

# Wege in die moderne Energiewirtschaft

Ausbauprognose der  
Erneuerbare-Energien-Branche

## Teil 3: Verkehr 2020

Berlin, Oktober 2009



## 1. Einleitung und Zusammenfassung

Der Verkehr in Deutschland verbraucht mit etwa 30 Prozent fast ein Drittel der gesamten Energie. Bisher ist der Anteil der Erneuerbaren Energien in diesem Bereich noch relativ gering. Er betrug im Jahr 2008 knapp 6 Prozent nach über 7 Prozent im Jahr 2007. Das Potential für den Ausbau der Erneuerbaren ist also beträchtlich. Dabei kann die Vorgabe der EU, die bis 2020 einen Mindestanteil von 10 Prozent für den Mobilitätssektor vorschreibt, durchaus übertroffen werden.

Den Einsatz der Erneuerbaren im Verkehr zu erhöhen, ist wie in den Bereichen Strom und Wärme aus mehreren Gründen sinnvoll und notwendig: Kein anderer Bereich ist so abhängig von knapper und teurer werdendem Erdöl wie der Verkehr. Nur mit einem schnell steigenden Anteil Erneuerbarer Energien können Verbraucher vor explodierenden Kosten an der Tankstelle oder beim Ticketkauf bewahrt und individuelle Mobilität auch in Zukunft garantiert werden.

Neben dem Preisaspekt steht der Klimaschutz im Verkehrssektor ganz oben auf der Agenda. Bei weiterhin steigendem Verkehrsaufkommen sowohl im Personen- als auch insbesondere im Güterverkehr ist eine Reduktion des Treibhausgasausstoßes von zentraler Bedeutung für den Klimaschutz insgesamt.

Um den Anteil der Erneuerbaren im Verkehr zu steigern, sind entsprechende Rahmenbedingungen seitens der deutschen und europäischen Politik notwendig. Von diesen geht auch das für die Verkehrsentwicklung zugrunde gelegte Renewability-Projekt des Bundesumweltministeriums in großer Übereinstimmung aus:

- **Effizienzsteigerung:** Während in der Vergangenheit Effizienzfortschritte in der Motorentchnik durch Leistungssteigerung weitgehend aufgeessen wurden, muss künftig die Reduzierung des Energieverbrauchs maßgeblich für die Entwicklung neuer Fahrzeuge sein. Ein wesentliches Instrument dafür ist der europaweit verbindliche CO<sub>2</sub>-Grenzwert für Neufahrzeuge. Die neue Bundesregierung muss sich daher anders als in der Vergangenheit in Brüssel für einen anspruchsvollen CO<sub>2</sub>-Grenzwert stark machen.
- **Ausbau des öffentlichen Verkehrs:** Individualverkehr ist deutlich energieintensiver als Öffentlicher Verkehr. Eine Verlagerung von Verkehrsleistung auf die Öffentlichen Verkehrsmittel spart daher Energie. Gleichzeitig muss auch in diesem Bereich höhere Effizienz und bessere Auslastung durch die richtigen Weichenstellungen vorangetrieben werden. Beispielsweise können entsprechende Anforderungen in öffentlichen Ausschreibungen für Verkehrsleistungen genutzt werden, um Mindestanteile Erneuerbarer Energie vorzugeben.
- **Optimierung und Verlagerung des Güterverkehrs:** Für eine stärkere Transportverlagerung von der Straße auf Schiene und Wasserwege eignet sich neben steuerlichen Instrumenten die LKW-Maut. Sie kann zudem gezielt dazu beitragen, Logistikketten zu optimieren und so den Transportbedarf auf der Straße zu senken.
- **Neue Biokraftstoffpolitik:** Biokraftstoffe sind bis auf Weiteres die einzige in nennenswertem Umfang zur Verfügung stehende Alternative zu fossilen Kraftstoffen. Daher gilt es, Produktion und Einsatz von nachhaltig erzeugten Biokraftstoffen gezielt zu fördern. Nach den Fehlentscheidungen der vergangenen Legislaturperiode ist ein Neustart in der Biokraftstoffpolitik erforderlich. In einem ersten Schritt muss die Absenkung der Gesamtquote zurückgenommen werden, in einem zweiten der Reinkraftstoffmarkt durch gezielte Steuerförderung wieder hergestellt werden.
- **Förderung von Elektromobilität:** Die Erneuerbaren Energien sind die natürlichen Partner der Elektromobilität. Einerseits ermöglicht nur Strom aus regenerativen Quellen eine gute CO<sub>2</sub>-Bilanz für Elektromobile. Andererseits können Elektrofahrzeuge in großer Zahl in Form von dezentralen Energiespeichern Produktionsspitzen aus Wind- und Solarenergie abfangen und speichern. Damit tragen sie zur Netz- und Systemstabilität bei. Diese Funktion sollte die neue Bundesregierung fördern, indem sie Elektrofahrzeuge als

Teil Regenerativer Kombikraftwerke betrachtet und bei der Ausgestaltung eines Anreizsystem für Kombikraftwerke entsprechend fördert.

Daneben gilt es, in der Forschung und Entwicklung von Batterietechnik starke Impulse zu setzen, um im derzeitigen weltweiten Wettlauf um die Vorreiterrolle in Sachen E-Mobilität einen Spitzenplatz zu besetzen.

