

# 1 Einleitung

## 1.1 Klimaschutz mittels Bioenergie und grüner Logistik

Die seit Beginn der Industrialisierung auftretenden Veränderungen im Stoffhaushalt der Atmosphäre werden der energieintensiven Lebensweise der Menschen und den damit verbundenen Emissionen von Treibhausgasen (THG)<sup>1</sup> zugeschrieben. Die weltweite Konzentration der Treibhausgase stieg von 1970 bis 2005 um ca. 61%. Dabei dominieren die Kohlendioxid-Emissionen (CO<sub>2</sub>, siehe Abbildung 1-1), welche weltweit in diesem Zeitraum um 86% zunahm. Die Zunahme der THG-Konzentration verursacht den anthropogenen, d. h. durch den Menschen verursachten, Treibhauseffekt, welcher den natürlichen Treibhauseffekt verstärkt.

Etwa 60% der insgesamt emittierten Treibhausgase (d. h. 27 Gt von 45,5 Gt Kohlendioxid-Äquivalenten (CO<sub>2e</sub>)<sup>2</sup>) resultieren aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Von diesen werden weltweit wiederum 23% (d. h. knapp 15% der gesamten THG-Emissionen) durch den Transport, und hier insbesondere durch den Straßentransport, verursacht.<sup>3</sup>

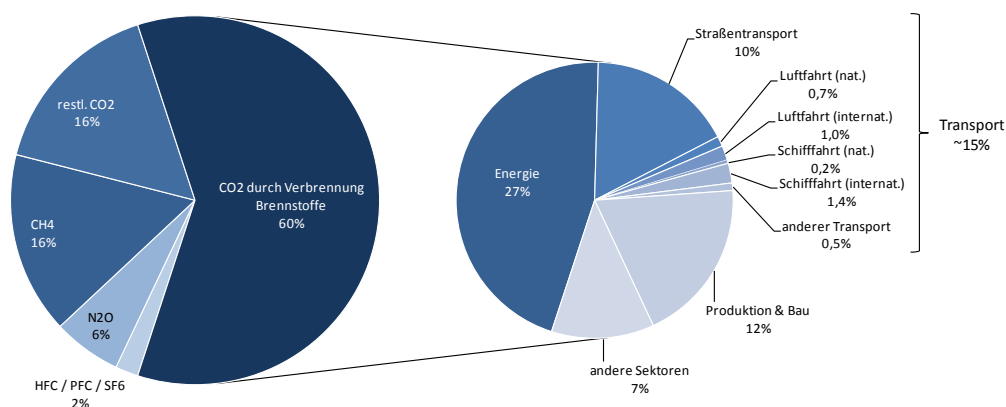


Abbildung 1-1: THG-Emissionen sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Brennstoffverbrennung weltweit (2005)<sup>4</sup>

Die Bedeutung des Transportsektors hinsichtlich der jährlichen Treibhausgasemissionen gilt sowohl weltweit als auch national. In 2008 betragen die in Deutschland verursachten Treibhausgasemissionen insgesamt 988 Mio. Tonnen CO<sub>2e</sub>, allein 78% davon waren energiebedingt durch Verkehr, Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen sowie Industrie (siehe Abbildung 1-2).

<sup>1</sup> Treibhausgase umfassen u. a. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Fluorchlorkohlenwasserstoffe, teil-/voll-fluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>)

<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2e</sub>) sind die in einer Kennzahl zusammengeführten Treibhausgasemissionen, gewichtet hinsichtlich ihrer Klimaschädlichkeit im Vergleich zu CO<sub>2</sub> mittels dem sog. Treibhausgaspotential (Global Warming Potential GWP), siehe Kapitel 4.3.1.

