Nachhaltige Mobilität und erneuerbare Energien

Von der Suche nach Maßnahmen zur Emissionsminderung

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels sind deutliche Minderungen der Treibhausgasemissionen in naher Zukunft erforderlich. Insbesondere im Verkehrssektor stellen ambitionierte Minderungsziele eine besondere Herausforderung dar. Wie können Maßnahmen und Wirkungen einer nachhaltigen Verkehrspolitik integrativ analysiert und Minderungspotenziale quantifiziert werden? **Von Wiebke Zimmer**

Um Instrumente und Effekte einer zukünftigen Verkehrspolitik zu bewerten, wurde im Rahmen des Verbundvorhabens „Renewability - Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“ ein integratives Analyseinstrument entwickelt. Wesentliche Neuerungen dieses integrativen Modellierungsansatzes sind die gekoppelte, dynamische Betrachtung von Mobilitätsangebot und -nachfrage, die Modellierung des Mobilitätsverhaltens im Personenverkehr auf Mikroebene für repräsentative Regionen, die Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen Verkehrs- und Energiesektor im Hinblick auf die Förderung erneuerbarer Energien sowie eine enge Kooperation mit gesellschaftlichen Akteuren bei der Modell- und Szenarioentwicklung.

Betrachtet wurden der innerdeutsche Straßen-, Schienen-, Binnenschifffahrts- und Luftverkehr. Wichtig ist anzumerken, dass im Gegensatz zur Klimaberichterstattung bei der Emissionsbilanzierung im Rahmen von Renewability nicht nur die direkten Treibhausgasemissionen der Verkehrs- und Energieträger berücksichtigt wurden, sondern auch Emissionen, die bei der Herstellung der Kraftstoffe im In- und Ausland und bei der Fahrzeugproduktion entstehen.

Die wesentlichen Ziele des Vorhabens waren:

- die Entwicklung eines integrierten Modells zur Abbildung von Instrumenten und Maßnahmen für eine nachhaltige Mobilität im Bereich des Personen- und Güterverkehrs unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen mit dem Energiesektor;
- die frühzeitige Einbindung wesentlicher gesellschaftlicher Akteure bei der Modellentwicklung und -erprobung;
- die Entwicklung eines konsistenten Klimaschutzszenarios für den Verkehrssektor bis 2030 unter Beteiligung von Stakeholdern.

Das Verbundvorhaben wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert. Das

Kernteam des Vorhabens bildeten das Öko-Institut und das Institut für Verkehrsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt; weitere wissenschaftliche Partner haben das Projekt unterstützt (1).

Eine Gruppe aus Vertretern der Automobil-, Bahn-, Energie- und Logistikbranche sowie Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden war maßgeblich in die Modell- und Szenarienentwicklung einbezogen (2). Über einen Zeitraum von etwa zwei Jahren hat sich diese Szenario-Gruppe zwölf Mal getroffen und intensiv in das Forschungsvorhaben eingebracht.

Modell- und Szenarienentwicklung

Zunächst wurden in diesem Rahmen die Teilmodelle und die Technologiedatenbasis seitens der Forschungsnehmer vorgestellt und im Kreise der Stakeholder diskutiert. In einem zweiten Schritt wurde dann ein Basisszenario definiert, das diejenigen verkehrspolitischen Maßnahmen berücksichtigt, die bereits geltendes Recht sind beziehungsweise von denen bereits feststeht, dass sie in den kommenden Jahren in geltendes Recht umgesetzt werden müssen. Das Basisszenario stellt damit keine klassische Trendprojektion dar, sondern nimmt bereits spürbare Veränderungen im Mobilitäts- und Energiesektor an. Es dient im Rahmen von Renewability als Vergleichsbasis, um die Wirkung neuer, zusätzlicher Maßnahmen und Annahmen auf den Verkehrssektor quantifizieren zu können. Um das Basisszenario zu modellieren, wurden verschiedene Annahmen getroffen, die auf existierenden Prognosen und Szenarien basieren. Dies waren hauptsächlich die Verkehrsprognose 2025 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BVU/Intraplan Consult 2007) und das Leitszenario 2008 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU 2008). Ausgehend von der Entwicklung in der Verkehrsprognose steigt damit im Basisszenario die Personenverkehrsleistung von 2005 bis 2030 um rund 16 Prozent. Im Güterverkehr werden noch höhere Wachstumsraten erwartet. Hier beträgt der Anstieg bis 2030 sogar 91 Prozent bezogen auf 2005.

