issues
Electricity & Heat	24.6%		-	+	-		
Transport	13.5%						
Motor Vehicles	9.9%	+	+	+	+		
Aviation	1.6%	+	+	+		+	+
Industry	21.1%						
Chemicals	4.8%	+	-	-			+
Cement	3.8%		+	+			
Steel	3.2%	+	+	+			+
Aluminum	0.8%	+	+	+			+
Buildings	15.4%		-	-	+		
Agriculture	14.9%		-	-	-	+	
Land-Use Change & Forestry	18.2%			-	-	+	
Waste	3.6%		-	+	-	+	

Quelle: World Resources Institute (2005), S. 57

Diese Analyse zeigt, dass für die gesamte Baubranche ein sektoraler Ansatz zur Minderung der baubranchenbedingten Treibhausgase schwierig ist und dass gas- oder emissionsübergreifende Lösungen, ergänzt durch sektorspezifische Vereinbarungen für die Reduktion von Klimarelevanten Gasen vielversprechender sind.³²⁴

³²¹ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 75–79

³²² Vgl. World Resources Institute (2005), S. 57 und Preisig und Pfäffli (2006), S. 49

³²³ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 57

³²⁴ Vgl. World Resources Institute (2005), S. 54 und S. 58

5.3 Handlungsansätze und Minderungsstrategien von Treibhausgasen

Die bisherigen Ansätze und Strategien zur Emissionsminderung von klimarelevanten Gasen lassen sich in fünf zugrundeliegende Ideen einteilen: ‚Weniger Ressourcenverbrauch (Ressourcenentnahmen, Flächenverbrauch)‘, ‚Weniger Materialeinsatz (Stoffströme, Abfall)‘, ‚Geringerer Produkteinsatz (Effizienz)‘, ‚Substitution von Ressourcen (Erneuerbare Energien)‘ und ‚Substitution von Materialien‘.³²⁵ Dabei sind für drei dieser strategischen Ansätze negative Kosten für die Treibhausgasvermeidung in der Baubranche ausgewiesen.

Zur Instrumentenwahl der Treibhausgas-Reduktion gibt der IPCC-Bericht keine Priorität vor, er nennt aber sektorspezifische, erfolgreich verwendete Instrumente und die generelle Möglichkeit der CO₂-Emissionsbepreisung bzw. des Emissionshandels als denkbaren Reduktionsanreiz.³²⁶

Im Gebäudebereich haben sich dem Bericht zufolge bislang Gebäude- und Gerätestandards, Kennzeichnungen und Zertifikate sowie Programme zur Nachfragesteuerung, ökologische Beschaffung der öffentlichen Hand und Anreize für Energiedienstleistungsunternehmen (ESCOs) als umweltwirksam erwiesen.

Im Bereich der Industrie und damit auch der Baustoffherstellung erwiesen sich Benchmarks, Leistungsstandards, steuerliche Vergünstigungen, handelbare Zertifikate und freiwillige Vereinbarungen als wirksame Mittel zur Quantifizierung und Reduktion von Treibhausgasen.³²⁷

5.3.1 Bisherige Ansätze in Deutschland und Europa

Die umweltpolitischen Instrumente können in die drei Bereiche der rechtlichen, ökonomischen und informatorisch-suasorischen Instrumente eingeteilt werden.³²⁸ Wie in Abbildung 5-4 zu sehen, existiert eine kaum überschaubare Vielzahl an Maßnahmen und Instrumenten, die in Deutschland zur Treibhausgas- und Energiereduktion in der Baubranche und den verwandten Industrien eingesetzt werden. Mit (*) sind diejenigen denkbaren Maßnahmen gekennzeichnet, die bislang noch nicht ergriffen wurden.

Die bisherigen THG-Reduktionsstrategien der Politik im Bereich des Nachhaltigen Bauens sehen hauptsächlich Energieeffizienz und Minderung des Heizenergiebedarfs vor. Bisherige und aktuelle Tätigkeiten beschränken sich im Wesentlichen auf die

³²⁵ Vgl. Gielen (1997), S. 71 und Kohler et al. (1999), S. 236 und S. 240-242. Dabei sieht Gielen (1997) die größten Reduktionspotentiale für Treibhausgase beim Produktdesign, der Verwendung von Holzwerkstoffen aus nachhaltigem Anbau sowie die Substitution von Strukturelementen.

³²⁶ Vgl. IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 61–63 und Rudolph (2006), S. 515

³²⁷ Vgl. IPCC, WMO/UNEP (2007), S. 63

³²⁸ Vgl. Michaelis (1996), S. 25–34 und Umweltbundesamt (2010) (e), S. 28–34

energetische Sanierung von Bestandsgebäuden³²⁹, den Gebäude-Leichtbau³³⁰, das Urban Mining³³¹, Informationsmaßnahmen³³² sowie eine zunehmend verschärfte Energieeinsparverordnung (EnEV) mit strengeren Richtwerten für den Energieverbrauch von Neubauten³³³ und weiteren ordnungsrechtlichen Maßnahmen.

Die staatlichen Instrumente umweltpolitischer Entscheidungsträger, die aufgrund der Sektorstruktur im Baubereich aktuell besonders relevant sind, sind dabei Subventionen und steuerliche Anreize sowie ordnungsrechtliche Maßnahmen.³³⁴ Innovation und Forschung im Baubereich unterstützt seit 2006 die Initiative Zukunft Bau; eine Studie des BMVBS et al. (2011) untersucht die Innovationstätigkeit der deutschen Baubranche im internationalen Vergleich, allerdings bislang ohne umweltpolitische Konsequenzen. Einig ist man sich in der Politik, dass abhängig vom EU ETS-Zertifikatspreis ab 2013 verstärkt in Energie- und Klimaprogramme, darunter auch in energetische Gebäudesanierung, investiert werden soll.³³⁵

Die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, die von der Bundesregierung im Dezember 2002 beschlossen wurde und die seither durch Fortschrittsberichte dokumentiert wird, beinhaltet keine direkten Implikationen und Indikatoren für die Baubranche. Lediglich indirekt werden klimarelevante Fortschritte in der Baubranche durch die Indikatoren ‚Flächeninanspruchnahme‘, ‚Klimaschutz‘, ‚Anteil der Erneuerbaren Energien‘ und ‚Ressourcenschonung‘ dargestellt.³³⁶

Auf europäischer Ebene gibt der ‚Action Plan for Sustainable Construction‘ einen Fahrplan für EU und Mitgliedsstaaten bis 2012 vor, in dem europäische und nationale Instrumente der Gesetzgebung, der öffentlichen Beschaffung, der Standardisierung, der Label und Zertifizierungen sowie ergänzende Maßnahmen zum Einsatz kommen sollen.³³⁷ Diese Leitmarktinitiative der EU soll seit 2007 im Bereich Nachhaltiges Bauen die Vermarktung von Innovationen erleichtern.³³⁸ In der Umsetzung helfen Instrumente wie die Bauprodukttrichtlinie.

Auf internationaler Ebene setzen sich Normen wie die Umweltproduktdeklaration nach ISO/TR 14025 für eine genaue Dokumentation der verwendeten Inhaltsstoffe und Ökobilanzergebnisse der Bauprodukte langsam durch. Instrumente wie Common Carbon Metric und der Sustainable Buildings Index des UNEP Sustainable Buildings and Cli-

³²⁹ Vgl. Schriefl (2009), Athena Sustainable Materials Institute (2009) und Just (2009), S. 49

³³⁰ Vgl. Bundesregierung (2008), S. 106

³³¹ Vgl. Bundesregierung (2008), S. 108

³³² Vgl. Bundesregierung (2008), S. 141f.

³³³ Vgl. Bundesregierung (2008), S. 90–94

³³⁴ Vgl. Umweltbundesamt (2009) (c), S. 121

³³⁵ Vgl. Bundesregierung (2011) (a), S. 286

³³⁶ Vgl. Bundesregierung (2008), S. 50 und Statistisches Bundesamt (2010) (a), S. 6–15

³³⁷ Vgl. Europäische Kommission (2007), S. 3–5

³³⁸ Vgl. BMVBS (2011) (a)

mate Initiative (SBCI) und des Energy Conservation in Buildings & Community Systems (ECBCS) der IEA unterstützen weitere Treibhausgasminderungen in der Baubranche.³³⁹

Abbildung 5-4: Überblick über bestehende und denkbare(*) Instrumente zur Treibhausgasminderung im Baubereich

Ordnungsrechtliche Instrumente	Ökonomische Instrumente		Informatisch-Suasorische Instrumente
	Statische Effizienz (Kosten)	Dynamische Effizienz (Innovationen)	
Auflagen <ul style="list-style-type: none"> • Effizienzstandards • Energieeinsparverordnung EnEV 2012 (Stärkung des Vollzugs (*)) • Erneuerbares-Energien-Wärmegesetz (Erweiterung auf Altbauten (*)) • Novellierung der Heizkostenverordnung • Energiebedarfsausweis (Pflicht für Wohngebäude ab 2009) • Steigerung der Nachrüstpflichten (*) • Wärme-EEG für Geräte (*) • Durchsetzung eines Fernwärmeanschlusszwangs (*) • Treibhausgas-Emissions-handelsgesetz (TEHG) 	Subventionen <ul style="list-style-type: none"> • Abschaffung der Eigenheimzulage und Reduzierung der Entfernungspauschale (*) • Programme der KfW, Städtebauförderung, Regionale Wohnungs- & Wirtschaftsförderung, Kommunaler Finanzausgleich (Optimierung der KfW-Programme (*)) • Förderung von Wohnraummodernisierung, energetischer Sanierung & ökol. Bauen • Stadtbau Ost • Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien • Abrissprämien für Bestandsersatz (*) 	Produktinnovationen <ul style="list-style-type: none"> • Innovative Baustoffe und Bauprodukte (*) • Energie-/Treibhausgasoptimiertes Design von Gebäuden, Produkten, Bauteilen, Baustoffen, Konstruktionen & Befestigungen (Eco-Design ISO/CD 14006 & Produktdesign ISO/TR 14062) • EG-Bauproduktenrichtlinie (CPD) (wahrscheinlich erst ab 01.07.2013 in Kraft) • Europäische Richtlinie für energieeffiziente Gebäude (EPBD) 	Mieter/Vermieter-Information & –Beteiligung <ul style="list-style-type: none"> • Ökologische Mietspiegel (*), Ökologischer Heizspiegel (*) • Energieberatung vor Ort • Änderung im Nutzerverhalten (*) • Weiterbildungs- und Qualitätsoffensiven • Bildungspolitik
Raumordnungs-, Bau-, Steuer- und Mietrecht (Raumordnungspläne und regionale Stadtentwicklungs-, Flächennutzungs- & Bebauungspläne; Miet-minderungs- und Heizkosten-kürzungsrechte (*); Rückbau-, Baulücken- und Brachflächenprogramme (*)	Abgaben und steuerliche Anreize <ul style="list-style-type: none"> • Abschreibungsanreize für Sanierung, Modernisierung & Erneuerbare Energien(*) • Grundsteuer • Grunderwerbssteuer • Einkommenssteuer • Energie- oder CO₂-Steuer 	Prozessinnovationen <ul style="list-style-type: none"> • Ressourcennutzung (*) • Abfall, Recycling (*) • Nachhaltige Konsum- und Produktionsstrukturen (*) • Anteil regenerativer Energien 	Öffentliche Hand als Vorbild für Gebäudeeigentümer im Bereich der Sanierung und Modernisierung, der Zertifizierung und des Energie-Contractings
EU-Beschlüsse & Europäische Gesetzesregelungen <ul style="list-style-type: none"> • Integrierte Produktpolitik(IPP) • Neue Industriepolitik der EU-Kommission („Aktionsplans Ökoinnovationen“) • EU-Emissions-handelsrichtlinie 	Handelbare Nutzungsrechte (EU ETS – Emission Trading Scheme) (für die gesamte Baubranche (*))	Politikinnovationen <ul style="list-style-type: none"> • Änderungen in politischen Prozessen (*) • Einführung neuer Regulierungsinstrumente 	Objektdokumentation jedes Gebäudes (*); Kontrolle der Qualität von Neubau- und Sanierungsmaßnahmen durch unabhängige Sachverständige (*)
Internationale Konferenzbeschlüsse (Kyoto-Protokoll)	Handelsprotektion	F&E im Gebäude- und Heizungsbereich; Energie- und Innovationsforschung (*)	ISO, DIN, VDI-Richtlinien
	Wärme-Contracting im Mietwohnungsmarkt (*)	Produktkennzeichnungen für nachhaltiges Bauen: <ul style="list-style-type: none"> • Labels (ISO Typ III und Typ I) • Zertifizierungen • EPDs 	

Quelle: Eigene Darstellung nach Umweltbundesamt (2009) (c), S. 88, Umweltbundesamt (2010) (e), S. 35–47, BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011) (a), S. 2–12 und aus eigenen Recherchen

339 Vgl. UNEP SBCI (2011) (b)

5.3.2 Problematiken

Bei der praktischen Umsetzung von Treibhausgasminderungen im Bausektor ergeben sich einige Hemmnisse und Interessenkonflikte auf konzeptioneller, wirtschaftlicher, akteursbezogener und messtechnischer Ebene.³⁴⁰ Allen voran ist das akteursbezogene „Investor-Nutzer-Dilemma“ zu nennen, das den Umstand beschreibt, dass die Einsparungen einer klimaschonenden Maßnahme nicht dem Investor zugutekommen und dass eine solche Maßnahme dann unterbleibt.³⁴¹ Auch durch die teilweise sehr kurzen Zeithorizonte und rein wirtschaftlichen Präferenzen der Investoren ist die Ausschöpfung des Treibhausgas-Minderungspotentials in der Baubranche begrenzt.³⁴² Dieses Dilemma kann beispielsweise durch eine partielle Beteiligung des Gebäudenutzers und eine Integration in den Mietspiegel gemindert werden.

Darüber hinaus ist die Nutzerakzeptanz von privaten Akteuren im Wohn- und KMU-Bereich hinsichtlich der Umsetzung von nachhaltigen Technologien im Bau eher mäßig und wurde auch in Forschungsprojekten bislang nicht adressiert.³⁴³ Dazu kommt, dass der mögliche Treibhausgas-Minderungsbeitrag durch verminderte Ressourceninanspruchnahme in der Baubranche unterschätzt und die Mehrkosten für nachhaltige Gebäude überschätzt werden.³⁴⁴

Hinsichtlich finanzieller Unterstützung für CO₂-Gebäudesanierung wird die Bundesregierung vom „Pakt für Klimaschutz“, bestehend aus Unternehmen und Institutionen, für voraussichtliche Budgetkürzungen in der Förderung ab 2012 stark kritisiert.³⁴⁵

Problematisch sind ebenfalls Konflikte traditioneller Verantwortlichkeiten und fehlende ökologische Kompetenz bei Planern, die einem klimaschonenden Gebäude- oder Produktdesign und Bauteilrecycling im Wege stehen.³⁴⁶ Auch das Vorhandensein mehrerer Labels und Zertifikate im Bereich der Gebäudezertifizierung in Deutschland erschwert Nutzern die Umsetzung von emissionsmindernden Investitionen.³⁴⁷

Durch die stark gegliederten Wertschöpfungsketten und vielen Akteure sind die Informationsflüsse teilweise unterbrochen und damit ein optimales Ressourcenmanagement schwierig.³⁴⁸ Informationsasymmetrien, geringes staatliches Fachwissen in der öffentlichen Auftragsvergabe, teilweise stark fragmentierte Nachfrage und ungenügende Kooperation zwischen Akteuren verhindern die zügige Ausbreitung innovativer, kli-

³⁴⁰ Vgl. Ng et al. (2011), S. 614

³⁴¹ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 47–50 und Carbon Trust (2009), S. 11

³⁴² Vgl. Lützkendorf (2009), S. 67

³⁴³ Vgl. BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011) (a), S. 10f. und Lützkendorf (2009), S. 67

³⁴⁴ Vgl. Lützkendorf (2009), S. 67

³⁴⁵ Vgl. Oebbeke (2011)

³⁴⁶ Vgl. Ng et al. (2011), S. 614 und Meggers et al. (2011), S. 8

³⁴⁷ Vgl. BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011) (a), S. 10

³⁴⁸ Vgl. Lützkendorf (2009), S. 67

maschonender Lösungen.³⁴⁹ Zwar nimmt Deutschland im europäischen Vergleich eine Spitzenposition im Nachhaltigen Bauen ein, weist aber deutliche Defizite in der Innovationsdiffusion auf, aufgrund mäßiger Weiterbildungsmöglichkeiten sowie verbesserungswürdiger Netzwerkbildung und brancheninterner Kommunikation zwischen den dominierenden KMU.³⁵⁰ In Großbritannien wurde die Problematik der Informationsasymmetrie teilweise durch den Bericht des Carbon Trust identifiziert und im Bereich der kommerziellen Gebäudenutzung auf die relativ hohe Unklarheit hinsichtlich Reduktionslevels und Rückzahldauern von Investitionen zurückgeführt.³⁵¹

Eine Untersuchung der europäischen Bauvorschriften ergab außerdem, dass im Bereich des Nachhaltigen Bauens das Augenmerk zwar auf ökologischen Aspekten beruht, jedoch die Durchsetzung nur teilweise erfolgt. Außerdem wird auf europäischer Ebene die Bestandssanierung und die Lebenszyklusbetrachtung wenig beachtet, stattdessen eine eingeschränkte Dokumentation bemängelt und die Kooperation zwischen Politik und Bauindustrie als verbesserungswürdig eingestuft.³⁵²

5.3.3 Lösungsansätze

Um erfolgreiche Treibhausgas-Minderungsmaßnahmen durchzusetzen, müssen die in Abschnitt 5.3.2 genannten Hemmnisse und Interessenkonflikte adressiert und gelöst, sowie alle rechtlichen und ökonomischen derzeitigen Instrumente daraufhin überprüft werden, ob und inwieweit sie tatsächlich die gewünschten Anreize bieten und nicht in negativer Weise beeinflussen. Generell lassen sich zahlreiche momentan verwendete Instrumente effizienter als bisher gestalten:

Im Bereich der **rechtlichen Instrumente** könnten Änderungen im Einkommenssteuer- und Mietrecht ökonomisch attraktive Bestandsaufwertungen unterstützen, eine weitere Verschärfung der Energieeinsparverordnung vorgenommen sowie Anreize für Gemeinden geschaffen werden, die Bodenschutzklausel im Baurecht auch umzusetzen.³⁵³ Darüber hinaus kann die tatsächliche Umsetzung der existierenden Regelungen mehr als bisher durch unabhängige Sachverständige kontrolliert werden.

Hernandez und Kenny (2011) schlagen einen verpflichtenden, lebenszyklusbezogenen Energieausweis vor, der auch verkörperte Energie und damit auch verkörperte Emissionen des Gebäudes berücksichtigt, um sie dann regulatorisch auf einen Mindeststandard zu reduzieren.³⁵⁴ Dies könnte und sollte bereits in der Planungsphase von Archi-

³⁴⁹ Vgl. Europäische Kommission (2007), S. 2

³⁵⁰ Vgl. BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011) (b), S. 45

³⁵¹ Vgl. Carbon Trust (2009), S. 12

³⁵² Vgl. Vermande und van der Heijden (2011), S. 10f.

³⁵³ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 28f. und Just (2009), S. 57

³⁵⁴ Vgl. Hernandez und Kenny (2011), S. 3780–3782 und Carbon Trust (2009), S. 3

tekten und Planern berücksichtigt werden und durch die Beurteilung verschiedener Entwürfe die klimaschonendste Alternative umgesetzt werden.³⁵⁵

Die Substitution von energie- und emissionsintensiven Bauprodukten durch klimaschonendere Alternativen mit längerer Lebensdauer würde einer geminderten Klimawirkung ebenfalls zugutekommen.³⁵⁶ Auch die Verringerung der Materialvielfalt am Bau und eine gesteigerte Produktverantwortung von Herstellung sowie entsprechende staatlich angeordnete Recyclingquoten und erhöhte Recyclingqualität - wie bereits in der Automobilbranche eingesetzt werden - sind denkbar und haben erheblichen Einfluss auf Produktdesign und emittierte Treibhausgase.³⁵⁷

Weiterhin können im Bereich der **statischen ökonomischen Maßnahmen** die Wohnungsbauprämie abgeschafft und das Bausparen nicht mehr begünstigt, sowie undifferenzierte Fördergelder gestrichen werden.³⁵⁸ Auch eine klimaschonend orientierte Städtebau-, Wohnungs- und Wirtschaftsförderung mit CO₂-armen Sanierungs- und Neubauobjekten, welche die Nutzer berücksichtigen³⁵⁹ würde die klimarelevanten Emissionen der Baubranche mindern. Besonders mit Fördermaßnahmen zu unterstützen wären hierbei die privaten Bauherren von Wohngebäuden und KMU, die aufgrund fragmentierter Nachfrage, Informationsasymmetrien und bislang mäßiger Akzeptanz klimaschonende Maßnahmen nur zögerlich durchführen.³⁶⁰

Die Reduktion der Baumaßnahme und des Baustoffeinsatzes³⁶¹ sowie der Einsatz ökonomischer Instrumente wie einer Neuversiegelungsabgabe oder einer Änderung der Grunderwerbsteuer zur Reduzierung der Bodenversiegelung sind möglich.

Über eine steuerliche Anpassung in Richtung einer Energie- oder CO₂- bzw. Treibhausgas-Steuer³⁶², ein finanzielles Anreizsystem für Recycling oder Wiederverwendung sowie die Nutzung vorhandener Ressourcen wie bspw. im Urban Mining wird ebenfalls diskutiert.

Die Beteiligung der gesamten Bauindustrie und Baubranche am erfolgreich eingeführten europäischen Emissionshandel (EU ETS) könnte geprüft und je nach erwartetem Treibhausgas-Einsparpotential auf Gebäude, Industrien und Anlagen wie die Produktionsanlagen der Verarbeitung von Steine und Erden, Aluminium, Chemie, Glas und

³⁵⁵ Planungsinstrumente für die Entwurfsphase als ökologisch begründete Entscheidungshilfe existieren bislang allerdings nicht (Vgl. Wittstock et al. (2009), S. 9).

³⁵⁶ Vgl. Dixit et al. (2010), S. 1240; Saadah und AbuHijleh (2010) oder Cui et al. (2011), S. 93–100

³⁵⁷ Vgl. Meggers et al. (2011), S. 5f. und Umweltbundesamt (2009) (b)

³⁵⁸ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 30f.

³⁵⁹ Vgl. Just (2009), S. 58

³⁶⁰ Vgl. Carbon Trust (2009), S. 3

³⁶¹ Vgl. Zeumer et al. (2009), S. 54

³⁶² Vgl. Bryan und Trusty (2008), S. 21, Bruvoll und Larsen (2004), S. 493–505 und Gielen (1997), S. 6

Keramik ausgedehnt werden.³⁶³ Auch die Erweiterung des EU ETS auf alle Industriestaaten oder alle Länder ist dabei denkbar.³⁶⁴ Dies würde Joint Implementation und Clean Development Mecanisms auch in der Baubranche ermöglichen. Dazu wären jedoch eine Ausweitung der Anlagendefinition im BImSchG und eine Analyse der möglichen Interaktionen der eingesetzten Instrumente notwendig.³⁶⁵

Hinsichtlich **dynamischer ökonomischer Effizienz** und innovationsunterstützender Maßnahmen sind die Optimierung nach verkörperter Energie bzw. Emissionen sowie die Erarbeitung nachhaltiger Gebäude-³⁶⁶ und Produktdesigns³⁶⁷ zu nennen, die verstärkt klimaschonende Herstellungsprozesse³⁶⁸, Transport, Nutzung³⁶⁹ und Wiederverwendung³⁷⁰ bzw. Recycling³⁷¹ einsetzen, sich aber noch nicht flächendeckend durchgesetzt haben. Dazu könnten Konzepte wie „cradle to cradle“ bzw. „closed loop“ und die Umstellung auf Erneuerbare Energien genutzt werden.³⁷²

Beispiele von Produkt- und Prozessinnovationen sind zahlreich in der Literatur, vor allem im Bereich der stark emittierenden Produkte wie Zement und Stahl.³⁷³ Würden sich die neuartigsten Herstellungsmethoden verbreitet durchsetzen, könnte ein deutliches Treibhausgas-Minderungspotential realisiert werden. Über die Optimierung bestehender Produkte hinaus werden zunehmend auch neue Baustoffe und -produkte

³⁶³ Vgl. Reinaud und Philibert (2007), S. 28f. und Messari-Becker (2006), S. 92f. Messari-Becker (2006) zeigt hier die Wirtschaftlichkeit der Integration von Gebäuden in den Zertifikatehandel, die bei weiterem Anstieg des Energiepreises ökonomisch interessant wird.

³⁶⁴ Vgl. Bryan und Trusty (2008), S. 21. Dabei sind jedoch flankierende ordnungsrechtliche und informatorische Maßnahmen notwendig. (International Energy Agency (2011), S. 6)

³⁶⁵ Vgl. Walz (2005), S. 263

³⁶⁶ Vgl. Leung und Yip (2010), sowie ökologische Richtlinien für Planer und die letzten Architektorentwicklungen der Greenbuildings oder Plus-Energie-Häusern (Vgl. Bundesregierung (2011) (a), S. 284).

³⁶⁷ Vgl. Umweltbundesamt (2011) (d); Umweltbundesamt (2010) (b); Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG) bzw. Richtlinie 2005/32/EG; ISO/CD 14006:2011; ISO/TR 14062:2002 und BMVBS (2010), S. 54

³⁶⁸ Vgl. ISO/TR 14062:2002; Meggers et al. (2011), S. 10; Ilg und Lindner (2009), S. 199–206; Reimann (2009), S. 207–210; Baake (2010), S. 25–32 sowie zahlreiche Artikel in bau-StoffPartner zu konkreten Unternehmen und Produkten.

³⁶⁹ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (c)

³⁷⁰ Vgl. ISO/TR 14062:2002 oder modularisierte Bauprodukte und Gebäudeteile.

³⁷¹ Vgl. Simon et al. (2007), S. 2–11 und Zeumer et al. (2009), S. 54f.

³⁷² Die Aluminiumindustrie (International Aluminium Institute (IAI)) hat sich als bislang einzige Bauindustrie zu freiwilligen Maßnahmen im Materialrecycling und in der Prozessumstellung zur Reduktion von PFCs und THG verpflichtet (Vgl. Baumert et al (2005), S. 79).

³⁷³ Vgl. Yeo und Gabbai (2011), S. 2028–2033, Marwede (2009), S. 167–172 (Recycling); Pastewski (2009), S. 185–192 (Produktoptimierung); Zement: Stemmermann et al. (2010), S. 52–66; Vries et al. (2010), S. 14–20, Buzzi et al. (2010), S. 39–45, Rabitsch (2010), S. 18f., Müller (2009), S. 105–112, Schneider et al. (2011), S. 642–650; Beton: Dosho (2008), S. 47–62 (Betonrecycling), American Concrete Institute (2011) (a), American Concrete Institute (2011) (b), American Concrete Institute (2011) (c); Stahl: Birat et al. (2003), S. 69–72; Sobek et al. (2010), S. 424–433 (Stahlrecycling).

wie Gradientenwerkstoffe, Phase Change Material (PCM) und Beschichtungen, Oberflächen oder Strukturen mit neuen Eigenschaften entwickelt.³⁷⁴ Zwar weist die deutsche Baubranche gemessen an der Anzahl ihrer Patente eine hohe Innovationsaktivität auf, allerdings werden diese Patente zum Großteil von KMU und Bauproduktherstellern eingereicht, die sich auf die Optimierung der einzelnen Bauprodukte beschränken³⁷⁵ und nicht den gesamten Gebäudelebenszyklus im Blick haben.³⁷⁶

Thuesen und Koch (2011) zeigen, dass Innovationspotentiale in der Baubranche und den zugehörigen Branchen in vielfacher Weise auffindbar und von Mikro- und Makrotrends beeinflusst sind und dass weitere Untersuchungen dieser Zusammenhänge für die regulatorische Praxis unerlässlich sind.³⁷⁷

Eine Änderung in politischen Prozessen oder eine Politikinnovation durch die Einführung eines neuen umweltpolitischen Instrumentes wie im Fall des europäischen Treibhausgas-Handelssystems wird ebenfalls in Betracht gezogen.³⁷⁸

Hinsichtlich Innovationsstrategien, Innovationsdiffusion, Einflüsse auf Innovationssysteme und nationale Innovationspfade im Baubereich sowie der Prozessoptimierung besteht weiterhin Forschungs- und Förderungsbedarf.³⁷⁹

Informatorische Maßnahmen des Staates bestehen in der Schaffung von leicht zugänglichen Informationsquellen und Informationskampagnen über klimaschonende Maßnahmen im Bau- und Bauproduktbereich sowie in einer breiteren Erhebung, Bündelung und Veröffentlichung von Mittel- und Bestwerten der Bauproduktherstellung, um Anreize für Innovationen und Marktführerschaft zu setzen.³⁸⁰ Die Anwendung der ‚Good Practise‘-Beispiele der UNFCCC und die Entwicklung neuer Tools für die klima-bezogene Bewertung von Gebäuden und Bauprodukten kann die Treibhausgas-Minderung im Bausektor ebenfalls unterstützen und die Informationsasymmetrien auch im internationalen Handel von Bauprodukten abbauen.³⁸¹ Daneben ist die Unterstüt-

374 Vgl. Hofbauer et al. (2009), S. 1733–1742, Meggers et al. (2011), S. 5 sowie Sedlbauer und Bauer (2009), S. 31–33

375 Vgl. BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011) (b), S. 36f.

376 Vgl. Graubner und Hüske (2003), S. 240

377 Vgl. Thuesen und Koch (2011), S. 651

378 Vgl. Stigson et al. (2009), S. 72. Im Peer Review des Rates für Nachhaltige Entwicklung von 2009 finden sich zahlreiche Änderungsvorschläge zu politischen Prozessen (Punkte 1 bis 7, sowie teilweise 11 und 12). Hinzu kommen public private partnerships und mögliche Roadmaps für die Nachhaltigkeitsumsetzung in einzelnen Branchen.