<sup>3</sup> vgl. ITF, OECD 2010, S. 5ff

<sup>4</sup> eigene Darstellung auf Basis von ITF, OECD 2010, S. 7

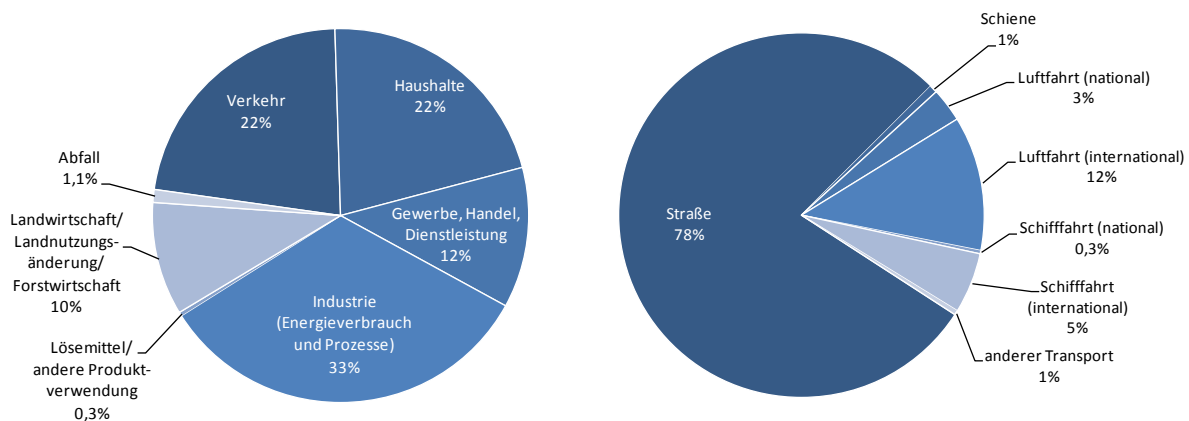


Abbildung 1-2: Treibhausgasemissionen in Deutschland (2008)<sup>5</sup> sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen des Transportsektors (2007)<sup>6</sup>

In Deutschland wurden im Jahr 2008 83% der Güter über die Straße und 10% auf der Schiene transportiert. Die gesamte Transportleistung betrug 481,2 Mrd. tkm, wobei der Straßengüterverkehr 63% leistete, 24% die Schiene sowie gut ein Zehntel die Binnenschifffahrt.<sup>7</sup> Insgesamt trug der Verkehr im Jahr 2008 etwa 22% zu den Treibhausgasemissionen in Deutschland bei. Die Verteilung der Emissionen auf die Verkehrsträger verdeutlicht Abbildung 1-2: knapp 80% der CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachte im Jahr 2007 der Straßentransport und 15% der Transport per Flugzeug.<sup>8</sup>

Alein 6% der Treibhausgasemissionen stammen aus dem Güterverkehrssektor.<sup>9</sup> Während andere Sektoren ihre CO<sub>2</sub>-Emissionsmengen gegenüber 1990 verringern konnten, sind die Emissionen im Güterverkehr gestiegen: um etwa 30% auf knapp 40 Mio. Tonnen in 2005.<sup>10</sup> Zudem kündigen Prognosen des Bundesverkehrsministeriums ein weiteres Wachstum im deutschen Verkehrssektor bis 2025 an: ein um 28% höheres Güterverkehrsaufkommen und einen um 79% gestiegenen Güterverkehrsaufwand auf der Straße gegenüber dem Jahr 2004.<sup>9</sup>

Dieser Trend ist aber auch international erkennbar: Während die gesamten Treibhausgasemissionen der UNFCCC-Länder<sup>11</sup> von 1990 bis 2005 um 2% sanken, nahmen diese im Verkehrssektor im selben Zeitraum um 43% zu. In Europa (EU-15) stiegen die Verkehrsemissionen um 22%. Die ökonomische Krise in 2008 hat die hohe Steigerungsrate der Treibhausgasemissionen zwar kurzfristig unterbrochen, Schätzungen belaufen sich auf 3 bis 10% geringere Emissionen.<sup>12</sup> Je nach Erholungsgrad der Konjunktur wird dies aber lediglich eine Verzögerung bedeuten, bis die hohen Emissionsmengen wieder erreicht sind oder gar übertroffen werden, wenn dem nicht durch entsprechende Minderungsmaßnahmen – auf politischer und unternehmerischer Ebene – entgegen gewirkt wird.

<sup>5</sup> eigene Darstellung auf Basis von BMWi 2010, bei Industrie: 22% Energieverbrauch, 11% Prozesse

<sup>6</sup> vgl. ITF, OECD 2010, S. 50

<sup>7</sup> vgl. BAG 2009, S. 7

<sup>8</sup> vgl. ITF, OECD 2010, S. 50

<sup>9</sup> vgl. BMU 2009b

<sup>10</sup> In der Studie von Buyny et al. 2008 wird geschätzt, dass der inländische Güterverkehr in Deutschland von 1995 bis 2005 um 12%, der Transport der Außenhandelsgüter (deutscher Import & Export) im selben Zeitraum um 45% gestiegen ist.

<sup>11</sup> UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen)

<sup>12</sup> vgl. ITF, OECD 2010, S. 16

### 1.1.1 Klimapolitik

Die Reduktion der Treibhausgasemissionen ist seit einigen Jahren Fokus der nationalen wie internationalen Klimapolitik. Die mit der steigenden Treibhausgaskonzentration einhergehenden Temperatur- und Klimaveränderungen haben die Staaten der Welt veranlasst, Rahmenabkommen über Klimaveränderungen zu erarbeiten. Ein Meilenstein war hierbei die dritte Klimakonferenz im Jahr 1997 in Japan, welche in dem so genannten Kyoto-Protokoll<sup>13</sup> mündete. Mit diesem verpflichteten sich die Industrieländer erstmals verbindlich zu Begrenzungs- und Reduktionspflichten von Treibhausgasen<sup>14</sup>. Insgesamt sollen demnach die Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2008 bis 2012 um 5,2% unter das Niveau von 1990 gesenkt werden. Die einzelnen Länder/-gruppen haben hierbei unterschiedliche Ziele: z. B. EU-15 minus 8%, Russland plus/minus 0%, Japan minus 6%, USA<sup>15</sup> minus 7%. Für Deutschland bedeutet dies nach der EU-Lastenverteilung<sup>16</sup> eine Emissionsminderung um 21%.

