

Forschen - Bewerten - Sachgerecht diskutieren

**Forschungseinrichtungen zum Thema:
„Biokraftstoffe in Deutschland, Österreich und der Schweiz“**

**EIN POSITIONSPAPIER DES
FORSCHUNGSNETZWERK BIOGENE KRAFTSTOFFE**

ForNeBiK

ForschungsNetzwerk Biogene Kraftstoffe

20. Oktober 2008

Forschen-Bewerten-Sachgerecht diskutieren

Forschungseinrichtungen zum Thema:

„Biokraftstoffe in Deutschland, Österreich und der Schweiz“

Vorwort

Das Positionspapier „Biokraftstoff-Forschung in Deutschland, Österreich und der Schweiz“ ist im Rahmen der ersten Sitzung des ForschungsNetzwerk Biogene Kraftstoffe (ForNeBiK) am 21. und 22. Februar 2008 in Straubing erstellt und durch die Geschäftsstelle des ForNeBiK ausgearbeitet worden.

Das Positionspapier vermittelt einerseits den Status Quo der Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung und verdeutlicht andererseits daraus resultierende Handlungsempfehlungen sowie Anforderungen an den zukünftigen F&E-Bedarf im Bereich der derzeit marktverfügbaren Biokraftstoffe. Das gemeinsame Positionspapier wird von zahlreichen Forschungseinrichtungen inhaltlich getragen.¹

Das ForNeBiK ist ein durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten initiiertes und finanziell unterstütztes Forschungsnetzwerk.

¹ Siehe Anhang.

Ausgangssituation

Eine der wichtigsten Erkenntnisse der neuesten Studie vom Mai 2008 „Zukunft der weltweiten Erdölversorgung“ der Ludwig-Bölkow-Stiftung und Energy Watch Group ist, dass das weltweite Erdölförderungsmaximum (sog. Peak Oil) bereits 2006 eingetreten ist; die Ölförderung wird jährlich um einige Prozentpunkte zurückgehen und ab 2030 drastisch fallen.² Die Weltwirtschaft steht damit am Anfang eines tiefen Strukturwandels, so die Studie.

Ein **Strukturwandel** anderer Art steht der Gesellschaft im Rahmen des Klimawandels bevor. Der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zeigt einprägsam die Entwicklungsszenarien der Klimaerwärmung auf und verdeutlicht dies durch die Auswirkungen auf bewirtschaftete Systeme durch regionale Temperaturerhöhungen³ in Folge eines starken Anstiegs der CO₂-Emissionen.⁴

Eine Haupttriebfeder der Erhöhung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre wird in Europa im Personen- und Güterverkehr gesehen. Der zukünftige bodengebundene Personenverkehr wird ein 10 %-iges Wachstum der Verkehrsleistung bis 2020 aufweisen und der Güterverkehr kontinuierlich um rund 65 %-Punkte über das Niveau von 2000 wachsen.⁵ Die CO₂-Emissionen des Verkehrs werden bis 2020 gegenüber 2005 um 3 % leicht ansteigen und stagnieren dann auf diesem Niveau bis 2030.⁶

Der Bericht des Biofuels Research Advisory Committee (Biofrac-Bericht) stellt fest: „The growing transport sector is considered to be one of the main reasons for the EU failing to meet the Kyoto targets. It is expected that 90 % of the increase of CO₂ emissions between 1990 and 2010 will be attributable to transport“⁷.

Deutschland wiederum verfolgt im Rahmen seiner Daseins-Fürsorge eine Energieversorgung mit den Zielen einer wirtschaftlichen, sicheren und umweltverträglichen Versorgung;⁸ alle drei Ziele sind dabei gleichrangig zu verfolgen. Im Gesamtkanon dieser Ziele sind Strategien zum Ausbau und der Förderung Erneuerbarer Energien entwickelt worden. Die Förderung der Biokraftstoffe ist hierbei ein entscheidender Inhalt.⁹

Die Förderung der derzeit verfügbaren Biokraftstoffe wird dabei in Europa als ein notwendiger Zwischenschritt gesehen, um die Treibhausgasemissionen kurzfristig zu reduzieren, die Energiequellen im Verkehrssektor zu diversifizieren und die EU-Wirtschaft auf Alternativen im Verkehrssektor vorzubereiten.¹⁰

² Hierzu Schindler/Zittel (2008), S. 12 und S. 17.