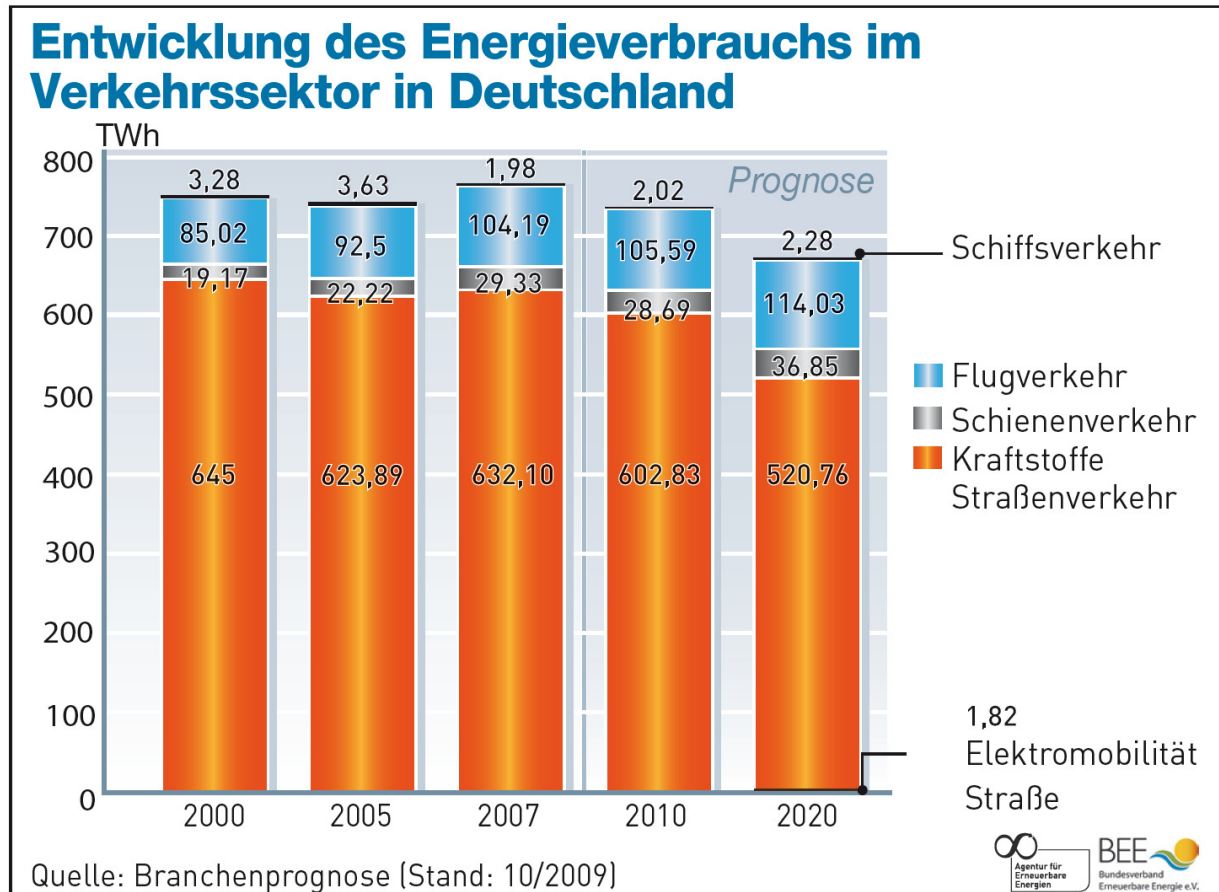
Wenn die Verkehrs- und Energiepolitik der neuen Bundesregierung die beschriebenen Rahmenbedingungen richtig ausgestaltet und dabei konsequent auf Erneuerbare Energien setzt, verdreifacht sich der Anteil der Erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch im Verkehr bis 2020 auf über 18 Prozent. Am stärksten tragen die Biokraftstoffe zu diesem Anstieg bei, deren Anteil am Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr dann auf 21 Prozent ansteigt.

Auch die Bedeutung von Strom aus Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor steigt deutlich, da der Schienenverkehr und die Nutzung von Elektrofahrzeugen ebenso wie der Anteil von Erneuerbaren Energien an der Gesamtstromerzeugung bis 2020 stark zunehmen.

Insgesamt spart der Einsatz Erneuerbarer Energien im Verkehr im Jahr 2020 mehr als 28 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen ein. Zudem werden Importe fossiler Brennstoffe im Wert von 11 Milliarden Euro eingespart.

## 2. Entwicklung des Verkehrssektors bis 2020

Im Verkehrssektor werden rund 30 Prozent der Endenergie in Deutschland verbraucht. Davon nimmt mit mehr als 80 Prozent der Straßenverkehr den weitaus größten Anteil ein. Der Flugverkehr ist für knapp 14 Prozent des gesamten Energieverbrauchs verantwortlich. Schienen- und Schiffsverkehr tragen dagegen mit 3,8 beziehungsweise 0,3 Prozent vergleichsweise wenig zum gesamten Energieverbrauch im Verkehrssektor bei.



**Abbildung 1:** Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor in Deutschland

Der Personen- und Güterverkehr ist in den letzten 20 Jahren sehr stark angewachsen. Der Personenverkehr hat zwischen 1991 und 2007 um 26 Prozent und der Güterverkehr um 66 Prozent zugenommen. Im Personen- und Güterverkehr dominiert mit 87,5 Prozent beziehungsweise 70,4 Prozent der Straßenverkehr.

Die Entwicklung im Straßenverkehr ist dabei von steigenden Verkehrsleistungen auf der einen Seite und vom sinkenden Durchschnittsverbrauch der Fahrzeuge auf der anderen Seite gekennzeichnet. Im Saldo ist daher im Straßenverkehr als größtem Teilbereich der Kraftstoffverbrauch in den letzten Jahren annähernd stabil geblieben. Er bewegt sich seit 2003 auf ungefähr gleich hohem Niveau.

Dabei zeigen die Verbrauchsentwicklungen im Personenverkehr und Güterverkehr unterschiedliche Tendenzen. Während der Gesamtverbrauch der PKW in Deutschland in den letzten 10 Jahren gesunken ist, steigt der Kraftstoffverbrauch im Güterstraßenverkehr weiter an. Die Zunahme des Personenverkehrs konnte durch die Verringerung des spezifischen PKW-Kraftstoffverbrauchs kompensiert werden. Im Güterverkehr konnten die effizienzbedingten Verbrauchsminderungen das deutlich gestiegene Transportaufkommen jedoch nicht ausgleichen.

Der Energieverbrauch im Flugverkehr ist in den letzten acht Jahren um 25 Prozent gestiegen.

## 2.1 Entwicklungen in der Biokraftstoffbranche

Die Biokraftstoffbranche ist ein mahnendes Beispiel dafür, wie durch verfehlte politische Rahmensetzung ein ganzer industrieller Produktionszweig ruiniert werden kann. In der Folge werden die bisher einzigen nennenswerten Potenziale für den Klimaschutz im Verkehrssektor nicht im notwendigen Maße erschlossen.

In den Jahren bis 2006 wurde mit weitreichenden Steuerbefreiungen zunächst ein politischer Anreiz für den zügigen Ausbau der Biokraftstoffe gesetzt. Die Biokraftstoffherzeugung entwickelte sich zu der Sparte der Erneuerbaren Energien mit den größten Wachstumsraten der letzten 10 Jahre. Von 2000 bis 2007 hat sich die gesamte Produktion von Biokraftstoffen auf 4,5 Millionen Tonnen nahezu verzwanzigfacht.

Dann wurden zunächst die Steuerbefreiungen abgebaut und stattdessen eine verpflichtende Biokraftstoffquote eingeführt. Die ansteigende Quote sollte als Ausgleich für die steigende Besteuerung dienen und die dadurch wegfallenden Marktanteile kompensieren. Doch bereits diese Übergangsphase funktionierte nicht, der Reinkraftstoffmarkt brach massiv ein. Dazu wurde die Gesamtquote für Biokraftstoffe entgegen des ursprünglich beschlossenen Pfades bereits 2009 wieder abgesenkt.

