

Mobil mit Biomasse

Techno-ökonomischer Vergleich des Einsatzes von Strom, SNG und Fischer-Tropsch-Kraftstoff aus Biomasse im Pkw-Bereich

von Oliver Hurtig und Ludwig Leible, ITAS

Der Einsatz von erneuerbaren Energien im Mobilitätssektor ist mit hohen Erwartungen verknüpft. Im vorgestellten Dissertationsprojekt werden Strom, SNG (Substitute Natural Gas, Ersatz für Erdgas) und Fischer-Tropsch (FT)-Kraftstoff aus Biomasse als Sekundärenergieträger zum Antrieb eines Pkw verglichen. Aufbauend auf laufenden und abgeschlossenen Projekten des ITAS zum Thema Bioenergie werden die Prozessketten vom Anbau der Biomasse bis zum Antrieb des Pkw (des Rads) untersucht (die sog. „well-to-wheel-Analyse“, WTW)¹ und zusätzlich Antriebskonzepten gegenübergestellt, die fossile Primärenergieträger einsetzen. Der Schwerpunkt der systemanalytischen Untersuchung liegt beim Einsatz der biogenen, regenerativen Energieträger im Pkw. Mit diesem Vorhaben soll ein Beitrag zur Beantwortung der Frage geleistet werden, über welchen Sekundärenergieträger und welches Antriebskonzept der Einsatz von Biomasse am sinnvollsten für die Mobilität im Pkw-Bereich umgesetzt werden kann.

1 Hintergrund

Der Verkehr verursacht in Deutschland mit über 14 Prozent der Treibhausgasemissionen² und mehr als einem Drittel der Feinstaub-Emissionen einen erheblichen Anteil der anthropogenen Umweltbelastungen (BMU 2009; Umweltbundesamt 2009). Eine weitere Verschärfung der Grenzwerte vermindert zwar den Ausstoß von Schadstoffen und Treibhausgasen pro Fahrzeugkilometer. Steigt gleichzeitig aber das Verkehrsaufkommen, so ist von keiner bzw. nur von einer geringen Reduzierung der Gesamtemissionen auszugehen.

Darüber hinaus ist Erdöl als Basis konventioneller Kraftstoffe ein endlicher Rohstoff, von dessen Import Deutschland in starkem Maße abhängig ist. Spätestens seit der ersten Ölkrise 1973 sehen sich Wissenschaft und Automobilindustrie

daher veranlasst, nach alternativen Kraftstoffen und Antriebskonzepten zu suchen (Europäische Union 2009; Hurtig et al. 2010).

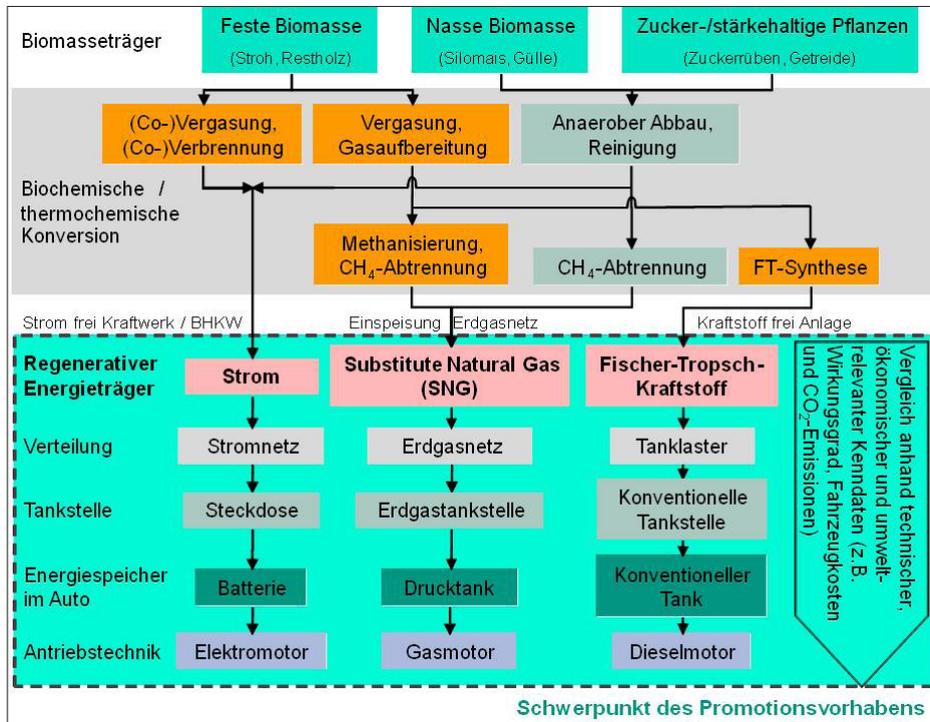
Bei den Analysen und Bewertungen zu alternativen Kraftstoff- und Antriebskonzepten wird in den letzten Jahren zunehmend eine ganzheitliche Betrachtungsweise verfolgt. Durch Gegenüberstellung der wesentlichen technischen, ökonomischen und umweltrelevanten Kennwerte soll so eine Gesamtbewertung der verschiedenen Alternativen ermöglicht werden. Auf der ökonomischen Seite beinhaltet dies beispielsweise eine Bestimmung der Gesamtkosten über den gesamten Herstellungs- und Nutzungsprozess des Pkw. Auf der Umweltseite ist zur Analyse und Bewertung der Umweltauswirkungen insbesondere der Schadstoff- und Treibhausgasausstoß sowie der Ressourcenverbrauch über die gesamte Kette – von der Primärenergiequelle bis zur Nutzung des Sekundärenergieträgers im Fahrzeug – zu untersuchen. Zusätzlich sollten auch die Herstellung und Entsorgung des Pkw in die Untersuchungen mit einbezogen werden.