³ BMU/IPCC/BMBF (2007), S. 2; Hübler/Klepper (2007) sowie Kalies/Schröder (2007).

⁴ Siehe auch Kyoto-Protokoll in der deutschen Übersetzung unter <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf>

⁵ Matthes et al. (2008), S. 15.

⁶ Matthes et al. (2008), a. a. O. sowie Schmied et al. (2007).

⁷ http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/draft_vision_report_en.pdf, Allein die Optimierung von Benzin- und Dieselmotoren von Personenwagen bringt bis 2020 bis zu acht Megatonnen Treibhausgasvermeidung und damit ein Drittel des gesamten Potenzials des Transportsektors in Höhe von rund 28 Megatonnen, siehe hierzu McKinsey&Company/Vahlenkamp (2007).

⁸ Siehe auch Auswärtiges Amt, <http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/de/Aussenpolitik/Themen/EnergieKlima/Uebersicht.html>

⁹ Siehe unter http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf

¹⁰ So zuletzt der Rat der Europäischen Union (7224/1/07, Übermittlungsvermerk): „Daher billigt [der Europäische Rat] unter Berücksichtigung unterschiedlicher individueller Gegebenheiten, Ausgangspunkte und Möglichkeiten die folgenden Ziele: [...]

Rahmenbedingungen Biokraftstoffe

Die Jahre 2006 und 2007 waren für den Markt der Biokraftstoffe, auch angetrieben durch die ansteigenden Preise für fossile Kraftstoffe, mit einem deutlichen **Wachstum** versehen. Im Jahr 2007 wurden im deutschen Markt rund 4,55 Mio. t (2006: 4,08 Mio. t) Biokraftstoffe abgesetzt. Neben dem nach wie vor dominierenden Absatz von Biodiesel (2007: 1,9 Mio. t als Reinkraftstoff und 1,5 Mio. t über die Beimischungsquote) sind nennenswerte Mengen an Bioethanol (2007: 0,45 Mio. t über die Beimischungsquote und 7000 t über E85) und Pflanzenöl (2007: 0,7 Mio. t) zu verbuchen.¹¹ Insgesamt liegt der Umsatz allein aus dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung biogener Kraftstoffe bei rund 3,82 Mrd. €¹²

Volkswirtschaftlich wird geschätzt, dass bereits zwischen 14.000 (Angabe 2004) und über 37.000 Arbeitnehmer (Angaben 2010, bis 2020 rund 76.000 Beschäftigte) entlang der Wertschöpfungskette „Biokraftstoff“ (Anbau, industrielle Weiterverarbeitung, Vorleistungseffekte in Zulieferersektoren) in Deutschland beschäftigt sind (direkt, indirekt, induziert).¹³

Die **Biokraftstoffrichtlinie** der EU sowie die **Kraftstoffstrategie** der Bundesregierung werden weiterhin den Einsatz von Biokraftstoffen fördern.¹⁴

Mit der Verabschiedung der „Richtlinie 2003/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor“ wurden die Mitgliedsstaaten aufgefordert, vermehrt biogene Kraftstoffe im mobilen Bereich einzusetzen. Als Zielwerte, gemessen am Energiegehalt, wurden ein Anteil von 2 % aller Otto- und Dieselmotorkraftstoffe im Verkehrssektor per 31. Dezember 2005 und ein Anteil von 5,75 % bis zum 31. Dezember 2010 festgelegt.¹⁵