Im Ergebnis ist der Anteil der Biokraftstoffe am Kraftstoffmarkt von 7,6 Prozent im Jahr 2007 auf rund 6 Prozent des Kraftstoffverbrauches im Jahr 2008 zurückgegangen. Derzeit wird nur etwa die Hälfte der industriellen Kapazitäten zur Biodieselproduktion in Deutschland genutzt.

## 2.2 Annahmen zur Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor

Die Annahmen der vorliegenden BEE-Prognose zur Verkehrsentwicklung bis 2020 basieren auf dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ des Renewability-Projektes<sup>1</sup>. Im Klimaschutzszenario von Renewability wird angenommen, dass sich der Trend der Personen- und Güterverkehrsentwicklung der letzten 20 Jahre auch in Zukunft fortsetzt. Danach wachsen der Personenverkehr um 5 Prozent und der Güterverkehr um etwa 30 Prozent bis 2020. Der Straßenverkehr behält seine dominierende Rolle am gesamten Verkehrsaufkommen. Der Kraftstoffverbrauch kann durch Effizienzsteigerung aber um etwa 17 Prozent gegenüber 2007 gesenkt werden.

Im Bereich Elektromobilität wurde das Ziel der Bundesregierung übernommen, die Anzahl der Elektrofahrzeuge auf 1 Million im Jahr 2020 zu steigern.

Wie in der Leitstudie 2008 des BMU wird in der BEE-Prognose angenommen, dass der Flugverkehr bis 2020 um 10 Prozent gegenüber 2005 zunimmt.

Im Renewability-Klimaschutzszenario wird davon ausgegangen, dass es durch verschiedene Maßnahmen zu keinem steigenden Energieverbrauch im Verkehrssektor kommt, sondern sogar eine Verbrauchsminderung um etwa 13 Prozent bis 2020 erreicht werden kann. Zu diesen Maßnahmen gehören:

- Effizienzsteigerungen der PKW- und LKW-Motoren um 17 Prozent
- Ausweitung des Angebotes im Öffentlichen Verkehr
- Optimierung der Logistik des Güterverkehrs
- Zunahme des Transport von Gütern mit der Bahn und dem Binnenschiff
- Einsatz von Elektrofahrzeugen

In der BEE-Prognose wird außerdem angenommen, dass die hohen Kraftstoffkosten einen weiteren Anstieg des Luftverkehrs vermindern.

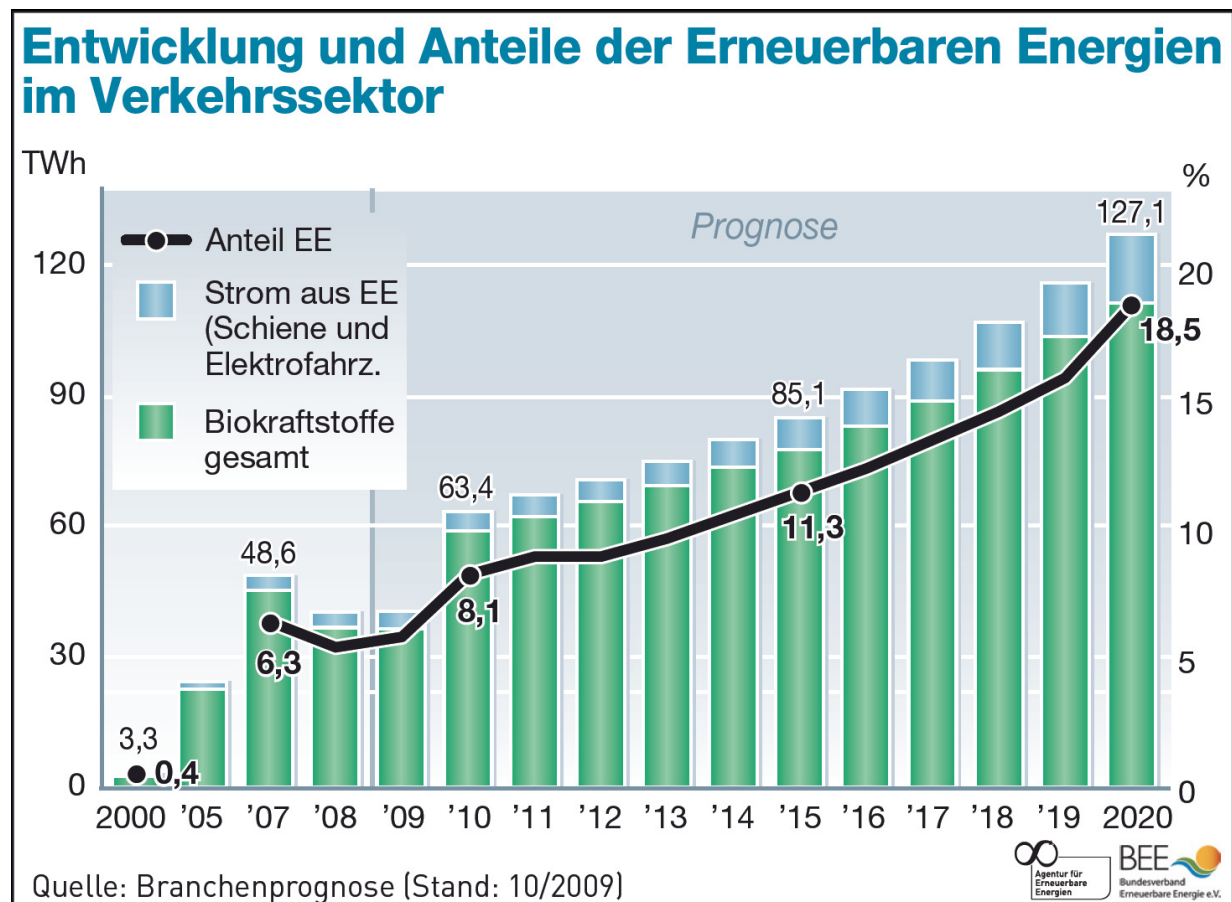
---

<sup>1</sup> Öko-Institut e.V. et al 2009: Renewability: Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030. Entwurf der Ergebnisbroschüre -Szenarienausgestaltung, Ergebnisse, Zusammenfassung, Berlin, Mai 2009

### 3. Beitrag der Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor bis 2020

In der BEE-Prognose erhöht sich bis 2020 der Anteil der Erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch im Verkehr auf über 18 Prozent. Am stärksten tragen die Biokraftstoffe zu diesem Anstieg bei, deren Anteil am Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr auf dann 21 Prozent ansteigt.

Die Bedeutung von Strom aus Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor wächst ebenso deutlich. Erstens steigen in der Prognose die Bedeutung des Schienenverkehrs und die Nutzung von Elektrofahrzeugen. Zweitens steigt im betrachteten Zeitraum der Anteil Erneuerbarer Energien am Strommix auf 47 Prozent, wie die Branchenprognose für den Stromsektor darlegt.