379 Vgl. BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011) (b), S. 114–120.

380 Vgl. Kohler et al. (1999), S. 232

381 Vgl. Neue Tools: Sturgis und Roberts (2010), S. 17–23; Ungenauigkeit durch internationalen Handel: Peters und Hertwich (2008), S. 1401–1407; Chen, Z. und Chen, G. (2011), S. 2900ff

zung von kommunalem Klimaschutz in Form eines Benchmarks und entsprechenden Anreizsystemen denkbar.³⁸²

Darüber hinaus ist die Einführung eines Gebäudepasses für das bauwerksbezogene Informationsmanagement, das Produktmarketing³⁸³ und die Standardisierung³⁸⁴ der energiebezogenen Datenerhebung und Systemgrenzen in der Berechnung in den kommenden Jahren unerlässlich. Dabei könnten Bauunternehmen und die Bauausführung eine wesentliche Rolle in der Auswahl und Dokumentation der verwendeten Materialien und Baustoffe übernehmen und das Recycling deutlich vereinfachen.³⁸⁵

Dies wäre leichter möglich mit einer verbesserten Ausbildung von Handwerkern, Architekten und Ingenieuren.³⁸⁶ Auch die Vorbildfunktion der öffentlichen Vergabe von Bauprojekten wird als wesentlich beeinflussender Faktor identifiziert.³⁸⁷

Die wissenschaftliche Untersuchung von klimabewusstem Konsum- und Nutzerverhalten in der Baubranche und die gezielte Berücksichtigung von Nutzergruppen bspw. durch Carbon Profiling wäre eine weitere Möglichkeit zur Reduktion der baubranchebedingten Treibhausgasemissionen.³⁸⁸ Planer und Architekten könnten durch eine Nachhaltigkeitsbetrachtung mehrerer Bauwerksalternativen und der Umsetzung der daraus resultierenden besten Lösung ebenfalls wesentlich zur Treibhausgas-Minderung beitragen.³⁸⁹

In Deutschland wäre eine ähnliche Veröffentlichung wie die von Preisig und Pfäffli (2006) - jedoch im Bereich der verkörperten Treibhausgase in der Baubranche - wichtig, welche die gesetzlichen Regelungen und Handlungsoptionen der einzelnen staatlichen und nicht-staatlichen Akteure aufzeigt, quantifiziert und konkrete Handlungsempfehlungen gibt.³⁹⁰ So weist beispielsweise Gielen (1997), jedoch auf europäischer Ebene, den Akteuren das in ihrem Handlungsbereich liegende, jährliche Minderungspotential zu: 79 Mt CO₂e den Architekten, 163 Mt CO₂e der Bauindustrie, 103 Mt CO₂e dem Baugewerbe, 70 Mt CO₂e den Abrissverantwortlichen und 26 Mt CO₂e dem Gesetzgeber.³⁹¹

³⁸² Vgl. Lorenz (2011)

³⁸³ Vgl. ISO 14063:2006

³⁸⁴ Vgl. Dixit et al. (2010), S. 1246

³⁸⁵ Vgl. Graubner und Hüske (2003), S. 240f.

³⁸⁶ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 32f.

³⁸⁷ Vgl. BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011) (a), S. 11

³⁸⁸ Vgl. Throne-Holst et al. (2007), S. 1328–1336 oder Yoshida et al. (2010), S. 605–612

³⁸⁹ Vgl. Graubner und Hüske (2003), S. 240

³⁹⁰ Vgl. Preisig und Pfäffli (2006), S. 49–60

³⁹¹ Vgl. Gielen (1997), S. 72

5.3.4 Umsetzbare Treibhausgasminderung

Betrachtet man die bisherigen Maßnahmen in einem Szenario bis zum Jahr 2030 so errechnen Matthes et al. (2009) ein direktes Minderungspotential durch Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung im Wohnbereich von 23 Mt CO₂e und im Nicht-Wohnbereich von 22 Mt CO₂e.³⁹² Mit einem Strukturwandel wie durch einige vorgestellte Maßnahmen skizziert, lassen sich im Wohnbereich sogar bis zu 51 Mt CO₂e und im Nicht-Wohnbereich bis zu 19 Mt CO₂e einsparen.³⁹³ Dabei ist eine mögliche Überschneidung der Instrumentenwirkung bereits berücksichtigt. Hinzu kommen Maßnahmen im Strom- und Prozesswärmebereich.³⁹⁴

Auch eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes bestätigt das Potential der aktuellen THG-Minderungsmaßnahmen durch energetische Sanierung, moderne Haustechnik und den Einsatz regenerativer Energieträger.³⁹⁵ Jedoch können nach Meinung der Experten zur Flächenschonung und weiteren Treibhausgaseinsparung eine effizientere Bestandsnutzung, Nachverdichtung, Umnutzung und flächensparende Bauweisen den größten Beitrag leisten. Hinsichtlich der Rohstoffschonung in der Bauindustrie unterstützen Bestandssanierung und -modernisierung, materialsparende Bauweisen und Recycling sowie nachwachsende Rohstoffe die Klimaschutzziele am besten.³⁹⁶ Das Nachhaltigkeitsszenario mit den genannten weiteren Maßnahmen kann bis zum Jahr 2025 bis zu 20% bzw. 50% der jährlichen CO₂-Emissionen gegenüber einem Referenzszenario ohne zusätzliche Maßnahmen einsparen.³⁹⁷

Diese Einschätzung macht deutlich, dass durch verstärkte heutige Maßnahmen vor allem im Wohnbereich erhebliche THG-Minderungspotentiale wirtschaftlich ausgeschöpft werden könnten.

Weitere Einflussmöglichkeiten von Planern und Architekten liegen im Gebäude- und Produktdesign, der Kreislaufführung von Baustoffen, optimierter Instandhaltung sowie der Objektdokumentation und der ökologischen Fachkompetenz.

Gebäudeeigentümer können die Treibhausgas-Minderung durch lebenszyklusbasierte energetische Sanierung und Modernisierung, sowie durch das sich langsam durchsetzende Energieeinspar-Contracting³⁹⁸ unterstützen.

Unternehmen können durch Innovationen und konsequente LCA-Anwendung die graue Energie und die verkörperten Emissionen von Bauprodukten und Gebäuden senken sowie die Dokumentation unterstützen.

³⁹² Vgl. Umweltbundesamt (2009) (c), S. 121 und S. 125

³⁹³ Vgl. Umweltbundesamt (2009) (c), S. 122 und S. 126

³⁹⁴ Vgl. Umweltbundesamt (2009) (c), S. 87–179

³⁹⁵ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 16f.

³⁹⁶ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 16f.

³⁹⁷ Vgl. Umweltbundesamt (2010) (e), S. 20–26

³⁹⁸ Vgl. Just (2009), S. 57f.

5.4 Fazit

Betrachtet man die Akteursgruppen der Baubranche genauer, so stellt man fest, dass diese äußerst heterogen sind und zum Großteil aus vielen, kleinen Akteuren - hauptsächlich KMU und Privatleuten - bestehen. Die Umsetzung des hier identifizierten Minderungspotentials unterliegt den Interessen der verschiedenen Akteure, dem Verhalten der Gebäudenutzer und weiteren Einflussfaktoren, die weiterer Forschung bedürfen. Haupteinfluss besitzt in der Baubranche der Staat mit seinen ordnungsrechtlichen und ökonomischen Möglichkeiten.

Die Bündelung der diversen und teilweise ausschließlich kurzfristig und wirtschaftlich orientierten Einzelinteressen der Akteure, die Beilegung dieser Interessenkonflikte und eine effiziente Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Akteuren und dem Staat herzustellen, erscheint als wesentlicher Erfolgsfaktor für die rasche Realisierung von einheitlichen nationalen Lösungen und flächendeckend nachhaltiger Bauvorhaben. Dazu sollten die Minderungspotentiale und Maßnahmen verstärkt den Verursachern und Akteuren zugewiesen werden, um eine Verhaltensänderung ihrerseits zu motivieren. Allerdings werden diese außerstaatlichen Möglichkeiten zur Minderung von Treibhausgasemissionen aus der Baubranche selten gefördert oder umgesetzt.

Deutlich wird jedoch, dass der Staat, die Baubranche und insbesondere die Bauindustrie in Deutschland auf die Nachfrageimpulse der letzten Jahre reagiert haben und sich mit der staatlichen Förderung von klimaschonenden Ansätzen und Forschungsprojekten international gut positioniert. Auch der Entwurf des Fortschrittsberichtes für 2012 spricht von Vereinfachungen in der Photovoltaik-Installation auf Gebäuden, weiteren Verschärfungen der EnEV bis 2020 im Neubau, Bundesneubauten ausschließlich in Niedrigenergiebauweise ab 2012, Erhöhung des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms, verbesserten Abschreibungsmöglichkeiten für Eigentümer die eine energetische Sanierung durchführen, ein Sanierungsplan für den Gebäudebestand mit einer jährlichen Sanierungsquote von 2%, Anpassung der Vergabeordnung hinsichtlich Energieeffizienzkriterien sowie eine europäische Energieverbrauchskennzeichnung für Produkte.³⁹⁹ Ein Instrument für die Begrenzung des Freiflächenverbrauchs ist noch in der Diskussion.⁴⁰⁰

Tendenziell sollten Regierung und Behörden jedoch noch stärker als bisher ein entsprechendes Umfeld zur Emissionsminderung schaffen und Entwicklungen in dieser Richtung fördern.

Ein Überblick über die deutschen und europäischen Strategien und Hemmnisse zeigen, dass im Gebäudebereich und auch im Bereich einiger Bauindustrien zahlreiche umweltpolitische Maßnahmen und regulatorische Anordnungen angestoßen und teilweise umgesetzt wurden. Allerdings gibt es kein umfassendes Konzept, das alle Beteiligten der Baubranche berücksichtigt, wodurch mit den ergriffenen Maßnahmen nur einen Teil des Treibhausgas-Minderungspotentials adressiert wird. Außerdem zeigt

³⁹⁹ Vgl. Bundesregierung (2011) (a), S. 208–210 und S. 213

⁴⁰⁰ Vgl. Bundesregierung (2011) (a), S. 230f.

sich, dass reine Preisanreize nicht ausreichend sind, um gravierende Verhaltensänderungen der Akteure zu bewirken. Sie sollten durch Win-Win-Situationen für die Akteure, nachhaltige Konzepte und verbesserte Wettbewerbsfähigkeit ergänzt werden.⁴⁰¹

Hinsichtlich der Auswirkungen von umweltpolitischen Maßnahmen im Baubereich auf Innovationsanreize und Innovationswirkungen, die Interaktion von Instrumenten⁴⁰² sowie Netzwerkbildung zwischen Forschung, Entwicklung und Anwendung existiert bislang wenig Literatur und besteht weiterhin Forschungsbedarf, bevor weitere regulatorische Maßnahmen ergriffen werden.

Somit bleibt die Herausforderung der deutschen Politik, die notwendigen Innovationen und Änderungen im Investitions- und Nutzerverhalten durch geschickte Koordination von öffentlichem Nutzen, Umweltregulierung und F&E-Politik anzuregen.

⁴⁰¹ Vgl. Gielen (1997), S. 113

⁴⁰² Vgl. Europäische Kommission (2007), S. 2 und Lützkendorf (2009), S. 69. Ein Bsp. findet sich bei Ball (2002), in dem ISO-Normen eine größere Wahrscheinlichkeit als Labels zugestanden wurde, die Bauindustrie zu verminderten Umweltaspekten anzuregen (Vgl. Ball (2002), S. 421–428)

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Resümee und Schlussfolgerung

Ziel dieser Arbeit war es, die jährlichen Treibhausgasemissionen der Baubranche im engeren und weiteren Sinn abzuschätzen, darauf basierend Minderungspotentiale auszuweisen und Handlungsstrategien für die beteiligten Akteure der Baubranche aufzuzeigen. Dafür wurden in den einzelnen Abschnitten dieser Arbeit zunächst die theoretischen Grundlagen der Treibhausgas-Ermittlung auf Mikro- und Makroebene dargestellt und anschließend nach Top-Down- und Bottom-Up-Ansatz die jährlich durch die Baubranche emittierten Treibhausgase quantifiziert. Darauf aufbauend wurden mögliche Minderungspotentiale durch eine Veränderung des deutschen Strommixes abgeschätzt und die umweltpolitischen Akteure im Bereich der Baubranche vorgestellt. Abschließend wurden die aktuell in Deutschland verfolgten Minderungsstrategien betrachtet und hinsichtlich ihres bisherigen Erfolges diskutiert.

Deutschland ist nationaler und sektoraler Lastenverteilung hinsichtlich Treibhausgasminderung verpflichtet

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse der IPCC-Reporte zeigen die deutlichen Klima-veränderungen der letzten Dekaden durch die zunehmende Industrialisierung der Menschheit auf. Daraus erwächst die Pflicht aller Staaten dieser Welt, diese dringliche, globale Herausforderung zu meistern.

Die globalen Klimaschutzanstrengungen basieren auf dem, von 194 Staaten ratifizierten Kyoto-Protokoll, das die Mitgliedsstaaten verpflichtet, ihre Emission klimarelevanter Gase zu verringern. Die aktuelle Situation des Klimas erfordert die genaue Ermittlung und Zuordnung der weltweiten Emissionen zu den Verursachern, damit Akteure in Staaten und Sektoren unverzüglich handeln, um die ratifizierten Kyoto-Ziele zu erreichen.

In Europa gilt die Minimierung von Klimaveränderungen als eines von vier Schutzziele der EU als wichtiger Baustein Nachhaltiger Entwicklung. Deutschland ist dabei als Mitglied der EU dem europäischen Umweltaktionsplan und dem nationalen und sektoralen Burden Sharing verpflichtet. Zur Erreichung nationaler Klimaziele muss daher auch die deutsche Baubranche ihren Beitrag zur leisten.

Quantifizierungsmethoden von Klimaaspekten sind bislang kaum systematisiert

Zur Ermittlung der Klimabelastungen durch Aktivitäten in der deutschen Baubranche existieren diverse Methoden zur Quantifizierung der emittierten Treibhausgase. Weniger akademische Verfahren treten aufgrund des aktuellen Handlungsdruckes und der steigenden Kommerzialisierung von Nachhaltigkeitsthemen zu den ganzheitlichen, wissenschaftlichen Verfahren in Konkurrenz. Teilweise weisen sie jedoch interessante, bislang wissenschaftlich kaum berücksichtigte Aspekte wie das Nutzerverhalten auf. Eine Klassifizierung der verschiedenen Methoden nach ihren Bezugsebenen und Sys-

temgrenzen liegt bislang nicht vor. Eine in dieser Arbeit erarbeitete Typologisierung der wichtigsten Instrumente im Baubereich zeigt, dass dominante Konzepte und Bezugsebenen vorherrschen.

Momentan ist eine Vergleichbarkeit der Methoden und ihrer Ergebnisse nur bedingt gegeben, denn international gültige Begriffsdefinitionen, allgemein akzeptierte Systemgrenzen der Verfahren und zugrundeliegende Datensätze zur Ermittlung von Treibhausgasen unterscheiden sich teilweise signifikant. Für ein internationales Burden Sharing ist jedoch eine einheitliche Quantifizierung der klimarelevanten Emissionen aller Wirtschaftszweige die Grundlage für erfolgreiche, globale Minderungsstrategien und faire Klimapolitik.

Für die Quantifizierung der Treibhausgase im Bausektor eignet sich auf nationaler Ebene die Input-Output-Rechnung am besten. Jedoch ist ein aktuell veröffentlichtes, um Treibhausgase erweitertes Input-Output-Modell des Statistischen Bundesamtes für eine Betrachtung der Baubranche zu ungenau. Daher müssen derzeit die Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnung für Abschätzungen herangezogen werden.

Auf nicht-nationaler Ebene quantifizieren die Ökobilanz und darin insbesondere das Global Warming Potential die Treibhausgase von Produkten und Gebäuden am besten, aufgrund der allgemein gültigen und anerkannten Systemgrenzen. Andere Methoden sind diesbezüglich nicht so klar definiert und verbreitet. Sie können daher nur als Vereinfachung, mit möglichen Vorteilen in der praktischen Umsetzung, angesehen werden.

Weiterer Forschungsbedarf besteht - neben der Vereinheitlichung der Methoden - hinsichtlich der gegenseitigen Beeinflussung der Methoden und im Bezug auf die Berücksichtigung des Nutzerverhaltens sowie langfristiger Trends wie demographischem Wandel oder steigendem Wohnflächenbedarf pro Person.

Datenlage ist unzureichend für exakte Ermittlung der baubezogenen Treibhausgasemissionen

Im vierten Kapitel wurde eine Abschätzung der jährlich durch die Baubranche verursachten Treibhausgase mit und ohne energetischen und stofflichen Vorstufen vorgenommen. Für eine größere Aussagekraft wurde - soweit es die Daten zulassen - ein Teil des Top Down-Ansatzes durch Bottom Up-Daten verifiziert.

Die Datenlage sowohl auf volkswirtschaftlicher als auch auf bauproduktbezogener Ebene ist momentan nicht ausreichend für genaue Treibhausgasermittlungen. In einem Top Down-Ansatz ist die Gliederung der amtlichen Statistik nicht detailliert genug für eine genaue Analyse und die Anteile einzelner Wirtschaftszweige an der Baubranche sind teilweise unklar. In einem Bottom Up-Ansatz sind die Datensätze mit rund 500 Datensätzen nicht vollständig, nicht spezifiziert genug und darüber hinaus nicht nach einer offiziellen Statistik oder Gliederung geordnet. Die Daten der verwendeten amtlichen Produktionsstatistik weisen für die Jahre 2008-2010 erhebliche Lücken auf und verfälschen dadurch die Abschätzung etwas.

Insgesamt kann in der vermutlich zutreffendsten Abschätzung für das Jahr 2008 von Emissionen aus der Baubranche im weiteren Sinne von rund 45-48% an den deutschen Treibhausgasemissionen ausgegangen werden; absolut belaufen sich die durchschnittlichen Emissionen auf etwa 442-472 Mt CO₂e. Andere Abschätzungen in

der Literatur liegen in einer ähnlichen prozentualen Größenordnung.⁴⁰³ Zur Abschätzung zählen die klimarelevanten Emissionen aus dem Bau- und Immobiliengewerbe, der Bauindustrie sowie aus dem Anteil der Energiewirtschaft, der zum Gebäudebetrieb notwendig ist. Ohne Berücksichtigung des Innenausbaus und der betriebsbedingten Emissionen belaufen sich die Treibhausgasemissionen aus Bau- und Immobiliengewerbe sowie Bauindustrie lediglich auf 14% der deutschen Emissionen (137 Mt CO₂e). Unter der Annahme einer Erhöhung des Anteils Regenerativer Energie auf 20-30% des deutschen Energiemix' kann allein in der Bauindustrie ein Minderungspotential von 0,7-1,7% der jährlichen Gesamtemissionen in Deutschland (rund 7-17 Mt CO₂e) identifiziert werden. Dies entspricht rund 8-21% Treibhausgas-Minderungspotential innerhalb der Bauindustrie.

Die Literatur weist weitere Minderungspotentiale der Baubranche aus: So besteht in der Substitution struktureller Elemente durch nachhaltig angebaute Holzwerkstoffe ein Minderungspotential von 1,5% der jährlichen deutschen Treibhausgasemissionen. Für die gesamte deutsche Baubranche gilt in der Literatur ein Minderungspotential von rund 62 Mt CO₂e als wirtschaftlich umsetzbar; eine Reduktion um weitere 22 Mt CO₂e ist theoretisch möglich. Europaweit kann ein Treibhausgas-Minderungspotential von 360 Mt CO₂e für die Baubranche gelten; weltweit werden im Vierten IPCC-Bericht 5300-6700 Mt CO₂e ausgewiesen.

In der Zusammenführung der beiden Ansätze zeigt sich, dass die Bottom Up-Werte für die Bauindustrie deutlich im unteren Top Down-Bereich liegen und damit niedriger als erwartet ausfallen. Dies liegt vor allem an der unzureichenden Datenlage in der Produktionsstatistik und der Ökobaudat-Datenbank sowie der fehlenden Datengliederung der letzteren Daten. Insgesamt ist der Top Down-Ansatz für die Quantifizierung der baubranchebedingten Treibhausgasemissionen aufgrund der deutlich besseren Datenlage zu präferieren.

Die Zuordnung von klimarelevanten Emissionen zu den einzelnen Wirtschaftszweigen der Baubranche zeigt, dass neben den betriebsbedingten Emissionen die Emissionen aus der Herstellung von Glas, Keramik, Steinen und Erden, Stahl und Eisen, weiteren Metallen, sowie aus Dienstleistungen und Bauarbeiten und der Gewinnung aus Erdöl, Erdgas, Steinen und Erden nicht zu vernachlässigen ist. Eine Zuweisung der klimarelevanten Emissionen zu den Bedürfnisfeldern Bauen und Wohnen ist möglich, aber wegen einiger Überschneidungen und mangelnder Daten nur teilweise machbar.

Trends in der Entwicklung der weltweiten Baubranche und insbesondere der Bauindustrie werden durch die Bauaktivitäten in den stark wachsenden BRICS-Staaten dominiert. In Deutschland zeichnen sich eine weiterhin hohe Flächenversiegelungsrate, eine sinkende Neubauquote und eine Tendenz zum nachhaltigen, energieeffizienten Neubau ab. Die Sanierungsquote verbleibt auf einem weiterhin niedrigen Niveau trotz zahlreicher umweltpolitischer Maßnahmen.

Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Ermittlung genauerer Input-Output-Daten für die Baubranche und Statistiken für den bereits realisierten und geplanten Umfang des Nachhaltigen Bauens, der Unterscheidung von energie- und prozessbedingten Emissionen sowie der Zusammenstellung der besten, technisch möglichen Werten als be-

⁴⁰³ Vgl. Acquaye und Duffy (2009), S. 784, González und Navarro (2006), S. 902, Ng et al. (2011), S. 609f. und Gielen (1997), S. 5

lastbare Benchmarks. Außerdem muss über die Berücksichtigung der Landnutzungsänderungen (LULUCF) aufgrund von Flächenversiegelung in die Baustatistik und über die direkte Berücksichtigung der nachhaltigen und nicht-nachhaltigen Bauaktivitäten im Nationalen Nachhaltigkeitsbericht nachgedacht werden.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Identifikation der CO₂-Anteile an baubedingten Emissionen, sowie der Anteile von energie- und prozessbedingten Emissionen. Auch sind die Auswirkungen der Materialauswahl nach nachhaltigen Gesichtspunkten auf die Bauindustrie bislang wenig erforscht. Weiterhin besteht hinsichtlich der Erarbeitung eines detaillierten Gesamtflussbildes sowie der Ermittlung von Übersetzungsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Zugängen zur Thematik weiterer Bedarf zur wissenschaftlichen Untersuchung.

Staatliche Akteure dominieren Treibhausgas-Minderungsstrategien und -maßnahmen in der Baubranche

Die für die Baubranche relevanten Akteure bestehen aus den heterogenen Gruppen der nationalen und internationalen politischen Entscheidungsträger und Behörden, aus Interessenverbänden, Medien und Journalen, Forschung, privaten und öffentlichen Investoren und Bauherren sowie zahlreichen KMU. Dabei handeln die jeweiligen Akteure strikt nach ihrem Eigeninteresse und geraten je nach Macht- und Interessenlage in Konflikte, die die umweltpolitischen Vorhaben beeinflussen. Soziale und ökonomische Hemmnisse verhindern neben den Interessenkonflikten auf umweltpolitischer Ebene den zügigen Wechsel hin zu einer emissionsärmeren Baubranche.

Aus einer Analyse der Branchenstrukturen der einzelnen Wirtschaftszweige in der Baubranche geht hervor, dass im Gebäudebereich staatliche Akteure den größten Einfluss haben. In den einzelnen Bauindustrien hängt die Dominanz einiger Akteure an der Akteurskonstellation und -konzentration der jeweiligen Branche und in Verbindung damit die Regulierungs- und Einflussmöglichkeiten an einigen wichtigen Einzelakteuren.

Insgesamt existiert kein übergreifendes Konzept, das die vorgegebenen nationalen Reduktionsziele in der Baubranche in die Praxis umsetzt und damit alle Akteure gleichermaßen berücksichtigt, Emissionen verursachergerecht zuordnet und akteursbezogene Handlungsspielräume, -anreize und -verpflichtungen schafft.

Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der Frage nach dem Einfluss baubranchnaher und etablierter Politiknetzwerke auf umweltpolitische Fragestellungen. Weiterhin ist nicht geklärt, inwiefern die Interaktion von Instrumenten Akteure in ihrem Handlungsspielraum einschränkt und Innovationsanreize erzeugt oder verhindert. Die Berücksichtigung des Nutzer- und Akteurverhaltens ist für die Praxisanwendung vieler Instrumente und Methoden unerlässlich; hier besteht ebenfalls Forschungsbedarf. Auch die Entwicklung und Umsetzung eines Instrumentes zur Berücksichtigung und Begrenzung des Freiflächenverbrauches steht noch aus.

6.2 Kritische Würdigung

Aufgrund der Abgrenzung zu Beginn der Arbeit wurde eine ausschließliche Betrachtung von Treibhausgasemissionen und insbesondere des CO₂-Ausstoßes in der Baubranche durchgeführt. Dies ersetzt nicht eine umfassende Betrachtung aller Umwelteinwirkungen der Baubranche im Sinne der Nachhaltigkeit; sie ist lediglich ein Teilausschnitt der ökologischen Indikatoren, allerdings mit aktueller Relevanz.

Die Recherchen zu Methoden, Daten, Statistiken, Normen, Richtlinien, Akteuren, umweltpolitischen Maßnahmen und Instrumenten sowie und die Zusammenstellung dieser Informationen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Da die Untersuchung der beschriebenen Abschätzungen der Treibhausgasemissionen der Baubranche nur mit einigen Vereinfachungen und Annahmen möglich ist, beschreibt es nicht vollständig die Realität. Wie zu Ende des fünften Kapitels erwähnt, war eine zufriedenstellende Datenqualität, Datenkompatibilität und Menge an Datensätzen für die Bottom-Up-Analyse nicht gegeben. Daher resultieren lediglich vorsichtige Abschätzungen für den klimarelevanten Emissionsumfang und der Minderungspotentiale der Baubranche und der Bauindustrien. Zu beachten sind bei der Optimierung von Treibhausgasemissionen der Baubranche darüber hinaus die von Gielen (1997) dargestellten Sekundärzusammenhänge zwischen CO₂-Emissionen und thermischer Gebäudemasse, dem Einfluss der verwendeten Energieträger in Herstellungs- und Nutzungsphase sowie den Unterschieden zwischen klimatischen Regionen, aus denen andere emissionsoptimale Baumaterial- und Bauproduktstrategien resultieren.⁴⁰⁴

Diese Arbeit beschäftigt sich nicht mit dem Verhalten von Akteuren im umweltpolitischen Umfeld, den Interaktionen und Interessenkonflikten sowie dem Nutzerverhalten und seinem Einfluss auf Investitionsentscheidungen.

Auch das Thema Risiko wird im Zusammenhang mit den Emissionen klimarelevanter Gase in der Baubranche nicht berücksichtigt.