In Europa nimmt Deutschland mit der Produktion und Nutzung von Biokraftstoffen die **Spitzenposition** ein.¹⁶ Auf der Grundlage des im Oktober 2006 vom Bundestag verabschiedeten Biokraftstoffquotengesetzes sind Unternehmen, die Kraftstoffe in Verkehr bringen, nunmehr seit Januar 2007 verpflichtet, einen gesetzlich bestimmten Mindestanteil (Quote) in Form von Biokraftstoffen abzusetzen (im Jahr 2007: Diesel-Quote=4,4 %, Ottokraftstoff-Quote=1,2 %). Zusätzlich zu den Mindestquoten wird ab dem Jahr 2009 eine Gesamtquote von 6,25 %¹⁷ für beide Kraftstoffarten eingeführt, welche sich bis zum Jahr

ein in kosteneffizienter Weise einzuführendes verbindliches Mindestziel in Höhe von 10 % für den Anteil von Biokraftstoffen am gesamten verkehrsbedingten Benzin- und Dieselmotorkraftstoffverbrauch in der EU bis 2020, das von allen Mitgliedstaaten erreicht werden muss. Der verbindliche Charakter dieses Ziels ist angemessen, vorausgesetzt, die Erzeugung ist nachhaltig, Biokraftstoffe der zweiten Generation stehen kommerziell zur Verfügung und die Richtlinie über die Kraftstoffqualität wird entsprechend geändert, damit geeignete Mischungsverhältnisse möglich werden“. Im Überblick Geringer/Hofmann (2007).

¹¹ BT-Drs. 16/8028, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Happach-Kasan, Kauch, Ackermann, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP (Drs. 16/7881), Zukunft der biogenen Reinkraftstoffe. Die Werte beruhen auf Hochrechnungen der Zahlen aus der Steuerstatistik von Januar bis Oktober 2007.

¹² Staiß et al. (2008), S. 29.

¹³ Nusser et al. (2007). Die Berechnung der Brutto-Beschäftigungseffekte (Vollzeitäquivalente) erfolgte mit dem Fraunhofer Input-Output-Modell ISIS. Siehe auch Staiß (2006) sowie Heißenhuber/Berenz/Rauh (2007).

¹⁴ Dies vor allem durch die Beimischungsverpflichtungen zu regulären Diesel- und Otto-Kraftstoffen.

¹⁵ Die Entwicklung eines Ersatzes für Dieselmotorkraftstoff im Allgemeinen ist für Europa besonders wichtig, da die EU derzeit Nettoimporteur von Dieselmotorkraftstoff ist, während sie Ottokraftstoff exportiert.

¹⁶ EurObserv'ER 2007, http://www.energies-renouvelables.org/observer/stat_baro/observ/baro179_b.pdf

¹⁷ Das Bundeskabinett hat hierzu am 07. Oktober 2008 beschlossen, die Gesamtquote im Jahr 2009 um 1 Prozentpunkt zu senken auf dann 5,25 %. Ein konkreter Gesetzentwurf ist hierfür noch nicht vorgelegt, siehe auch http://www.bundesregierung.de/nn_1496/Content/DE/Artikel/2008/10/2008-10-07-steuerliche-entlastung.html

2015 stufenweise auf 8 % erhöht.¹⁸ Die vorgeschriebenen Quoten können entweder durch Beimischung von Biokraftstoffen zu Diesel- oder Ottokraftstoff erfüllt werden, oder auch durch das in Verkehr bringen von reinen Biokraftstoffen.