**Abbildung 2:** Entwicklung und Anteile der Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor

#### 3.1 Entwicklung der Biokraftstoffherzeugung bis 2020

Die Biokraftstoffproduktion steigt in der Prognose des BEE von 4,5 Millionen Tonnen im Jahr 2007 auf etwa 10 Millionen Tonnen im Jahr 2020. Prozentual wächst dabei die Bioethanolproduktion am stärksten, die sich bis 2020 auf 2 Millionen Tonnen vervierfacht. Die Biodieselerzeugung steigt ebenfalls deutlich an auf 7,6 Millionen Tonnen, während die Nutzung von reinem Pflanzenöl bis 2020 konstant bleibt. Biogas wird 2020 mit über 0,8 Millionen Tonnen seinen Anteil am Kraftstoffverbrauch im Verkehrssektor stark erhöhen.

Diese Entwicklungen spiegeln den technisch machbaren Anteil von Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch bis 2020 wieder. Im PKW-Sektor findet eine 10-prozentige Beimischung von Biodiesel zu Dieselkraftstoff Anwendung, zu der auf EU-Ebene bereits eine entsprechende Norm erarbeitet wird. Für den Nutzfahrzeug-Sektor kann von einer 30-prozentigen Beimischung von Biodiesel zu Dieselkraftstoff ausgegangen werden. Darüber hinaus wird reiner Biodiesel und reines Pflanzenöl vor allem für Nischenanwendungen verwendet, z.B. in der Land- und Forstwirtschaft. Für Bioethanol wird von einer

flächendeckenden Beimischung von 10 Prozent Ethanol zu Benzin sowie einem Zuwachs bei der Verwendung von 85-prozentigem Ethanol-Kraftstoff (E85) ausgegangen.

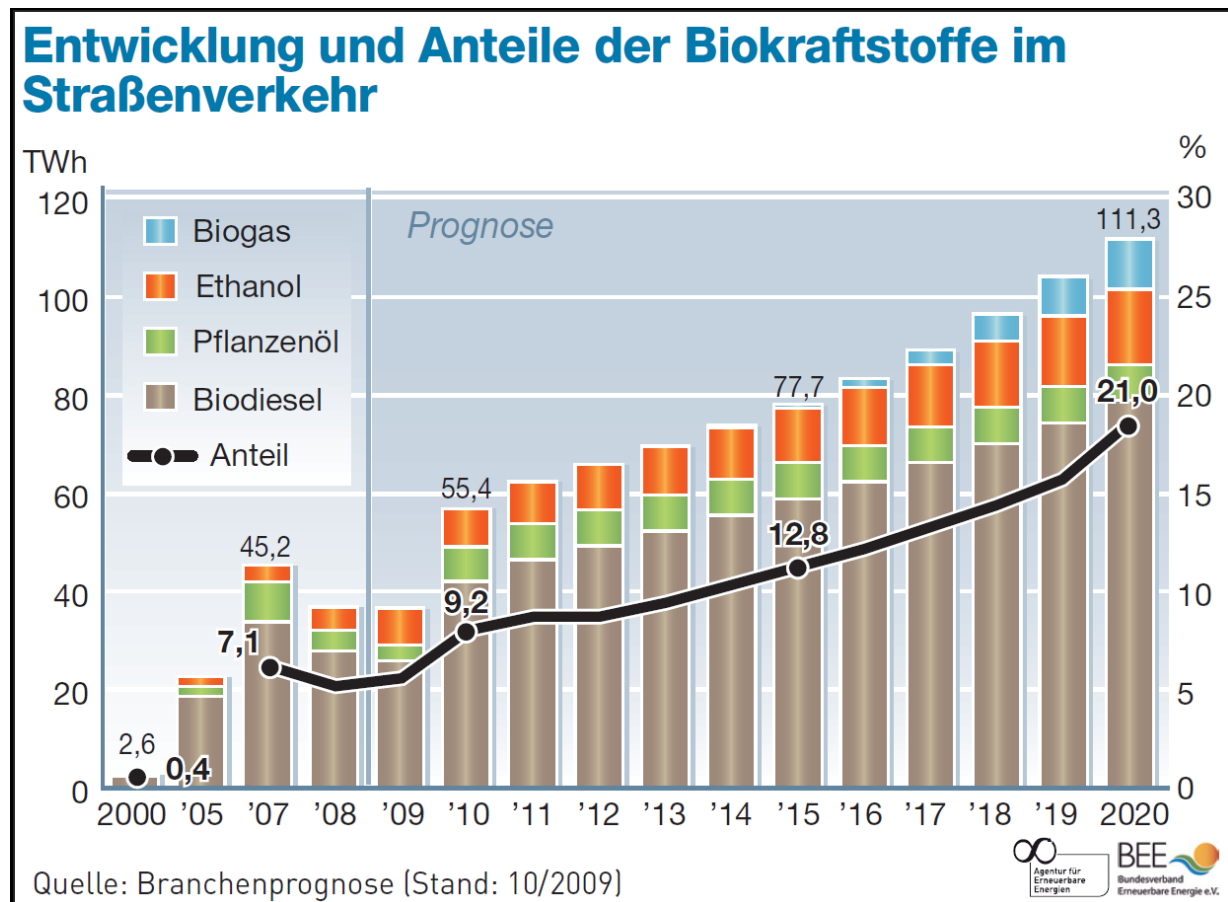


Abbildung 3: Entwicklung und Anteile der Biokraftstoffe im Straßenverkehr

### 3.1.1 Rohstoffversorgung für die Biokraftstofferzeugung

Grundsätzlich geht die BEE-Prognose davon aus, dass alle verwendeten Rohstoffe der Nachhaltigkeitsverordnung entsprechend produziert werden.<sup>2</sup> In der Prognose wird angenommen, dass etwa die Hälfte der Rohstoffe für die Biokraftstofferzeugung im Jahre 2020 von inländischen Flächen stammt, der Rest wird importiert. Der Flächenbedarf für die Biokraftstoffproduktion in Deutschland steigt demnach von 1,4 Millionen Hektar im Jahr 2007 auf 2,4 Millionen Hektar im Jahr 2020. Der Großteil davon entfällt mit 1,5 Millionen Hektar auf die Biodieselproduktion. Für Bioethanol werden 2020 etwa 0,7 Millionen Hektar und für Biogas 0,2 Millionen Hektar genutzt. Aufgrund von Ertragssteigerungen wächst die Biokraftstofferzeugung mit heimischen Rohstoffen stärker an als die hierfür verwendete Fläche.