Basierend auf Ergebnissen verschiedener analytischer Szenarien erfolgte im Kreis der Szenario-Gruppe eine eingehende Diskussion der Funktionalität des Analyseinstrumentariums und der Wirkungsweise und -mächtigkeit von unterschiedlichen Maßnahmen. Auf Basis dieser Analysen gelang es, im Projektverlauf ein konsistentes Bündel von Annahmen und Maßnahmen abzuleiten. Maßgabe hierbei war es, zusätzlich zum Basisszenario weitere Handlungsoptionen für den Klimaschutz im Verkehrssektor zu identifizieren und in ein schlüssiges Nach- ➔

haltigkeitsszenario, unter Einbeziehung von Strom und Wärme, für Deutschland zu integrieren. Dieses Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ wird im Folgenden vorgestellt.

Klimaschutz im Verkehr

Die Annahmen und Maßnahmen, die dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ zugrunde liegen, sind im Einzelnen:

- eine deutliche Ausweitung des Angebots im öffentlichen Verkehr,
- die Fortschreibung der Kohlenstoffdioxid-Grenzwerte für Pkw auf 80 Gramm pro Kilometer 2030,
- ein zunehmender Anteil von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb verbunden mit dem Einsatz von erneuerbaren Energien zur Deckung von deren Strombedarf,
- ein markt- und steuerninduzierter Anstieg der Kraftstoffpreise auf rund 2,50 Euro pro Liter bis 2030 und die Umstellung der Mineralölsteuer auf die Treibhausgasintensität der Kraftstoffe inklusive deren Herstellungsaufwand,
- soziale und ökologische Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe, die über die aktuellen Vorgaben der EU-Richtlinie hinausgehen,
- eine Umstellung der Bezugsgröße der Kraftfahrzeug-Steuer für Lkw auf deren Kohlenstoffdioxid-Emissionen,
- eine weitere Optimierung von Logistikstrukturen,
- eine verstärkte Umsetzung von verbrauchsarmer Fahrweise,
- der Einsatz von Telematiksystemen sowie Informations- und Kommunikations-Technologien,
- eine weitere Erhöhung der Lkw-Maut auf 0,37 Euro pro Kilometer bis 2030.

Um die Klimarelevanz des Verkehrssektors zu analysieren und zu beurteilen, ist es wichtig, die gesamten Emissionen zu berücksichtigen, also nicht nur die Treibhausgase aus der Betriebsphase der Fahrzeuge, sondern die komplette Emissionsfracht an Treibhausgasen, die Verkehrssysteme mit sich bringen. Berücksichtigt wurden bei der Emissionsbilanzierung im

Abbildung 1: Treibhausgasemissionen (direkt, indirekt und Materialvorleistungen) des Verkehrs bis zum Jahr 2030 im Basisszenario und im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“

Quelle: Ökoinstitut 2009

Rahmen von Renewability daher nicht nur die direkt von den Verkehrsträgern emittierten Treibhausgase, sondern auch die sogenannten indirekten Emissionen, die durch die Herstellung der Kraftstoffe im In- und Ausland und durch die Produktion der Fahrzeuge entstehen.

Insgesamt kommt das in der Szenario-Gruppe erarbeitete Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ zu dem Ergebnis, dass auch der Verkehrssektor einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Das Szenario zeigt, dass bis zum Jahr 2030 Minderungen der gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrs um fast ein Viertel gegenüber 2005 möglich sind, wenn die hinterlegten politischen Maßnahmen und Annahmen zur Entwicklung der Rahmenbedingungen optimal zusammenwirken. Im Basisszenario bleiben die Treibhausgasemissionen des Verkehrs verglichen mit dem Basisjahr 2005 trotz zunehmender Fahrleistung aufgrund effizienterer Fahrzeuge und steigendem Anteil von Biokraftstoffen noch nahezu konstant. Mit dem ausgewählten Bündel von Maßnahmen und Annahmen für künftige Rahmenbedingungen können die Emissionen bis 2030 aber um 52 Millionen Tonnen auf 174 Millionen Tonnen gesenkt werden. Dies entspricht einer Minderung von 23 Prozent gegenüber dem Basisjahr 2005.