Um nach Auslaufen des Kyoto-Protokolls in 2012 die internationale Klimaschutzpolitik fortzuführen, setzt sich die EU dafür ein, weiter die Treibhausgasemissionen so weit zu verringern, dass die globale Erwärmung auf unter 2°C gegenüber vorindustriellen Zeiten begrenzt bleibt.<sup>17</sup> Ferner hat der Europäische Rat das Ziel 20-20-20 ausgegeben. Dieses beinhaltet, dass die EU-Länder bis zum Jahr 2020 ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20% gegenüber dem Jahr 1990 mindern sowie den Einsatz regenerativer Energien auf 20% des gesamten Endenergieverbrauchs steigern.<sup>18</sup> Der letzte Klimagipfel in Cancún (2010) scheint dem Kyoto-Prozess eine neue Dynamik gegeben zu haben, führte aber nach Kopenhagen wiederum zu keinem weiteren rechtlich verbindlichen Klimaschutzabkommen. Die führenden Industrienationen haben sich auf die 2°C-Beschränkung verständigt, jedoch bleiben der Weg dorthin sowie der jeweilige Beitrag der Industrie- aber auch der Schwellenländer wie z. B. China, Indien oder Brasilien offen.<sup>19</sup>

Die Bundesregierung verschärft das europäische 20-20-20-Ziel in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie: demnach sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um 40% zu senken. Damit legte sie den energie- und klimapolitischen Entwicklungspfad der kommenden Jahre für Deutschland fest.<sup>20</sup> Bis 2008 hat Deutschland bereits eine Reduktion von etwa 20% im Vergleich zu 1990 erreicht (siehe Abbildung 1-3).

<sup>13</sup> vgl. BMU 2010f; United Nations 1998

<sup>14</sup> Die im Kyoto-Protokoll definierten Treibhausgase sind CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub> (vgl. United Nations 1998, Annex A).

<sup>15</sup> Die USA sind das einzige Industrieland, welches das Kyoto-Protokoll bis heute nicht ratifiziert hat (vgl. BMU 2010f).

<sup>16</sup> burden sharing agreement, beschlossen mit Ratsentscheidung 2002/358/EG: Die EU-Länder haben intern ihre Reduktionspflichten von minus 8% neu verteilt, und zwar von z. B. plus 27% (Portugal) über plus/minus 0% (Frankreich, Finnland) bis minus 28% (Luxemburg) (vgl. BMU 2010b).

<sup>17</sup> vgl. European Commission 2007a

<sup>18</sup> vgl. Europäischer Rat 2007

<sup>19</sup> vgl. UNFCCC 2010

<sup>20</sup> vgl. BMU 2008a, S. 4

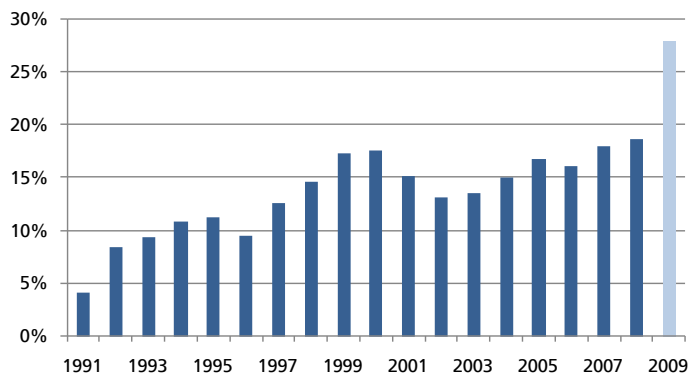


Abbildung 1-3: Reduktion der CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen in Deutschland<sup>21</sup>

Ein großer Schritt wurde dabei in den ersten 9 Jahren erzielt: Knapp 18% der 1990er Emissionen konnten bis 1999 eingespart werden. Diese Erfolge werden insbesondere der Wiedervereinigung und der damit verbundenen Modernisierung des Anlagenbestandes der ehemaligen DDR sowie einer stagnierenden deutschen Wirtschaft zugeschrieben.<sup>22</sup> Seit 1999 ist nur noch ein langsamerer Fortschritt festzustellen, was darauf hinweist, dass das vergleichsweise leicht zu hebende Reduktionspotential weitestgehend ausgeschöpft zu sein scheint. Die erste Schätzung des Umweltbundesamtes für das Jahr 2009 deutet wiederum einen – jedoch der ökonomischen Krise geschuldeten – Rückgang um 8,4% gegenüber 2008 an.<sup>23</sup>