Im Jahr 2020 werden 5 Millionen Tonnen Biodiesel aus importierten Rohstoffen (Pflanzenöl und Ölsaaten) produziert. Diese Rohstoffe werden vor allem auf degradierten Flächen

<sup>2</sup> Die Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV) ist am 16. September 2009 vom Bundeskabinett beschlossen worden. Aktuell werden die Ausführungsbestimmungen erarbeitet.

<sup>3</sup> Definition degradierte Flächen: Unter Bodendegradation versteht man eine Reduktion der Ertragskraft des Bodens. In 80 Prozent der Fälle ist unangepasste Land- und/oder Viehwirtschaft der Auslöser. WWI (1999): Database Disk 1999. Worldwatch Institute, Washington D. C.

angebaut<sup>5</sup> und bedeuten daher keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Das weltweite Flächenpotenzial für degradierte Flächen ist sehr groß. Der WWF schätzt, dass alleine in Brasilien mehr als 60 Millionen Hektar landwirtschaftliche Fläche nicht genutzt werden und grundsätzlich für die Biokraftstofferzeugung zur Verfügung stehen. Nach Schätzungen der FAO sind weltweit über 3,5 Milliarden Hektar degradiert, dies entspricht etwa 40 Prozent der weltweiten Acker-, Weide- und Waldfläche.<sup>6</sup>

### 3.1.2 Nachhaltigkeitsdiskussion

Ein kritischer Punkt und Auslöser für die geänderten Förderbedingungen im Biokraftstoffsektor war die Diskussion über die Konkurrenz zwischen der Biokraftstofferzeugung und der Nahrungsmittelproduktion. Diese einseitig geführte „Teller-oder-Tank“-Diskussion hat im Ergebnis zu einer starken Verschlechterung der Rahmenbedingungen für Biokraftstoffe in Deutschland geführt. In der Diskussion wurden jedoch weder die eigentlichen Ursachen für den Hunger in der Welt noch die massiven sozialen und ökologischen Probleme durch die Förderung von Erdöl ausreichend berücksichtigt.

Die vielen Konflikte in Regionen mit großen Erdölvorkommen verdeutlichen beispielsweise, wie begrenzt und begehrt der Rohstoff Erdöl ist<sup>7</sup>. Die zum Teil gewaltsamen weltweiten Proteste gegen hohe Erdölpreise im Jahr 2008 waren ein Vorspiel auf zukünftige Rohstoffkonflikte, die besonders Menschen in Entwicklungsländern mit sehr geringen Einkommen hart treffen werden<sup>8</sup>. Diese sicherheits- und entwicklungspolitischen Aspekte der Erdölnutzung werden jedoch in der aktuellen Debatte kaum thematisiert.

Flüssige Kraftstoffe werden aber noch mehrere Jahrzehnte weltweit den Verkehrssektor dominieren müssen. Die verkehrsbedingten Emissionen nehmen ohne entsprechende Minderungsmaßnahmen weiter stark zu. McKinsey erwartet einen Anstieg der weltweiten PKW-Emissionen um 54 Prozent bis 2030, wenn keine Reduktion durch effizientere Antriebe, Biokraftstoffe und Elektromobilität, stattfindet<sup>10</sup>. Dieser Zuwachs basiert auf der Prognose, dass der globale PKW-Bestand bis 2030 auf 1,3 Mrd. Fahrzeuge wächst und sich damit nahezu verdoppelt. Durch die Produktion von Kraftstoffen aus unkonventionellen Erdölen wie Teersanden oder Schwerstöl und Kohle würde der Anstieg der Emissionen noch stärker ausfallen.

Biokraftstoffen kommt wegen der Rolle flüssiger Kraftstoffe im Verkehrssektor und der zunehmenden Umweltprobleme bei der Erdölproduktion eine Schlüsselstellung für eine nachhaltige Energieversorgung zu. Auch in Zukunft ist eine wachsende Biokraftstofferzeugung möglich, ohne die Lebensmittelversorgung zu gefährden und weltweit die landwirtschaftlichen Flächen auszuweiten:

- Die Steigerung der Getreideproduktion um 50 bis 100 Prozent bis 2030 auf der bestehenden Agrarfläche ist realistisch, da der heutige globale Durchschnittsertrag mit 3 t/ha weniger als die Hälfte des Ertrages in Deutschland und anderen europäischen

<sup>6</sup> Zitiert in: Metzger, J. O. und Hüttermann, A. 2008: Sustainable global energy supply based on lignocellulosic biomass from afforestation of degraded areas. Springer-Verlag 2008, publiziert online 10.12.2008  
Vgl. ebenso: Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) 2009: Globale Bioenergienutzung – Potenziale und Nutzungspfade - Analyse des WBGU-Gutachtens "Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung". Juni 2009. [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

<sup>7</sup> Seifert, T. und Werner, K. 2008: Schwarzbuch Öl. Eine Geschichte von Gier, Krieg, Macht und Geld.

<sup>8</sup> McSmith, A., Taylor, J. und Morris, N. 2008. Shocked! How the oil crisis has hit the world. The Independent. 31.05.2008.

<sup>10</sup> McKinsey 2009b: Roads toward a low-carbon future: Reducing CO<sub>2</sub> emissions from passenger vehicles in the global road transportation system.

<sup>13</sup> Heutige Getreideerträge nach USDA 2008.

Ländern beträgt<sup>13</sup>.

- Forschungsprojekte, wie z.B. das SAFE-World Research Project, zeigen, dass in den Tropen durch verbesserte und nachhaltige Anbaumethoden ohne den intensiven Einsatz von synthetischen Düngern und Pestiziden große Ertragszuwächse möglich sind<sup>14</sup>.
- Forschungsprojekte belegen auch, dass insbesondere durch Steigerung des Kohlenstoffanteils im Boden (durch Humus oder Holzkohle) die Erträge stark gesteigert werden können<sup>15</sup>. Diese Ergebnisse widerlegen Befürchtungen, dass eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion immer zu erhöhten Treibhausgasemissionen und negativen Umwelteffekten führen muss.
- Durch die vorrangige Nutzung von degradierten Flächen kann die Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion zudem vermieden werden. Nach Schätzungen der FAO sind das weltweit über 3,5 Milliarden Hektar.

Die Biokraftstoffförderung in Deutschland und Europa kann unter den richtigen Vorzeichen nicht nur zum Klimaschutz beitragen, sondern durch die Umsetzung der EU-Nachhaltigkeitskriterien auch die Verankerung von global gültigen ökologischen Standards im Weltagrarhandel vorantreiben. Die Anstrengungen für eine nachhaltige Nutzung von Bioenergiepotenzialen können außerdem den Einstieg in eine notwendige weltweite Flächennutzungsplanung befördern.