6.3 Ausblick

Aufgrund des erheblichen, wirtschaftlich umsetzbaren Minderungspotentials der Baubranche an den nationalen Treibhausgasemissionen wird es auch in Zukunft unerlässlich bleiben, eine fortwährende Treibhausgasreduktion im Baubereich zu forcieren, um die international vereinbarten politischen Klimaziele einhalten zu können.

Auf Basis der vorliegenden Arbeit erscheint weitergehende Forschung bei der Vereinheitlichung der Methoden zur Treibhausgasquantifizierung sowie ihre Weiterentwicklung hinsichtlich Berücksichtigung des Nutzer- und Investitionsverhaltens sowie der verkörperten Emissionen notwendig. Seitens der Forschung sollten darüber hinaus über Instrumente nachgedacht werden, die eine Zuweisung der Treibhausgasemissionen zu Akteuren und Gebäudetypen ermöglichen. Ebenso besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Entwicklung eines Instrumentes zur Begrenzung der Flächenversiegelung.

⁴⁰⁴ Vgl. Gielen (1997), S. 113

Auch hinsichtlich der Verbesserung der Datenlage besteht weiterer Handlungsbedarf, sowohl auf nationaler wie auf produkt- und gebäudebezogener Ebene. Außerdem bedarf es für eine leichtere Ermittlung der emittierten, klimarelevanten Gase einer überscheidungsfreien Übersetzungsmöglichkeit zwischen den einzelnen Zugängen zur Thematik wie IPCC-Quellen/-Senken, Bedürfnisfeldern, Wirtschaftszweigen und Sektoren.

Im Bezug auf die konkrete Umsetzung einer Emissionsreduktion und der Lastenverteilung auf betroffene Akteure hängt die Frage nach der Umsetzung, stark von Planern, Architekten, Investoren und Gebäudenutzern, als auch von Regierungen und führenden Unternehmen sowie ihrem Verhalten in der umweltpolitischen Arena ab. Um in diesen Politiknetzwerken Treibhausgasminderungen durchzusetzen, sollte die Politik einen umfassenden Plan mit sektoralen Zielen zur Emissionsminderung und zur Erreichung des nationalen Klimaziels vorlegen.

Literatur

Acquaye und Duffy (2009): Input-output analysis of Irish construction sector greenhouse gas emissions. *Building and Environment*, 45(3), 784-791. [online] (Zugriff: 12.10.2011).

Acquaye et al.. (2011): Stochastic hybrid embodied CO₂-eq analysis: An application to the Irish apartment building sector. *Energy and Buildings*, Iss. 43, pp. 1295-1303. [online] (Zugriff: 19.07.2011).

Althaus und Lehmann (2010): Ökologische Baustoffliste - EMPA basierend auf ecoinvent v2.2. [online] www.empa.ch/plugin/template/empa/*/98224 (Zugriff: 7.09.2011).

American Concrete Institute (2011a): Carbon Capture by Concrete: Lifecycle Assessment of Built Concrete Infrastructure within Australia. *International Concrete Research & Information Portal*. [online]

<http://www.concrete.org/PUBS/JOURNALS/AbstractDetails.asp?SearchID=772961&date=any-time&allwords=co2&aftermonth=1&afterday=1&afteryear=2011&beforemonth=1&beforeday=1&beforeyear=2011&searchmonth=1&searchday=1&searchyear=2011&ID=51682642>.

American Concrete Institute (2011b): Concrete and Climate Change - Strategy as concrete sector. *International Concrete Research & Information Portal*. [online]

<http://www.concrete.org/PUBS/JOURNALS/AbstractDetails.asp?SearchID=772961&date=any-time&allwords=co2&aftermonth=1&afterday=1&afteryear=2011&beforemonth=1&beforeday=1&beforeyear=2011&searchmonth=1&searchday=1&searchyear=2011&lastrecord=15&Firstrecord=1&ID=51682700> (Zugriff: 28.10.2011).

American Concrete Institute (2011c): Low Carbon Concrete - Option for the Next Generation of Infrastructure. *International Concrete Research & Information Portal*. [online]

<http://www.concrete.org/PUBS/JOURNALS/AbstractDetails.asp?SearchID=772961&date=any-time&allwords=co2&aftermonth=1&afterday=1&afteryear=2011&beforemonth=1&beforeday=1&beforeyear=2011&searchmonth=1&searchday=1&searchyear=2011&lastrecord=15&Firstrecord=1&ID=51682638> (Zugriff: 28.10.2011).

Arrow et al. (1995): Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. *Science*, Vol. 268, 520-521.

Athena Institute (2010): *Athena Life Cycle Inventory Product Databases*, [online] <http://www.athenasmi.org/tools/database/index.html>.

Athena Sustainable Materials Institute (2009): *A life cycle assessment study of embodied effects for existing historic buildings*, Athena Institute. [online]

http://www.athenasmi.org/publications/docs/Athena_LCA_for_Existing_Historic_Buildings.pdf.

Auer et al. (2008): *Bauen als Klimaschutz - Warum die Bauwirtschaft vom Klimawandel profitiert*, [online]

http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000232157.pdf (Zugriff: 21.10.2011).

Baake (2010): CO₂-Reduktion durch effiziente elektrothermische Prozesstechnik. *Elektrowärme International*, 68(1), 25-32.

Ball (2002): Can ISO 14000 and eco-labelling turn the construction industry green? *Building and Environment*, 37(4), 421-428. [online] (Zugriff: 10.10.2011).

Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (2010): *Industriebericht Bayern 2010 mit Sonderteil Umweltwirtschaft in Bayern*, München. [online]

http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/Prognos_Studie_Industriebericht_Bayern_2010.pdf.

BioRegional Development Group und Commission for Architecture and the Built Environment (2008): *What makes an eco-town? A report from BioRegional and CABE inspired by the eco-towns challenge panel*, CABE. [online]
<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/http://www.cabe.org.uk/files/what-makes-an-eco-town.pdf>.

Birat et al. (2003): CO2 mitigation technologies in the steel industry: a benchmarking study based on process calculations. *stahl und eisen*, 123(9), 69-72. [online] (Zugriff: 2.11.2011).

Blanford et al. (2008): Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East. [online]
http://www.ied.ethz.ch/news/publect/publect_old/081021_IED_Lecture_Rutherford.pdf (Zugriff: 11.07.2011).

Blauer Engel und UBA (2010a): *Produktwegweiser Blauer Engel - Umweltfreundlich Bauen*, Dessau-Roßlau, UBA. [online]
http://www.blauer-engel.de/_downloads/publikationen/Produktwegweiser_Bauen.pdf (Zugriff: 18.10.2011).

Blauer Engel und UBA (2010b): *Produktwegweiser Blauer Engel - Umweltfreundliches Büro*, Dessau-Roßlau, UBA. [online]
http://www.blauer-engel.de/_downloads/publikationen/Produktwegweiser_Buero.pdf (Zugriff: 18.10.2011).

BMU (2011a): BMU - Klimaschutz - Internationale Klimapolitik - Internationaler Klimaschutz für die Zeit nach 2012. [online]
http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/klimaschutz_nach_2012/doc/45900.php (Zugriff: 7.11.2011).

BMU (2011b): BMU - Klimaschutz - Internationale Klimapolitik - Klimarahmenkonvention - Klimarahmenkonvention - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). *Klimarahmenkonvention*. [online]

http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/klimarahmenkonvention/doc/44134.php (Zugriff: 7.11.2011).

BMU (2011c): BMU - Pressemitteilungen - Aktuelle Pressemitteilungen - Pressemitteilung Nr. 036/11 vom 08.03.2011: Röttgen: EU-Programme für mehr Klimaschutz und Energieeffizienz stärken Wettbewerbsfähigkeit [online]
http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/47077.php (Zugriff: 7.11.2011).

BMU (1994): Klimaschutz - Internationale Klimapolitik - Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. *Internationale Klimapolitik*. [online]
http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/doc/39925.php (Zugriff: 7.11.2011).

BMU (2011d): Klimaschutz - IPCC bereitet 5. Sachstandsbericht vor. [online]
http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/ipcc/doc/39274.php (Zugriff: 7.11.2011).

BMU und Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (2011): *Anteile der Hauptsortengruppen am Papierverbrauch in Deutschland 2010*, BMU. [online]
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/papier_hauptsortengruppen.pdf.

BMU, UBA, und Öko-Institut e.V. (2009): *Memorandum Product Carbon Footprint - Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung*, [online]
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/memorandum_pcf_lang_bf.pdf (Zugriff: 8.11.2011).

BMVBS (2007): *CO2-Gebäudereport 2007*, BMVBS.

- BMVBS (2011a): Informationsportal Nachhaltiges Bauen: EU Leitmarktinitiative. *EU Leitmarktinitiative (Lead Market Initiative for Europe LMI)*. [online] <http://www.nachhaltigesbauen.de/eu-leitmarktinitiative.html> (Zugriff: 3.11.2011).
- BMVBS (2009): Ökobau.dat 2009. [online] <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html> (Zugriff: 31.05.2011).
- BMVBS (2011b): *Umwelt-Produktdeklarationen (EPD)*, BMVBS. [online] <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/epd.html>.
- BMVBS (2010): *Zukunft bauen - Das Magazin der Forschungsinitiative Zukunft Bau*, BMVBS.
- BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011a): *Initiativen auf nationaler Ebene im Bereich des Nachhaltigen Bauens*, BMVBS. [online] (Zugriff: 4.11.2011).
- BMVBS, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2011b): *Innovationsstrategien am Bau im internationalen Vergleich*, BMVBS. [online] <http://www.irbnet.de/daten/baufo/20098034921/Endbericht.pdf> (Zugriff: 4.11.2011).
- BMW (2011): *Deutschlands Branchen im Fokus*, BMW. [online] <http://www.bmw.de/Navigation/Wirtschaft/branchenfokus.html>.
- Börjesson und Gustavsson (2000): Greenhouse gas balances in building construction: wood versus concrete from life-cycle and forests land-use perspectives. *Energy Policy*, 28(9), 575-588. [online] (Zugriff: 20.10.2011).
- Braungart et al. (2007): Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, 15(13-14), 1337-1348. [online] (Zugriff: 11.10.2011).
- Bribián et al. (2011): Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46. [online] (Zugriff: 5.10.2011).
- Brundtland et al. (1987): *Brundtland Report*, United Nations World Commission on Environment and Development. [online] http://en.wikisource.org/wiki/Brundtland_Report.
- Brunklaus et al. (2010): Illustrating limitations of energy studies of buildings with LCA and actor analysis. *Building Research & Information*, (38(3)), 265-279.
- Bruvoll und Larsen (2004): Greenhouse gas emissions in Norway: do carbon taxes work? *Energy Policy*, 32(4), 493-505. [online] (Zugriff: 2.11.2011).
- Bryan und Trusty (2008): Developing an operational and material CO2 calculation protocol for buildings in *From the Proceedings of the World Conference SB08*.
- Buchanan und Levine (1999): Wood-based building materials and atmospheric carbon emissions. *Environmental Science & Policy*, 2(6), 427-437. [online] (Zugriff: 6.10.2011).
- Bührer und Wagner (2010): 150 Jahre Produktionsstatistik im Bergbau und Verarbeitendem Gewerbe. *Wirtschaft und Statistik*, (2/2010). [online] http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/WirtschaftStatistik/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/150JahreBergbau__22010,property=file.pdf.
- Bundeskanzleramt (2011): *Fortschrittsbericht 2012 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Entwurf)*, Berlin. [online] http://www.dialog-nachhaltigkeit.de/pdf/Entwurf_Fortschrittsbericht_2012.pdf (Zugriff: 4.07.2011).

- Bundesregierung (2008): *Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie - Für ein nachhaltiges Deutschland*, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. [online] http://www.bundesregierung.de/Content/DE/___Anlagen/2008/05/2008-05-08-fortschrittsbericht-2008.property=publicationFile.pdf (Zugriff: 2.11.2011).
- Bundesregierung (2011a): *Fortschrittsbericht 2012 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Entwurf)*, Berlin, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung. [online] (Zugriff: 3.11.2011).
- Bundesregierung (2011b): REGIERUNGonline - Die 10 Managementregeln der Nachhaltigkeit. [online] http://www.bundesregierung.de/nn_774/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/ThemenAZ/nachhaltigkeit-2007-04-13-die-10-managementregeln-der-nachhaltigkeit.html (Zugriff: 4.07.2011).
- Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie und ifo Institut für Wirtschaftsforschung (2008): *GUSS 2020 - Perspektiven für die Deutsche Gießerei-Industrie*, München. [online] http://www.bdguss.de/de/data/guss2020_0.pdf.
- Buzzi et al. (2010): High-Performance and low-CO₂ cements based on calcium sulphoaluminate. *ZKG International*, 63(5), 39-45.
- Carbon Disclosure Project (2011a): *CDP 2011 Scoring Methodology*, [online] <https://www.cdproject.net/Documents/Guidance/CDP-2011-Scoring-Methodology1.1.pdf> (Zugriff: 11.11.2011).
- Carbon Disclosure Project (2011b): Leadership Indexes and the CDP 2011 disclosure and performance scores. *Leadership Index*. [online] <https://www.cdproject.net/en-US/Results/Pages/leadership-index.aspx> (Zugriff: 11.11.2011).
- Carbon Disclosure Project und KPMG (2011): *CDP Cities 2011 - Global Report on C40 Cities*, [online] <http://content.yudu.com/A1sdst/CDPCities2011/resources/index.htm?referrerUrl=>.
- Carbon Trust (2009): *Building the future, today - Transforming the economic and carbon performance of the buildings we work in*, UK. [online] (Zugriff: 27.06.2011).
- Carbon Trust (2011a): Carbon footprint calculator. *Calculate your Carbon Footprint*. [online] <http://www.carbontrust.co.uk/cut-carbon-reduce-costs/calculate/footprint-calculator/Pages/carbon-footprint-calculator.aspx> (Zugriff: 10.11.2011).
- Carbon Trust (2011b): *International Carbon Flows - Global Flows (CTC795)*, London, Carbon Trust. [online] <http://www.carbontrust.co.uk/publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CTC795> (Zugriff: 13.07.2011).
- Chen, Z. und Chen, G. (2011): Embodied carbon dioxide emission at supra-national scale: A coalition analysis for G7, BRIC and the rest of the world. *Energy Policy*, Iss. 39, pp. 2899-2909. [online] (Zugriff: 18.07.2011).
- CO2Benchmark Ltd (2011): Benchmarking Methodology | CO2Benchmark: Official carbon footprint and energy data of companies. [online] <http://www.co2benchmark.com/carbon-benchmarking-methodology> (Zugriff: 10.11.2011).
- Cole (1998): Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems. *Building and Environment*, 34(3), 335-348.
- Cui et al. (2011): Appraisal of Alternative Building Materials for Reduction of CO₂ Emissions by Case Modeling. *International Journal of Environmental Research*, 5(1), 93-100.
- Daily und Ehrlich (1992): Population, Sustainability and Earth's Carrying Capacity. *BioScience*, Vol. 42(No. 10), pp. 761-771. [online] (Zugriff: 1.07.2011).

Department of Energy and Climate Change (2009): *Guidance on carbon neutrality*, DECC. [online] http://www.decc.gov.uk/assets/decc/What%20we%20do/A%20low%20carbon%20UK/carbonneutrality/1_20090930090921_e_@@_carbonneutralityguidance.pdf.

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (2009): *Global green building organisations agree common carbon metrics*, Tübingen, DGNB. [online] http://www.dgnb.de/de/news/presseinfos/detail.php?we_objectID=3218 (Zugriff: 25.07.2011).

Dimoudi und Tompa (2008): Energy and environmental indicators related to construction of office buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(1-2), 86-95. [online] (Zugriff: 10.11.2011).

Dixit et. al. (2010): Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. *Energy and Buildings*, 42(8), 1238-1247. [online] (Zugriff: 11.10.2011).

Dosho (2008): Sustainable concrete waste recycling. *Proceedings of the ICE - Construction Materials*, 161(2), 47-62.

Dresen und Herzog (2009): Carbon Footprint von Produkten (CFP) –Bilanzierung in kleinen und mittleren Unternehmen in Feifel et al. (hrsg.), *Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit; Tagungsband der fünften Ökobilanz-Werkstatt, Campus Weihenstephan, Freising, 5. bis 7. Oktober 2009*. Karlsruhe, KIT Scientific Publishing.

EEA (1997): *Air Pollution in Europe 1997, EEA Environmental Monograph No. 4, Executive Summary*, Kopenhagen, EEA. [online] <http://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-059-6-sum/page001.html> (Zugriff: 14.07.2011).

EEA (2010a): *Die Umwelt in Europa: Zustand und Ausblick 2010: Synthesebericht (The European environment-state and outlook 2010: Synthesis)* (Europäische Umweltagentur, hrsg.), Kopenhagen. [online] <http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/translations/die-umwelt-in-europa-2014> (Zugriff: 7.07.2011).

EEA (2009): Gaps between 2010 projections and Kyoto targets - Maps and graphs — EEA. [online] <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/gaps-between-2010-projections-and-kyoto-targets> (Zugriff: 7.11.2011).

EEA (2010b): *Mitigating climate change - SOER 2010 thematic assessment*, [online] <http://www.eea.europa.eu/soer/europe/mitigating-climate-change>.

EU-Koordination des Deutschen Naturschutzingrings (2011): *Protokoll des Workshops der EU-Koordination zum 7. Umweltaktionsprogramm vom 17. Januar 2011*, [online] <http://www.eu-koordination.de/PDF/ergebnisprotokoll%20uap%2017.1.pdf>.

Europäische Kommission (2007): *Annex I to the Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European economic and social Committee and the committee of the regions: Action Plan for sustainable construction*, [online] http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/policy/lead-market-initiative/files/action_plan_construction_en.pdf (Zugriff: 3.11.2011).

Europäische Kommission (2010): Energy: Energy Efficiency in Buildings. [online] http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm (Zugriff: 23.11.2011).

Europäische Kommission (2001): *Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuß und den Ausschuß der Regionen zum sechsten Aktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft für die Umwelt „Umwelt 2010: Unsere Zukunft liegt in unserer Hand“ - Sechstes Umweltaktionsprogramm*, Brüssel, EU-Kommission. [online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2001:0031:FIN:DE:PDF> (Zugriff: 5.07.2011).

- Eurostat (2011a): *Air Emissions Accounts by activity (NACE industries and households) [env_ac_ainacehh]*, EUROSTAT. [online] http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_ainacehh&lang=en.
- Eurostat (2009): *European Business - Facts and Figures*, Luxembourg. [online] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-BW-09-001/EN/KS-BW-09-001-EN.PDF (Zugriff: 17.09.2011).
- Eurostat (2008a): *Jährliche Prodcum-Daten 2008 (aktualisiert am 06.07.2011)*, EUROSTAT. [online] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/prodcom/data/tables_excel (Zugriff: 1.10.2011).
- Eurostat (2011b): NACE backgrounds. [online] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/NACE_backgrounds.
- Eurostat (2008b): NACE Rev. 2 - Statistical Classification of economic activities in the European Community. *eurostat - Methodologies and Working papers*. [online] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-RA-07-015/EN/KS-RA-07-015-EN.PDF (Zugriff: 22.08.2011).
- Eyerer und Reinhardt (2000): *Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden - Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung*, Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser Verlag.
- Faulstich et al. (2011): *Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung - Sondergutachten*, Berlin, Sachverständigenrat für Umweltfragen. [online] http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2011_Sondergutachten_100Prozent_Erneuerbare.pdf?__blob=publicationFile.
- Feifel et al. (2010): Die Ökobilanz im Spannungsfeld zwischen Exaktheit, Durchführbarkeit und Kommunizierbarkeit. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung*, Vol. 22(No. 1), 46-55.
- Feifel et al. (2009): Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit; Tagungsband der fünften Ökobilanz-Werkstatt, Campus Weihenstephan, Freising, 5. bis 7. Oktober 2009 in L. Schebek (hrsg.), Karlsruhe, KIT Scientific Publishing. [online] <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000012614> (Zugriff: 30.05.2011).
- Ferrante und Cascella (2011): Zero energy balance and zero on-site CO2 emission housing development in the Mediteranean climate. *Energy and Buildings*, 43(8), 2002-2010. [online] (Zugriff: 13.10.2011).
- Finkbeiner (2009): Carbon footprinting - opportunities and threats. *International Journal of Life Cycle Assessment*, Iss. 14(No. 2), S. 91-94.
- French (2011): *Changes in Industry Specifications - 17 Industry Portfolios*, [online] http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/Data_Library/changes_ind.html (Zugriff: 7.09.2011).
- Gabrielsen und Bosch (2003): *EEA internal working paper „Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting“*, EEA. [online] http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/eionet-circle/core_set/library?l=/management_documentation/indicator_typology/_EN_1.0_&a=d (Zugriff: 14.07.2011).
- Gesamtverband textil+mode (2011): *Konjunkturberichte 2008-2011*, [online] <http://textil-mode.de/deutsch/Themen/Konjunktur-Statistik/K291.htm>.
- Gielen (1997): *Building materials and CO2 - Western European emission reduction strategies*,
- Global Footprint Network (2011): Footprint-Rechner. [online] <http://www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/calculators/> (Zugriff: 9.11.2011).
- Goggins et al. (2010): The assessment of embodied energy in typical reinforced concrete building structures in Ireland. *Energy and Buildings*, 42(5), 735-744.

- González und Navarro (2006): Assessment of the decrease of CO₂ emissions in the construction field through the selection of materials: Practical case study of three houses of low environmental impact. *Building and Environment*, 41(7), 902-909.
- Graubner und Hüske (2003): *Nachhaltigkeit im Bauwesen - Grundlagen, Instrumente, Beispiele*, Berlin, Ernst & Sohn Verlag.
- Greenhouse Gas Protocol (2011a): Calculation Tools | Greenhouse Gas Protocol Initiative. *Calculation Tools*. [online] <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools> (Zugriff: 10.11.2011).
- Greenhouse Gas Protocol (2011b): *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*, USA. [online] <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Corporate%20Value%20Chain%20%28Scope%203%29%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf> (Zugriff: 8.11.2011).
- Greenhouse Gas Protocol (2011c): Frequently Asked Questions: Common Carbon Metric Protocol and Calculation & Reporting Tool | Greenhouse Gas Protocol Initiative. [online] <http://www.ghgprotocol.org/node/141> (Zugriff: 11.11.2011).
- Greenhouse Gas Protocol (2011d): Hong Kong Adopts GHG Protocol for Building Sector | Greenhouse Gas Protocol Initiative. [online] <http://www.ghgprotocol.org/feature/hong-kong-adopts-ghg-protocol-building-sector> (Zugriff: 11.11.2011).
- Greenhouse Gas Protocol (2011e): *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*, USA. [online] <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf> (Zugriff: 8.11.2011).
- Greenprint Foundation (2011): Greenprint Foundation - Programs & Tools. [online] <http://www.greenprintfoundation.org/Programs.aspx> (Zugriff: 11.11.2011).
- Greenprint Foundation (2010): *Greenprint Performance Report - Volume 2, 2010*, GPF. [online] http://greenprintfoundation.org/GCI/GPR_V2_Download.aspx (Zugriff: 18.10.2011).
- Griesshammer (2008): Product Carbon Footprinting - Strategie, Methodik und Kommunikation. [online] http://www.ied.ethz.ch/news/publect/publect_old/ (Zugriff: 11.07.2011).
- Gugerli et al. (2008): *Merkblatt SIA 2032: Graue Energie im Fokus*, ETH Zürich, ETH Zürich. [online] <http://www.umweltchemie.ch/pdfs/Graue%20Energie%20im%20Fokus.pdf> (Zugriff: 18.07.2011).
- Gustavsson und Sathre (2006): Variability in energy and carbon dioxide balance of wood and concrete building materials. *Building and Environment*, 41(7), 940-951.
- Gustavsson et al. (2006): The role of wood material for greenhouse gas mitigation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(5-6), 1097-1127. [online] (Zugriff: 20.10.2011).
- Hacker et al. (2008): Embodied and operational carbon dioxide emissions from housing: A case study on the effects of the thermal mass and climate change. *Energy and Buildings*, Iss. 40, pp. 375-384. [online] (Zugriff: 18.07.2011).
- Hammond und Jones (2010): Embodied Carbon: The Concealed Impact of Residential Construction in *Global Warming: Engineering Solutions*. Green Energy and Technology. New York, Springer, 367-384. [online] http://www-ce.cuny.cuny.edu/nir/classes/sustain/Hammond_and_Jones_2010.pdf (Zugriff: 14.10.2011).
- Hammond und Jones (2008a): Embodied energy and carbon in construction materials. *Proceedings of the ICE - Engineering Sustainability*, 161(2), 87-98.
- Hammond und Jones (2008b): *Inventory of Carbon & Energy (ICE)*, University of Bath. [online] <http://perigordvacance.typepad.com/files/inventoryofcarbonandenergy.pdf>.

Hegger et al. (2005): *Baustoff-Atlas*, Darmstadt, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, München.

Hernandez und Kenny (2011): Development of methodology for life cycle building energy ratings. *Energy Policy*, 39(6), 3779-3788. [online] (Zugriff: 11.10.2011).

Hernandez und Kenny (2010): From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB). *Energy and Buildings*, 42(6), 815-821. [online] (Zugriff: 11.10.2011).

Hofbauer et al. (2009): Die dritte industrielle Revolution am Bau auf biogener und bionischer Basis. *Chemie Ingenieur Technik*, 81(11 - Special Issue: Forschung für die Zukunft: 60 Jahre Fraunhofer Gesellschaft), 1733-1742.

Ilg und Lindner (2009): Vernetzungsmöglichkeiten von LCA und MFA - Nutzung von Synergieeffekten beider Methoden in *Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit; Tagungsband der fünften Ökobilanz-Werkstatt, Campus Weihenstephan, Freising, 5. bis 7. Oktober 2009.*, 199-206.

International Energy Agency (2011): *Energy Efficiency Policy and Carbon Pricing*, Paris, IEA. [online] http://www.iea.org/papers/2011/EE_Carbon_Pricing.pdf (Zugriff: 4.11.2011).

IPCC, WMO/UNEP (Hrsg.) (2007): *Vierter Sachstandsbericht des IPCC (AR4) - Klimaänderung 2007: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger*, [online] <http://www.bmbf.de/pub/IPCC2007.pdf> (Zugriff: 6.07.2011).

ISO (2009): *Environmental Management - The ISO 14000 family of International Standards*, Genf, ISO. [online] http://www.iso.org/iso/theiso14000family_2009.pdf (Zugriff: 23.07.2011).

John et al. (2010): The Carbon Footprint of Multi-Storey Buildings Using Different Construction Materials [online] http://www.ewpa.com/Archive/2010/june/Paper_161.pdf (Zugriff: 12.10.2011).

Jones (2004): Leading by example: Wind developer builds first commercial net zero carbon dioxide emissions building in the UK. *Refocus*, 5(5), 38-41. [online] (Zugriff: 13.10.2011).

Jungbluth et al. (2008): Life Cycle Assessment of Photovoltaics: Update of ecoinvent data v2.0. [online] <http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/jungbluth-2008-LCA-PV-web.pdf> (Zugriff: 18.07.2011).

Just (2009): Deutschland baut sich ein besseres Klima - Die volkswirtschaftliche Bedeutung klimapolitisch gebotener Bautätigkeit in *Brennpunkt CO2-Reduktion - Chancen für das Bauwesen*. Schriftenreihe der Stiftung Bauwesen zu „Der Bauingenieur und die Gesellschaft“. Stuttgart, Stiftung Bauwesen, 45-59.

Kaloush et al. (2010): Assessment Tool to Estimate CO2 Emissions of Pavement Production and Construction in *SB10 Seoul*. Seoul.

Kara et al. (2010): Global manufacturing and the embodied energy of products. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 59, pp. 29-32. [online] (Zugriff: 23.07.2011).

Klöpffer und Grahl (2009): *Ökobilanz (LCA)*, Weinheim, Wiley-VCH Verlag.

Kohler et al. (1999): *Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen*, Berlin.

Kolokotsa et al. (2010): A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings. *Solar Energy*. [online] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X10002847> (Zugriff: 13.10.2011).

König et al. (2009): *Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung - Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge*, München, Edition Detail Green Books.

Kreißig et al. (2010): Ökobilanzierung von Baustahl. *Stahlbau*, 79(6), 418-423.