Im Sinne einer Kosten-Nutzen-Analyse können so beispielsweise Kosten zur Vermeidung von treibhausrelevanten Emissionen – die sog. Treibhausgasvermeidungskosten – abgeleitet werden. Mit Blick auf die Nutzung von Biomasse im Mobilitätssektor lässt sich hieran bemessen und bewerten, welche Kraftstoff- und Antriebsalternativen am effizientesten zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor beitragen können.

2 Ziele

ITAS hat bisher in seinen Studien verschiedene Varianten der Bereitstellung von Wärme, Strom und FT-Kraftstoff aus Biomasse analysiert (Leible, Kälber, Kappler 2007; Leible, Kälber, Kappler et al. 2007; Leible, Kälber, Nieke 2006). Aktuell wird die Bereitstellung von SNG über Biogas und thermochemisch erzeugtem Gas und seine Verwendung zur Produktion von Wärme, Strom und Kraftstoff untersucht. Diese systemanalytischen Arbeiten wurden bzw. werden von ITAS mit der Zielsetzung durchgeführt, die energetische Nutzung von Biomasse in ihr technisches, ökonomisches und umweltrelevantes Umfeld

Abb. 1: Untersuchte Pfade zur Nutzung von Biomasse im Pkw-Antrieb



Quelle: Eigene Darstellung

einzuordnen und zu bewerten. Der Frage, wie die energetische Biomassennutzung am sinnvollsten im Mobilitätssektor umgesetzt werden kann, wurde hierbei noch nicht detailliert nachgegangen. An dieser Stelle soll das im Folgenden vorgestellte Dissertationsvorhaben ansetzen.

In enger Verzahnung mit den am ITAS durchgeführten Studien wird anhand von technischen, ökonomischen und umweltrelevanten Aspekten ein Vergleich der aus Biomasse bereitgestellten Sekundärenergieträger Strom, SNG und FT-Kraftstoff zur Nutzung im Pkw-Antrieb erstellt. Zur besseren Einordnung dieses Vergleichs werden die biogenen Sekundärenergieträger darüber hinaus mit der entsprechenden fossilen Referenz verglichen: Strom aus Biomasse wird mit Strom aus fossilen Rohstoffen verglichen, SNG mit Erdgas und FT-Kraftstoff mit Diesel.

Das Dissertationsvorhaben von Oliver Hurtig soll somit letztendlich auch einen Beitrag zur Beantwortung der Fragestellung leisten, wie die zukünftige Mobilität nachhaltiger gestaltet werden kann.

3 Forschungsansatz

Um einen Vergleich der ausgewählten Sekundärenergieträger Strom, SNG und FT-Kraftstoff – jeweils aus Biomasse – beim Pkw-Antrieb durchführen zu können, werden alle in Abbildung 1 schematisch dargestellten Prozesse untersucht; hierbei liegt der Schwerpunkt auf der Nutzungsphase des Sekundärenergieträgers beim Pkw-Antrieb. Dabei orientiert sich die systemanalytische Herangehensweise am „well-to-wheel“ (WTW)-Ansatz³. Um jeden Prozess realitätsnah beschreiben zu können, werden Kennzahlen abgeleitet und mit Angaben aus verschiedenen Literaturquellen verglichen und bewertet.