Hintergrund der massiven Bemühungen um den Einsatz von Biokraftstoffen sind die Erwartungen zur **Reduktion der CO₂-Emissionen**, die erklärtes Ziel der Bundesregierung sind.¹⁹ Allein der Verkehrssektor in Deutschland verursacht derzeit CO₂-Emissionen von rd. 162 Mio. t pro Jahr.²⁰ Biokraftstoffe reduzieren die CO₂-Emissionen in Deutschland bereits heute deutlich. Derzeit liegt die CO₂-Minderung allein bei den Biokraftstoffen bei über 15 Mio. t im Jahr (Angabe für Juni 2008).²¹

Das von der Bundesregierung auf ihrer Kabinettsklausur in Meseberg beschlossene Integrierte Energie- und Klimaschutz-Programm (Dezember 2007) geht in seinen Anforderungen weiter und fordert den Ausbau der Biokraftstoffe um bis zu 17 % bis in das Jahr 2020 zur Reduktion der Kraftstoffemissionen um 10 %. Um diese Ziele zu erreichen, umfasst das Meseberg-Paket ein 29-Punkte-Programm, das in Ergänzung zum Emissionshandel und anderen, bereits bestehenden, sektoralen Maßnahmen wirken soll.²² Allein die Eckpunkte 16 „CO₂-Strategie PKW“ und 17 „Ausbau von Biokraftstoffen“ können im Verkehrssektor mit 33 Mio. t CO₂/Jahr zur Emissionsminderung beitragen.²³

Den Gesamtprozess der Verwendung von Biokraftstoffen betrachtend²⁴, hängt die Einsparung an CO₂ vor allem ab

- von Anbau- und Ernteverfahren unterschiedlicher Kulturen (Weizen, Raps, Misch-Kulturen usw.),
- den Rohstoffeigenschaften, dem Herstellungsverfahren und dem Qualitätsmanagement,
- sowie von seiner Verwertung in Verbrennungsmotoren und der Abgasnachbehandlung.

Die korrekte Beurteilung der zukünftigen Potenziale der Biokraftstoffe ist nur auf der Basis unabhängiger „Life Cycle Assessments“ bzw. „Well-to-Wheel-Analysen“ möglich, die aktualisiert, ohne jegliche Befangenheit fokussiert und aufbereitet werden müssen; dies vor allem zur Entscheidungsfindung auf nationaler Ebene.²⁵ Diese Studien können die aktuelle Ausarbeitung des Entwurfs einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige

¹⁸ Alle Quoten beziehen sich auf den Energiegehalt der Kraftstoffe, siehe auch BT-Drs. 16/8028, a.a.O. Gemessen am Kraftstoffverbrauch (Otto- und Dieselmotoren zuzüglich Biokraftstoffe) betrug der Anteil biogener Kraftstoffe energetisch ca. 7 %, der Anteil von Biodiesel als Reinkraftstoff ca. 3 % und als Beimischung ca. 2,4 %. Der Anteil Pflanzenöl am Kraftstoffverbrauch betrug energetisch ca. 1,2 %.

¹⁹ Machat/Werner (2007).

²⁰ Siehe auch UBA (2008) sowie Pehnt (2007).

²¹ Siehe auch Staiß et al. (2008), S. 23. ff. sowie IPCC (2007). Siehe auch vorsichtige Schätzungen aus 2006 in BT-Drs. 16/988, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Happach-Kasan, Dr. Solms, Kauch, weitere Abgeordnete und der Fraktion der FDP (Auswirkungen der geplanten Neuregelung der Besteuerung von Biokraftstoffen, BT-Drs. 16/1123, April 2006, unter der Annahme, dass bis 2010 etwa 2,8 Mio. t Biodiesel und rd. 1,0 Mio. t Bioethanol verwendet werden, würde das zu einer CO₂- Reduzierung im Verkehrssektor von etwa 7,3 Mio. t/Jahr führen. Dies wären rd. 4,2 % der heutigen CO₂- Emissionen aus dem Verkehrsbereich bzw. rd. 0,8 % der Gesamt-CO₂-Emissionen in Deutschland.

²² Siehe unter http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf

²³ Hierzu <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/meseberg.pdf>

²⁴ CONCAWE/EUCAR/JRC (2007), S. 14 ff.

²⁵ Derzeit aktuell auf europäischer Ebene CONCAWE/EUCAR/JRC (2007).