- Kuehr (2007): Towards a sustainable society: United Nations University's Zero Emissions Approach. *Journal of Cleaner Production*, Iss. 15, pp. 1198-1204.
- Kuhn (2010): *Input-Output-Rechnung im Überblick* (Statistisches Bundesamt, hrsg.), Wiesbaden. [online]
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/InputOutputRechnung/InputOutputRechnungUeberblick5815116099004,property=file.pdf>.
- Kuhnhenne et al. (2010): Die Ökobilanz als Baustein der Nachhaltigkeitsbewertung im Industrie- und Gewerbebau. *Stahlbau*, 79(6), 439-447.
- Kulesa (2009): Climate Protection Policy and Equitable Burden Sharing. [online]
http://www.ied.ethz.ch/news/publect/publect_old/2009_04_07_Kulesa.pdf
(Zugriff: 11.07.2011).
- Kurnitski et al. (2011): Cost optimal and nealy zero (nZEB) energy performance calculations for residential buildings with REHVA definition for nZEB national implementation. *Energy and Buildings*, 43(11), 3279-3288. [online] (Zugriff: 13.10.2011).
- Laurent et al. (2010): Carbon footprint as environmental performance indicator for the manufacturing industry. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 59, pp. 37-40. [online] (Zugriff: 23.07.2011).
- Lee et al. (2011): Embodied energy of building materials and green rating systems - A case study for industrial halls. *Sustainable Cities and Society*, 1(2), 67-71.
- Lenzen und Treloar (2002): Embodied energy in buildings: wood versus concrete - reply to Börjesson und Gustavsson. *Energy Policy*, 30(3), 249-255. [online] (Zugriff: 21.10.2011).
- Leung und Yip (2010): Impact of Construction Project Designs on CO2 Emissions in *Proceedings: SB 10 Espoo*. [online] <http://www.baufachinformation.de/aufsatz.jsp?ul=2011051001071>
(Zugriff: 12.10.2011).
- Leuphana Universität (2011): net-zero-emission building. *Ökologischer Campus*. [online]
<http://www.leuphana.de/campusentwicklung/oekologischer-campus/net-zero-emission.html>
(Zugriff: 10.11.2011).
- Li (2008): Towards a low-carbon future in China's building sector - A review of energy and climate models forecast. *Energy Policy*, 36(5), 1736-1747. [online] (Zugriff: 18.11.2011).
- Löbbe (2004): *Die europäische Chemieindustrie - Bedeutung, Struktur und Entwicklungsperspektiven*, Düsseldorf, Hans-Böckler-Stiftung. [online]
http://www.boeckler.de/pdf/p_edition_hbs_110.pdf.
- Londong et al. (2009): Null-Emissions-Stadt. [online], unter Öffentlich zugängliche Dokumente auf <http://www.uni-weimar.de/> (Zugriff: 14.10.2011).
- Lorenz (2011): Kommunale Herausforderung Energie und Klimawandel. [online]
<http://www.benchmark-kommunaler-klimaschutz.net/> (Zugriff: 18.11.2011).
- Lützkendorf (2009): Nachhaltiges Bauen - auf dem Weg zum Leitmarkt in *Brennpunkt CO2-Reduktion - Chancen für das Bauwesen*. Stuttgart, Stiftung Bauwesen, 61-74.
- Marszal et al. (2011): Zero Energy Building - A review of definition and calculation methodologies. *Energy and Buildings*, 43(4), 971-979. [online] (Zugriff: 12.10.2011).
- Marwede (2009): Rückführung strategischer Metalle - Schließen von Stoffkreisläufen durch Recycling in *Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit; Tagungsband der fünften Ökobilanz-Werkstatt, Campus Weißenstephan, Freising, 5. bis 7. Oktober 2009.*, 167-172.
- Matthews und Caldeira (2008): Stabilizing climate requires near-zero emissions. *Geophysical*

- Research Letters*, Vol. 35. [online]
https://www.see.ed.ac.uk/~shs/Climate%20change/Data%20sources/Matthews_Caldeira_%20Instant%20zero%20C%20GRL2008.pdf (Zugriff: 25.07.2011).
- McKinsey (2007): *Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland - Eine Studie von McKinsey & Company, erstellt im Auftrag von „BDI initiativ - Wirtschaft für Klimaschutz“*,
- Meggers et al. (2011): Reduce CO2 from buildings with technology to zero emissions. *Sustainable Cities and Society*, [online]
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670711000618> (Zugriff: 13.10.2011).
- Messari-Becker (2006): Konzept zur nachhaltigen Emissionsminderung bei Wohngebäuden im Bestand unter Einbeziehung von CO2-Zertifikaten. [online] (Zugriff: 31.05.2011).
- Meyer (2010): *Umweltökonomische Gesamtrechnungen - CO2-Gehalt von deutschen Import- und Exportgütern*, Wiesbaden, Statistisches Bundesamt. [online]
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltökonomischeGesamtrechnungen/ImExErgebnisse,property=file.pdf>.
- Michaelis (1996): *Ökonomische Instrumente in der Umweltpolitik - Eine anwendungsorientierte Einführung*, Heidelberg, Physica-Verlag.
- Mithun et al. (2007): Construction Carbon Calculator || BuildCarbonNeutral.org - A CO2 calculator for your whole building project. [online] <http://buildcarbonneutral.org/> (Zugriff: 11.11.2011).
- Monahan und Powell (2011): A comparison of the energy and carbon implications of new systems of energy provision in new build housing in the UK. *Energy Policy*, 39(1), 290-298.
- Müller (2009): Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen im Betonbau - Nachhaltige Lösungen für das Bauen mit Beton. *Beton- und Stahlbau*, 104(2), 105-112.
- Murray und Dey (2009): The carbon neutral free for all. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Iss. 3, pp. 237-248.
- Nawaz und Tiwari (2006): Embodied energy analysis of photovoltaic (PV) system based on macro- and micro-level. *Energy Policy*, 34(17), 3144-3152.
- Ndiaye et al. (2005): Evaluation of the embodied energy in building materials and related carbon dioxide emissions in Senegal in Tokyo, 1235-1242. [online]
<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB3652.pdf>.
- Nemry und Uihlein (2008): *Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings (IMPRO-Building)*, Luxembourg, Europäische Kommission JRC und Institute for Prospective Technological Studies. [online] <http://ccsl.iccip.net/jrc46667.pdf> (Zugriff: 21.10.2011).
- Ng et al. (2011): The Desire for the Construction Industry to move towards lifecycle carbon emissions analysis in Haugbolle et al. (hrsg.), *Shaping the Construction/Society Nexus, Volume 3: Construction in Society*. Horsholm, Danish Building Research Institute, Aalborg University, 609-615. [online]
http://vbn.aau.dk/files/51816027/Procs_6th_Nordic_Volume_3_Construction_in_Society.pdf#page=167 (Zugriff: 15.07.2011).
- Oebbeke (2011): Über 60 Verbände und Institutionen im Pakt für Klimaschutz. 2011/0646. [online] <http://www.baulinks.de/webplugin/2011/0646.php4> (Zugriff: 18.11.2011).
- OECD (2011): Worldwide Statistical Sources. [online] <http://stats.oecd.org/source/list.asp> (Zugriff: 28.11.2011).
- OECD Environment Directorate (2008): *OECD Key Environmental Indicators*, Paris. [online]
<http://www.oecd.org/dataoecd/20/40/37551205.pdf> (Zugriff: 24.07.2011).
- Ordóñez und Modi (2011): Optimizing CO2 emissions from heating and cooling and from the

materials used in residential buildings, depending on their geometirc characteristics. *Building and Environment*, 46(11), 2161-2169.

Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (2011a): *Holzbaustoffe*, IBO. [online] http://www.ibo.at/documents/20081022_BaustoffeReferenz_Homepage_holz_000.pdf.

Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (2011b): *IBO-Referenzdaten für Ökokennzahlen*, IBO. [online] <http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm>.

Pandey et al. (2011): Carbon Footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 178, pp. 135-160. [online] (Zugriff: 23.07.2011).

Di Paolantonio (2010): *SIA-Bauteile MB 2032 komplett (Stand: 2.3.2010)*, SIA. [online] <http://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=15&ID=46&js=1>.

Pastewski (2009): Einsatz neuer Technologien zur ressourceneffizienzorientierten Produktoptimierung in *Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit; Tagungsband der fünften Ökobilanz-Werkstatt, Campus Weihenstephan, Freising, 5. bis 7. Oktober 2009.*, S. 185-192.

PCF World Forum (2011): PCF World Forum | Initiatives. *Worldwide initiatives to measure, reduce or communicate the climate impact of products (selection)*. [online] <http://www.pcf-worldforum.org/initiatives/> (Zugriff: 28.11.2011).

PE International (2007): *Methodische Grundlagen - Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen*, [online] http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebauededaten/Methodische-Grundlagen_12-2007.pdf (Zugriff: 19.10.2011).

Penman et al. (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Overview. [online] http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf (Zugriff: 8.08.2011).

Perlitz (2009): *EU-Stahlindustrie - Weiter in Richtung High-Tech-Erzeugnisse*, [online] http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000247491/EU-Stahlindustrie%3A+Weiter+in+Richtung+High-Tech-Erzeugnisse.pdf (Zugriff: 21.10.2011).

Peters und Hertwich (2008): CO2 embodied in international trade with implications for global climate policy. *Environmental Science Technology*, 42(5), 1401-1407.

Preisig und Pfäffli (2006): *SIA Effizienzpfad Energie - Ein Projekt von Swiss Energycodes der KHE des SIA*, Zürich, SIA - Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein.

Rabitsch (2010): Von Zementriesen und Pandabären. Baustoffforschung. *Baublatt*, 121(29), 18-19.

Radhi (2010): On the optimal selection of wall cladding system to reduce direct and indirect CO2 emissions. *Energy*, 35(3), 1412-1424. [online] (Zugriff: 12.10.2011).

Rahimifard et al. (2010): Minimising Embodied Product Energy to support energy efficient manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 59, pp. 25-28. [online] (Zugriff: 23.07.2011).

Ramesh et al. (2010): Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings*, 42(10), 1592-1600. [online] (Zugriff: 11.10.2011).

Rassmus et al. (2000): *Entwicklung einer Arbeitsanleitung zur Berücksichtigung der Wechselwirkungen in der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP, EIA)*, [online] <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-k/k1953.pdf> (Zugriff: 5.07.2011).

Rat für Nachhaltige Entwicklung (2011): *Dialog der Verantwortung - Erwartungen des Nachhaltigkeitsrates an die Fortschreibung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Stellungnahme)*, Rat

für Nachhaltige Entwicklung.

Reimann (2009): Sustainability of process-based LCA, input-output LCA, MFA and hybrid approaches for policy and decision making support in *Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit; Tagungsband der fünften Ökobilanz-Werkstatt, Campus Weihenstephan, Freising, 5. bis 7. Oktober 2009.*, 207-210.

Reinaud und Philibert (2007): *Emissions Trading: Trends and Prospects*, Paris, OECD und IEA. [online] http://www.iea.org/papers/2007/ET_Trends&Prospects.pdf (Zugriff: 3.11.2011).

Rudolph (2006): Die politische Ökonomie des EU-Emissionshandels mit Treibhausgasen in Deutschland. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht*, 29(4), 503-528.

Saadah und AbuHijleh (2010): Decreasing the CO2 Emissions and the Embodied Energy during the Construction Phase in the UAE through the Selection of Sustainable Building Materials in *SB10 Seoul*. Seoul. [online] <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB17305.pdf> (Zugriff: 1.11.2011).

Salazar und Meil (2009): Prospects for carbon-neutral housing: the influence of greater wood use on the carbon footprint of a single-family residence. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1563-1571. [online] (Zugriff: 6.10.2011).

Schießl und Robrecht (2006): *Nachhaltigkeitsaspekte bei Neu- und Bestandsbauten - Ein Leitfaden*, München.

Schmidt, H.-J. (2009): Carbon footprinting, labelling and life cycle assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 14(Supplement 1), S. 6-9. [online] (Zugriff: 11.07.2011).

Schmidt, M. (2009): Fachbeitrag Klimawirkung von Produkten - löst der Carbon Footprint unsere Probleme? *Rundbrief des Fachausschusses Umweltinformatik - Informatik für Umweltschutz, Nachhaltige Entwicklung und Risikomanagement*, Rundbrief 44. [online] <http://www.iai.fzk.de/Fachgruppe/GI/rundbrief.html> (Zugriff: 11.07.2011).

Schmitz und Paulini (1999): *Bewertung in Ökobilanzen - Methode der Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043*,

Schneider et al. (2011): Sustainable cement production - present and future. *Cement and Concrete Research*, 41(7), 642-650. [online] (Zugriff: 28.10.2011).

Schrieffl (2009): *Klimaschutz im Gebäudebestand - Ergebnisse eines Simulationsmodells unter der Annahme verschiedener Optimierungsziele*, Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften. [online] <http://www.baufachinformation.de/artikel.jsp?v=230791>.

Schunkert (2011): CO2-Benchmark-NWG | Intro. *CO2-Benchmarktool zur Gebäudesanierung*. [online] http://benchmark-nwg.klimaktiv-co2-rechner.de/de_DE/popup/ (Zugriff: 10.11.2011).

Schütz und Bringezu (2008): *Ressourcenverbrauch von Deutschland - aktuelle Kennzahlen und Begriffsbestimmungen*, Dessau-Roßlau, UBA.

Sedlbauer und Bauer (2009): Globale Trends und Chancen des Klimawandels in *Brennpunkt CO2-Reduktion - Chancen für das Bauwesen*. Stuttgart, Stiftung Bauwesen, 23-44.

SIA (2010): ENERGYTOOLS - SIA Tools - Tools - Tool Graue Energie zu SIA 2032. [online] http://www.energytools.ch/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=9&view=viewdownload&catid=3&cid=4&lang=de (Zugriff: 10.11.2011).

Siegenthaler (2006): *Ökologische Rationalität durch Ökobilanzierung - Eine Bestandsaufnahme aus historischer, methodischer und praktischer Perspektive*, Marburg, metropolis Verlag.

Simon et al. (2007): Cradle-to-cradle - A concept for the disposal of buildings at the end of their lives? in Glasgow. [online] <http://download.sue-mot.org/Conference-2007/Papers/Simon.pdf> (Zugriff: 11.10.2011).

Sobek et al. (2010): Recyclinggerechtes Konstruieren im Stahlbau. *Stahlbau*, 79(6), 424-433.

Srinivasan et al. (2012): Re(De)fining Net Zero Energy: Renewable Energy Balance in environmental building design. *Building and Environment*, 47(January), 300-315. [online] (Zugriff: 13.10.2011).

Stadtentwicklung Berlin (2011): Karte: 08.04 CO₂ - Emissionen nach Sektoren und Nutzflächen. *Umweltatlas*. [online] <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/k804.htm> (Zugriff: 10.11.2011).

Statistische Ämter der Länder (2010): *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder - Zusammenhänge, Bedeutung und Ergebnisse*, Stuttgart. [online] <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/VGRderLaender/ZusammenhaengeBedeutungErgebnisse5820005107004,property=file.pdf> (Zugriff: 11.08.2011).

Statistisches Bundesamt (2011a): *GENESIS Luftemissionen (1995-2008): Deutschland nach Luftemissionsarten und Produktionsbereichen*, DESTATIS. [online] <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (Zugriff: 17.09.2011).

Statistisches Bundesamt (2007a): *Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008)*, Wiesbaden, DESTATIS. [online] <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/klassifikationenwz2008,property=file.pdf>.

Statistisches Bundesamt (2007b): *Immobilienwirtschaft in Deutschland 2006 - Entwicklungen und Ergebnisse*, Wiesbaden, Statistisches Bundesamt. [online] <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/BauenWohnen/Querschnitt/ImmobilienwirtschaftDeutschland5016001069004,property=file.pdf> (Zugriff: 19.09.2011).

Statistisches Bundesamt (2010a): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2010*, Wiesbaden, Statistisches Bundesamt. [online] (Zugriff: 4.07.2011).

Statistisches Bundesamt (2010b): *Produzierendes Gewerbe - Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden*, Wiesbaden, DESTATIS. [online] http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Produzierendes_20Gewerbe/VerarbeitendesGewerbe/Konjunkturdaten/ProduktionJ2040310107004,property=file.pdf.

Statistisches Bundesamt (2011b): Statistisches Bundesamt Deutschland - Baugewerbe. [online] http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Statistiken/Baugewerbe/Baugewerbe,templateId=renderPrint.psml__nnn=true (Zugriff: 15.11.2011).

Statistisches Bundesamt (2011c): Statistisches Bundesamt Deutschland - Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008). [online] <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/Content75/KlassifikationWZ08,templateId=renderPrint.psml> (Zugriff: 15.11.2011).

Statistisches Bundesamt (2010c): *Umweltnutzung und Wirtschaft - Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen Teil 3: Treibhausgase (insgesamt, CO₂, CH₄, NO₂), Luftschadstoffe (NH₃, SO₂, NO_x, NMVOC)*, Wiesbaden, DESTATIS. [online] <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/>

gen/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Querschnitt/UmweltnutzungundWirtschaftTabelle 5850007107006Teil__3,property=file.pdf (Zugriff: 23.08.2011).

Statistisches Bundesamt (2011d): *Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Erweitertes Input-Output Modell für Energie und Treibhausgase, Methoden und Ergebnisse*, Wiesbaden, DESTA-TIS. [online]

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/InputOutputTreibhausgase,property=file.pdf> (Zugriff: 23.08.2011).

Statistisches Bundesamt (2010d): *Umweltökonomische Gesamtrechnungen (UGR) - Einführung in die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen*, Wiesbaden. [online]

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/EinfuehrungUGR,property=file.pdf>.

Statistisches Bundesamt (2002): *Umweltökonomische Gesamtrechnungen (UGR) - Ziele, Konzepte und methodische Grenzen*, Wiesbaden, DESTATIS. [online]

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Umwelt/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/ZieleKonzepte,property=file.pdf> (Zugriff: 19.10.2011).

Statistisches Bundesamt (2010e): *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen - Wichtige Zusammenhänge im Überblick*, Wiesbaden. [online]

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen/Zusammenhaenge,property=file.pdf> (Zugriff: 11.08.2011).

Stemmermann et al. (2010): Celitement - a sustainable prospect for the cement industry/ Celitement - eine nachhaltige Perspektive für die Zementindustrie. *Cement International*, 8(5), 52-54, 56-58, 60-62, 64-66.

Stichnothe (2009): Carbon Footprint – Der britische „Standard“ PAS2050 im Spiegel der Ökobilanz-Methodik und weitere Normierungsbestrebungen in Feifel et al. (Hrsg.), *Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit; Tagungsband der fünften Ökobilanz-Werkstatt, Campus Weihenstephan, Freising, 5. bis 7. Oktober 2009*. Karlsruhe, KIT Scientific Publishing.

Stigson et al. (2009): *Peer Review der deutschen Nachhaltigkeitspolitik - Sustainability „Made in Germany“*, [online] <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/projekte/eigene-projekte/peer-review-2009/?size=1%C3%AF%C2%BF%C2%BDblstr%3D0> (Zugriff: 4.07.2011).

Sturgis und Roberts (2010): *Redefining Zero: Carbon Profiling as a solution to whole life carbon emission measurement in buildings*, London, RICS Royal Institution of Chartered Surveyors. [online] http://www.rics.org/site/download_feed.aspx?fileID=6878&fileExtension=PDF (Zugriff: 13.10.2011).

Suzuki und Oka (1998): Estimation of life cycle energy consumption and CO₂ emission of office buildings in Japan. *Energy and Buildings*, 28(1), 33-41. [online] (Zugriff: 17.10.2011).

Suzuki et al. (1995): The estimation of energy consumption and CO₂ emission due to housing construction in Japan. *Energy and Buildings*, 22(2), 165-169. [online] (Zugriff: 17.10.2011).

Terlizzese und Zanchini (2011): Economic and exergy analysis of alternative plants for a zero carbon building complex. *Energy and Buildings*, 43(4), 787-795. [online] (Zugriff: 14.10.2011).

The International EPDSsystem (2011): *Climate Declarations - Environmental Product Declarations - Product Category Rules*. [online] <http://www.environdec.com/en/Climate-Declarations/> (Zugriff: 8.11.2011).

The International EPDSsystem, Del Borghi, A., Gallo, M., Strazza, C., und Alfieri, F. (2011): Car-

- bon Footprint vs Climate Declaration: two tools in comparison. [online]
<http://www.environdec.com/en/Articles/Climate-Declarations/Carbon-Footprint-vs-Climate-Declaration-two-tools-in-comparison/> (Zugriff: 9.11.2011).
- Throne-Holst et al. (2007): The role of consumption and consumers in zero emission strategies. *Journal of Cleaner Production*, 15(13-14), 1328-1336. [online] (Zugriff: 2.11.2011).
- Thuesen und Koch (2011): Mapping innovation - facilitating innovation in the danish construction industry in, 641-651. [online]
http://vbn.aau.dk/files/51816027/Procs_6th_Nordic_Volume_3_Construction_in_Society.pdf#page=167 (Zugriff: 1.11.2011).
- Traverso et al. (2010): Environmental performance of building materials: life cycle assessment of a typical Sicilian marble. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(1), 104-114.
- TÜV Nord (2011): Klimaneutralität: Nachhaltig handeln - Verbraucher überzeugen. [online]
http://www.tuev-nord.de/de/Klimaneutralitaet_36757.htm (Zugriff: 14.11.2011).
- U.S. Energy Information Administration (2011a): EIA - Emissions of Greenhouse Gases in the U.S. 2008-Carbon Dioxide Emissions. *Residential Sector*. [online]
<http://www.eia.gov/oiaf/1605/ggrpt/carbon.html#residential> (Zugriff: 19.10.2011).
- U.S. Energy Information Administration (2011b): Table 2.1b Residential Sector Energy Consumption, 1949-2009 (Trillion Btu). *Residential Sector Energy Consumption (1949-2009)*. [online] <http://205.254.135.24/totalenergy/data/annual/txt/ptb0201b.html> (Zugriff: 19.10.2011).
- Umweltbundesamt (2009a): *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2009: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2007*, Dessau-Roßlau. [online] <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3727.pdf> (Zugriff: 11.08.2011).
- Umweltbundesamt (2009b): Daten zur Umwelt. *Verwertung von Bauabfällen*. [online]
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2311> (Zugriff: 19.10.2011).
- Umweltbundesamt (2011a): Daten zur Umwelt. *Abfallaufkommen*. [online]
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2320> (Zugriff: 21.10.2011).
- Umweltbundesamt (2010a): Daten zur Umwelt. *Abfallaufkommen (einschließlich gefährlicher Abfälle)*. [online]
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=19771> (Zugriff: 21.10.2011).
- Umweltbundesamt (2010b): Daten zur Umwelt. *Nachhaltige Produkte: Produktkennzeichen und Zahlungsbereitschaft*. [online] <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=3536> (Zugriff: 2.11.2011).
- Umweltbundesamt (2010c): Daten zur Umwelt. *Energieeffiziente Produkte*. [online]
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=3538> (Zugriff: 2.11.2011).
- Umweltbundesamt (2011b): Daten zur Umwelt. *Treibhausgas-Emissionen in Deutschland*. [online]
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=3152> (Zugriff: 21.11.2011).
- Umweltbundesamt (2007): *Die CO2-Bilanz des Bürgers - Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO2-Bilanzen*, Heidelberg, UBA und ifeu Heidelberg. [online]
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3327.pdf> (Zugriff: 11.07.2011).
- Umweltbundesamt (2010d): Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland nach Sektoren. [online] http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2010/pdf/pd10-003_bild1.pdf (Zugriff:

21.11.2011).

Umweltbundesamt (2008a): *Fachdialoge zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2007*, Bensheim/Berlin/München, UBA und IFOK GmbH. [online] <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3628.html>.

Umweltbundesamt (2010e): *Nachhaltiges Bauen und Wohnen - Ein Bedürfnisfeld für die Zukunft gestalten*, Dessau-Roßlau, UBA. [online] <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3952.pdf> (Zugriff: 17.09.2011).

Umweltbundesamt (2011c): *Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990: Emissionsentwicklung 1990-2008, Treibhausgase, inkl. erweiterte Auswertung und Äquivalentemissionen der Treibhausgase*, UBA. [online] <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen#2010> (Zugriff: 7.09.2011).

Umweltbundesamt (2009c): *Politikszenerarien für den Klimaschutz V - auf dem Weg zum Strukturwandel. Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030*, Dessau-Roßlau, UBA. [online] <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3764.pdf> (Zugriff: 3.11.2011).

Umweltbundesamt (2011d): *Produkte - Ökodesign. Produkte - Ökodesign*. [online] <http://www.umweltbundesamt.de/produkte/oekodesign/> (Zugriff: 2.11.2011).

Umweltbundesamt und AGEB (2011): *Anteile der Sektoren am Endenergieverbrauch und Anteile der Energieträger am sektorspezifischen Endenergieverbrauch 2009*, UBA. [online] <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=20780>.

Umweltbundesamt und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2007): *Umweltdaten Deutschland: Nachhaltig wirtschaften - Natürliche Ressourcen und Umwelt schonen*, Dessau-Roßlau, UBA. [online] <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3244.pdf> (Zugriff: 18.10.2011).

Umweltbundesamt, D. (2008b): *Leitfaden zur freiwilligen Kompensation von Treibhausgasen*, Berlin, UBA. [online] <http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2008/6916/pdf/3660.pdf> (Zugriff: 25.07.2011).

UN, EU Commission, IMF, OECD, und WB (2003): *Handbook of National Accounting - Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*, [online] <http://unstats.un.org/unsd/envAccounting/seea2003.pdf>.

UNEP (2009a): *Climate Change Science Compendium 2009* (C. McMullen und J. Jabbour, hrsg.), [online] http://www.unep.org/pdf/ccScienceCompendium2009/cc_ScienceCompendium2009_full_highres_en.pdf (Zugriff: 7.07.2011).

UNEP (2009b): *Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer* (Ozone Secretariat UNEP, hrsg.), Nairobi, UNEP. [online] http://www.unep.ch/ozone/Publications/MP_Handbook/MP-Handbook-2009.pdf (Zugriff: 6.07.2011).

UNEP (2008): *Kick the Habit - a UN guide to climate neutrality*, UN. [online] <http://www.unep.org/publications/ebooks/kick-the-habit/Pdfs.aspx> (Zugriff: 26.11.2011).

UNEP (2010): *UNEP YEAR BOOK 2010 - New Science and Developments in our Changing Environment*, [online] <http://www.unep.org/climatechange/Science/tabid/234/Default.aspx> (Zugriff: 7.07.2011).

UNEP SBCI (2009): *Common Carbon Metric and Protocol*. [online] http://www.unep.org/sbc/Activities/CCM_Pilot.asp (Zugriff: 11.11.2011).

UNEP SBCI (2010a): *Common Carbon Metric for Measuring Energy Use & Reporting Green-*

- house Gas Emissions from Building Operations*, UNEP. [online] <http://www.unep.org/sbci/pdfs/UNEPSBCICarbonMetric.pdf> (Zugriff: 24.07.2011).
- UNEP SBCI (2010b): *Draft Briefing on the Sustainable Building Index*, Paris. [online] http://www.unep.org/sbci/pdfs/SYM2010-UNEP-SBCI_SB_Index_Briefing.pdf (Zugriff: 11.11.2011).
- UNEP SBCI (2011a): Framing a common language: The Sustainable Buildings Index (SB Index). [online] <http://www.unep.org/sbci/Activities/SBIndex.asp> (Zugriff: 11.11.2011).
- UNEP SBCI (2011b): SUSHI - The Sustainable Social Housing Initiative. [online] <http://www.unep.org/sbci/Activities/RelatedInitiatives.asp> (Zugriff: 18.11.2011).
- UNFCCC (2011a): GHG emission profiles. [online] http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/ghg_profiles/items/3954.php (Zugriff: 8.11.2011).
- UNFCCC (2011b): Greenhouse Gas Inventory Data. *GHG Data*. [online] http://unfccc.int/ghg_data/items/3800.php (Zugriff: 8.11.2011).
- UNFCCC (2010): *National greenhouse gas inventory data for the period 1990-2008*, UNFCCC. [online] <http://unfccc.int/resource/docs/2010/sbi/eng/18.pdf> (Zugriff: 8.11.2011).
- UNFCCC (2011c): Status of Ratification of the Kyoto Protocol. [online] http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php (Zugriff: 7.11.2011).
- United Nations Statistics Division (2011): System of Environmental-Economic Accounts (SEEA). *About the SEEA*. [online] <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea.asp> (Zugriff: 8.11.2011).
- Upton et al. (2008): The greenhouse gas and energy impacts of using wood instead of alternatives in residential construction in the United States. *Biomass and Bioenergy*, 32(1), 1-10. [online] (Zugriff: 20.10.2011).
- Venkatarama Reddy und Kumar (2010): Embodied energy in cement stabilised rammed earth walls. *Energy and Buildings*, 42(3), 380-385.
- Vereinte Nationen (1997): *Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*, Kyoto, Vereinte Nationen. [online] (Zugriff: 6.07.2011).
- Vereinte Nationen (1992): *Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*, New York, Vereinte Nationen.
- Vermande und van der Heijden (2011): *Die Lead-Market-Initiative (LMI) und nachhaltiges Bauen: Los 1, Prüfung nationaler Bauordnungen - Abschlussbericht, Zusammenfassung*, Delft. [online] http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/LMI-Daten/pdf/prc-summary_de_deutsch_.pdf (Zugriff: 4.11.2011).
- Vestergaard (2008): Carbon Footprint of Concrete Buildings seen in the Life Cycle Perspective in *Proceedings NRMCA 2008 Concrete Technology Forum*. Denver.
- de Vries et al. (2010): Sustainability starts from the building material. Study of micronized sand as cement replacement. *BFT International*, 76(5), 14-20.
- Vukotic et al. (2010): Assessing embodied energy of building structural elements. *Proceedings of the ICE - Engineering Sustainability*, 163(3), 147-158.
- Wallhagen et al. (2011): Basic building life cycle calculations to decrease contribution to climate change - Case study on an office building in Sweden. *Building and Environment*, 46(10), 1863-1871. [online] (Zugriff: 6.10.2011).
- Walz (2005): Interaktion des EU Emissionshandels mit dem Erneuerbare Energie Gesetz. *ZIE Zeitschrift für Energiewirtschaft*, 29(4), 261-270.
- Wiedmann und Minx (2008): A Definition of „Carbon Footprint“ in *Ecological Economics Research*

arch Trends. Hauppauge NY, Nova Science Publishers, Capter 1, pp. 1-11. [online] http://www.censa.org.uk/docs/ISA-UK_Report_07-01_carbon_footprint.pdf (Zugriff: 18.07.2011).