### 3.1.3 Biokraftstoffe der 2. Generation

Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation spielen in der BEE-Prognose keine Rolle. Sie werden aus heutiger Sicht bis zum Jahr 2020 aus technischen und finanziellen Gründen noch nicht in nennenswertem Umfang zur Verfügung stehen. So gibt es derzeit keine großtechnischen Anlagen zur Produktion von BtL oder Ethanol aus Lignocellulose<sup>19</sup>. Die Inbetriebnahme der ersten kommerziell betriebenen BtL-Anlage von Choren in Freiberg wurde in den letzten Jahren immer wieder verschoben. Nach neusten Aussagen von Choren ist der Start der BtL-Produktion für Anfang 2010 vorgesehen, mehr als zwei Jahre später als geplant. Die erste großtechnische Anlage für Ethanol aus Lignocellulose soll voraussichtlich 2011 in Kanada in Betrieb gehen, ebenfalls viele Jahre später als geplant und nur mit Hilfe sehr hoher staatlicher Garantien.

Aufgrund des hohen Rohstoffbedarfs erwartet der BEE in den nächsten zehn Jahren noch keine wirtschaftliche Produktion von BtL und Ethanol aus Lignocellulose. So werden z.B. für die BtL-Produktion einer Tonne synthetischen Diesels acht Tonnen Holz (atro<sup>20</sup>) benötigt. Für die Ethanolproduktion auf Basis von Lignocellulose sind ebenfalls große Rohstoffmengen notwendig (Input-Output-Verhältnis 4:1). Soll Stroh als Rohstoff für diese Produktion eingesetzt werden, muss es über weite Strecken zur Anlage transportiert werden. Die damit

<sup>14</sup> Pretty, J. und Hine, R. 2001: Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence. Finaler Bericht vom SAFE-World Research Project, Feb 2001. University of Essex, Colchester, Grossbritannien. Kurzfassung unter [www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SAFEW47casessusag.htm](http://www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SAFEW47casessusag.htm)

<sup>15</sup> Lal 2001, 2006, 2009. Woolf 2008. Lehmann et al. 2003, 2006, Lehmann 2006. Der Forschungsbedarf für die Nutzung von Holzkohle (Biochar) ist noch sehr groß. Es gibt aber bereits weltweit viele Forschungs- und Pilotprojekte, um die Erträge mit Biochar und anderen Techniken zu erhöhen. Bislang ist es aber noch nicht gelungen, mit diesen Maßnahmen die Eigenschaften der Terra Preta-Böden im Amazonasgebiet zu erreichen, die seit mehreren tausend Jahren trotz der intensiven Auswaschungsprozesse in den Tropen eine sehr hohe Fruchtbarkeit behalten haben und ein intensive landwirtschaftliche Nutzung mit hohen Erträgen ermöglichen. (Vollständige Literaturnachweise s. Seite 12)

<sup>19</sup> Die Lignocellulose (von lat. lignum = „Holz“ oder „Baum“) bildet die Zellwand verholzter Pflanzen und dient ihnen als Strukturgerüst. <http://de.wikipedia.org/wiki/Lignocellulose>

<sup>20</sup> Atro = absolut trocken, d.h. der Wassergehalt beträgt 0 %

verbundenen hohen Kosten legen nahe, Stroh und andere Reststoffe eher dezentral und damit primär für die Strom- und Wärmeerzeugung zu nutzen.

### 3.2 Entwicklung der Elektromobilität bis 2020

Für die BEE-Prognose zur Elektromobilität wurde das Ziel der Bundesregierung übernommen, die Anzahl der Elektrofahrzeuge auf eine Million im Jahr 2020 zu steigern. Aufgrund der noch sehr hohen Batteriekosten von heute zwischen 800 und 1000 Euro pro kWh Speicherleistung wird angenommen, dass bis 2020 Plug-In-Hybrid-Vehicles<sup>21</sup> und Elektroleichtfahrzeuge<sup>22</sup> am stärksten wachsen und mehr als zwei Drittel des gesamten Bestandes an Elektrofahrzeugen ausmachen werden. Reine Elektrofahrzeuge, wie z.B. der iMIEV von Mitsubishi, werden dagegen wegen hoher Kosten und begrenzter Reichweite in den nächsten zehn Jahren wahrscheinlich nur in vergleichsweise geringer Stückzahl verkauft werden.

Voraussetzung für die schnelle Entwicklung der Elektromobilität im Straßenverkehr ist die Einführung von effizienten Förderinstrumenten. Hierbei ist von Beginn an der potenzielle Beitrag der Elektrofahrzeuge zur Netzintegration von Strom aus Erneuerbaren Energien zu berücksichtigen.

---

<sup>21</sup> Ein Plug-in-Hybrid ist ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb (Verbrennungsmotor gekoppelt mit einem Elektromotor), dessen Batterie zusätzlich über das Stromnetz extern geladen werden kann. Meist weist es eine größere Batterie auf als ein reiner Hybrid und stellt so eine Mischform zwischen letzterem und einem Elektroauto dar.