Personenverkehr

Im Personenverkehr werden bereits im Basisszenario ohne weitere emissionsmindernde Maßnahmen bis 2030 Reduktionen um 23 Millionen Tonnen gegenüber 2005 erreicht, obwohl die zugrunde liegenden Prognosen davon ausgehen, dass die Verkehrsleistungen bis dahin um sieben Prozent steigen. Die Emissionsminderung bei gleichzeitig steigender Verkehrsleistung ist zum einen auf effizientere Pkw aufgrund des Flottengrenzwertes für 2012, zum anderen auf den wachsenden Anteil von Biokraftstoffen zurückzuführen. Das Bündel von Annahmen und Maßnahmen, das die Szenario-Gruppe erarbeitet hat, kann darüber hinaus noch deutlich höhere Minderungspotenziale ausschöpfen. Die Reduktionen der Treibhausgase summieren sich im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ auf 63 Millionen Tonnen beziehungsweise 36 Prozent bezogen auf das Jahr 2005.

Vebrauchsarme Fahrzeuge machen den motorisierten Individualverkehr bei konstanten Kraftstoffpreisen wirtschaftlicher und somit attraktiver. Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ werden daher mögliche ökologisch negative Rebound-Effekte, vor allem ein Anstieg der Verkehrsleistung, durch die angenommene Erhöhung der Kraftstoffpreise auf 2,50 Euro pro Liter Benzin beziehungsweise 2,55 Euro pro Liter Diesel verhindert. Blieben die Kraftstoffpreise dagegen auf dem Niveau des Basisszenarios von 1,65 beziehungsweise 1,47 Euro pro Liter und würde sich die Pkw-Effizienz gemäß dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ entwickeln, würde die Fahrleistung von 633 Milliarden auf 691 Milliarden Fahrzeugkilometer deutlich steigen und somit selbst der Wert des Basisszenarios 2030 übertroffen werden. Das Mo-

dellierungsergebnis zeigt damit, dass das Potenzial zur Minderung der Treibhausgasemissionen durch die Einführung sparsamer Fahrzeuge in Verbindung mit höheren Kraftstoffpreisen noch weiter gesteigert werden kann. Ein Preisanstieg dürfte sogar notwendig sein, um tatsächlich die durch die Einführung effizienterer Pkw verfolgte Treibhausgasminderung zu erreichen. Dieses Beispiel zeigt auf, welche Bedeutung der Berücksichtigung von Rebound-Effekten bereits bei der Konzeption geeigneter Maßnahmenbündel beigemessen werden sollte.

Dass die Ausgestaltung der Maßnahmen stets vor dem Hintergrund der konkreten Raumstruktur erfolgen sollte, zeigt sich deutlich am Beispiel der Förderung des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Dabei ist die zu erzielende Attraktivitätssteigerung maßgeblich abhängig von der Ausgangssituation. In den Agglomerationsräumen wie Berlin oder Hamburg, welche bereits über ein gut ausgebautes ÖPNV-Angebot verfügen, sind substanzielle Verbesserungen und damit einhergehend Änderungen des Modal Split nur noch schwierig zu erzielen. Auch zeigen die Ergebnisse für den ländlichen Raum, dass selbst eine umfangreiche Angebotsverbesserung bei einem niedrigen Ausgangsniveau keine ernstzunehmende Alternative zum motorisierten Individualverkehr darstellt und daher nur geringe Verlagerungseffekte bewirkt. Die größten Potenziale zeigten sich bei der Modellierung des verstädterten Raumes, zum Beispiel in Braunschweig. Basierend auf einer guten Grundversorgung konnten hier die größten Zuwächse bei der Nutzung des ÖPNV erzielt werden. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass Preisänderungen im motorisierten Individualverkehr nur dann zu signifikanten Verlagerungseffekten auf andere Verkehrsträger führen, wenn attraktive Alternativen, wie beispielsweise ein umfangreiches ÖPNV-Angebot, zur Verfügung stehen.