Wirtschaftsvereinigung Metalle, Gesamtverband der Aluminiumindustrie, Gesamtverband der Deutschen Buntmetallindustrie, und Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie *Metallstatistik 2010*, Berlin. [online] http://www.wvmetalle.de/wvmprofi/medien/doc_7361_2011720153642.pdf (Zugriff: 19.10.2011).

Wirtschaftsvereinigung Stahlrohre e.V. : Abnehmerbranchen der Stahlrohrindustrie (2011): Abnehmerbranchen der Stahlrohrindustrie. [online] <http://www.wv-stahlrohre.de/abnehmerbranchen.html> (Zugriff: 19.10.2011).

Wittstock et al. (2009): Gebäude aus Lebenszyklusperspektive - Ökobilanzen im Bauwesen. *Bauphysik*, 31(1 (Sonderdruck)), 9-17. [online] (Zugriff: 21.06.2011).

World Resources Institute (2005): *Navigating the Numbers - Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*, World Resources Institute. [online] http://pdf.wri.org/navigating_numbers.pdf.

Yan et al. (2010): Greenhouse gas emissions in building construction: A case study of One Pe-king in Hong Kong. *Building and Environment*, 45(4), 949-955. [online] (Zugriff: 12.10.2011).

Ye et al. (2011): Relationship between construction characteristics and carbon emissions from urban household operational energy usage. *Energy and Buildings*, 43(1), 147-152. [online] (Zugriff: 12.10.2011).

Yeo und Gabbai (2011): Sustainable design of reinforced concrete structure through embodied energy optimization. *Energy and Buildings*, 43(8), 2028-2033. [online] (Zugriff: 28.10.2011).

Yohanis und Norton (2002): Life cycle operational and embodied energy for a generic single storey office building in the UK. *Energy*, 27(1), 77-92.

Yoshida et al. (2010): Estimating CO2 Emissions Reduction in Eco-Point Program for Green Home Appliances in Japan. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 605-612. [online] (Zugriff: 1.11.2011).

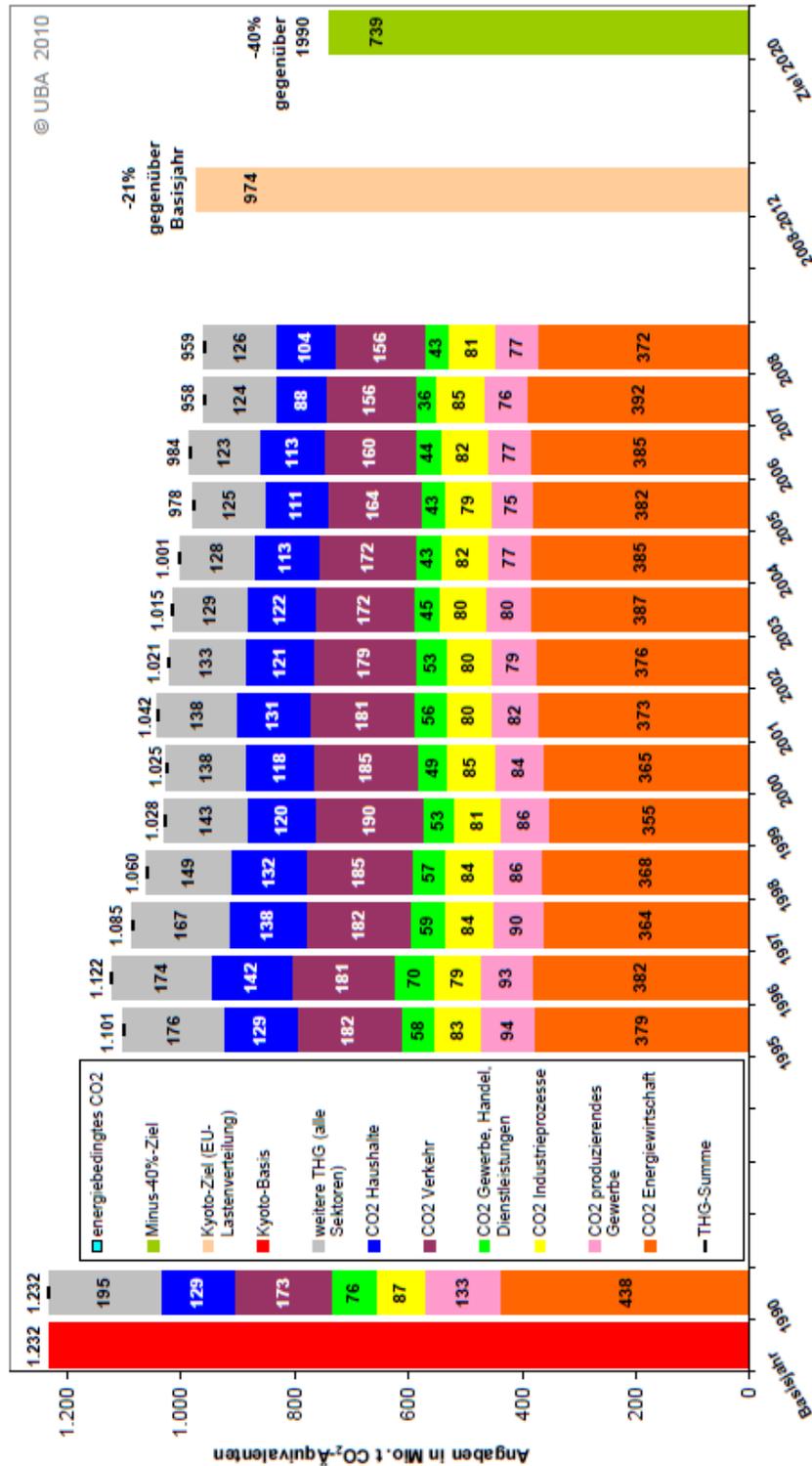
Yu et al. (2011): A future bamboo-structure residential building prototype in China: Life cycle assessment of energy use and carbon emission. *Energy and Buildings*, 43, 2638-2646. [online] (Zugriff: 6.10.2011).

Zeumer et al. (2009): Nachhaltiger Materialeinsatz - Graue Energie im Lebenszyklus (Sustainable Use of Materials - Grey Energy in the Life Cycle). *Detail*, (Iss. 1), 54-60.

Anhang

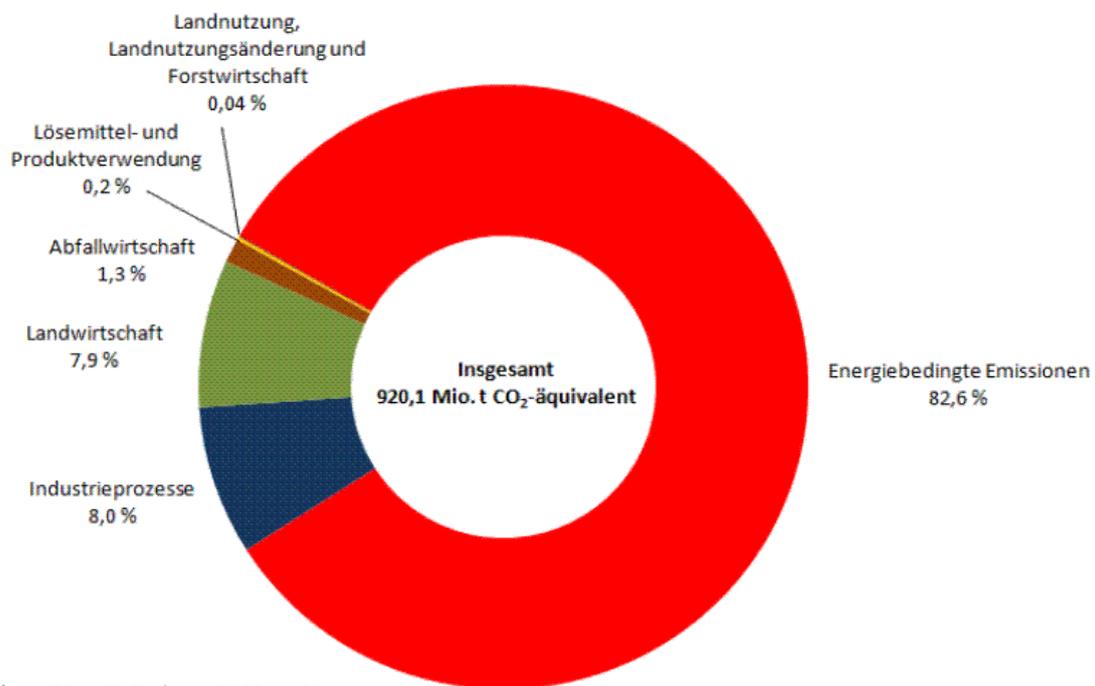
Anhang 1: Abbildungen

Abbildung 0-1: Entwicklung und Kyoto-Minderungsziel der Treibhausgasemissionen in Deutschland aufgeteilt nach Sektoren

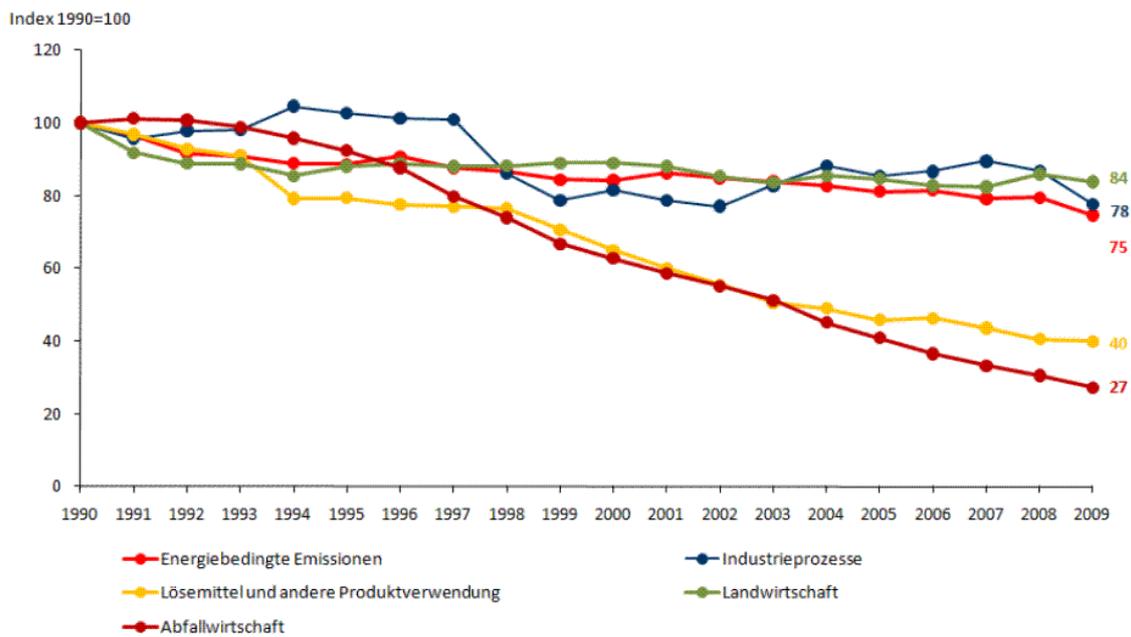


Quelle: Umweltbundesamt (2010) (d)

Abbildung 0-2: Anteile der Quellkategorien an Treibhausgas nach IPCC-Reporting und die Entwicklung der Treibhausgas seit 1990 (in CO₂e)



Emissionstrend der sechs im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase in Deutschland nach Quellkategorien



Quelle: Umweltbundesamt (2011) (b)

Abbildung 0-3: Einordnung der baubezogenen Instrumente nach zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen sowie nach DPSIR-Ansatz

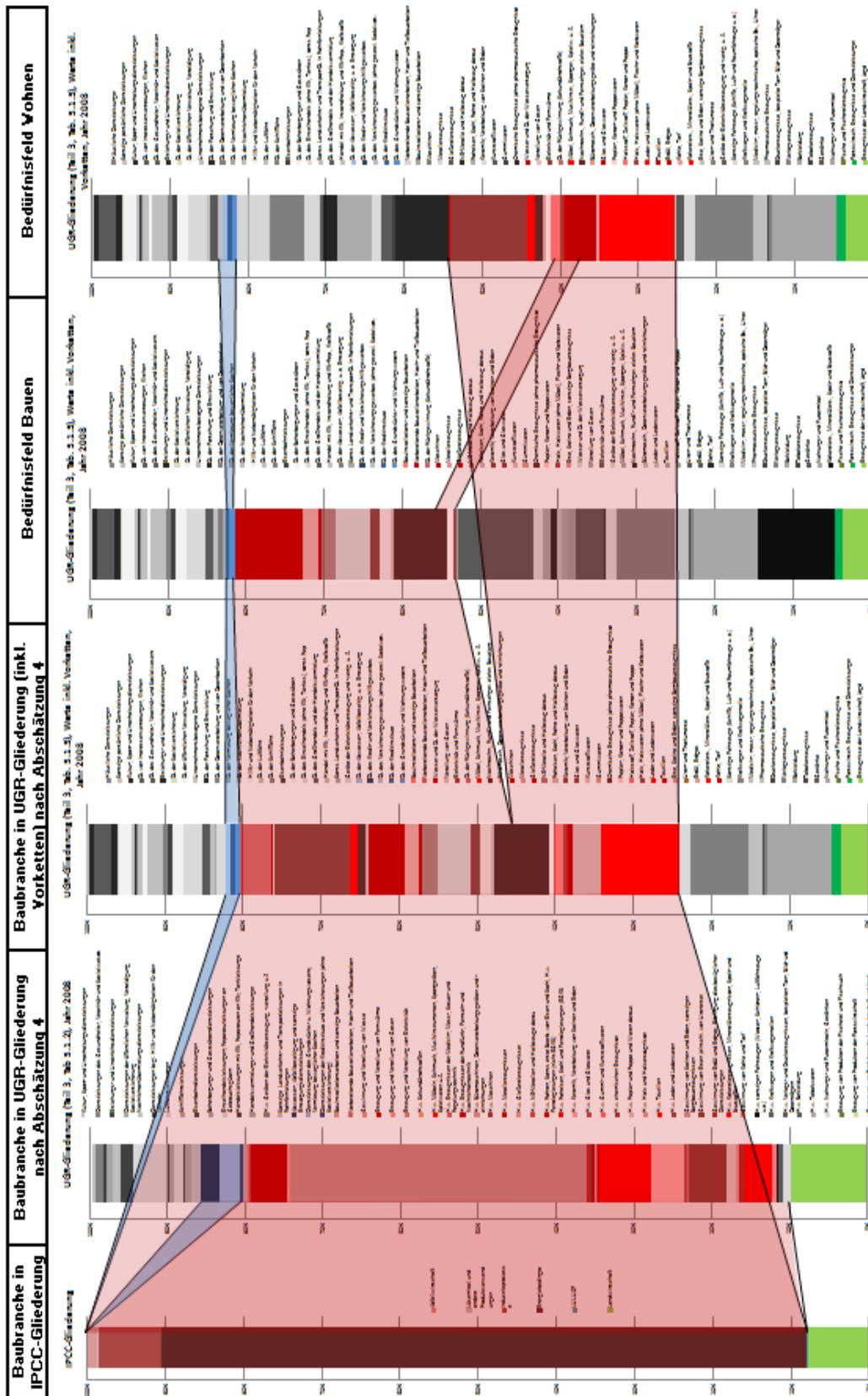
Instrumente	Jährlich	Lebenszyklus	Bau- produkte	Einzelge bäude	Gebäude- portfolios	National/ Regional	DPSIR
Okobilanz		X	X	X			Pressure, Impact
Embodied Energy/ Emission, Carbon Footprint		X*	X	X	X	X	Pressure
Carbon Profiling	X*			X			Pressure, Responses
Umweltdeklarationen EPD		X	X				Responses
Anbietererklärung	X	X	X				Responses
Zertifikate	X	X	X	X	X		Responses
Label	X	X	X	X	X		Responses
Benchmarks	X	X	X	X	X	X	Pressure
CO ₂ -/ Nachhaltigkeits- Rechner	X	X		X		X	Pressure
Common Carbon Metric		X*		X		X	Pressure
GHG Protocol	X			X	X		
Carbon Disclosure Leadership/ Performance Index	X			X**	X**		Pressure
Greenprint Foundation Property Carbon Index	X			X	X		Pressure, Responses
Sustainable Buildings Index	X			X	X	X	Pressure

* Teilweise oder vollständig operational

** Im Städtebericht

Quelle: Eigene Darstellung nach Recherchen

Abbildung 0-4: Überblick über die unterschiedlichen Quellen von Treibhausgasen und ihrer prozentualen Datengliederungen für 2008



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von Statistisches Bundesamt (2010) (c), Tabellen 5.1.2 und 5.1.5. sowie Statistisches Bundesamt (2011) (a) und von Umweltbundesamt (2011) (c), Tabelle GHG_Fractions_Year

Abbildung 0-5: Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) - Gliederung des Baugewerbes (Abschnitt F)

WZ 2008 Kode	WZ 2008 - Bezeichnung (a.n.g. = anderweitig nicht genannt)	ISIC Rev.4
F	ABSCHNITT F - BAUGEWERBE	
41	Hochbau	
41.1	Erschließung von Grundstücken; Bauträger	
41.10	Erschließung von Grundstücken; Bauträger	4100*
41.10.1	Erschließung von unbebauten Grundstücken	
41.10.2	Bauträger für Nichtwohngebäude	
41.10.3	Bauträger für Wohngebäude	
41.2	Bau von Gebäuden	4100*
41.20	Bau von Gebäuden	
41.20.1	Bau von Gebäuden (ohne Fertigteilbau)	
41.20.2	Errichtung von Fertigteilbauten	
42	Tiefbau	
42.1	Bau von Straßen und Bahnverkehrsstrecken	
42.11	Bau von Straßen	4210*
42.12	Bau von Bahnverkehrsstrecken	4210*
42.13	Brücken- und Tunnelbau	4210*
42.2	Leitungstiefbau und Kläranlagenbau	
42.21	Rohrleitungstiefbau, Brunnenbau und Kläranlagenbau	4220*
42.22	Kabelnetzleitungstiefbau	4220*
42.9	Sonstiger Tiefbau	
42.91	Wasserbau	4290*
42.99	Sonstiger Tiefbau a.n.g.	4290*
43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe	
43.1	Abbrucharbeiten und vorbereitende Baustellenarbeiten	
43.11	Abbrucharbeiten	43.11
43.12	Vorbereitende Baustellenarbeiten	4312*
43.13	Test- und Suchbohrung	4312*
43.2	Bauinstallation	
43.21	Elektroinstallation	4321
43.22	Gas-, Wasser-, Heizungs- sowie Lüftungs- und Klimainstallation	4322
43.29	Sonstige Bauinstallation	4329
43.29.1	Dämmung gegen Kälte, Wärme, Schall und Erschütterung	
43.29.9	Sonstige Bauinstallation a.n.g.	
43.3	Sonstiger Ausbau	
43.31	Anbringen von Stuckaturen, Gipserei und Verputzerei	4330*
43.32	Bautischlerei und -schlosserei	4330*
43.33	Fußboden- Fliesen- und Plattenlegerei, Tapeziererei	4330*
43.34	Malerei und Glaserei	4330*
43.34.1	Maler- und Lackiergewerbe	
43.34.2	Glasergerbe	
43.39	Sonstiger Ausbau a.n.g.	4330*
43.9	Sonstige spezialisierte Bautätigkeiten	
43.91	Dachdeckerei und Zimmerei	4390*
43.91.1	Dachdeckerei und Bauspenglerei	
43.91.2	Zimmerei und Ingenieurholzbau	
43.99	Sonstige spezialisierte Bautätigkeiten a.n.g.	4390*
43.99.1	Gerüstbau	
43.99.2	Schonstein-, Feuerungs- und Industrieofenbau	
43.99.3	Baugewerbe a.n.g.	

Quelle: Eigene Darstellung nach *Statistisches Bundesamt (2007) (a), S. 26ff*

Abbildung 0-6: Einteilung der Branchen in 17 Industrien nach SIC-Codes von Kenneth French

1 Food Food

0100-0199 Agric production - crops
 0200-0299 Agric production - livestock
 0700-0799 Agricultural services
 0900-0999 Fishing, hunting & trapping
 2000-2009 Food and kindred products
 2010-2019 Meat products
 2020-2029 Dairy products
 2030-2039 Canned-preserved fruits-vegs
 2040-2046 Flour and other grain mill products
 2047-2047 Dog and cat food
 2048-2048 Prepared feeds for animals
 2050-2059 Bakery products
 2060-2063 Sugar and confectionery products
 2064-2068 Candy and other confectionery
 2070-2079 Fats and oils
 2080-2080 Beverages
 2082-2082 Malt beverages
 2083-2083 Malt
 2084-2084 Wine
 2085-2085 Distilled and blended liquors
 2086-2086 Bottled-canned soft drinks
 2087-2087 Flavoring syrup
 2090-2092 Misc food preps
 2095-2095 Roasted coffee
 2096-2096 Potato chips
 2097-2097 Manufactured ice
 2098-2099 Misc food preparations
 5140-5149 Wholesale - groceries & related prods
 5150-5159 Wholesale - farm products
 5180-5182 Wholesale - beer, wine
 5191-5191 Wholesale - farm supplies

2 Mines Mining and Minerals

1000-1009 Metal mining
 1010-1019 Iron ores
 1020-1029 Copper ores
 1030-1039 Lead and zinc ores
 1040-1049 Gold & silver ores
 1060-1069 Ferroalloy ores
 1080-1089 Mining services
 1090-1099 Misc metal ores
 1200-1299 Bituminous coal
 1400-1499 Mining and quarrying non-metallic minerals
 5050-5052 Wholesale - metals and minerals

3 Oil Oil and Petroleum Products

1300-1300 Oil and gas extraction
 1310-1319 Crude petroleum & natural gas
 1320-1329 Natural gas liquids
 1380-1380 Oil and gas field services
 1381-1381 Drilling oil & gas wells
 1382-1382 Oil-gas field exploration
 1389-1389 Oil and gas field services
 2900-2912 Petroleum refining
 5170-5172 Wholesale - petroleum and petro prod

4 Clths Textiles, Apparel & Footware

2200-2269 Textile mill products
 2270-2279 Floor covering mills
 2280-2284 Yarn and thread mills
 2290-2295 Misc textile goods
 2296-2296 Tire cord and fabric
 2297-2297 Nonwoven fabrics
 2298-2298 Cordage and twine
 2299-2299 Misc textile products
 2300-2390 Apparel and other finished products
 2391-2392 Curtains, home furnishings
 2393-2395 Textile bags, canvas products
 2396-2396 Auto trim
 2397-2399 Misc textile products
 3020-3021 Rubber and plastics footwear
 3100-3111 Leather tanning and finishing
 3130-3131 Boot, shoe cut stock, findings
 3140-3149 Footware except rubber
 3150-3151 Leather gloves and mittens
 3963-3965 Fasteners, buttons, needles, pins
 5130-5139 Wholesale - apparel

5 Durbl Consumer Durables

2510-2519 Household furniture
 2590-2599 Misc furniture and fixtures
 3060-3069 Fabricated rubber products

14 Utils Utilities

4900-4900 Electric, gas, sanitary services
 4910-4911 Electric services
 4920-4922 Natural gas transmission
 4923-4923 Natural gas transmission-distr
 4924-4925 Natural gas distribution
 4930-4931 Electric and other services combined
 4932-4932 Gas and other services combined
 4939-4939 Combination utilities
 4940-4942 Water supply

15 Rtail Retail Stores

5260-5261 Retail - nurseries, lawn, garden stores
 5270-5271 Retail - mobile home dealers
 5300-5300 Retail - general merchandise stores
 5310-5311 Retail - department stores
 5320-5320 Retail - general merchandise stores (?)
 5330-5331 Retail - variety stores
 5334-5334 Retail - catalog showroom
 5390-5399 Retail - Misc general merchandise stores
 5400-5400 Retail - food stores
 5410-5411 Retail - grocery stores
 5412-5412 Retail - convenience stores
 5420-5421 Retail - meat, fish mkt
 5430-5431 Retail - fruite and vegatable markets
 5440-5441 Retail - candy, nut, confectionary stores
 5450-5451 Retail - dairy product stores
 5460-5461 Retail - bakeries
 5490-5499 Retail - miscellaneous food stores
 5540-5541 Retail - gasoline service stations
 5550-5551 Retail - boat dealers
 5600-5699 Retail - apparel & acces
 5700-5700 Retail - home furniture and equipment stores
 5710-5719 Retail - home furnishings stores
 5720-5722 Retail - household appliance stores
 5730-5733 Retail - radio, TV and consumer electronic stores
 5734-5734 Retail - computer and computer software stores
 5735-5735 Retail - record and tape stores
 5736-5736 Retail - musical instrument stores
 5750-5750 Retail - (?)
 5800-5813 Retail - eating places
 5890-5890 Eating and drinking places
 5900-5900 Retail - misc
 5910-5912 Retail - drug & proprietary stores
 5920-5921 Retail - liquor stores
 5930-5932 Retail - used merchandise stores
 5940-5940 Retail - misc
 5941-5941 Retail - sporting goods stores, bike shops
 5942-5942 Retail - book stores
 5943-5943 Retail - stationery stores
 5944-5944 Retail - jewelry stores
 5945-5945 Retail - hobby, toy and game shops
 5946-5946 Retail - camera and photo shop
 5947-5947 Retail - gift, novelty
 5948-5948 Retail - luggage
 5949-5949 Retail - sewing & needlework stores
 5960-5963 Retail - non-store retailers (catalogs, etc)
 5980-5989 Retail - fuel & ice stores (Penn Central Co)
 5990-5990 Retail - retail stores
 5992-5992 Retail - florists
 5993-5993 Retail - tobacco stores
 5994-5994 Retail - newsdealers
 5995-5995 Retail - computer stores
 5999-5999 Retail stores

16 Finan Banks, Insurance Companies, and Other Financials

6010-6019 Federal reserve banks
 6020-6020 Commercial banks
 6021-6021 National commercial banks
 6022-6022 State banks - Fed Res System
 6023-6023 State banks - not Fed Res System
 6025-6025 National banks - Fed Res System
 6026-6026 National banks - not Fed Res System
 6028-6029 Banks
 6030-6036 Savings institutions
 6040-6049 Trust companies, nondeposit
 6050-6059 Functions closely related to banking
 6060-6062 Credit unions
 6080-6082 Foreign banks
 6090-6099 Functions related to deposit banking
 6100-6100 Nondepository credit institutions
 6110-6111 Federal credit agencies
 6112-6112 FNMA