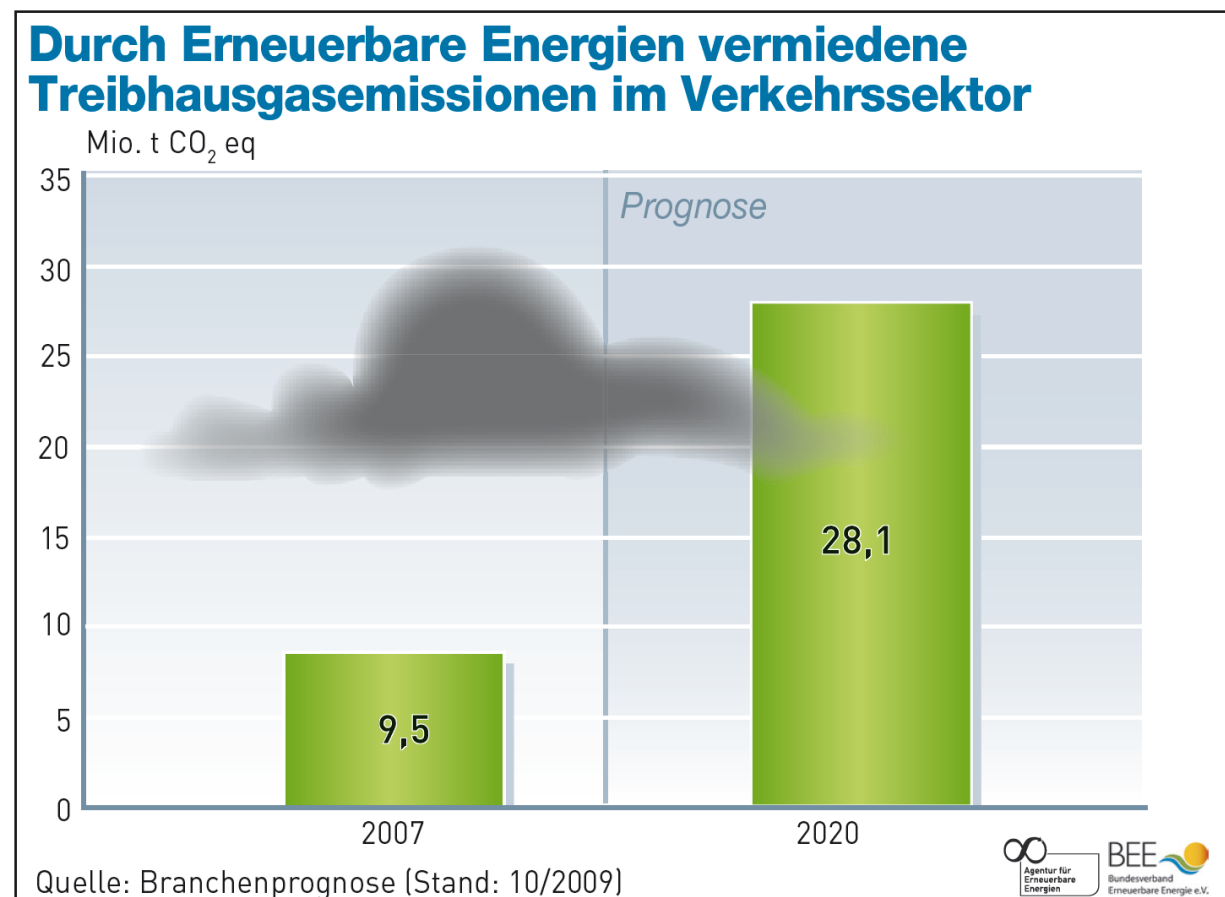
<sup>22</sup> Elektroleichtfahrzeuge sind rein elektrisch betriebene Fahrzeuge, deren Gewicht mit Hilfe von neuen Werkstoffen und die Konzentration auf den Hauptverwendungszweck Stadt- und Pendelverkehr stark reduziert ist. Dementsprechend sinkt auch der Dimensionierung der Batterie und damit ihre Kosten.

## 4. Volkswirtschaftlicher Nutzen der Erneuerbaren Energien im Verkehrssektor

### 4.1 Vermeidung von Treibhausgasemissionen

Die Nutzung Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor vermindert die hohe Abhängigkeit von zur Neige gehenden fossilen Ölressourcen. Sie ist demnach eine wesentliche Voraussetzung für fortdauernde Versorgungssicherheit in diesem Sektor. Erneuerbare Energien leisten zudem einen bedeutsamen Beitrag zum Klimaschutz. Dieser Beitrag wird sich nach der vorliegenden Prognose bis 2020 auf dann mehr als 28 Millionen Tonnen vermiedener CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr etwa verdreifachen.

Derzeit werden die externen Kosten des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Verkehrssektor nicht vom europäischen Emissionshandelssystem erfasst und somit nicht in den Preis der Verkehrsleistungen internalisiert. Setzt man vorsichtig einen Wert von 70 Euro pro vermiedener Tonne CO<sub>2</sub> an<sup>23</sup>, erwirtschaften die Erneuerbaren Energien 2020 allein im Verkehrssektor einen Umweltnutzen in Höhe von jährlich fast 2 Milliarden Euro. Derzeit werden mit dem Beitrag der Biokraftstoffe zum Klimaschutz die vom Emissionshandelssystem erfassten Anlagen praktisch subventioniert, da sie ansonsten höheren Minderungspflichten unterworfen wären. Ein Teil dieses erwirtschafteten Umweltnutzens sollte daher in den kommenden Jahren die Ausbauinstrumente für Erneuerbare Energien im Verkehrssektor gegenfinanzieren.

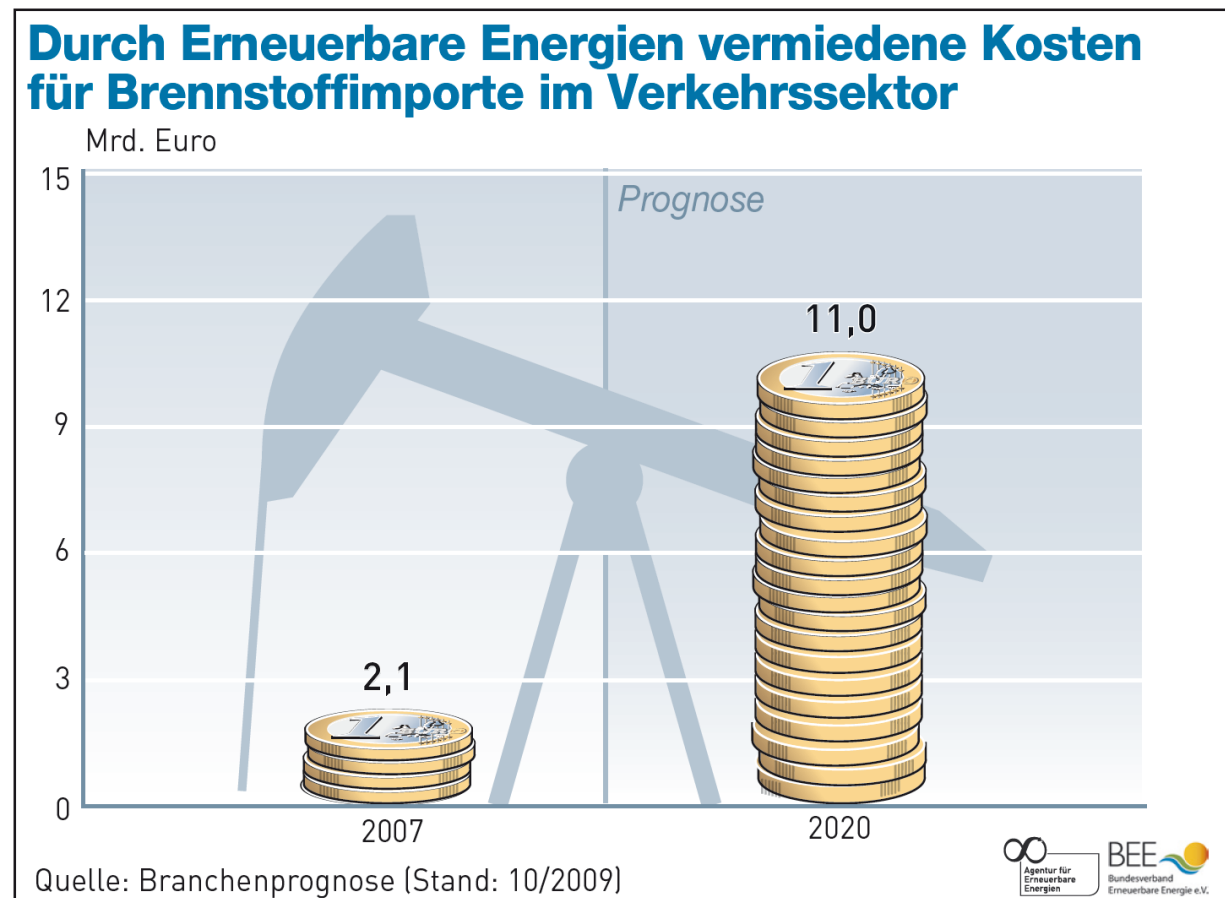


**Abbildung 4:** Durch Erneuerbare Energien vermiedene Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor

<sup>23</sup> Wie beispielsweise Krewitt/Schlomann (2006), Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Im Auftrag des BMU, Stuttgart 2006.