### 1.1.2 Bioenergie

Die Energiewirtschaft stellte im Jahr 2008 mit einem Anteil von 47% den größten energiebedingten Emittenten für Kohlendioxid in Deutschland dar. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass gemäß dem Verursacherprinzip die durch diesen Wirtschaftssektor bereitgestellten Energiemengen anderen Sektoren als indirekte Emissionen zugeordnet werden (siehe später so genannte Scope 2-Emissionen in Abbildung 2-2). So nahmen Industrie, Verkehr und Haushalte jeweils ca. 28% der bereitgestellten Endenergie ab, der Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen verbrauchte 15% der Endenergie.<sup>24</sup>

Eine Säule für die Erreichung der CO<sub>2</sub>-Minderungsquote stellt der Ausbau der erneuerbaren Energien dar. Im Jahr 2008 basierten knapp 13% des weltweiten Energieverbrauchs auf erneuerbaren Energien, davon trugen Biomasse<sup>25</sup> und die daraus erzeugte Bioenergie mit 77% am meisten bei (siehe Abbildung 1-4). In der EU bzw. in Deutschland stammten gut 8% des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Energiequellen, die Biomasse machte davon 70% (EU) bzw. 77% (BRD) aus. Im Jahr 2009 wurde in Deutschland der erneuerbare Energien-Anteil am gesamten Endenergieverbrauch auf 10,1% gesteigert.<sup>26</sup>

<sup>21</sup> 2009 = erste Schätzung. Eigene Darstellung auf Basis von BMWi 2010.

<sup>22</sup> vgl. BMWi 2009, S. 45; Sinn 2008, S. 67, 81

<sup>23</sup> vgl. BMWi 2010; DESTATIS 2010, S. 11

<sup>24</sup> Der Endenergieverbrauch betrug im Jahr 2008 insgesamt 9.027 PJ (vgl. BMWi 2010).

<sup>25</sup> definiert als Material pflanzlichen oder tierischen Ursprungs (vgl. BiomasseV 2001)

<sup>26</sup> vgl. BMU 2010e

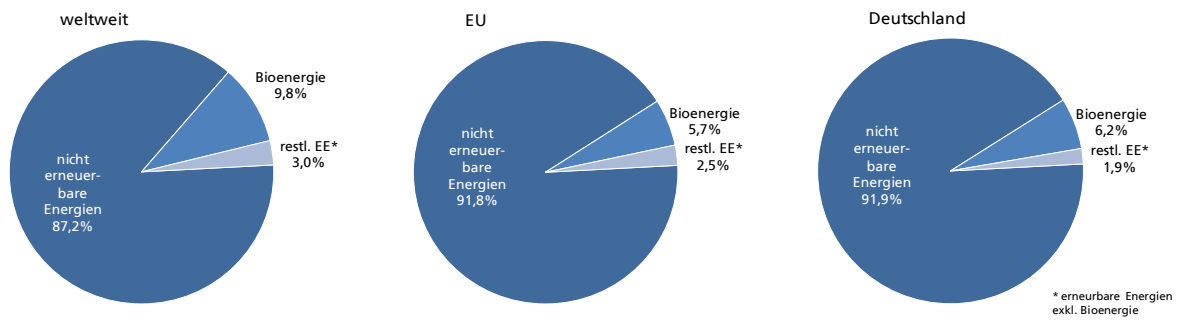


Abbildung 1-4: Anteil der Bioenergie am gesamten Energieverbrauch weltweit, in der EU, in Deutschland (2008)<sup>27</sup>

Wie Abbildung 1-5 zeigt, lag Deutschland im weltweiten Ländervergleich von 2008 mit 20,9 Mtoe<sup>28</sup> an zehnter Position hinsichtlich der absolut erzeugten Bioenergie. Die Bioenergie machte dabei 6% des gesamten deutschen Energieverbrauchs aus. Weltweit sind die fünf größten Bioenergieproduzenten die Länder China (203 Mtoe), Indien (164 Mtoe), Nigeria (90 Mtoe), die USA und Brasilien (je 79 Mtoe), welche 51% der weltweit erzeugten Bioenergie abdecken. In den Ländern der Europäischen Union werden in Summe mit 98 Mtoe etwa 8% der weltweiten Bioenergie produziert. Die Abbildung 1-5 verdeutlicht ferner, dass die wenig industrialisierten Länder mit einem entsprechend niedrigem Gesamtenergieverbrauch einen vergleichsweise hohen Bioenergieanteil aufweisen: z. B. DR Kongo (94%), Äthiopien (92%), Nigeria (81%) sowie Brasilien (32%) oder Indien (26%).