- 3070-3079 Misc rubber products
3080-3089 Misc plastic products
3090-3099 Misc rubber and plastic products
3630-3639 Household appliances
3650-3651 Household audio visual equip
3652-3652 Phonographic records
3860-3861 Photographic equip (Kodak etc, but also Xerox)
3870-3873 Watches clocks and parts
3910-3911 Jewelry-precious metals
3914-3914 Silverware
3915-3915 Jewelers' findings, materials
3930-3931 Musical instruments
3940-3949 Toys
3960-3962 Costume jewelry and notions
5020-5023 Wholesale - furniture and home furnishings
5064-5064 Wholesale - electrical appliance TV and radio
5094-5094 Wholesale - jewelry and watches
5099-5099 Wholesale - durable goods
- 6 Chems Chemicals**
2800-2809 Chemicals and allied products
2810-2819 Industrial inorganic chemicals
2820-2829 Plastic material & synthetic resin
2860-2869 Industrial organic chemicals
2870-2879 Agriculture chemicals
2890-2899 Misc chemical products
5160-5169 Wholesale - chemicals & allied prods
- 7 Cnsum Drugs, Soap, Prfums, Tobacco**
2100-2199 Tobacco products
2830-2830 Drugs
2831-2831 Biological products
2833-2833 Medicinal chemicals
2834-2834 Pharmaceutical preparations
2840-2843 Soap & other detergents
2844-2844 Perfumes cosmetics
5120-5122 Wholesale - drugs & proprietary
5194-5194 Wholesale - tobacco and tobacco products
- 8 Cnstr Construction and Construction Materials**
0800-0899 Forestry
1500-1511 Build construction - general contractors
1520-1529 Gen building contractors - residential
1530-1539 Operative builders
1540-1549 Gen building contractors - non-residential
1600-1699 Heavy Construction - not building contractors
1700-1799 Construction - special contractors
2400-2439 Lumber and wood products
2440-2449 Wood containers
2450-2459 Wood buildings-mobile homes
2490-2499 Misc wood products
2850-2859 Paints
2950-2952 Paving & roofing materials
3200-3200 Stone, clay, glass, concrete etc
3210-3211 Flat glass
3240-3241 Cement hydraulic
3250-3259 Structural clay prods
3261-3261 Vitreous china plumbing fixtures
3264-3264 Porcelain electrical supply
3270-3275 Concrete gypsum & plaster
3280-3281 Cut stone and stone products
3290-3293 Abrasive and asbestos products
3420-3429 Handtools and hardware
3430-3433 Heating equip & plumbing fix
3440-3441 Fabricated struct metal products
3442-3442 Metal doors, frames
3446-3446 Architectual or ornamental metal work
3448-3448 Pre-fab metal buildings
3449-3449 Misc structural metal work
3450-3451 Screw machine products
3452-3452 Bolts, nuts screws
5030-5039 Wholesale - lumber and construction materials
5070-5078 Wholesale - hardware, plumbing, heating equip
5198-5198 Wholesale - Paints, varnishes, and supplies
5210-5211 Retail - lumber & other building mat
5230-5231 Retail - paint, glass, wallpaper
5250-5251 Retail - hardward stores
- 9 Steel Steel Works Etc**
3300-3300 Primary metal industries
3310-3317 Blast furnaces & steel works
3320-3325 Iron & steel foundries
3330-3339 Prim smelt-refin nonfer metals
3340-3341 Secondary smelt-refin nonfer metals
3350-3357 Rolling & drawing nonferrous metals
3360-3369 Non-ferrous foundries and casting
- 6120-6129 S&Ls
6140-6149 Personal credit institutions (Beneficial)
6150-6159 Business credit institutions
6160-6163 Mortgage bankers
6172-6172 Finance lessors
6199-6199 Financial services
6200-6299 Security and commodity brokers
6300-6300 Insurance
6310-6312 Life insurance
6320-6324 Accident and health insurance
6330-6331 Fire, marine, property-casualty ins
6350-6351 Surety insurance
6360-6361 Title insurance
6370-6371 Pension, health, welfare funds
6390-6399 Insurance carriers
6400-6411 Insurance agents
6500-6500 Real estate
6510-6510 Real estate operators
6512-6512 Operators - non-resident buildings
6513-6513 Operators - apartment buildings
6514-6514 Operators - other than apartment
6515-6515 Operators - residential mobile home
6517-6519 Lessors of real property
6530-6531 Real estate agents and managers
6532-6532 Real estate dealers
6540-6541 Title abstract offices
6550-6553 Real estate developers
6611-6611 Combined real estate, insurance, etc
6700-6700 Holding, other investment offices
6710-6719 Holding offices
6720-6722 Investment offices
6723-6723 Management investment, closed-end
6724-6724 Unit investment trusts
6725-6725 Face-amount certificate offices
6726-6726 Unit inv trusts, closed-end
6730-6733 Trusts
6790-6790 Miscellaneous investing
6792-6792 Oil royalty traders
6794-6794 Patent owners & lessors
6795-6795 Mineral royalty traders
6798-6798 REIT
6799-6799 Investors, NEC
- 17 Other Other**
2520-2549 Office furniture and fixtures
2600-2639 Paper and allied products
2640-2659 Paperboard containers, boxes, drums, tubs
2661-2661 Building paper and board mills
2670-2699 Paper and allied products
2700-2709 Printing publishing and allied
2710-2719 Newspapers: publishing-printing
2720-2729 Periodicals: publishing-printing
2730-2739 Books: publishing-printing
2740-2749 Misc publishing
2750-2759 Commercial printing
2760-2761 Manifold business forms
2770-2771 Greeting card publishing
2780-2789 Book binding
2790-2799 Service industries for print trade
2835-2835 In vitro, in vivo diagnostics
2836-2836 Biological products, except diagnostics
2990-2999 Misc petroleum products
3000-3000 Rubber & misc plastic products
3010-3011 Tires and inner tubes
3041-3041 Rubber & plastics hose and belting
3050-3053 Gaskets, hoses, etc
3160-3161 Luggage
3170-3171 Handbags and purses
3172-3172 Personal leather goods, except handbags
3190-3199 Leather goods
3220-3221 Glass containers
3229-3229 Pressed and blown glass
3230-3231 Glass products
3260-3260 Pottery and related products
3262-3263 China and earthenware table articles
3269-3269 Pottery products
3295-3299 Non-metallic mineral products
3537-3537 Trucks, tractors, trailers
3640-3644 Electric lighting, wiring
3645-3645 Residential lighting fixtures
3646-3646 Commercial lighting
3647-3647 Vehicular lighting
3648-3649 Lighting equipment
3660-3660 Communication equip
3661-3661 Telephone and telegraph apparatus
3662-3662 Communications equipment

3390-3399 Misc primary metal products

10 FabPr Fabricated Products

3410-3412 Metal cans and shipping containers
 3443-3443 Fabricated plate work
 3444-3444 Sheet metal work
 3460-3469 Metal forgings and stampings
 3470-3479 Coating and engraving
 3480-3489 Ordnance & accessories
 3490-3499 Misc fabricated metal products

11 Machn Machinery and Business Equipment

3510-3519 Engines & turbines
 3520-3529 Farm and garden machinery
 3530-3530 Constr. mining material handling machinery
 3531-3531 Construction machinery
 3532-3532 Mining machinery, except oil field
 3533-3533 Oil field machinery
 3534-3534 Elevators
 3535-3535 Conveyors
 3536-3536 Cranes, hoists
 3540-3549 Metalworking machinery
 3550-3559 Special industry machinery
 3560-3569 General industrial machinery
 3570-3579 Office computers
 3580-3580 Refrig & service ind machines
 3581-3581 Automatic vending machines
 3582-3582 Commercial laundry and drycleaning machines
 3585-3585 Air conditioning, heating, re Frid eq
 3586-3586 Measuring and dispensing pumps
 3589-3589 Service industry machinery
 3590-3599 Misc industrial and commercial equipment
 3600-3600 Elec mach eq & supply
 3610-3613 Elec transmission
 3620-3621 Electrical industrial appar
 3622-3622 Industrial controls
 3623-3629 Electrical industrial appar
 3670-3679 Electronic components
 3680-3680 Computers
 3681-3681 Computers - mini
 3682-3682 Computers - mainframe
 3683-3683 Computers - terminals
 3684-3684 Computers - disk & tape drives
 3685-3685 Computers - optical scanners
 3686-3686 Computers - graphics
 3687-3687 Computers - office automation systems
 3688-3688 Computers - peripherals
 3689-3689 Computers - equipment
 3690-3690 Miscellaneous electrical machinery and equip
 3691-3692 Storage batteries
 3693-3693 X-ray, electromedical app
 3694-3694 Elec eq, internal combustion engines
 3695-3695 Magnetic and optical recording media
 3699-3699 Electrical machinery and equip
 3810-3810 Search, detection, navigation, guidance
 3811-3811 Engr lab and research equipment
 3812-3812 Search, detection, navigation, guidance
 3820-3820 Measuring and controlling equipment
 3821-3821 Lab apparatus and furniture
 3822-3822 Automatic controls - Envir and applic
 3823-3823 Industrial measurement instru
 3824-3824 Totalizing fluid meters
 3825-3825 Elec meas & test instr
 3826-3826 Lab analytical instruments
 3827-3827 Optical instr and lenses
 3829-3829 Meas and control devices
 3830-3839 Optical instr and lenses
 3950-3955 Pens pencils and office supplies
 5060-5060 Wholesale - electrical goods
 5063-5063 Wholesale - electrical apparatus and equipment
 5065-5065 Wholesale - electronic parts
 5080-5080 Wholesale - machinery and equipment
 5081-5081 Wholesale - machinery and equipment (?)

12 Cars Automobiles

3710-3710 Motor vehicles and motor vehicle equip
 3711-3711 Motor vehicles & car bodies
 3714-3714 Motor vehicle parts
 3716-3716 Motor homes
 3750-3751 Motorcycles, bicycles and parts (Harley & Huffy)
 3792-3792 Travel trailers and campers
 5010-5015 Wholesale - autos and parts
 5510-5521 Retail - auto dealers
 5530-5531 Retail - auto and home supply stores
 5560-5561 Retail - recreational vehicle dealers

3663-3663 Radio TV comm equip & apparatus
 3664-3664 Search, navigation, guidance systems
 3665-3665 Training equipment & simulators
 3666-3666 Alarm & signaling products
 3669-3669 Communication equipment
 3840-3849 Surg & med instru
 3850-3851 Ophthalmic goods
 3991-3991 Brooms and brushes
 3993-3993 Signs, advertising specialty
 3995-3995 Burial caskets
 3996-3996 Hard surface floor cover
 4810-4813 Telephone communications
 4820-4822 Telegraph and other message communication
 4830-4839 Radio-TV Broadcasters
 4840-4841 Cable and other pay TV services
 4890-4890 Communication services (Comsat)
 4891-4891 Cable TV operators
 4892-4892 Telephone interconnect
 4899-4899 Communication services
 4950-4959 Sanitary services
 4960-4961 Steam, air conditioning supplies
 4970-4971 Irrigation systems
 4991-4991 Cogeneration - SM power producer
 5040-5042 Wholesale - professional and commercial equipment and supplies
 5043-5043 Wholesale - photographic equipment
 5044-5044 Wholesale - office equipment
 5045-5045 Wholesale - computers
 5046-5046 Wholesale - commerial equip
 5047-5047 Wholesale - medical, dental equip
 5048-5048 Wholesale - ophthalmic goods
 5049-5049 Wholesale - professional equip and supplies
 5082-5082 Wholesale - construction and mining equipment
 5083-5083 Wholesale - farm and garden machinery
 5084-5084 Wholesale - industrial machinery and equipment
 5085-5085 Wholesale - industrial supplies
 5086-5087 Wholesale - machinery and equipment (?)
 5088-5088 Wholesale - trans eq except motor vehicles
 5090-5090 Wholesale - misc durable goods
 5091-5092 Wholesale - sporting goods, toys
 5093-5093 Wholesale - scrap and waste materials
 5100-5100 Wholesale - nondurable goods
 5110-5113 Wholesale - paper and paper products
 5199-5199 Wholesale - non-durable goods
 7000-7000 Hotels, other lodging places
 7010-7011 Hotels motels
 7020-7021 Rooming and boarding houses
 7030-7033 Camps and recreational vehicle parks
 7040-7041 Membership hotels and lodging
 7200-7200 Services - personal
 7210-7212 Services - laundry, cleaners
 7213-7213 Services - linen
 7215-7216 Services - coin-op cleaners, dry cleaners
 7217-7217 Services - carpet, upholstery cleaning
 7218-7218 Services - industrial launderers
 7219-7219 Services - laundry, cleaners
 7220-7221 Services - photo studios, portrait
 7230-7231 Services - beauty shops
 7240-7241 Services - barber shops
 7250-7251 Services - shoe repair
 7260-7269 Services - funeral
 7290-7290 Services - misc
 7291-7291 Services - tax return
 7299-7299 Services - misc
 7300-7300 Services - business services
 7310-7319 Services - advertising
 7320-7323 Services - credit reporting agencies, collection services
 7330-7338 Services - mailing, reproduction, commercial art
 7340-7342 Services - services to dwellings, other buildings
 7349-7349 Services - cleaning and bulging maint
 7350-7351 Services - misc equip rental and leasing
 7352-7352 Services - medical equip rental
 7353-7353 Services - heavy construction equip rental
 7359-7359 Services - equip rental and leasing
 7360-7369 Services - personnel supply services
 7370-7372 Services - computer programming and data processing
 7373-7373 Computer integrated systems design
 7374-7374 Services - computer processing, data prep
 7375-7375 Services - information retrieval services
 7376-7376 Services - computer facilities management serv
 7377-7377 Services - computer rental and leasing
 7378-7378 Services - computer maintenance and repair
 7379-7379 Services - computer related services
 7380-7380 Services - misc business services

5570-5571 Retail - motorcycle dealers
5590-5599 Retail - automotive dealers

13 Trans Transportation

3713-3713 Truck & bus bodies
3715-3715 Truck trailers
3720-3720 Aircraft & parts
3721-3721 Aircraft
3724-3724 Aircraft engines, engine parts
3725-3725 Aircraft parts
3728-3728 Aircraft parts
3730-3731 Ship building and repair
3732-3732 Boat building and repair
3740-3743 Railroad Equipment
3760-3769 Guided missiles and space vehicles
3790-3790 Misc trans equip
3795-3795 Tanks and tank components
3799-3799 Misc trans equip
4000-4013 Railroads-line haul
4100-4100 Transit and passenger trans
4110-4119 Local passenger trans
4120-4121 Taxicabs
4130-4131 Intercity bus trans (Greyhound)
4140-4142 Bus charter
4150-4151 School buses
4170-4173 Motor vehicle terminals, service facilities
4190-4199 Misc transit and passenger transportation
4200-4200 Motor freight trans, warehousing
4210-4219 Trucking
4220-4229 Warehousing and storage
4230-4231 Terminal facilities - motor freight
4400-4499 Water transport
4500-4599 Air transportation
4600-4699 Pipelines, except natural gas
4700-4700 Transportation services
4710-4712 Freight forwarding
4720-4729 Travel agencies, etc
4730-4739 Arrange trans - freight and cargo
4740-4742 Rental of railroad cars
4780-4780 Misc services incidental to trans
4783-4783 Packing and crating
4785-4785 Motor vehicle inspection
4789-4789 Transportation services

7381-7382 Services - security
7383-7383 Services - news syndicates
7384-7384 Services - photofinishing labs
7385-7385 Services - telephone interconnections
7389-7390 Services - misc business services
7391-7391 Services - R&D labs
7392-7392 Services - management consulting & P.R.
7393-7393 Services - detective and protective (ADT)
7394-7394 Services - equipment rental & leasing
7395-7395 Services - photofinishing labs (School pictures)
7397-7397 Services - commercial testing labs
7399-7399 Services - business services
7500-7500 Services - auto repair, services
7510-7519 Services - truck, auto, trailer rental and leasing
7520-7523 Services - automobile parking
7530-7539 Services - auto repair shops
7540-7549 Services - auto services, except repair
7600-7600 Services - Misc repair services
7620-7620 Services - Electrical repair shops
7622-7622 Services - Radio and TV repair shops
7623-7623 Services - Refridg and air conditioner repair
7629-7629 Services - Electrical repair shops
7630-7631 Services - Watch, clock and jewelry repair
7640-7641 Services - Reupholster, furniture repair
7690-7699 Services - Misc repair shops
7800-7829 Services - motion picture production and distribu-

tion

7830-7833 Services - motion picture theatres
7840-7841 Services - video rental
7900-7900 Services - amusement and recreation
7910-7911 Services - dance studios
7920-7929 Services - bands, entertainers
7930-7933 Services - bowling centers
7940-7949 Services - professional sports
7980-7980 Amusement and recreation services (?)
7990-7999 Services - misc entertainment
8000-8099 Services - health
8100-8199 Services - legal
8200-8299 Services - educational
8300-8399 Services - social services
8400-8499 Services - museums, galleries, botanic gardens
8600-8699 Services - membership organizations
8700-8700 Services - engineering, accounting, research, management
8710-8713 Services - engineering, accounting, surveying
8720-8721 Services - accounting, auditing, bookkeeping
8730-8734 Services - research, development, testing labs
8740-8748 Services - management, public relations, consulti
8800-8899 Services - private households
8900-8910 Services - misc
8911-8911 Services - engineering & architect
8920-8999 Services - misc

Quelle: French (2011)

Anhang 2: Relevante Normen im Bereich des Nachhaltigen Bauens

DIN EN ISO 14001:2009-11	Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2004 + Cor 1:2009) (Environmental management systems – Requirements with guidance for use)
DIN EN ISO 14004:2010-08	Umweltmanagementsysteme – Allgemeiner Leitfaden über Grundsätze, Systeme und unterstützende Methoden (ISO 14004:2004) (Environmental management systems – General guidelines on principles, systems and supporting techniques)
DIN EN ISO 14020:2002	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Allgemeine Grundsätze (Environmental labels and declarations – General principles)
DIN EN ISO 14021:2001	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (Umweltkennzeichnung Typ II) – Umweltbezogene Anbietererklärungen (Environmental labels and declarations – Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling))
DIN EN ISO 14024:2001	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (Umweltkennzeichnung Typ I) – Grundsätze und Verfahren (Environmental labels and declarations (Type I environmental labelling) Principles and procedures)
DIN EN ISO 14025:2010	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen (Umweltkennzeichnung Typ III) – Grundsätze und Verfahren (Environmental labels and declarations (Type III environmental declarations) Principles and procedures)
DIN EN ISO 14031:1999	Umweltmanagement – Umweltleistungsbewertung – Leitlinien (Environmental management – Environmental performance evaluation – Guidelines)
DIN EN ISO 14040:2009-11	Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework)
DIN EN ISO 14044:2006	Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
DIN EN ISO 14045:2011	(Entwurf) Umweltmanagement – Ökoeffizienzbewertung von Produktsystemen – Prinzipien, Anforderungen und Leitlinien (Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems – Principles, requirements and guidelines)
DIN EN ISO 14064-1:2011	Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals (dt.: Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene (ISO 14064-1:2006))
DIN EN ISO 14064-2:2011	Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements (dt.: Treibhausgase - Teil 2: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Projektebene (ISO 14064-2:2006))
DIN EN ISO 14064-3:2011	Greenhouse gases – Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions (dt.: Spezifikation mit Anleitung zur Validierung und Verifizierung von Aussagen über Treibhausgas) (ISO 14064-3:2006)
DIN EN ISO 14065:2011	Greenhouse gases -- Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition (dt.: Treibhausgase - Anforderungen an Validierungs- und Verifizierungsstellen für Treibhausgas zur Anwendung bei der Akkreditierung oder anderen Formen der Anerkennung)

DIN EN 15643-1:2010	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 1: Allgemeine Rahmenbedingungen (Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings – Part 1: General framework)
DIN EN 15643-2:2011	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden – Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der umweltbezogenen Qualität (Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance)
<i>DIN EN 15643-3:2010-04 (Entwurf)</i>	<i>Nachhaltigkeit von Bauwerken – Integrierte Bewertung der Qualität von Gebäuden – Teil 3: Rahmenbedingungen für die Bewertung der sozialen Qualität (Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings – Part 3: Framework for the assessment of social performance)</i>
<i>DIN EN 15643-4:2010-04 (Entwurf)</i>	<i>Nachhaltigkeit von Bauwerken – Integrierte Bewertung der Qualität von Gebäuden – Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität (Sustainability of construction works – Sustainability assessment of building – Part 4: Framework for the assessment of economic performance)</i>
DIN-Fachbericht ISO/TR 14062	Umweltmanagement - Integration von Umweltaspekten in Produktdesign und -entwicklung
ISO/CD 14006:2011	Environmental management systems – Guidelines on ecodesign
ISO/TR 14062:2002	Environmental management -- Integrating environmental aspects into product design and development
ISO 14063:2006	Environmental management - Environmental communication - Guidelines and examples
ISO 14067-1	Carbon Footprint of Products – Quantifizierung (aufbauend auf ISO 14044) (in Entwicklung; voraussichtliche Veröffentlichung: Frühjahr 2012)
ISO 14067-2	Carbon Footprint of Products – Kommunikation (aufbauend auf ISO 14025) (in Entwicklung; voraussichtliche Veröffentlichung: Frühjahr 2012)
ISO/WD TR 14069	GHG -- Quantification and reporting of GHG emissions for organizations (Carbon Footprint of organization) -- Guidance for the application of ISO 14064-1 (in Entwicklung)
ISO 15392:2008	Sustainability in building construction – General principles
ISO/TS 21929-1:2006	Sustainability in building construction – Sustainability indicators – Part 1: Framework for development of indicators for buildings
ISO 21930:2007	Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products
ISO 21931-1:2010	Sustainability in building construction – Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works – Part 1: Buildings
PAS 2050:2008	Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services
SIA 2032:2008	Graue Energie von Gebäuden

Anhang 3: Übersicht über Datenquellen von allgemeinen und baubezogenen CO₂- und THG-Emissionen (international, europaweit, national) (Stand: Aug. 2011)

Institution	Anwender	Werkzeuge (Datenbasis)	Datenbezug	Ausweis	Systemgrenze	Turnus (Format)	Link	Verwendung	
Daten, Statistiken									
Internationales System der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen SEEA (2003) (UN data, EC, IMF, OECD, WB)	Alle	Bericht, Definition der Emissionserfassung	Staat	CO ₂ -Emissionen in 40 Energieformen und 130 Industrien	CO ₂ (fossile Verbrennung inkl. Holz, Stroh, Abfall)	(pdf)	http://unstats.un.org/unsd/envac-counting/seea2003.pdf	International	
	Alle	Millennium Development Goals Database (UNDP) (Interagency and Expert Group (IAEG)) (1990-2007) (CDIAC) (UNFCCC)	Staat	<ul style="list-style-type: none"> CO₂, metric tons (total, per capita) CO₂, thousand metric tons of CO₂ CO₂, (kg CO₂ per \$1 GDP (PPP) 		Jährlich (xml)	http://data.un.org/Search.aspx?q=co2 ; interessante Darstellung des zeitlichen Verlaufs (1820-2006) (CDIAC): http://www.gapminder.org/		
	Alle	World Development Indicators WDI 2009 (World Bank) (1960-2005)	Staat	CO ₂ emissions (metric tons per capita) (WB) → Benchmark			Jährlich (xml)		http://data.un.org/Data.aspx?q=co2&d=WDI&f=Indicator_Code%3aEN.ATM.CO2.E.PC
	Alle	GHG Inventory Data, UNFCCC (Parties to the Convention und USA (siehe EPA)) (1990-2008)	Staat	<ul style="list-style-type: none"> PFC-, HFC-, SF₆-Emissionen (in 1000t CO₂e) CO₂-, N₂O- und GHG-Emissionen without LULUCF, in 1000t CO₂e 	IPCC Guidelines (1996, 2000, 2003)		Jährlich (xml)		http://data.un.org/Search.aspx?q=co2
Organisation for Economic Co-operation and Development OECD	Alle	IEA CO ₂ Emissions from Fuel Combustion Statistics 2001-2008; IEA: World Energy Outlook 2009)	Staat	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-Emissionen CO₂-Emissionen pro Einheit erzeugter Energie und pro Kopf Emissionen anderer Treibhausgase 	Revised IPCC Guideline (1996)	Stand 2009	http://www.oecd-ilibrary.org/environment/co2-emissions-from-fuel-combustion_2075826x-table1	International	
		Key Environmental Indicators 2008 (OECD-IEA, UNFCCC) (SIREN Database)	Staat, Sektoren*	<ul style="list-style-type: none"> Kyoto emissions from energy use emission intense-ties per unit of GDP and per capita for 1990-2005 	?	alle 2 Jahre	http://www.oecd.org/dataoecd/20/40/37551205.pdf		
UN Framework Convention on Climate Change UNFCCC	COP	UNFCCC reporting guidelines on annual inventories (Annex I)	Staat	Richtlinie zum THG-Berichtswesen auf Staatsebene	IPCC Guidelines (1996 resp. 2006)	(pdf)	http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&preref=600003988#beg	International	
	COP	National Communications (Annex I und Nicht-Annex I)	Staat	Richtlinien zum THG-Berichtswesen auf Staatsebene		(pdf)	http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/items/1095.php und http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2716.php		
	Alle	National GHG inventories (Annex I Parties) (2003 - 2011) <ul style="list-style-type: none"> National Inventory 	Staat	Emissions and removals of direct Kyoto-GHGs for every Kyoto-Party in the	IPCC Guidelines (1996 resp. 2006)	Jährlich	http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5888.php		

		Report (NIR) • Common Reporting Format (CRF)		sectors Energy, Industrial processes, Solvents, Agriculture, LULUCF, Waste, Others				
Alle	Sixth compilation and synthesis of initial national communications (non-Annex I Parties)	Staat	GHG Data regarding methodological issues, as well as activity data, emission factors and reporting tables		(pdf)	http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&preref=600003580#beg		
Alle	Time series (Annex I) (1990-2009)	Annex I, THG, Sektoren*, Transport	<ul style="list-style-type: none"> Total (net) CO₂, CH₄, N₂O, GHG (CO₂e) Emissions, with/without LULUCF Total HFC, PFC, SF₆ Emissions 	IPCC Guidelines (1996 resp. 2006)	Jährlich (xls)	http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3814.php		
Alle	GHG Profile (Darstellung mit Daten von 1990, 2000, 2009)	Annex I - & Nicht Annex I, THG, Sektoren*	Annex I, Annex I EIT, Annex I nicht EIT, Nicht-Annex I, EU (15)/ EU (27)	IPCC Guidelines (1996 & 2006) bzw. Nicht-Annex-I Communications Data	Jährlich (pdf, xls)	http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/ghg_profiles/items/4625.php und http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/ghg_profiles/items/4626.php		
Alle	Detailed Data by Party and Flexible Queries (1990-2009)	Annex I - & Nicht-Annex-I, THG, Sektoren*,	Datenabruf	IPCC Guidelines (1996 & 2006) bzw. Nicht-Annex-I Communications Data	Jährlich (online)	http://unfccc.int/di/DetailedByParty.do und http://unfccc.int/di/FlexibleQueries.do		
Alle	Benchmark (1990-2009)	Annex I & Nicht Annex-I, THG, Sektoren*	<ul style="list-style-type: none"> Comparisons by gas Comparisons by category 	IPCC Guidelines (1996 & 2006) bzw. Nicht-Annex-I Communications Data	Jährlich	http://unfccc.int/di/DetailedByGas.do und http://unfccc.int/di/DetailedByCategory.do		
Alle	Darstellung: <ul style="list-style-type: none"> User defined indicators Global Map (Annex I) 			IPCC Guidelines (1996 & 2006) and NIR, CRF		http://unfccc.int/di/Indicators.do und http://unfccc.int/di/Indicators.do		
The Worldbank (Weltbank WB)	Alle	Datenbank, Graphik, Benchmark (1981-2007) (CDIAC)	Staat	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ Emissionen (kt) CO₂ emissions (metric tons per capita) 	Verbrennung fossiler Treibstoffe, Gasabfackelung & Zementherst.	(xls, xml, Graphik, Weltkarte)	http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?page=5 und http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC	International
	Alle	Datenbank, Graphik, Benchmark (1981-2007) (IEA Statistics, OECD/IEA – World Development Indicators)	Staat	<ul style="list-style-type: none"> Methane, Nitrous oxide and Other greenhouse gas emissions, HFC, PFC and SF₆ (1000 metric tons of CO₂e) 	Industrial methane production; biomass burning, Industrial activities*	(xls, xml, Graphik, Weltkarte)	http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.METH.KT.CE , http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.NOXE.KT.CE , http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGO.KT.CE	
	Alle	Worldbank eAtlas (IEA, Energy Statistics and Balances of Non-OECD Countries and Energy Statistics of OECD Countries)	Staat	<ul style="list-style-type: none"> Combustible renewable & waste Electric Power consumption (kWh/pP) Energy Imports (net) (% of energy use) Energy production (kt of oil-equiv.) Energy use (kt of oil-equiv.) 	Siehe IEA	(Interaktiv)	http://www.app.collinsindicate.com/worldbankatlas-global/en	