Güterverkehr

Im Basisszenario steigen die Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs bis 2030 um fast 20 Millionen Tonnen gegenüber dem Basisjahr 2005. Durch die getroffenen Annahmen und Maßnahmen kann dieser Anstieg zwar deutlich auf elf Millionen Tonnen gedämpft werden, gegenüber dem Ausgangsjahr 2005 werden aber keine Emissionsminderungen erzielt. Hauptursache hierfür ist der durch Industrie und Konsum induzierte, starke Anstieg der Transportleistung im Güterverkehr. Die spezifischen Treibhausgasemissionen pro Tonnenkilometer nehmen zwar durch die zusätzlichen Annahmen und Maßnahmen wie Effizienztechnologien, Erhöhung der Lkw-Maut und Logistikoptimierung um rund 35 Prozent gegenüber dem Basisjahr 2005 ab. Insgesamt steigen die Emissionen jedoch wegen der starken Zuwächse in der Transportleistung an. Auch bleibt der Lkw trotz einer leichten Verschiebung hin zu Bahn und Binnenschiff unter den getroffenen Annahmen weiterhin das dominante Güterverkehrsmittel. Eine wichtige Komponente für den Klimaschutz im Verkehr sind nachhaltig bereitgestellte Biokraftstoffe. Im Rahmen von Renewbility wird ein Großteil der

eingesetzten Biokraftstoffe aus biogenen Abfall- und Reststoffen hergestellt. Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ dient Biomasse vorwiegend zur Strom- und Wärmebereitstellung, Biokraftstoffe werden gemäß den Zielen der Europäischen Union berücksichtigt und es wird angenommen, dass Importe aus dem Anbau auf degradierten Flächen stammen. Nur unter diesen gesetzten Randbedingungen lassen sich Nutzungskonkurrenzen um Anbauflächen vermeiden.

Erneuerbare Energien im Verkehr

Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ werden Elektrofahrzeuge ausschließlich mit Strom aus zusätzlichen erneuerbaren Energien betrieben. Der durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen bedingte zusätzliche Strombedarf an erneuerbaren Energien bei einem Bestandsanteil von etwa zehn Prozent Elektro-Pkw im Jahr 2030 beträgt rund zehn Terawattstunden und erfordert damit nur einen vergleichsweise geringen zusätzlichen Strombedarf aus erneuerbaren Energien über das Leitszenario des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hinaus.

Der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehr, also Biokraftstoffe und erneuerbarer Strom für Elektrofahrzeuge, führt bis zum Jahr 2030 dazu, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergiebedarf des Verkehrs von heute knapp vier Prozent auf gut 16 Prozent ansteigt. Dies ist auch in einer starken Effizienzsteigerung bei Fahrzeugen begründet, die insgesamt eine Minderung des Endenergiebedarfs des Verkehrssektors bis 2030 um knapp 20 Prozent ermöglicht.

Sind weitergehende Emissionsminderungen möglich?

Die dargestellten Ergebnisse des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ beschreiben einen durchaus möglichen und plausiblen Entwicklungspfad innerhalb der Modellgrenzen. Verglichen mit dem Basisszenario basieren sie auf zusätzlichen Annahmen und Maßnahmen. Gleichwohl stellt sich angesichts der Herausforderungen im Klimaschutz die Frage, ob weitere Maßnahmen beziehungsweise geänderte Grundannahmen denkbar sind, die zu einer weiteren Minderung der Treibhausgasemissionen im Verkehr führen können.

So wird in dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ von einem anhaltenden Wirtschaftswachstum, von steigenden Einkommen und einem unveränderten Mobilitätsbudget ausgegangen. Längerfristige Veränderungen der Siedlungsstruktur, die Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten haben, wurden nicht abgebildet. Ähnliches gilt für den Güterverkehr. Da in der Szenarienbetrachtung keine Veränderung der wirtschaftlichen Rahmendaten angenommen wird, orientieren sich das Güterverkehrsaufkommen und die Transportleistung an den Angaben der Verkehrsprognose 2025 des Bundesverkehrsministeriums. Vor dem Hintergrund der aktuellen Wirtschaftskrise stellt sich aber durchaus die Frage, ob →

nicht zukünftig auch andere als die im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ angenommenen Entwicklungspfade realistisch sind; Entwicklungen also, die mit einem geringeren Anstieg der Transportleistung einhergehen. Auch sind weiterführende Maßnahmen denkbar, die einen Einfluss auf die Transportleistung und damit in Konsequenz auch auf die Treibhausgasemissionen im Güterverkehr haben. Denn würde sich beispielsweise die Transportleistung des Güterverkehrs im Jahr 2030 durch veränderte Rahmenbedingungen oder weitere Maßnahmen auf dem Niveau des Jahres 2005 stabilisieren, läge die Minderung der Treibhausgasemissionen bei den im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ betrachteten Annahmen und Maßnahmen bei 35 Prozent.