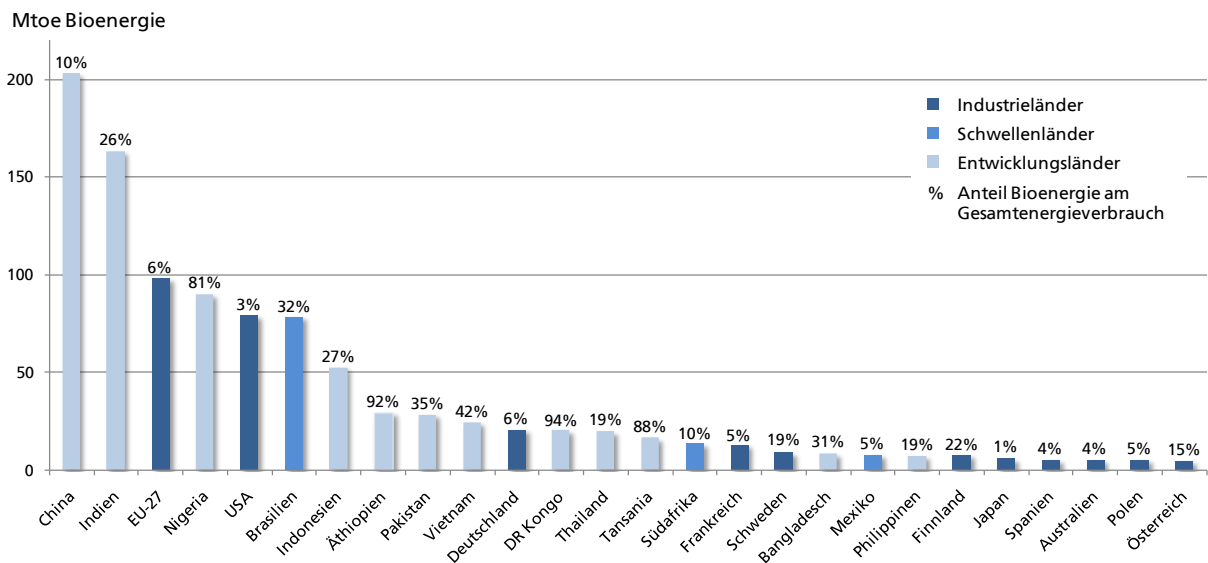


Abbildung 1-5: Menge Bioenergie weltweit sowie Bioenergie-Anteil am jeweiligen Gesamtenergieverbrauch<sup>29</sup>

<sup>27</sup> eigene Darstellung nach IEA 2010b, S. 49ff

<sup>28</sup> toe = Tonnen Öl-Äquivalente = 41,868 GJ = 10<sup>7</sup> kcal (vgl. IEA 2010b, S. iv)

<sup>29</sup> eigene Darstellung nach IEA 2010b, S. 49ff und Weltbank 2010

Entwicklungs- und Schwellenländer definiert gemäß Weltbank-Atlas-Methode nach Bruttonationaleinkommen je Inländer: d. h. Entwicklungsländer mit <\$995 (low income) bzw. \$996-\$3.945 (lower middle income), Schwellenländer mit \$3.946-\$12.195 (upper middle income) und Industrieländer >\$12.196 (high income) (vgl. Weltbank 2010).

---

Politisches Ziel Deutschlands ist nun, den Beitrag der erneuerbaren Energien beispielsweise zur Stromerzeugung auf 30% zu steigern; in 2009 betrug ihr Anteil 16,1%.<sup>30</sup> Insgesamt soll die Biomasse im Jahr 2020 einen Beitrag von 11% am Endenergieverbrauch leisten.<sup>31</sup>