Erzeugung von Biomasse zur Verwendung als Biokraftstoff (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung - BioNachV) unterstützen.²⁶

Insgesamt sind die **technischen Möglichkeiten** der heutigen Anlagengeneration bei weitem nicht ausgeschöpft. Es ist vielmehr mit einer deutlichen Verbesserung der Effizienz der Verbrennungsmotoren sowie der Abgasnachbehandlung zu rechnen. Auch integrierte Produktionsanlagen können in naher Zukunft annähernd eine 100 %-ige Ausnutzung der Pflanzenrohstoffe ermöglichen.²⁷ Ebenso sind erhebliche Verbesserungen unter Berücksichtigung von Effizienz und ökologischen Anforderungen im Bereich des Anbaus, der Ernte sowie der feldnahen Verarbeitung und Logistik zu erwarten.

Zu konstatieren ist, dass die **Landwirtschaft** der EU-27 selbst bei der Maßgabe, dass die Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln sicherzustellen sei, einen beachtlichen Anteil zu den Energiezielen der EU im Jahr 2020 durch die Bereitstellung von Bioenergiepflanzen beitragen könnte, unter der Voraussetzung des Fortbestehens der langjährigen Trends in der Agrarproduktion und dem Nahrungsmittelverbrauch.²⁸ Eine differenzierte Betrachtung zeigt aber auch, dass nur einige wenige EU-Mitgliedsländer (vor allem Deutschland, Frankreich, Spanien) den Energiebeitrag für die EU-27 erzeugen können.²⁹ Mehr als die Hälfte der Mitgliedsstaaten kann bis 2010 ihre nationalen Zielvorgaben, z. B. im Kraftstoffbereich einen Beimischungsanteil von 5,75 % an Biokraftstoffen, nicht aus eigener Erzeugung abdecken. In vielen Ländern (u. a. Großbritannien, Italien, Griechenland) reicht das Flächenpotenzial weder zur Selbstversorgung noch zur Energiebereitstellung aus, d. h. in diesen Ländern bleibt eine starke Abhängigkeit sowohl in der Energie- als auch Nahrungsmittelversorgung aus Drittländern bestehen.³⁰

Ebenso ist festzustellen³¹, dass sich der große Bedarf an Otto- und Dieselmotoren weder jetzt, noch zukünftig vollständig durch regenerative Flüssigtreibstoffe decken lässt.³² Dabei wird anerkannt, dass die Errichtung von Anlagen zur Erzeugung alternativer Kraftstoffe aus diversifizierten Rohstoffen, die Einführung neuer Motortypen und die Anpassung des Tankstellennetzes langfristige Investitionen (aufgrund stabiler Nachfrageprognosen) benötigen.³³ Anerkannt ist zudem, dass der Wirkungsgrad bei der Verbrennung in stationären Anlagen zur kombinierten Wärme- und Stromerzeugung höher ist, als bei der alleinigen motorischen Verbrennung im mobilen Bereich.³⁴ Daher weisen Biokraftstoffe auch

²⁶ Entwurf einer über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von Biomasse zur Verwendung als Biokraftstoff vom 05.12.2007 (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung - BioNachV) unter http://www.bundesfinanzministerium.de/nn_82/DE/BMF__Startseite/Aktuelles/Aktuelle__Gesetze/Gesetze__Verordnungen/002__anl,templateId=raw,property=publicationFile.pdf

²⁷ Plass, Lurgi AG, Quelle: Deutsche Messe Hannover, „Klimawandel treibt Innovation im Mobilitätssektor an“, "Clean Moves"-Marktplattform, 16.04.2007.

²⁸ Ähnlich Zeddies (2006).

²⁹ Schönleber/Henze/Zeddies (2007), S. 10.

³⁰ So auch insgesamt Schönleber/Henze/Zeddies (2007), S. 10 sowie für Auswirkungen in Deutschland Graf et al. (2007).

³¹ Statt vieler Spangenberg et al. (2005), S. 65 f.