				<ul style="list-style-type: none"> • Energy use (kg of oil-equiv. per capita) • Fossil fuel energy consumption (% of total) 				
	Alle	World Development Report 2010 : Development and Climate Change (unterschiedliche Datenquellen)	Welt, Staaten	<ul style="list-style-type: none"> • THG Footprints • Projektionen & historische kummulierte nation. Emissionsmengen • Emissionen nach IPCC-Sektoren (inkl. Residential & Commercial Buildings)* 	WB, WRI, IPCC-Richtlinie		http://wdonline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world_development_report_2010/abstract/WB.978-0-8213-7987-5.abstract und http://wdonline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world_development_report_2010/chapter_overview_changing_climate_development	
European Environment Agency EEA/EUA	Alle	EEA greenhouse gas data viewer (UNFCCC, EU GHG Monitoring Mechanism)	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Staat • Hauptsektor* 	THG-Emissionen (Absolut, Veränderungen, Vergleich /Benchmark)	IPCC Richtlinien	(online, xls)	http://dataservice.eea.europa.eu/PivotApp/pivot.aspx?pivotid=475	Europäisch
	Alle	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009 (EEA, UNECE's Task Force on Emission Inventories and Projections)		Leitfaden zur Schätzung von anthropogenen und natürlichen Emissionen (nach Sektoren)	IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006)	(pdf)	http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009	
	Alle, Staaten	Nationale Reports an UNFCCC Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Staat, EU-27, EU-15 • Hauptsektor* 	THG-Emissionen, GHG Inventory	IPCC (1996), einige evtl. auch nach IPCC (2006)	(xls, pdf, csv)	http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/national-emissions-reported-to-the-unfccc-and-to-the-eu-greenhouse-gas-monitoring-mechanism-5 und http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2011	
International Energy Agency IEA	Alle	"Key World Energy Statistics 2010" (energy balances)	Welt	CO ₂ nach Brennstoff und nach Regionen im Zeitverlauf (inkl. Bunkers)	IPCC (1996)	(pdf)	http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf , S. 44-57	International
	Alle	IEA energy balances: Indikatoren in 2008, für alle OECD-Staaten ohne Island, Chile, Estland, Israel, Mexico, Slowenien, Nicht-OECD-Länder	Staat	CO ₂ (Mt), CO ₂ /TPES (t CO ₂ /t oil-eq.), CO ₂ in t/per capita, CO ₂ /GDP (kg CO ₂ /2000 USD), CO ₂ /GDP (PPP) (kg CO ₂ /2000 USD) (from fuel combustion only)	IPCC (1996)	(online)	http://www.iea.org/stats/indicators.asp?COUNTRY_CODE=DE , http://www.iea.org/country/index.asp und http://www.iea.org/country/index_nmc.asp	
	Alle	CO ₂ Emissions from Fuel Combustion 2010 – Highlights (IEA energy databases)	Staaten	<ul style="list-style-type: none"> • Schätzungen CO₂ (1971 - 2008) • CO₂/GDP, CO₂/pP, CO₂/TPES, CO₂/kWh • CO₂-Emissionen durch internat. See- und Luftfahrt 	IPCC-Richtlinie (1996)	Jährlich (pdf, xls)	http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2143 (Vollversion kostenpflichtig)	
	Alle, OECD-Staaten	IEA (2009), Energy Balances of Non-OECD Countries, IEA	Staaten	Energiebilanzen, energetische & ökonomische Indikatoren			http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1078 (kostenpflichtig)	
	Alle, Nicht-OECD-Staaten	IEA (2009), Energy Balances of OECD Countries, IEA, Paris.	Staaten	Energiebilanzen, energetische & ökonomische Indikatoren			http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2033 (kostenpflichtig)	

World Resources Institute WRI (CAIT GHG data are derived from CDIAC, EDGAR, EIA, EPA, Houghton, IEA, and WB)	Alle	The Climate Analysis Indicators Tool 8.0 (CAIT) (1850-2007) (CAIT GHG data are derived from CDIAC, EDGAR, EIA, EPA, Houghton, IEA, and WB)	UNFCCC (ohne Territorien), Irak, Brunei	Database <ul style="list-style-type: none"> • Total GHG (excl./incl. LULUCF) (Mt CO₂, %, CO₂ pP) • Cumulative CO₂ 1990-2007 (from energy) • GHG Intensity of Economy (excl. LULUCF) (tCO₂e/Mill.\$) • Carbon Intensity of Energy Use (tCO₂e/t oil eq.) • Carbon Intensity of Electricity Production (gCO₂e/kWh) 	Datenabhängig	(xls, csv, online)	http://cait.wri.org/cait.php?page=yearly (mit Registrierung) und eindrucksvolle Graphiken dazu unter http://cait.wri.org/figures.php?page=ntn/	International
			THG, Staaten, Staaten-gruppen, Regionen, Weltweit, Sektoren*, Indikatoren	Benchmark (incl./excl. LULUCF, Int. bunkers) <ul style="list-style-type: none"> • Gase • Sektoren* (Electricity & Heat, Manufacturing & Construction, Transportation, Fugitive Emissions, Industrial Processes, , Waste) • Indikatoren • Länder 	Datenabhängig	(xls, csv, online)	<ul style="list-style-type: none"> • http://cait.wri.org/cait.php?page=gases • http://cait.wri.org/cait.php?page=sectors • http://cait.wri.org/cait.php?page=compind • http://cait.wri.org/cait.php?page=compoun 	
			THG, Staaten, Staaten-gruppen, Regionen, Weltweit, Sektoren*, Indikatoren	Projektionen (incl./excl. LULUCF, Internat. bunkers) <ul style="list-style-type: none"> • EIA-Szenarien • IEA-Szenario • SRES-Szenarien • Trendkalkulation 	Datenabhängig	(xls, csv)	http://cait.wri.org/cait.php?page=project&menu=2&start=2005&end=2025&update=Update , http://cait.wri.org/cait.php?page=calctrend&mode=view & http://cait.wri.org/cait.php?page=graphproj	
Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften (Eurostat)	Alle			Übersicht über THG-Emissionen			http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Climate_change_statistics	Europäisch
	Alle	Datenbanken (Stand: 27.07.2011)	Staaten	<ul style="list-style-type: none"> • Kyoto-Emissionen ohne LULUCF (1998-2009) (EUA) • Vergleich der THG-Emissionen zu Kyoto-Basisjahr (1990-2009) (EUA) • CO₂-Emissionen pP in EU, Entwicklungsländern (1990-2008) 	IPCC-Richtlinie (1996)	Jährlich (xls, xml, tsv, html)	<ul style="list-style-type: none"> • http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TEN00072 • http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TSIEN010 • http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/dataset?p_product_code=TSDGP410 	
	Alle	Publikationen	Staaten	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂-Emissionen durch Güterverwendung von in der EU: 9 t pro Kopf und Jahr • Berechnung der CO₂-Emissionen aus Energiestatistiken im Rahmen der Verordnung über die Energiestatistik 		(pdf)	<ul style="list-style-type: none"> • http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/publication?p_product_code=KS-SF-11-022 • http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_details/publication?p_product_code=2010-S-226-344700 	
	Alle	Datenbank	Pro-	Carbon dioxide emis-			http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/i	

			dukt-kategorien	sions from final use (nach Produktgruppen)			index.php/Carbon_dioxide_emissions_from_final_use		
	Alle	Datenbank	EU-Staaten	CO ₂ e (Quelle: EUA, 2011) <ul style="list-style-type: none"> • THG-Emissionen & Luftverschmutzung [env_air_ind] • THG (nach Sektoren) [env_air_gge] • THG nach NACE [env_ac_ainacehh] • THG totals bridging to emission inventory [env_ac_aibridg] 	Landesgrenzen	Jährlich (xls, txt, html, tsv, spss, pdf)	http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_air_ind&lang=de , http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_air_gge&lang=de , http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_ainacehh&lang=en , http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/setupModifyTableLayout.do		
Office for National Statistics	Alle	UNFCCC-Report von Großbritannien	U.K.	CO ₂ -Emissionen und andere Kyoto-Gase	Jahr	Jährlich (xls, csv)	http://www.statistics.gov.uk/STATBASE/ssdataset.asp?vlnk=8248&More=Y	(U.K.)	
Statistisches Bundesamt Deutschland (DESTATIS)405	Alle	Daten UGR zu Energie, Rohstoffe, Emissionen Ermittlungsprinzipien (http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Qualitaetsberichte/Baugewerbe/Strukturbaupsmml)		Direkte CO ₂ -Emissionen nach Produktionsbereichen im Inland in 1000t (1995-2008): Erz. v. Produkten der Land-, Forstwirtschaft & Fischerei, Produkten des Prod. Gewerbes, Dienstleistungen, Private HH		Jährlich	http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistik/Umwelt/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/EnergieRohstoffeEmissionen/Tabellen/Content100/Co2Emissionen.templateId=renderPrint.psmml und http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/SharedContent/Oeffentlich/B3/Publikation/Jahrbuch/Umwelt.property=file.pdf S. 312	National (DE)	
	Alle	Luftemissionen: Deutschland, Jahre, Luftemissionsart, Produktionsbereiche (WZ 1993) (Verfügbarer Zeitraum:1995-2008)	WZ	CO ₂ , CH ₄ , NO ₂ , andere Nicht-THG		(online, xls, csv, html)	https://www-gene-sis.destatis.de/genesis/online.jsessionid=1748C5CC2514253EB555FD2292AC374C.tomcat_GO_1_1?operation=abrufabelleAbrufen&selectionname=85111-0001&levelindex=1&levelid=1313154750945&index=1		
	Alle	Indikatoren zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland (Verfügbarer Zeitraum:1990-2010)	Deutschland	Zeitreihe THG-Emissionen bzw. Kyotogase (in CO ₂ e) (Basisjahr ist 1990)					https://www-gene-sis.destatis.de/genesis/online.jsessionid=1748C5CC2514253EB555FD2292AC374C.tomcat_GO_1_1?operation=abrufabelleAbrufen&selectionname=91111-0001&levelindex=1&levelid=1313154810544&index=2
	Alle	VGR, Input-Output-Tabellen (2011) erweitert um THG		Erweitertes Input-Output Modell für Energie und Treibhausgase: Methoden und Ergebnisse			2011 (pdf)		http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/InputOutputTreibhausgase.property=file.pdf
	Alle	Erhebung bestimmter klimawirksamer Stoffe – Ergebnisbericht		Informationen über die Herstellung, Ein- und Ausfuhr sowie	Deutschland		2009 (pdf)		http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/InputOutputTreibhausgase.property=file.pdf

405 Für weitere nationale Statistische Institute siehe OECD (2011)

		2009		die Verwendung bestimmter klimawirksamer Stoffe in der Bundesrepublik Deutschland			tis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltstatistischeErhebungen/Luftreinhaltung/ErhebungKlimawirksamerStoffe.templateId=renderPrint.phtml	
	Alle	Baugenehmigungen (1980-2010), Neubaufertigstellungen (2000-2010)	Wohn-/ Nichtwohngebäude	Überwiegend verwendetem Baustoff, Gebäudeart, Art der Beheizung, Art der Heizenergie*	Deutschland	1980-2010 (jährlich) (pdf) (excel)	http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/BauenWohnen/BautaeuigkeitWohnungsbau/BaugenehmigungenBaustoff.templateId=renderPrint.phtml	
Statistische Ämter des Bundes und der Länder	Alle	Treibhausgase (1995–2007) nach Bundesländern und Spezifische, Energie-/ Prozessbedingte THG (Stand: 2011)		<ul style="list-style-type: none"> • 1000 t CO₂e • t CO₂e je Einwohner • CO₂, CH₄, NO₂ (1000 t und % in Deutschland) 			http://www.uqrld.de/we1328.htm , http://www.uqrld.de/we1329.htm , http://www.uqrld.de/uebersicht.htm#qo6	(DE), Regional
Länderarbeitskreise Energiebilanzen	Alle	CO ₂ -Bilanzen	Länder, Quellkategorien	CO ₂	Bundesländer, Deutschland	(online)	http://www.lak-energiebilanzen.de/sixcms/detail.php?template=liste_cobilanzen und http://www.lak-energiebilanzen.de/sixcms/detail.php?gid=lbm1.c.258393.de	(DE)
Energy Information Administration (eia)	Alle	Datenbank	Produktion, Gebäude*	THG-Emissionen	USA, alle Nationen der Welt		http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/#environment , http://www.eia.gov/ctapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=90&pid=44&aid=8 , http://www.eia.gov/emeu/efficiency/greenhouse_gas/greenhouse_links.html	National (U.S.)
	Alle	Commercial Building Energy Consumption Survey database (CBECS)	Produktion, Gebäude*	Energie (Benchmark für Energie und THG in den USA)		2003 (online)	http://www.eia.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/introduction.html	
Normen, Richtlinien, Leitfäden								
Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC	Staaten	Revised Guide-lines for National Greenhouse Gas Inventories	Staat	IPCC-Richtlinien (1996)		Stand 1996	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html , http://www.de-ipcc.de/de/130.php	International
	Staaten	Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHG Inventories	Staat	IPCC-Richtlinien (2000)		Stand 2000	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html , http://www.de-ipcc.de/de/130.php	
	Staaten	Good Practice Guidance on Land Use, Land-use Change and Forestry	Staat	IPCC-Richtlinien (2003)		Stand 2003	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpalulucf/gpalulucf.html	
	Staaten	IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	Staat	IPCC-Richtlinien (2006)		Stand 2006	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html , http://www.de-ipcc.de/de/130.php	
	Staaten	IPCC Emission Factor Database (EFDB) (EEA -air pollutant emission inventory guidebook 2009)	Treibhausgase	Umrechnungsfaktoren der THG in CO ₂ e		Stand 1996	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php	
UNEP	Regie-	Common Carbon	Energie-	CO ₂ e emittiert pro			http://www.unep.org/sbci/p	—

	rung, Akteure, Institutionen	Metric* (entwickelt vom WRI)	effizienz, Betriebs-emissionen*	Quadratmeter pro Jahr (kgCO ₂ e/m ² a) (nach Gebäudetyp und nach Klimatischer Zone)			dfs/UNEP/SBCICarbonMetric.pdf und http://www.unep.org/sbci/Activities/CCM_Pilot.asp	
	Gebäude, Akteure, Institutionen	The Sustainable Buildings Index* (SB Index) (in Entwicklung)	gebäudebez. THG-Emissionen	THG-Emissionen, Materialien (Verbrauch, Verknappung, Abfallerzeugung)				
International EPD Consortium(IEC)	Beschaffung, Unternehmen, B2B, B2C*	<ul style="list-style-type: none"> EPD Climate Declaration (THG-Emissionen (CO₂e) basierend auf LCA - Informationen) 	Produkt	Richtlinie zur Ermittlung der EPD und der Climate Declaration	ISO 14025		http://www.climatedec.com/about/Background/The-International-EPDRsystem/ , http://www.environdec.com/en/Climate-Declarations/	International
Greenhouse Gas (GHG) Protocol Initiative (World Resources Institute WRI, World Business Council for Sustainable Development WBSD) (Basis der meisten THG-Bilanzierungen)	Unternehmen, Regierungen und Umweltgruppen	Corporate Accounting and Reporting Standard	Organisationen, NGOs, Universitäten	Kyotogase, Quantifizierung von Minderungspotentialen auf Unternehmensebene			http://www.ghgprotocol.org/standards/corporate-standard und http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/ghg-protocol-revised.pdf	International
		Project Protocol	Projekte	Quantifying and reporting GHG reductions from climate change mitigation projects			http://www.ghgprotocol.org/standards/project-protocol und http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/ghg_project_protocol.pdf	
		Product Accounting and Reporting Standard	Produkte	Produktbezogene THG-Emissionen			http://www.ghgprotocol.org/node/17/ , http://www.ghgprotocol.org/standards/product-standard	
		Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard	Wertschöpfungskette	THG-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette, Ausweis der Emissionen für Unternehmen			http://www.ghgprotocol.org/node/178/ , http://www.ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard	
	Staat Agriculture Energieproduzenten-&-konsumenten	<ul style="list-style-type: none"> Public Sector Protocol (in Entwicklung) Agriculture Protocol (in Entwicklung) GHG Protocol Power Accounting Guidelines (in Entwicklung) 	Emissionsquellen, Geleaste Vermögenswerte, Zulieferketten	measure and manage GHG emissions			<ul style="list-style-type: none"> http://www.ghgprotocol.org/standards/public-sector-protocol http://www.ghgprotocol.org/standards/agriculture-protocol http://www.ghgprotocol.org/feature/ghg-protocol-power-accounting-guidelines 	U.S.
Hersteller in den genannten Sektoren*, Staat	Sektorspezifische Toolsets und Leitfäden, Zusatzinformationen*	Jährl./verbrauch sabh. Produktionsmenge in Sektoren*	Direkte/ Indirekte Herstellungsemissionen*: Einbau, Betrieb, Entsorgung von Aluminium, Zement, Eisen und Stahl, Kalk, Papier, Kühl- & Klimaanlage-technik, Halbleiter, Holzprodukte, Services			(xls, pdf)	http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/sector-toolsets (mit Registrierung)	International
Alle	Cross-sector Toolsets for GHG-Emissions and Measurement & Estimation of GHG-Emissions		GHG (stationary combustion, purchased electricity, mobile sources, CHP-Plant, Refrigeration and air-conditioning)			(xls, pdf)	http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools	International
ISO International Organisations	Produkt-hersteller	ISO 14040 (2006) – LCA	Produkt	Normierung für Ökobilanzdaten, GWP	Festlegung der Systemgrenzen	(pdf)	http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37456	International

	Produkt-hersteller	ISO/TS 14048 (2002) – LCA Data Documentation Format	Produkt	Normierung für Ökobilanzdaten, GWP	Festlegung der Systemgrenzen	(pdf)	http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=29872	
	Unternehmen, Organisationen, THG-Prüfer	ISO 14064-1 (2006) ISO 14064-2 (2006) ISO 14064-3 (2006)	Organisation, Projekt, THG-Prüfqualität	Normen für Quantifizierung, Überwachung, Reporting von THG-Emissionen	Festlegung der Systemgrenzen	(pdf)	http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38381 und http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38382 und http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38700	
	THG-Prüfer,	ISO 14065 (2007)	Projekte	Normierung für THG-Validierung und Anerkennung von THG-Minderungen	Festlegung der Systemgrenzen und der Ermittlung	(pdf)	http://dict.leo.org/ende?lp=en-de&lang=de&searchLoc=0&cmpType=relaxed&sectHdr=on&spellToler=&search=accreditation	
	Produkt-hersteller	ISO/WD 14067 - Carbon Footprint (Veröffentlichung 2012)	Produkt	Definition und Abgrenzung des Carbon Footprint		(pdf)	http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=59521&utm_source=ISO&utm_medium=RSS&utm_campaign=Catalogue	
	Akteure, Institutionen	ISO 15392-1 (2008) - Sustainability in building construction - General principles*	Gebäude	Prinzipien und Abgrenzung beim nachhaltigen Bauen		(pdf)	http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=40432	
	Akteure, Institutionen, Bauprodukt-hersteller	ISO 21931 (2010)	Gebäude	Normierung für Assessments bei Nachhaltigen Gebäuden	Assessment-Methodik	(pdf)	http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=45559	
ISO 21930 (2007)		Bauprodukte	Normierung für Umweltdeklarationen im Baubereich		(pdf)	http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=40435		
ISO/TS 21929-1:2006		Indikatoren	Normierung für nachhaltige Indikatoren im Baubereich		(pdf)	http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=40436		
Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) ⁴⁰⁶	Akteure, Institutionen	DIN EN 15643-1 (2010) DIN EN 15643-2 (2011)	Gebäude	Allg. und Umweltbezog. Abgrenzung für Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden		(pdf)		Europäisch, National (DE)
	Produkt-hersteller, Konsumenten	DIN EN ISO 14040 (2009); DIN EN ISO 14044 (2006) DIN EN ISO 14067 (Frühjahr 2012)	Produkte*	Richtlinien, Grundsätze, Rahmenbed, Anforderungen, Anleitungen für Umweltmanagement/ Ökobilanz	GWP, Carbon Footprint, LCA	(pdf)		
	Unternehmen	DIN EN ISO 14064 Teil 1-3 (2006)	Unternehmen, Projekte	Wie ISO 14064 (in Entwicklung)	THG-Emissionen	(pdf)		

⁴⁰⁶ Weitere relevante Normen finden sich in Anhang 2.

British Standard Institution (BSI)	ProduktHersteller, Dienstleistungsanbieter	PAS 2050 (2008) - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services (BSI; DEFRA; Carbon Trust)	Produkte, Dienstleistungen	Definition und Berechnungsmethodik des PCF und des dienstleistungsbezogenen CF	Gesamtes CO ₂ und andere THG im Lebenszyklus des Produktes	(pdf)	http://www.bsigroup.com/en/Standards-and-Publications/How-we-can-help-you/Professional-Standards-Service/PAS-2050/ und http://www.pcf-world-forum.org/pas-2050/	Europäisch (U.K.)
Royal Institution of Chartered Surveyors RICS		The Code of Good Practice for Product GHG Emissions and Reduction Claims (BSI; DEFRA; Carbon Trust)		Leitfaden und Hinweise zum PAS 2050 (2008)		(pdf)	http://www.carbontrust.co.uk/PublicationsLibrary/CTC745.pdf	Europäisch (U.K.)
	Akteure, Institutionen*	“Redefining zero: carbon pro-filing as a solution to whole life carbon emission measurement in buildings”	Gebäude*	Carbon Profiling (Quantifizierung von operationalem & verkörpertem CO ₂), inkl. Zeiteinfluss		Stand 2010 (pdf)	http://www.rics.org/site/scripts/download_info.aspx?fileID=6878	
CEN European Committee of Standardization	Akteure, Institutionen	CEN/TC 350 - Sustainability of construction works	Neu/Bestands-Gebäude*, Bauprodukte*	Richtlinie, Norm zur Harmonisierung der Nachhaltigkeitsbewertungsmethoden sowie für EPD-Standards von Bauprodukten		(pdf)	http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/Construction/SustainableConstruction/Pages/CEN_TC350.aspx	Europäisch
	Normierungsgremien, Akteure	Construction Sector Network	Gebäude*	Erstellung von Normierungs-Entwürfen		(pdf)	http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/Construction/Network/Pages/CSNdetailed.aspx	
	Normierungsgremien, Akteure, Institutionen	Construction Sector Network Project Environment - CSNPE	Gebäude*	Umweltbewusstheit im Baubereich, Bewertung der Normierungsauswirkungen auf die Baubranche, Entwicklungen im Energiemanagement von Gebäuden		(pdf)	http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/Construction/Network/Pages/CSNPE.aspx	
Kooperationen, Initiativen								
Carbon Disclosure Project CDP	Unternehmen, Organisationen, Akteure	Database, Benchmark (Anreizsystem)	Unternehmen, Organisation	THG-Emissionen, Wasserverbrauch, Klimawandelstrategien (mitigation)		Jährlich	https://www.cdproject.net/enUS/Pages/HomePage.aspx (mit Registrierung)	International
	Alle	<ul style="list-style-type: none"> Carbon Disclosure Leadership Index CDLI Carbon Performance Leadership Index CPLI 	Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> Companies with top scores for disclosure Companies with positive measures on climate change mitigation 		Jährlich (Online)	https://www.cdproject.net/enUS/Results/Pages/leadership-index.aspx	
	Alle	<ul style="list-style-type: none"> CDP Cities CDP Supply Chain CDP Public Procurement CDP Mittelstand Initiative 	Städte, Zulieferketten	THG-Emissionen, Wasserverbrauch, Klimawandel-Strategien		(pdf)	https://www.cdproject.net/enUS/Programmes/Pages/overview.aspx	
Greenprint Foundation	Eigentümer, gewerbliche Grundbesitzer	Greenprint Performance Report (Vol. 1+2) (2010)* (Information und Benchmark) inkl. Greenprint Carbon Index (GCI)* und The Greenprint Carbon Index (GCX)*	Gebäude, Immobilien-Portfolio der Mitglieder	Direkte & Indirekte THG; ohne indirekte Emissionen von Transport, Vorketten, Abfallerzeugung, Diffuse Emissionen, Energieerzeugung vor Ort	IPCC-Richtlinien, ISO 14064	Jährlich (pdf)	http://greenprintfoundation.org/GCI/CarbonIndex.aspx	International

		Better Buildings Partnership (BBP) Green Building Management Toolkit	Gebäude, Immobilien	Leitfaden		(pdf)	http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/working-groups/owner-occupier-partnerships/green-building-management-toolkit/	National (U.K.)
		BBP Benchmarking Toolkit	Gebäude, Immobilien	Leitfaden für best practice im Bereich des Umweltmanagements		(pdf)	http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/working-groups/sustainability-benchmarks/sustainability-benchmarking-toolkit/	
		BBP Low Retrofit Toolkit	Gebäude, Immobilien	Leitfaden für operativen CO ₂ -Verbrauch in Gebäuden, mit Sanierungsplan		(pdf)	http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/working-groups/sustainable-retrofit/low-carbon-retrofit-toolkit/	
		BBP Green Lease Toolkit	Gebäude, Immobilien	Leitfaden mit best practice Empfehlungen um Umwelteinwirkungen von Lease-Objekten zu vermindern		(pdf)	http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/working-groups/green-leases/green-lease-toolkit/	
Eigentümer, gewerbl. Grundbesitzer		BBP Better Metering Toolkit	Gebäude, Immobilien	potential for energy, cost and CO ₂ savings		(pdf)	http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/working-groups/sustainability-benchmarks/better-metering-toolkit/	
		BBP Managing Agents Sustainability Toolkit	Facility Manager, Agents	Information about energy, water, waste, transport, sharing initiatives		(pdf)	http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/working-groups/property-agents/managing-agents-sustainability-toolkit/	
		BBP Managing Agents Sustainability Toolkit	Facility Manager, Agents	Information about energy, water, waste, transport and sharing initiatives		(pdf)	http://www.betterbuildingspartnership.co.uk/working-groups/property-agents/managing-agents-sustainability-toolkit/	
Label, Umweltdeklarationen, Zertifizierungen								
Carbon Trust	Organisationen	Zertifizierung „Carbon Trust Standard“ (nicht durch Dritte geprüft)	Organisationen	Carbon Footprint (t CO ₂ e)(mit jährlichen Reduktionen)	GHG Protocol; ISO 14064	(xls, pdf)	http://cts.force.com/servlet/Servlet.FileDownload?file=01520000014LIUAAU	National (U.K.)
	Produkt-/Dienstleistungshersteller*	Zertifizierung „Carbon Reduction Label“ * • Foods and Drinks • household products • electrical goods • building materials* • clothing	Marken, Produkte*, Dienstleistung	Carbon Footprint (Unabh. Verifizierung) von Construction and Building Management*, Industrials and Manufacturing, Manufacture of Basis Materials	PAS 2050		http://www.carbontrustcertification.com/page?pageid=a04D000000HNNdDIAx	
	Organisationen, alle	sektor*-, organisations-, produktspezifische* Reduktionshinweise & Übersicht über Label	Label	Übersicht (Technology Advice and Current Standard Bearers)			http://www.carbonlabel.com/	
	Organisationen	• Carbon Footprint Indicator • Carbon Footprint Calculator	Organisation, Produkt*	Carbon Footprint (geschätzt in t CO ₂ pro Jahr)	PAS 2050	(online, pdf)	http://www.carbontrust.co.uk/cut-carbon-reduce-costs/calculate/footprint-calculator/pages/footprinting-tools.aspx (mit Registrierung)	
	Akteure, Institutionen	Richtlinie „Low Carbon Refurbishment“* (mit Registrierung)	Gebäude			(pdf)	http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/PublicationDetail.aspx?id=CTV038	
	Ermittler des PCF	Footprint Expert	Produkt	Toolkit mit Rechner, Referenzdaten, Zertifiziertem PCF				
	Akteure, Bauprodukt-Hersteller	Projects on building materials	Bauprodukte*	Bauproduktinnovationen		(pdf)	http://www.carbontrust.co.uk/emerging-technologies/technology-directory/buildings/pages/buildings-technology-development.aspx	