Beim Ausbau des Bioenergiesektors sind aber dessen ökologisch bedingten Potentialgrenzen zu beachten. Denn der CO<sub>2</sub>-Neutralität<sup>32</sup> der Bioenergie steht u. a. der enorme Flächenbedarf für die Gewinnung des nachwachsenden Rohstoffs gegenüber<sup>33</sup>: Die Autoren der BMU-Leitstudie gehen längerfristig von einem „unter ökologischen Kriterien ‚zulässigen‘ Flächenpotential für den Energiepflanzenbau“<sup>34</sup> von 4,2 Mio. ha in Deutschland aus. Dieses beruht auf dem Biokraftstoffquotengesetz und den Nachhaltigkeitsverordnungen für Biokraftstoffe und -strom der Bundesregierung<sup>35</sup>, wonach der Pflanzenanbau nicht auf Flächen mit einem hohen Naturschutzwert (z. B. Regenwälder, Feuchtgebiete) erfolgen darf. Ferner müssen durch den Einsatz der Pflanzen zur Energieerzeugung im Vergleich zu fossilen Energieträgern mindestens 35%<sup>36</sup> weniger Treibhausgase emittiert werden (sog. CO<sub>2</sub>-Verminderungspotential). Diese Regelungen treten ab der Ernte 2010 für sämtliche flüssige Biomasse (z. B. Raps-, Palm- oder Sojaöl) in Kraft, welche für die Erzeugung von Biostrom eingesetzt und nach dem Erneuerbaren Energien Gesetz vergütet werden soll. Das Bundesumweltministerium fordert zudem, dass diese Nachhaltigkeitskriterien auf den gesamten Bioenergiemarkt, also auch auf feste Biomasse, ausgeweitet werden.<sup>37</sup> Mit diesen Restriktionen soll vermieden werden, dass insbesondere importierte Biokraftstoffe und Palmöl mit Landnutzungskonflikten, Nahrungsmittelpreissteigerungen oder Regenwaldabholzung in Verbindung gebracht werden.<sup>38</sup>



Abbildung 1-6: Lebensweg der Bioenergie

Dies bedeutet, dass für den weiteren Ausbau der Bioenergie in Deutschland zukünftig der gesamte Lebensweg (siehe Abbildung 1-6), also von der Gewinnung der biogenen Rohstoffe über deren Weiterverarbeitung bis hin zum Transport, der Energiewandlung sowie der Verwertung der Abfälle lückenlos dokumentiert und von Zertifizierungsstellen zertifiziert werden muss, um von der umwelt- und energiepolitischen Förderung der Bundesregierung zu profitieren.

### 1.1.3 Grüne Logistik

Wie eingangs dargestellt, verursachte der Verkehrssektor einen bedeutenden Anteil der deutschen Treibhausgasemissionen, womit dieser einen wichtigen Beitrag zur anvisierten Treibhaus-

---

<sup>30</sup> vgl. BMU 2010d

<sup>31</sup> vgl. Nitsch 2008

<sup>32</sup> Die CO<sub>2</sub>-Neutralität der Bioenergie beschreibt die vereinfachende Annahme, dass die bei der Verbrennung freigesetzte Menge an Kohlendioxid zuvor bei dem Wachstum der Biomasse und der Photosynthese in den Pflanzen gebunden und somit der Atmosphäre entzogen wurde, d. h. die globale Kohlendioxid-Bilanz über einem überschaubaren Zeithorizont (z. B. <100 Jahre) ausgeglichen ist. Unberücksichtigt bleiben dabei aber die vor- und nachgelagerten Prozesse des Lebensweges der Bioenergie wie der Transport der Biomasse von Entstehungsort hin zur Verbrennungsanlage, welche i. d. R. zusätzliche Emissionen verursachen.

<sup>33</sup> vgl. Schulte 2007, S. 61

<sup>34</sup> vgl. Nitsch 2008, S. 68

<sup>35</sup> vgl. Biokraft-NachV 2009; BioKraftQuG 2006; BioSt-NachV 2009

<sup>36</sup> ab 2017 auf mindestens 50% erhöht (vgl. Biokraft-NachV 2009, § 8; BLE 2009)

<sup>37</sup> vgl. BMU 2008b, S. 6

<sup>38</sup> vgl. Nitsch 2008, S. 40; Schmitz 2008, S. 69

gasminderungsquote leisten kann. Neben den Treibhausgasemissionen sind aber im Logistiksektor auch andere Umweltwirkungen, wie beispielsweise Lärm, Feinstaubemissionen oder der Flächenverbrauch, wichtige Kenngrößen, um Logistiksysteme umweltgerechter – und somit grüner – auszugestalten (siehe Abbildung 1-7).

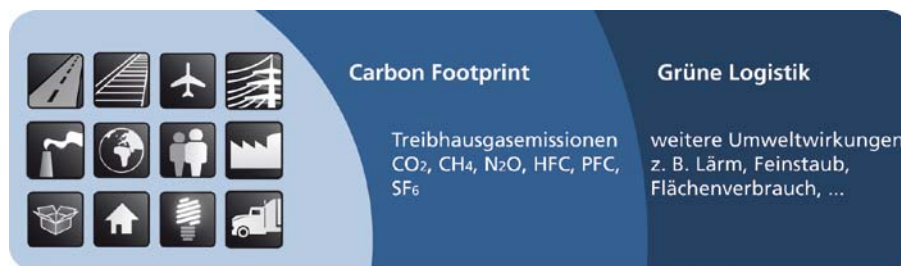


Abbildung 1-7: Grüne Logistik umfasst sämtliche Umweltwirkungen von logistischen Prozessen

Grüne Logistik steht somit nicht nur für reduzierte Treibhausgasemissionen, sondern übergeordnet für Umweltverträglichkeit und Ressourceneffizienz. Zudem umfasst grüne Logistik nicht nur Transportprozesse. Vielmehr sind neben dem Transport ebenfalls die Intralogistik und die Logistikimmobilien ressourceneffizient zu gestalten. Untersuchungen zeigen, dass Förder-, Lager- und Kommissionierprozesse bis zu 25% des durch die Logistik verursachten Energieverbrauchs verursachen.<sup>39</sup> Mit den anderen 75% liegt aber der Großteil des Energieverbrauchs und den damit emittierten Treibhausgasen im Transportsektor.