³² Siehe auch SRU (2007) sowie BMELV unter http://www.bmelv.de/cln_045/nn_752130/SharedDocs/downloads/13-Service/Agrarbericht/Agrarbericht2007komplett.html

³³ Siehe hierzu Bundesrat Drucksache 138/06 vom 20.02.06, Unterrichtung durch die Bundesregierung „Mitteilung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften "Eine EU-Strategie für Biokraftstoffe" KOM(2006) 34 endg.; Ratsdok. 6153/06.

³⁴ Siehe z. B. SRU (2007).

insgesamt sowohl höhere CO₂-Vermeidungskosten als auch geringere absolute Minderungspotenziale auf.³⁵

Allerdings zeigt die Nutzung „flüssiger“ Brennstoffe erhebliche Vorteile im mobilen Bereich auf Grund der Energiedichte und Lagerfähigkeit im Tank.

Biokraftstoffe im Kontext des ForNeBiK

Biokraftstoffe im Sinne des **Energiesteuergesetzes**³⁶ sind Energieerzeugnisse ausschließlich aus Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung³⁷. Energieerzeugnisse, die anteilig aus Biomasse hergestellt werden, gelten in Höhe des Anteils als Biokraftstoff.³⁸

Hierbei handelt es sich um:

1. Fettsäuremethylester gemäß DIN EN 14214 („Biodiesel“),
2. Bioethanol gemäß DIN EN 15376,
3. Pflanzenöl gemäß DIN V 51605 („Rapsölkraftstoff“),
4. durch thermochemische Umwandlung von Biomasse entstandene synthetische Kohlenwasserstoffe bzw. -gemische („BtL-Kraftstoffe“),
5. durch biotechnologische Verfahren zum Aufschluss von Zellulose gewonnene Alkohole („LCB-Ethanol“),
6. durch Vergärung oder synthetisch erzeugtes, auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas („Biomethan“).

Unterschieden wird dabei zwischen Biokraftstoffen, die sich derzeit auf dem Markt und in der Anwendung befinden (siehe auch § 50 Abs. 4 EnergieStG (Position 1 bis 3)) sowie solchen, die sich noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium befinden (siehe § 50 Abs. 5 EnergieStG (Position 4 und 5)).

Biokraftstoffe, die bereits heute marktfähig sind und in einem erheblichen Umfang produziert werden, bilden den Forschungsschwerpunkt des ForschungsNetzwerk Biogene Kraftstoffe.

Bezüglich der Dimension Zeit-Raum bezieht sich das ForNeBiK in seinem Positionspapier auf die Zeit bis 2020 sowie auf den Anbau von Rohstoffen und die Herstellung von Biokraftstoffen in Deutschland, der Schweiz und Österreich.

³⁵ Insgesamt so SRU (2007).

³⁶ Energiesteuergesetz (EnergieStG) Geltung ab 01.08.2006 Artikel 1 G v 15.07.2006 BGBl. I 1534; zuletzt geändert durch Artikel 1 G. v. 18.12.2006 BGBl. I S. 3180.

³⁷ Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung – BiomasseV), BGBl. 1, S. 1234, geändert durch Verordnung, 09. August 2005 (BGBl. 1 S. 2419).

³⁸ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I, S. 3830) zuletzt geändert am 23. Oktober 2007 (BGBl. I Nr. 53, S. 2470), in Kraft getreten am 30. Oktober 2007.

Rohstoffbereitstellung

Situation: Züchtung, Produktionstechnik und Anbausysteme von Biomasse

Der **Anbau** von Biomasse zur Kraftstoffproduktion ist weitestgehend gleich dem Anbau von Biomasse zur Nahrungs- und Futtermittelherstellung. In der Landwirtschaft gelten hierfür umfassende Anforderungen und Empfehlungen als verbindliche Mindeststandards für den Anbau, so z. B.:

- die gute fachliche Praxis im landwirtschaftlichen Fachrecht (in Ergänzung Bundesbodenschutzgesetz, Bundesnaturschutzgesetz),
- obligatorische Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen (Cross-Compliance),
- Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft (auch implizit in anderen Anforderungen),
- Dünge- und Düngemittelverordnung, Pflanzenschutzverordnung usw.