## 4.2 Substitution von fossilen Energieimporten

Eine weitere Entlastungswirkung für die Volkswirtschaft besteht in der Vermeidung von Ausgaben für fossile Energieimporte durch den Einsatz Erneuerbarer Energien. Im Jahr 2007 hätten ohne Erneuerbare Mobilität rund 2 Milliarden Euro mehr an die Exporteure fossiler Energierohstoffe gezahlt werden müssen. Bei dem hier angenommenen Wachstum bis 2020 steigt dieser Wert vermiedener Importzahlungen auf dann mehr als 11 Milliarden Euro an. Diese Summen stehen stattdessen für heimische Wertschöpfung zur Verfügung. Davon profitieren sowohl Land- und Forstwirtschaft als Biomasseproduzenten als auch die Hersteller der Biokraftstoffproduktionsanlagen. Nicht zuletzt kommt der preisstabilisierende Effekt der Verwendung Erneuerbarer Energieträger den Verbrauchern zugute.



**Abbildung 5:** Durch Erneuerbare Energien vermiedene Importe fossiler Brennstoffe im Verkehrssektor

Weiterhin wirkt die Nutzung heimischer Biomasse zur Erzeugung von Biokraftstoffen als Fördermaßnahme für die deutsche Landwirtschaft, die dadurch zusätzliche Absatzmärkte erhält und von preisstabilisierenden Effekten auf den Agrarmärkten profitiert. Damit einher geht die Möglichkeit, Agrarsubventionen europaweit zu reduzieren bzw. ganz abzuschaffen. Darüber hinaus ersetzen Co-Produkte aus der Biokraftstoffproduktion (Rapskuchen), die als hochwertige Futtermittel dienen, Importe von Futtermitteln aus Soja und tragen so zur zusätzlichen Wertschöpfung der heimischen Landwirtschaft bei.

## 5. Anhang

Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor und der Energiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien

<b>Verkehr [TWh]</b> wenn nicht anders angegeben	<b>2007</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
<b>Verbrauch</b>			
Endenergieverbrauch Verkehr gesamt (Kraftstoffe + E-Mob+ Schiene)	767,6	739,1	675,7
Kraftstoffverbrauch Straße	632,1	602,8	520,8
Kraftstoffverbrauch incl. Flug- und Schienenverkehr und Schifffahrt	743,6	715,6	642,0
Personverkehr [Mrd. Personen km]	1080,0	1094,4	1176,8
Güterverkehr [Mrd. Tonnen km]	645,7	665,3	839,7
<b>Energiebereitstellung</b>			
Biodiesel/Pflanzenöl Deutschland	19,6	21,0	30,7
Bioethanol Deutschland	3,7	4,4	13,1
Biogas Deutschland	0,0	0,0	10,2
Biokraftstoffe Rohstoffe Inland	23,3	25,4	54,0
Rohstoffimport für Biodiesel/Pflanzenöl	21,9	30,0	55,1
Rohstoffimport für Bioethanol		1,00	2,2
Gesamt:			
Biodiesel	33,7	43,7	78,5
Pflanzenöl	8,1	7,3	7,3
Ethanol	3,4	5,4	15,2
Biogas	0,0	0,0	10,2
Biokraftstoffe Gesamt	45,2	55,4	111,3
Anteil Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch Straßenverkehr [%]	7,1%	9,2%	21,4%
Anteil Biokraftstoffe (Inland) am Kraftstoffverbrauch Straße [%]	3,7%	4,2%	10,4%
Elektromobilität	0,0	0,0	1,8
Elektromobilität mit EE-Strom	0,0	0,0	0,9
Schienenverkehr Strom	24,1	23,6	31,9
Schienenverkehr mit EE-Strom	3,5	4,4	14,9
EE-Strom (Schiene und Elektrofahrzeuge)	3,5	4,4	15,8
EE Verkehr	48,6	59,8	127,1
<b>Anteil EE gesamter Energieverbrauch Verkehr incl. Luftverkehr [%]</b>	<b>6,3%</b>	<b>8,1%</b>	<b>18,5%</b>
Anteil EE an Verkehrsleistungen (Personen- und Gütertonnenkilometer) [%]	6,3%	8,1%	20,2%

## 6. Quellenverzeichnis

Lal, R. 2009: Carbon Sequestration and Soil – Climate Change Carbon Management and Sequestration Center The Ohio State University Columbus.

<http://www.slideshare.net/edtech.isu/carbon-sequestration-and-soil-climate-change>

Lal, R. 2001: Soil Conservation For C Sequestration. School of Natural Resources, The Ohio State University, Columbus, Ohio.

Lal, R. 2006: Land area for establishing biofuel plantations. Präsentiert im STAP Technical Workshop on “Liquid Biofuel”, 29 August-1 September 2005, TIFAC/UNEP/GEF, Neu Delhi, Indien. In: Energy for Sustainable Development, Volume X, Nr. 2, Juni 2006

Lehmann, J.; Gaunt, J. und Rondon, M. 2006: Bio-Char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. In: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change (2006) 11: 403–427

Lehmann, J. und Rondon, M. 2006: Bio-Char Soil Management on Highly Weathered Soils in the Humid Tropics. In: Uphoff, N. 2006.: Biological Approaches to Sustainable Soil Systems.

Lehmann, J. 2007: Bio-energy in the Black. Department of Crop and Soil Sciences, College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, New York.

Lehmann, J.; Kern, D.; German, L.; Mccann, J.; Coimbra Martins, G. und Moreira, A. 2003: Soil Fertility And Production Potential. In: Lehmann, J.; et al: Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management. Kluwer Academic Publishers, Niederlande. S. 105-124.

### Kontakt für Rückfragen:

Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE)

Björn Klusmann

Geschäftsführer

Tel. 030-2 75 81 70-0

[bjorn.klusmann@bee-ev.de](mailto:bjorn.klusmann@bee-ev.de)

Daniel Kluge

Referent für Medien und Politik

Tel. 030-2 75 81 70-15

[daniel.kluge@bee-ev.de](mailto:daniel.kluge@bee-ev.de)