Die unterschiedlichen Ansätze, umweltgerechte und ressourceneffiziente Logistiksysteme zu realisieren, können in vier Bereiche untergliedert werden: Transport, Intralogistik, Logistikimmobilie sowie Planung und Strategie (siehe Abbildung 1-8).

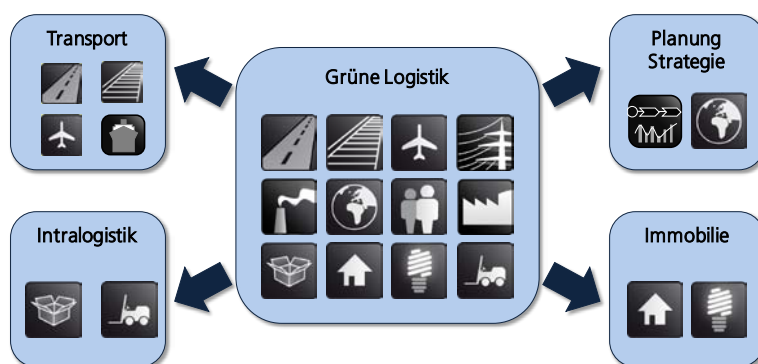


Abbildung 1-8: Betrachtungsbereiche der Grünen Logistik

Im Bereich des Transports können Treibhausgasemissionen beispielsweise durch eine erhöhte Transporteffizienz, ein reduziertes Transportaufkommen, Routenoptimierung, Transportverlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsträger oder die Nutzung energieeffizienterer Fahrzeuge oder Fahrerschulungen eingespart werden. Letztere zielen auf eine wirtschaftlichere Fahrweise ab und ermöglichen damit eine acht- bis zehnpromtente Reduktion des Kraftstoffverbrauchs.<sup>40</sup> Im Bereich der Logistikimmobilie stehen z. B. energieeffiziente Beleuchtung, Heizungs- und Lüftungs-

<sup>39</sup> vgl. Clausen, Deymann 2009; Jahn 2009, S. 10

<sup>40</sup> vgl. Meyer-Heß 2010

technik, die Nutzung von Tageslicht oder erneuerbarer Energien, der Einsatz von Bewegungsmeldern oder Wärmedämmung im Fokus.

Die Ansätze in der Intralogistik zielen wiederum auf die Vermeidung von Leerlaufverbräuchen durch definierte Energiemodi oder effizientere Fördertechnik ab, letztere ermöglicht über 30% Energieeinsparung<sup>41</sup>. Weitere Optimierungspotentiale bestehen bei der Produktverpackung durch aktuelle Stammdaten und damit exakter Packmittel-Prognose. Die Logistikplanung und -strategie umfasst schließlich das ökoeffiziente Flotten- und Behältermanagement, die Touren-, Netzwerk- und Standortplanung unter Berücksichtigung ökologischer Kriterien aber auch kooperative Transporte, die Entschleunigung von Lieferketten und Transporten sowie innovative Versorgungskonzepte und Bestandsmanagement.

Es existiert eine Vielzahl weiterer Ansätze und bereits realisierter Einsparungserfolge in der Praxis. Allen Konzepten gemein ist, in einem ersten Schritt die eigenen Emissionstreiber zu identifizieren (z. B. mittels Bilanzierung oder konkretem Messen und Überwachen) und anschließend entsprechende unternehmensspezifische Emissionsminderungsmaßnahmen abzuleiten und umzusetzen (siehe Abbildung 1-9). Dabei können Emissionen einerseits vermieden werden, beispielsweise indem durch Prozessoptimierung, intelligente Steuerung und Mitarbeiterschulungen der Ressourcenverbrauch reduziert und/oder alternative Energieträger eingesetzt werden. Andererseits können die Emissionen mittels effizienterer Technik und Produkte vermindert werden. Die regelmäßige (z. B. jährliche) Bilanzierung und Messung der eigenen Emissionen zeigt die Wirkung der umgesetzten Reduktionsmaßnahmen. Schließlich dient die Kompensation dazu, die zu verantwortenden Treibhausgasemissionen mit umweltfreundlichen Projekten und Maßnahmen, welche die entsprechende Emissionsmenge an anderer Stelle einsparen, auszugleichen (siehe Kompensation durch Offsetting in Kapitel 4.1.7).