In einem ersten Schritt müssen jedoch zunächst alle Rahmenbedingungen festgelegt werden, die für eine solche systemanalytische Untersuchung maßgeblich sind.

Durch die Ermittlung und Zugrundelegung des typischen Fahrverhaltens werden die Anforderungen (z. B. Reichweite) an die zu untersuchenden Pkw festgelegt und anhand dieser die für einen Vergleich interessanten Fahrzeuge

ausgewählt. Anschließend werden diese Pkw in ihrer Herstellungs- und Betriebsphase hinsichtlich ihrer technischen, ökonomischen und umweltrelevanten Merkmale beschrieben. In ihrer Betriebsphase wird zuerst der Betrieb mit fossilen Kraftstoffen (Erdgas, Diesel und Strom aus dem deutschen Strommix) untersucht, um dann die Unterschiede im Betrieb mit biogenen Kraftstoffen (SNG, FT-Kraftstoff, Strom aus Biomasse) herauszuarbeiten. Für die Bereitstellung der Kraftstoffe aus Biomasse wird auf Ergebnisse aus Projekten von ITAS zurückgegriffen.

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird darauf geachtet, dass die Pkw einen ähnlichen Einsatzbereich haben und dass sie schon als Prototyp verfügbar sind. Beim Vergleich von Pkw aus der Serienfertigung und Prototypen muss berücksichtigt werden, dass sich hierbei die Belastbarkeit der Datenbasis stark unterscheidet.

Soweit möglich, werden – neben der Betriebsphase – bei der Analyse und Bewertung darüber hinaus alle wichtigen Stoffströme, Emissionen und Energieströme berücksichtigt, die mit der Herstellung und Entsorgung des Fahrzeugs zusammenhängen. Insbesondere soll untersucht werden, inwieweit die Herstellung und Entsorgung der Pkw Auswirkung auf die Gesamtbilanz eines Fahrzeugs haben – auch unter ökonomischer Sicht. Ziel ist eine differenziertere abschließende Bewertung als dies mit der ausschließlichen Bewertung der Betriebsphase des Fahrzeugs möglich ist. Der Blick auf die Herstellungsphase legt den Schwerpunkt darauf, Unterschiede im Antriebsstrang zwischen den untersuchten Fahrzeugen herauszuarbeiten. Der Antriebsstrang besteht in diesem Fall aus dem Energiespeicher im Auto und der Antriebstechnik (s. Abb. 1).

Beim Vergleich der verschiedenen Antriebstechnologien muss berücksichtigt werden, wie schnell sich neue Technologien durchsetzen und Kostendegressionen sowie technische Verbesserungen durch Lern- und Stückzahleneffekte erreicht werden können. Mit Blick auf diese Effekte sind entsprechende Szenarienannahmen zu treffen. Nur so kann eine solide Abschätzung insbesondere der Kosten erreicht werden.

Ein wesentlicher Bestandteil des Promotionsvorhabens liegt in der Entwicklung eines EDV-gestützten Modells, um die Datenhaltung

und -vernetzung sowie die Vergleichbarkeit und Flexibilität der durchgeführten Analysen sicherzustellen. Damit soll gewährleistet werden, dass zum Beispiel neuere Entwicklungen, Preisänderungen oder neue Fahrzeugtypen leicht in einen Gesamtvergleich eingebaut werden können. Dieses EDV-Modell nutzt die ermittelten Kenndaten der Pkw und der gesamten Prozesskette sowie die anpassbaren Parameter – wie z. B. die gefahrenen Kilometer pro Jahr –, um beispielsweise die Mobilitätskosten oder die Minderungskosten für treibhausrelevante Emissionen zu berechnen.

4 Ausblick

Diese systemanalytische Untersuchung wird wesentliche Ergebnisse liefern, die eine Einordnung und Beantwortung der Frage erlauben, über welche Sekundärenergieträger (Strom, SNG, FT-Kraftstoff) und Antriebskonzepte die Biomasse am sinnvollsten einen Beitrag zur Aufrechterhaltung der Mobilität leisten kann. Die Kosten pro Personenkilometer oder die damit verbundenen CO₂-Minderungskosten werden für diese Einordnung und Bewertung von besonderer Bedeutung sein. Nicht zuletzt ergeben sich hieraus Schlussfolgerungen und Empfehlungen nicht nur für weitere Forschungsvorhaben, sondern auch für die Politik, die die eingangs erwähnten, hohen Erwartungen an erneuerbare Energien im Mobilitätssektor formuliert.