Green Footstep	Eigentümer	Assessment Tool for reducing CO ₂ based on economic input-output life cycle assessment (EIO LCA)*	Wohn- & Nicht-Wohngebäude	Carbon Footprint incl. Bauvorbereitung, embodied emissions des Neubaus, Sanierungen, Abriss und Betrieb	GHG-Protocol		http://greenfootstep.org/	National (US)
Internationale Label ⁴⁰⁷	Produkt-hersteller, Konsumenten	Blue Angel (DE)* (BMUNR)	PCF, Bauprodukte*	Benchmark (Label Typ I, Top 20%-Runner Konzept) mit besonders geringem Energieverbrauch	GHG Protocol Product & Supply Chain; ISO 14067 (Sept. 2011)		http://www.pcf-world-forum.org/blauer-engel-germany/ und http://www.blauer-engel.de/en/consumer/living-environment/healthy_building.php	National (DE)
	Alle, Produkt-hersteller	Carbon Label (JP) (Ministry of Economy, Trade and Industry (METI))*	Produkte*	Entwicklung & Verbreitung des PCF & seiner Bewertungsmethodik von CO ₂ -Emissionen			http://www.pcf-world-forum.org/carbon-label-japan/	National JP
	Alle Produkt-hersteller	Carbon Reduction Label (Carbon Trust)*	Produkte*	Total GHG emissions from every stage of the product's life cycle (cradle to gate)	PAS 2050		http://www.pcf-world-forum.org/carbon-reduction-label-uk/	National (UK)
	Alle, Organisationen, Unternehmen	Carbon Disclosure Project Supply Chain*	Organisation	Direkte THG-Emissionen (Scope 1 and 2) und Klimawandel-Strategien	ISO 14064		http://www.pcf-world-forum.org/carbon-disclosure-project/ (Vgl. CDP)	International
	Alle, Unternehmen	Climate Declarations (Swedish Environmental Management Council, Swedish Environmental Research Institute, International EPD Consortium (IEC))* Climate Marking - Climate Certification System*	<ul style="list-style-type: none"> • Produkte* • Lebensmittel 	<ul style="list-style-type: none"> • GHG (Label Typ III) • Kennzeichnung von klimaschonenden Lebensmitteln 	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 14025 • - 		<ul style="list-style-type: none"> • http://www.pcf-world-forum.org/climate-declarations-sweden/, http://www.climatedec.com/ • http://www.pcf-world-forum.org/climate-label-sweden/, http://www.klimatmarkningen.se/in-english 	National (Schweden)
	Alle, Produkt-hersteller	<ul style="list-style-type: none"> • climatop (CH) (Ökozentrum Langenbruck und myclimate) (Datenbasis: ecoinvent)* • Swiss Climate* 	Produkte*	<ul style="list-style-type: none"> • Top Runner Konzept • branchenübergreifendes Gütesiegel mit Klimastrategien, THG-Ausweis/ Reduktion/ Neutralität (extern geprüft) 	<ul style="list-style-type: none"> • - • ISO 14064 und GHG Protocol 		<ul style="list-style-type: none"> • http://www.pcf-world-forum.org/climatop-schweiz/ und www.climatop.ch • http://www.swissclimate.ch/swissclimate/klimalabel/index.php?navanchor=2110012 	National (CH)
	Alle, Konsumenten	EU Eco Flower*	Produkte*, Dienstleistungen*	Ökologische Kriterien, aber nicht explizit THG-Emissionen (Label Typ I) (→ Carbon Footprint Measurement Toolkit)	GHG Protocol, EPD/ Climate Declarations, IPCC, EU -ETS		http://www.pcf-world-forum.org/about/eu-eco-flower/ , www.eco-label.com , http://www.environdec.com/en/Articles/Climate-Declarations/Carbon-Footprint-Measurement-Toolkit/	Europäisch
	Alle, Konsumenten	Nature&More Trace and Tell System (Al-natura (GER), Eosta (NL), and Ambootia (India))	Lebensmittel	social and ecological aspects of the production process, verified by independent institutions			http://www.pcf-world-forum.org/naturemore-trace-and-tell-system/ , www.natureandmore.com	National (DE)
	Alle, Konsumenten (in Export-ländern)	New Zealand Greenhouse Gas (GHG) Footprint Strategy (Ministry of Agriculture and Forestry (MAF); primary sector)	Lebensmittel	PCF	PAS 2050, andere internationale Standards		http://www.pcf-world-forum.org/nz-ghg-strategy/ und http://www.maf.govt.nz/climatechange/slm/ghg-strategy/	National (NZ)

407 Vgl. PCF World Forum (2011)

	Unternehmen	PCF Pilot Project* (THEMA1, WWF, Öko-Institut, Potsdam Institute for Climate Impact Research)	Produkte	PCF, Kommunikationsplattform für Unternehmen			http://www.pcf-projekt.de/files/1232955171/pcf_pm4_deutsch.pdf , http://www.pcf-project.de/main/news/	National (DE)
	Konsumenten	<ul style="list-style-type: none"> • Bilan CO₂ E.Leclerc • L'Indice Carbone Casino 	Produkte*	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ je Produktkategorie • CO₂-Gehalt (LCA) auf Eigenprodukten 			<ul style="list-style-type: none"> • http://www.jeconomisemoplanete.fr/ • http://www.produits-casino.fr/ 	National (FR)
	ProduktHersteller, Unternehmen	South Korean Carbon Footprint Label* (Korea Environmental Industry and Technology Institute (KEITI))	Produktions- und Konsumgüter, Elektronik	CO ₂ e mit Verpflichtung zur weiteren THG-Reduktion	ISO 14067 (geplant für 2011)		http://www.pcf-worldforum.org/south-korean-carbon-footprint-label/ und http://www.edp.or.kr/carbon/english/list/list.asp	National (Korea)
	ProduktHersteller, Exporteure, Unternehmen	Thailand Carbon Labels* (Thailand GHG Management Organisation) <ul style="list-style-type: none"> • Carbon Reduction Label (CRL) • Carbon Footprint Label (CFL) 	Produkte, Lebensmittel	<ul style="list-style-type: none"> • 10 % CO₂e Reduktion (Basis: 2002), Exkl. Nutzung von Energie aus Biomasse, Einsatz innovativer Technologie • Nach Thai-Leitfäden für PCF (für Export-Produkte) 	PAS 2050 und nationale Richtlinien		http://www.pcf-worldforum.org/thailand-carbon-labels/ , http://www.carbonlabelthaifood.sci.ku.ac.th/Sitemap.html und http://www.tgo.or.th	National (Thailand)
	ProduktHersteller, Gebäudeeigentümer, Mieter	<ul style="list-style-type: none"> • Energy Star (European Commission – Directorate-General for Energy) • Energy Star* (EPA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Büroeinrichtung (PC) • Gebäude 	<ul style="list-style-type: none"> • Kennzeichnung für Stromsparende Bürogeräte (EU) • Energieeffiziente neue und sanierte Häuser/Gebäude 			<ul style="list-style-type: none"> • http://www.eu-energystar.org/de/ • http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new_homes_hm_index, http://www.energystar.gov/index.cfm?c=business_business_index 	National (EU/US)
	ProduktHersteller, Alle	Nordic Swan	Produkte, Bauprodukte*	THG-Emissionen, Energieverbrauch & andere Nachhaltigkeitskriterien			http://www.nordic-ecolabel.org/Global/Downloads/Ecolabeling%20Steps%20towards%20Sustainability.pdf	International (Skandinavien)
	Eigentümer und Besitzer von Gebäuden, Mieter	Green Globes (Green Building Initiative (GBI); Energy's Commercial Building Energy Consumption Survey (CBECS) database, US Life Cycle Inventory Database	Neue und Sanierte Gebäude	Energie und CO ₂ e-Emissionen (im Betrieb und in Materialien)	Cradle to grave, EPA Energy Star Target Finder, ATENA® Eco-Calculator for Assemblies		http://www.thegbi.org/green-globes/ (www.nrel.gov/lci)	National (U.S.)
Internationale Zertifizierungen	Gebäudeeigentümer, Mieter	LEED* (US Green Building Council)	Gebäude	Nachhaltige Bauplätze, Wassereffizienz, Energie & Atmosphäre, Material & Ressourcen und andere Faktoren, Innenraumklima		(xls, pdf)	http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1989 und http://www.igbc.in/site/igbc_tests.jsp?event=22869	International (US, Kanada, Mex., India, Brasilien)
	Gebäudeeigentümer, Mieter	BREEAM* (BRE Trust) und Code for Sustainable Homes*	Neue & Sanierte Gebäude	Energie und CO ₂ -Emissionen sowie andere Nachhaltigkeitskriterien			http://www.breeam.org/podpage.jsp?id=369 , http://www.breeam.org/podpage.jsp?id=368 , http://www.breeam.org/page.jsp?id=86	International (UK, NL)
	Gebäudeeigentümer, Mieter	Green Mark* (Building & Construction Authority)	Neue & Sanierte Gebäude	Energieeffizienz sowie andere Nachhaltigkeitskriterien		(pdf)	http://www.bca.gov.sg/Green-Mark/green_mark_buildings.html	National (Singapur)

	Gebäudeeigentümer, Mieter	CASBEE* - Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency	Neue & Sanierete Bauten, Planung, Sanierung	Energieeffizienz sowie andere Nachhaltigkeitskriterien			http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm , http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm	National (JP)
	Gebäudeeigentümer, Mieter	DGNB* Zertifizierungssystem (geplant: Bestand/Renovierung Wohnbauten)	Nicht-Wohnbauten (Neu/Bestand), Sanierung	GWP auf Basis einer Ökobilanz			http://www.dgnb.de/de/zertifizierung/bewertung/themenfelder-gewichtung.php , http://www.dgnb.de/de/zertifizierung/bewertung/kriterienueberblick.php und http://www.dgnb.de/de/zertifizierung/nutzungsprofile/index.php	National (DE)
	Eigentümer, Mieter	Green Star* (Green Building Council Australia/New Zealand)	Nichtwohngebäude, Büroeinrichtung	Energie, Emissionen, andere Nachhaltigkeitskriterien und Innovation			http://www.gbca.org.au/ , http://www.nzgbc.org.nz/main/ und http://www.nzgbc.org.nz/main/greenstar/elaboration/ratingtools , http://www.gbcsa.org.za/greenstar/ratingtools.php	National (AUS/NZ/USA)
	Eigentümer und Besitzer von Gebäuden, Mieter	IGBC Rating Systems (Indian Green Building Council): <ul style="list-style-type: none"> Green Homes Rating System Green Townships Rating System Green SEZ Rating System Green Factory Building rating system 	Gebäude, Quartiere	Emissionen, VOC			http://www.igbc.in/site/igbc/tes-tigbc.jsp?desc=115708&event=115679 http://www.igbc.in/site/igbc/tes-tigbc.jsp?desc=267002&event=267001 http://www.igbc.in/site/igbc/tes-tigbc.jsp?desc=233674&event=233670 http://www.igbc.in/site/igbc/tes-tigbc.jsp?desc=191592&event=191580	National (India)
Politische Akteure								
EU Kommission	EU-Staaten	EU-Gebäuderichtlinie Energieeffizientere Gebäude (Directive on the Energy Performance of Buildings (EPBD)*) (2010)	Neubau, Bestand, Heizung, Klima	Einführung von Energietifizierungssystemen für Gebäude (Verschärfung der EnEV 2009 → 2012)			http://www.enev-online.de/epbd/2010/index.htm und http://epbd-ca.org/	Europäisch
	Energieunternehmen, Anlagenbetreiber, Produkthersteller*	EU Emission Trading System (ETS) (DG CLIMA) (ab 2012 Airlines, ab 2013 Erweiterung um andere THG & Branchen)	11.000 Kraftwerke, Industrieanlagen,	CO ₂ und NO _x - Emissionen (Kraftwerke, Feuerungsanlagen, Ölraffinerien, Eisen- und Stahlwerke, Fabriken für Zement, Glas, Kalk, Ziegel/ Klinker, Keramik, Papier)*	EU plus Liechtenstein, Norwegen und Island	Handelsperioden	http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm	
	Alle, Produkthersteller	International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook (JRC-IES)	Sektoren, Unternehmen, Produkte*	EU- Richtlinie zum LCA und LCIA, Methoden und technische Anleitungen für LCA-Unterstützung von Politik & Unternehmen	ISO 14040, ISO 14044	(pdf)	http://ict.jrc.ec.europa.eu/assessment/assessment/projects/#d und http://www.pcf-world-forum.org/eu-database-elcd-and-international-reference-ilcd/	
	Unternehmen, Öffentl. Einrichtungen	International Reference Life Cycle Data System (ILCD) (in Entwicklung)	Sektoren, Unternehmen, Produkte*	EU-Datenbank mit LCA-Informationen			http://www.pcf-world-forum.org/eu-database-elcd-and-international-reference-ilcd/ und http://ict.jrc.ec.europa.eu/assessment/assessment/projects/#d	
	Unternehmen, Öffentl. Einrichtungen	European Life Cycle Database (ELCD)	Sektoren*, Unternehmen,	Geprüfte In- und Outputdaten von europ. Unternehmen, LCA-Instituten und		(online, xls)	http://www.pcf-world-forum.org/eu-database-elcd-and-international-reference-ilcd/ , http://lca.jrc.ec.europa.eu/	

	tungen		Produkte* (Materialien)	Beratungen, Leitfäden und Bilanzierungen			cainfohub/datasetArea.vm und http://lca.jrc.ec.europa.eu/cainfohub/datasetCategories.vm	
	Produkt-hersteller, Konsum-enten, Alle	Übersicht über euro-päische LCA-Datenbanken	Produkte, Bau-produkte*	DEAM, DIM, eco-invent, Eco-Design, EIME, GaBi, GEMIS, ProBas, SALCA, US LCID (Athena Institute) und andere)			http://lca.jrc.ec.europa.eu/cainfohub/databaseList.vm	
	Staaten, Region-en	Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), version 4.0 (JCR, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency)	Staaten, Räumliche Einheiten	Globale historische und aktuelle anthropogene THG-Emissionen und Luftverschmutzungen			http://edgar.jrc.ec.europa.eu/index.php	
	Staaten	EU GHG Monitoring Mecanism	EU-Staaten	EU-Entscheidung für Kyoto-Umsetzung Nationale und Regionale Bilanzierung			http://europa.eu/legislation_summaries/environment/acknowledging_climate_change/128044_en.htm	
	Unter-nehmen	LCA Resources Directory	Produkte	Werkzeuge für LCA und Datenbanken mit LCA-Daten			http://lca.jrc.ec.europa.eu/cainfohub/directory.vm http://lca.jrc.ec.europa.eu/cainfohub/toolList.vm und http://lca.jrc.ec.europa.eu/cainfohub/databaseList.vm	
	Bauprod-uk-t-hersteller	Construction Products Regulation (CPR)*; (EU)-Regulation 305/2011 (ab 2013: Construction Products Directive (CPD) (89/106/EEC))	Bauprodukte	Harmonisiert die Bedingungen für das Marketing von Bauprodukten und klaren Vorgaben für die CE-Kennzeichnung			http://www.umweltbundesamt.de/produkte-e/bauprodukte/von-ri-zu-vo.htm , http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/Construction/HarmonizedStandards/Documents/CPRproposalCOM2008311.pdf *	
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS	Alle	Datenbank WECO-BIS*	Bau-stoffe	Spezifikation von Baustoffen und -produkten	Baustoff, Baupro-dukt, Bau-element, Bauteil	Stän-dig	http://www.wecobis.de/jahia/Jahia/Home;jsessionid=1539AE08478394FD63338518082F372E	National (DE)
	Alle	Datenbank Ökobaudat (Datenbasis: PE-International und GaBi-Software)*	Bau-stoffe	GWP-100 und andere Ökobilanzwerte für Baustoffe und Bauprodukte			Stän-dig	
	Alle	CO ₂ -Gebäudereport 2007	Wohn-/ Nicht-wohn-gebäude	CO ₂ -Emissionen durch Raumwärme, Nutzerverhalten & Investitionsbereitschaften	Deutsch-land	2007	http://www.bmvbs.de/Shared/Docs/DE/Anlage/BauenUndWohnen/co2-gebaeudereport-langfassung.html?nn=35768	
	Eigen-tümer, Mieter	EnEV-Energieausweis (Bedarfsausweis, Verbrauchsausweis)	Wohn-/ Nicht-wohn-gebäude	Energiebedarf & durchschnittlicher Verbrauch der letzten 3 Jahre für Beheizen und Betreiben des Gebäudes	Wohn- und Nicht-wohnge-bäude		http://www.enev-online.org/enev_2009_praxisdialog/index.htm (EnEV §16-21, Anhänge 6-9)	
Department for Communities and Local Government	Eigen-tümer, Mieter	L1A, L1B, L2A, L2B - Standard (Britische Gebäudeverordnung Teil L, bzw. Part J oder F)	Neue und renovierte Gebäude	Maximale CO ₂ -Emissionen für Gebäude (Netto-Reduktion von 40% von vor 2002)			http://www.carbontrust.co.uk/policy-legislation/business-public-sector/pages/building-regulations.aspx	National (U.K.)
	Eigen-tümer, Mieter, Alle	English Housing Survey (EHS): Housing Stock Report 2009 (Juli 2011)	CO ₂ t/Jahr pro Wohneinheit	Energieeffizienz, Energieeinsparpotential, CO ₂ -Emissionen	geschätzte betriebsbedingte CO ₂ -Emissionen pro Wohnungsart und -alter	Jähr-lich (pdf)	http://www.communities.gov.uk/publications/corporate/statistics/ehs2009stockreport , http://www.communities.gov.uk/documents/statistics/pdf/19372481.pdf	
	Eigen-tümer,	Energy Performance Certificates (EPCs)	Wohn-/ Nicht-	Designabhängige Energieeffizienz von			http://www.communities.gov.uk/planningandbuilding/s	

	Mieter	for properties	wohn-gebäude (Neubau, Bestand)	Gebäuden (Rating von A bis G) inkl. Hinweise zur Verbesserung			sustainableenergyperformance/ndecs/ , http://www.communities.gov.uk/planningandbuilding/sustainableenergyperformance/displayenergycertificates/	
	Eigentümer, Mieter	Display Energy Certificates DECs	Öffentl. Gebäude >1000m ²	Energieverbrauch der letzten 12 Monate (Energieeffizienz-Rating von A bis G)		Jährlich	http://www.communities.gov.uk/planningandbuilding/sustainableenergyperformance/displayenergycertificates/	
	Eigentümer, Mieter	Code for Sustainable Homes (ersetzt: Eco-Homes)	Neue Wohngebäude	Rating (1-6 Sterne) für Energie, CO ₂ -Emissionen & andere Nachhaltigkeitsaspekte			http://www.communities.gov.uk/planningandbuilding/sustainable/codesustainablehomes/	
	Eigentümer, Mieter	Report: Zero carbon non-domestic buildings	Nicht-wohngebäude	CO ₂ -Emissionen			http://www.communities.gov.uk/documents/planningandbuilding/pdf/1940106.pdf	
Department for Environment, Food & Rural Affairs DEFRA	Alle	DEFRA - Reporting-Leitlinien für Organisationen und Umrechnungsfaktoren der THG	Organisationen	THG			http://www.defra.gov.uk/environment/economy/business-efficiency/reporting/	National (UK)
Department for Energy and Climate Change DECC	Alle	Datensatz zu lokalen und regionalen CO ₂ -Emissionen (geschätzt) (AEA)	Landkreise, Sektoren	CO ₂ -Emissionen (kt) pro Kopf, total		(2005 - 2008)	http://www.decc.gov.uk/assets/decc/statistics/climate_change/localauthorityco2/457-local-regional-co2-2005-2008-full-data.xls , http://www.decc.gov.uk/assets/decc/statistics/climate_change/local-authority-co2-2008-stat-summary.pdf	National (U.K.)
	Organisationen	Tool zur Ermittlung des CF von Organisationen	Organisation	CO ₂		(xls)	http://www.decc.gov.uk/assets/decc/statistics/nationalindicators/ni185emissionstool.xls	
U.S.-Department of Energy (DOE)	Alle	Carbon Dioxide Information Analysis Center Projekt „Vulcan“ (NASA, US Dep. of Energy) (Messdaten)	THG, Ökosystemdaten	CO ₂ , THG, LULUCF		ständig	http://cdiac.ornl.gov/ , http://public.ornl.gov/ameriflux/	National (U.S.)
Sonstige								
University of Bath	Produkt-hersteller	ICE-Datenbank - Inventory of Carbon and Energy (ICE): Zusammenfassung (2008)	Baumaterial, Bauprodukte*	Datenbank zur Ermittlung der verkörperten Energie & Emissionen vieler Baumaterialien	cradle to grave		http://www.bath.ac.uk/mec/en-eng/serf/embedded	National (UK)
DENA Dt. Energieagentur	Eigentümer, Mieter	Gütesiegel Effizienzhaus	Wohngebäude (Neubau, sanierter Bestand)	Energieeffizienz			http://www.dena.de/themen/thema-bau/projekte/projekt/dena-guetesiegel-effizienzhaus/ , http://effizienzhaus.zukunft-haus.info/aktionen/	National (DE)
UBA Umweltbundesamt	Eigentümer, Mieter	Energieausweis	Gebäude	Energet. Qualität mit Modernisierungstipps zur Energieeinsparung			http://www.dena.de/themen/thema-bau/projekte/projekt/energieausweis/ , www.zukunft-haus.info/energieausweis	National (DE)
	Alle	Öffentliche Berichte zum Emissionshandel	Deutschland	Kyotogase	IPCC	Jährlich	https://www.register.dehst.de/crweb/report/public/publicReportList.do	
PE International	Alle	Nationale GHG-Inventarbericht (1990-2007) und (1990-2008)	Staat	THG-Emissionen nach IPCC-Quellen		(pdf)	http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-3727.pdf , S. 110f. (DE), S. 195 (nach Bundesländern) und http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-3958.pdf (DE)	
		GaBI-Datenbank (kostenpflichtig)	Produkte				http://www.gabi-soft-ware.com/deutsch/loesung	

		<ul style="list-style-type: none"> LCA-Tool für Gebäude Carbon Footprint-Tool 					en/oekobilanzen-fuer-gebaeude/ , http://www.gabi-soft-ware.com/deutsch/loesung-en/product-carbon-footprint/	
German-watch	Alle	Klimaschutz-Index, Klimarisiko-Index	Staat	CO ₂ -Emissionen (energie-bedingt), Primärenergieverbrauch			http://www.germanwatch.org/	National (DE)
Athena Institute	Eigentümer, Mieter	<ul style="list-style-type: none"> ATHENA® <i>Impact Estimator for Buildings</i> ATHENA® <i>EcoCalculator for Assemblies</i> (US Life Cycle Inventory Database (www.nrel.gov/lci)) 	LCA für Bau-/Gebäudeteile*	Primärenergie, GWP (CO ₂ e), gewichtete Ressourcen, Luft- und Wasserverschmutzung; Vergleich und Beurteilung von Bauteilen im Zeitraum von 60 Jahren	Lebenszyklus (inkl. Transport, Wartung, Ersatz, Rückbau, Erdbebewegungen)		http://www.athenasmi.org/about/index.html , www.athenasmi.ca http://www.athenasmi.org/tools/ecocalculator/	National (Kanada)
Environmental Protection Agency	Alle	Richtlinien, Daten	EPA Energy Star Target Finder	Benchmark (CO ₂ e), Energieeffizienz			http://www.energystar.gov/index.cfm?c=business.busindex , http://www.energystar.gov/index.cfm?c=new_bldg_design.bus_target_finder	National (US)
Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center ORNL/DAAC	Alle	U.S. Greenhouse Gas Inventory Report (2011)	USA	Kyotogase	IPCC, USA	Jährlich	http://epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html	National (U.S.)
	Alle	FLUXNET (Messdaten)	USA, Weltweit	CO ₂		Ständig	http://daac.ornl.gov/FLUXNET/fluxnet.shtml	
Green Design Institute of Carnegie Mellon University	Alle	Input-Output-Daten von Produkten		Energie, GHG	Produkt		http://www.eiolca.net/	
Institution	Anwender	Werkzeuge (Datenbasis)	Datenbezug	Ausweis	Systemgrenze	Turnus (Format)	Link	Verwendung

Quelle: Eigene Darstellung, aus diversen Quellen zusammengetragen

Weitere Informationen finden sich bei den nationalen Statistischen Ämtern der OECD-Staaten oder bei entsprechenden Öko- und Forschungsinstituten sowie beim WRI.

Anhang 4

Fehlende Datensätze in Ökobau.dat-Datenbank:

Marmor (081111330, 081111360), Sandstein und weitere Gesteinsarten wie Kreide, Dolomit, Tonschiefer; Heim- und Haushaltstextilien (132012605, 132020172, 132020178, 132020440, 132020740, 132031505, 132031705, 133012304, 133012904, 133013304, 133013504, 133019304, 139119105), Gardinen und Wandbehänge (132031504, 139215300-700), Möbelstoff (132032101), Dekorationsstoff (132032102, 139216200-800), Tropenholz (161010710, 161010770) und Andere Nicht-Tropenhölzer, Parkettleisten (161021103, 161021504), Ein-Zweifamilienhäuser aus Holz sowie andere Wohn- und Betriebsgebäude, Gartenhäuser (162320003, 162320005, 162320009); Ziegel für Boden- und Straßenbeläge (233211107); Gehwegplatten (236111504-509); Steingutflesien und andere; Deckenziegel (233211300); Gips-Bauplatten (236210900); Vorgefertigte Gebäude aus Eisen, Stahl und Aluminium (251110303-500) und andere Konstruktionen wie Brücken, Türme, Gittermaste (251121003-251123709) inkl. Rolläden, Glasbauten, Stahlträger, Bauelemente, Skelettkonstruktionen; Garagentore, Rolltore etc. (251210301-309); Gesenkteile aus Stahl für Bau und Baumaschinen (255012600), (Möbel)Schlösser und Türbeschläge (257211703, 257211709, 257212300, 257212500, 257214435, 257214455); Scharniere für Möbel (257214101) und Bauten (257214103); Türbeschläge (257214435, 257214455), Andere Baubeschläge und Beschläge für Möbel und Fenster-/Türevorhänge; Abwasch- und Waschbecken (259911100); Sonderausstattungen wie Panzerschränke, Stahlkammern, etc. (259921300ff); Elektrisches Installationsmaterial (273311001ff); Glasfaserkabel und Fernmeldeinstallationen (273111003ff); Halogenlampen und Glühlampen (274012930ff); Außenleuchten für Haus und Garten (274039302-303), Armaturen (281413000ff); Bidets, Klosettschüsseln, Spülkästen etc. aus Kunststoffen (222312900); Fensterläden, Jalousien (222314700) und Türrahmen aus Kunststoff (222314507); Baubedarfsartikel (222319501ff); Türrahmen (162311501-505); Glasteile für Beleuchtungskörper (231924000); Möbel (3100 11 550ff); Hintermauerziegel (233211103).

Genauere Spezifikation in Ökobau.dat-Datensatz notwendig:

Komplette Fenster (251210320, 251210507, 162311100, 162311501, 162311505) in Stück statt m² oder m ohne nähere Spezifikation der Verglasung während in Ökobau.dat Fensterelemente genannt sind; Differenzierung der verwendeten Stahlbleche, -stäbe, -profile (241002100ff) und Schienen sowie Oberbaumaterial der Bahn (241002520); Differenzierung der Schrauben (Kleinteile zur Befestigung); Differenzierung bei Steckvorrichtungen (273313502-503) für Stromkreise (273313100ff); Differenzierung Gummi-Bodenbelag; Differenzierung Metallbeschichtungen hinsichtlich Masse; Fußbodenheizung ohne Massen-Angabe; Lüfter in Ökobaudat nicht weiter spezifiziert (ob Dachlüfter oder Klimagerät); Bautischlerarbeiten (162319007, 162319009) in Stück erhoben statt m³; Dachziegel (233212503, 233212505, 233212507, 233212509) in Stück erfasst statt m³ oder kg; Sanitärkeramik (234210300, 234210500) in Stück statt kg erfasst; Metallbeschichtung ohne Mengenangabe; unterschiedliche Stahlbehälter in unklarer Spezifikation; Fenster- (162311100), Holz- (162311100) und PVC-Rahmen (222314505) in Stück statt m erhoben; Bade- und Duschwannen (222312500) in Stück statt kg erhoben; Steinzeugfliesen (233110530, 233110730) sind in m² statt kg erhoben → Näherung für Berechnung mit CREATON-Keramische Fassadenplatte; Faserzementbauplatten (236511003, 236511005, 236511007, 236511009) in m² statt m³ oder kg; Solarkollektoren in Stück und nicht in qm; Fugenbänder in div. Materialien; Aluminium-Rahmenprofile; Kaltkleber; Dichtmasse; WDVS.