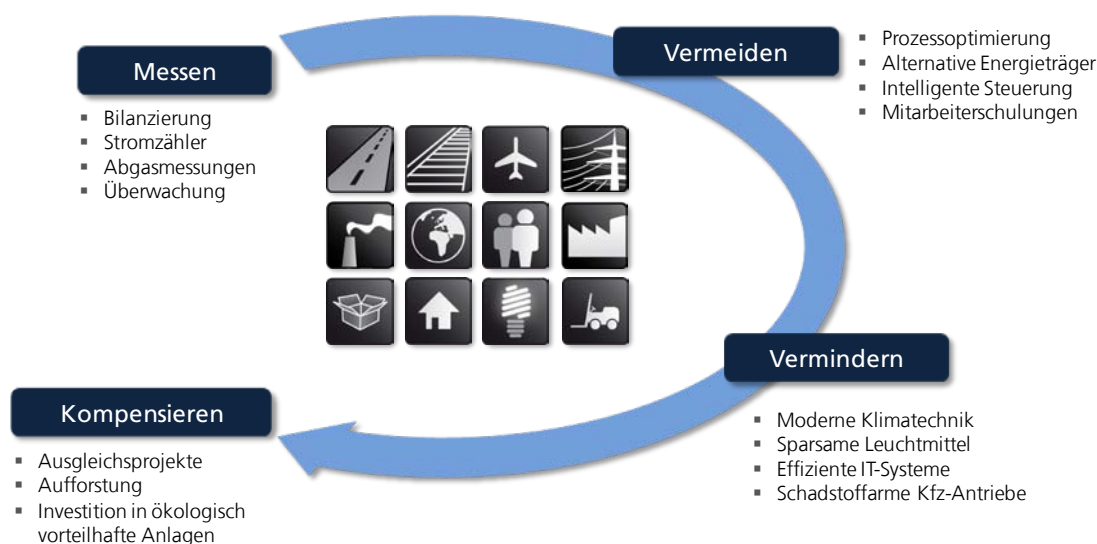


Abbildung 1-9: Reduktion von THG-Emissionen: Messen – Vermeiden – Vermindern – Kompensieren

<sup>41</sup> vgl. Mann, Spath 2001; Würmser, ten Hompel 2010



## 1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Langfristig fordert der Klimaschutz die Realisierung ökoeffizienter Biomassebereitstellungs- und Logistiksysteme und -prozesse. Um dieses zu erreichen, ist es notwendig, bestehende und zukünftig zu realisierende Biomassebereitstellungssysteme bewerten zu können – und zwar sowohl ökonomisch als auch ökologisch.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher, eine Grundlage zu schaffen, die Ökoeffizienz von Biomassebereitstellungssystemen bewerten und konkrete Verbesserungspotentiale ableiten zu können. Hierfür ist es erforderlich, ein Modell zur sowohl ökonomischen als auch ökologischen Bewertung von Biomassebereitstellungssystemen zu entwickeln. Als Basis für die konkrete Ableitung von Verbesserungspotentialen sind die Bewertungsergebnisse zu Ökonomie und Ökologie ferner in Form der Ökoeffizienz zu verknüpfen sowie eine prozessspezifische Visualisierung aller Bewertungsergebnisse zu realisieren.

In dieser Arbeit wird einleitend der Stand der Wissenschaft zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Biomassebereitstellungssystemen dargestellt (Kapitel 2). Anschließend erfolgt eine Systemanalyse der Biomassebereitstellung, in welcher typische Prozessketten herausgearbeitet und der Betrachtungsraum eingegrenzt werden (Kapitel 3). In einem weiteren Schritt wird eine Bewertungsmethode mit kongruentem Betrachtungsraum für Ökonomie und Ökologie gemäß dem derzeitigen anerkannten Wissenstand zur ganzheitlichen Bewertung entwickelt. Hierbei werden ferner bestehende Datensätze auf ihre Verwendungsfähigkeit geprüft sowie geeignete Darstellungsformen der Ergebnisse ausgewählt (Kapitel 4). Dieser Methodenentwicklung folgt die Ableitung eines Bewertungsmodells mit relevanten Bewertungsregeln zur Abschätzung von Kosten und Emissionen von Biomassebereitstellungssystemen (Kapitel 5). Die gewonnenen Erkenntnisse sowie deren Allgemeingültigkeit werden mit Hilfe eines EDV-gestützten Instrumentariums und anhand repräsentativer Prozessketten (Kapitel 6) sowie eines Anwendungsbeispiels zur Mobilisierung Hamburger Holzquellen (Kapitel 7) überprüft. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst sowie ein Ausblick auf zukünftige Forschungsaufgaben gegeben (Kapitel 8).