Anmerkung

- 1) Vgl. EUCAR, CONCAWE, JRC 2008.
- 2) Unter Treibhausgasen werden alle Gase zusammengefasst, die zur Temperaturerhöhung des Klimas beitragen. Die Angaben erfolgen in CO₂-Äquivalenten unter Berücksichtigung der spezifischen Treibhauswirksamkeit der Gase – gemessen am CO₂.
- 3) Bei diesem Ansatz werden alle Prozessschritte von der Förderung des Primärenergieträgers bzw. des Anbaus der Biomasse bis zum Antrieb des Rads untersucht. Dieser Ansatz wird z. B. in Leible et al. (2006) näher beschrieben.

Literatur

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2009: Erneuerbare Energien in Zah-

len. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Bonn; http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen_bf.pdf (download 27.11.09)

EUCAR – European Council for Automotive R&D; CONCAWE – The oil companies' European association for environment, health and safety in refining and distribution; JRC – Institute for Environment and Sustainability of the EU Commission's Joint Research Centre, 2008: JEC Well-to-Wheels study Version 3; <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW.html> (download 28.8.09)

Europäische Union, 2009: Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:DE:PDF> (download 3.2.10)

Hurtig, O.; Leible, L.; Kappler, G.; Kälber, S., 2010: Innovative Kraftstoff- und Antriebskonzepte von BMW, Daimler und VW seit der 1. Ölkrise 1973. Karlsruhe

Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G., 2007: BTL/Synthetische Kraftstoffe – Technik, Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. Witzenhausen

Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G. et al., 2007: Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz: eine systematische Untersuchung. Karlsruhe, Forschungszentrum Karlsruhe; <http://bibliothek.fzk.de/zb/berichte/FZKA7170.pdf> (download 9.2.10)

Leible, L.; Kälber, S.; Nieke, E., 2006: Schwerpunkt Biogene Kraftstoffe – Kraftstoffe der Zukunft? Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 15/1 (2006), S. 4–72

UBA – Umweltbundesamt, 2009: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2007; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3727.pdf> (download 28.4.10)

Kontakt

Dipl.-Ing. Oliver Hurtig
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 72 47 / 82 - 68 75
Fax: +49 (0) 72 47 / 82 - 60 45
E-Mail: oliver.hurtig@kit.edu



Forschung im Bereich der Entwicklung Neuer Materialien

Das Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Profilbildung und Technologietransfer – das Projekt InnoMat

von Rainer Bräutigam, ITAS

In einer explorativ angelegten Studie zum Wissens- und Technologietransfer aus öffentlich finanzierter Forschung in die industrielle Anwendung im Bereich „Neue Materialien“ wurden neun unterschiedliche Transferprojekte über einen Zeitraum von drei Jahren begleitet und das Transferhandeln dieser Projekte wurde detailliert analysiert. Der vorliegende Bericht beschreibt die methodische Vorgehensweise in dieser inzwischen abgeschlossenen Studie und gibt einen kleinen Einblick in die dabei erzielten Ergebnisse.

1 Ausgangslage

Die Entwicklung von neuen Materialien sowie von Technologien für deren Produktion und Verarbeitung ist Grundlage der allgemeinen Technikentwicklung, da neue Materialien ein wesentlicher Bestandteil hochinnovativer Technikfelder sind. Viele Erfolge in einer Reihe von Schlüsseltechnologien wären ohne den Einsatz neuer Materialien nicht denkbar. Nur ein Teil der Neuentwicklungen in der Materialforschung kann jedoch wirtschaftlich erfolgreich eingesetzt werden. Dies ist im Regelfall dann möglich, wenn durch die Materialinnovation neue Produkte ermöglicht und durch diese wiederum neue Märkte erschlossen werden können. Viele neue Funktionswerkstoffe, die nur in geringen Mengen benötigt werden, finden dagegen oft keinen Hersteller, da die Aufwendungen für ihre Entwicklung einerseits hoch sind und die beim Hersteller stattfindende Wertschöpfung andererseits zu gering ist.

Da die Entwicklung neuer Werkstoffe und deren Überführung in marktfähige Produkte in einem Prozess erfolgt, dessen Erfolg wesentlich von der Qualität der Zusammenarbeit von Materialforschung, Materialherstellung und diesbezüglicher Verfahrenstechnik sowie dem Endan-