Auch wurden im Rahmen des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ weitere Varianten modelliert, in denen einzelne geänderte beziehungsweise zusätzliche Annahmen, zum Beispiel bezüglich Fahrzeugkonfigurationen, Kraftstoffzusammensetzung und -preisentwicklung, fiskalischer oder ordnungspolitischer Maßnahmen, zugrunde gelegt wurden, und die einen weiteren Ansatzpunkt für zusätzliche Minderungspotenziale darstellen.

Fazit

Die im Stakeholder-Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ aufgezeigten Potenziale für den Klimaschutz und die Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energien im Verkehrssektor sind mit verkehrspolitisch ambitionierten Maßnahmen und Annahmen verbunden und zeigen bereits deutliche Minderungsoptionen auf. Vor dem Hintergrund der Erfordernisse des Klimaschutzes sollte aber auch die Frage gestellt werden, ob weitere Maßnahmen nicht zusätzlich notwendig sind, um dem Ziel der Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 Prozent zu senken, gerecht zu werden. Mit dem im Rahmen

des Projektes Renewbility entwickelten Modellverbund steht nun ein Instrument zur Verfügung, um entsprechende Maßnahmen auszuloten und gegebenenfalls auch weitere Minderungspotenziale aufzuzeigen (3).

Anmerkungen

- (1) Zu den Forschungspartnern gehören: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), Deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) und die Technische Universität Dresden.
- (2) Die Szenario-Gruppe setzte sich aus Mitgliedern der folgenden Institutionen zusammen: ADAC e.V., Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE), Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE), Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Dachser GmbH & Co KG, Deutsche Bahn AG, Deutsche BP AG, Deutsche Post DHL, E.ON AG, Shell Deutschland, Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD), Verband der Automobilindustrie (VDA).
- (3) Weitere Informationen, die Ergebnisbroschüre und den Endbericht zum Forschungsvorhaben finden Sie im Internet unter: <http://www.renewbility.de>.

Literatur

- BMU (Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas, „Leitstudie 2008“. Berlin 2008.
- BVU / Intraplan Consult: Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. München, Freiburg 2007
- Öko-Institut e.V. / DLR-IVF: Ergebnisbroschüre „Renewbility - Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“. Berlin 2009..

AUTORIN + KONTAKT

Dr. Wiebke Zimmer ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Infrastruktur und Unternehmen im Berliner Büro des Öko-Institutes.

Dr. Wiebke Zimmer, Öko-Institut e.V.,
Bereich Infrastruktur&Unternehmen, Novalisstraße 10,
10115 Berlin. Tel.: +49 30 405085-363,
Fax.: +49 30 405085-388,
E-Mail: w.zimmer@oeko.de, Internet: www.oeko.de

Nachhaltigkeit

A-Z

W wie Waldpädagogik

Der Wald macht Karriere – als exemplarisches Themenfeld für Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Ute Stoltenberg stellt die ökologische, ökonomische, soziale und kulturelle Bedeutung von Wäldern mit regionalen und globalen Bezügen aus allen Bildungsbereichen dar. Indem sie die gesellschaftlichen Perspektiven und pädagogisch geeigneten Arbeitsweisen herausarbeitet, liefert sie das Handwerkszeug für die Gestaltung nachhaltiger Bildungsprozesse.

Ute Stoltenberg
Mensch und Wald
Theorie und Praxis einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung
am Beispiel des Themenfelds Wald
oekom verlag, München 2009, 249 Seiten, 34,90 EUR, ISBN 978-3-86581-126-4

Erhältlich bei
www.oekom.de
kontakt@oekom.de
Fax +49/(0)89/54 41 84-49

Die guten Seiten der Zukunft

oekom
verlag

(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.