Unter diesen Voraussetzungen ist festzuhalten, dass die Verwendungsrichtung als Nahrungs- oder Futtermittel oder als Kraftstoff sich nach jeweils herrschenden ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen richtet und weiterhin richten wird, im Besonderen im Hinblick auf die globalisierten Märkte.

In Zukunft kann die **Biomasseproduktion** für die Herstellung von Biokraftstoffen effizienter und umweltverträglicher gestaltet und durch züchterische Fortschritte, Erweiterung der Fruchtfolgen³⁹ durch neue Kulturpflanzen (Erprobung trockenoleranter Arten/Sorten für niederschlagsarme Standorte) sowie durch neuartige Anbausysteme unterstützt werden.⁴⁰ Dabei befindet sich der Anbau derzeit in der Schere zwischen der umweltverträglichen und effizienten Steigerung der Biomasseproduktion und den sich verändernden klimatischen Bedingungen, die regional Einschnitte in der Produktivität mit sich bringen können.⁴¹

Beim Anbau von Biomasse ist der **Humusgehalt** von besonderer Bedeutung, durch dessen komplexe Beeinflussung nahezu alle Bodeneigenschaften und -funktionen modifiziert werden.⁴² So kann sich bspw. bei der ausschließlichen Nutzung der Ganzpflanzen aus dem Nutzungskreislauf ohne Rückführung von Nebenprodukten wie z. B. Gärresten langfristig der Humusgehalt der Böden verringern, die Bodenfruchtbarkeit eingeschränkt und die Erosionsneigung erhöht werden, da nur wenige Ernterückstände auf der Fläche verbleiben.

³⁹ Christen (2007), S. 66 ff., Holm-Müller/Breuer (2006).

⁴⁰ Siehe hierzu Vetter et al. (2008), Kästen (2006), Vetter (2006), Dietze (2006), Fritz et al. (2007) sowie Wagner (2005).

⁴¹ Siehe umfassend für Bayern LfL (2007).

⁴² Wendland/Diepolder/Capriel (2007), S. 13 sowie Kreitmayer/Mayr (2007).

Position: Züchtung, Produktionstechnik und Anbausysteme von Biomasse

Die **Einhaltung der Empfehlungen** und verbindlichen Anforderungen sind unbedingt zu beachten. Getrennte Regelungen zwischen dem Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln sowie den Kraftstoffen sind nicht sinnvoll. Dies gilt für die gute fachliche Praxis sowie die Regelungen nach der Direktzahlungsverpflichtungsverordnung und denen der Cross Compliance.

Gleichwohl sind die Regelungen zur guten fachlichen Praxis als dynamisches System anzusehen, welches auf sich ändernde Rahmenbedingungen reagieren sollte. So gewinnen gerade die Bereiche Boden- und Gewässerschutz sowie Humuserhalt eine immer größere Bedeutung, und finden in der guten fachlichen Praxis (gfP) verstärkt Berücksichtigung.

Die Ausbringung von Gärrückständen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen hat nach den Anforderungen der guten fachlichen Praxis (pflanzenbedarfs- und standortgerecht, ebenso Düngeverordnung⁴³) so zu erfolgen, dass keine zusätzlichen Gefährdungen für das Grundwasser und die Oberflächengewässer auftreten.⁴⁴

Die Möglichkeiten der **standortangepassten Züchtung**⁴⁵, auch unter den Voraussetzungen der klimatischen Veränderungen, sind weiter voranzutreiben. Dabei sind auf der einen Seite hohe Flächenenergieerträge, gute Einordnung in den Betriebsablauf und geringe Anforderungen an den Standort sowie qualitätstypische Merkmale für die Kraftstoffherstellung anzustreben⁴⁶. Auf der anderen Seite sind insbesondere die Merkmale zu berücksichtigen und vorzuziehen, die eine hohe **Reduktion an Treibhausgasen** aufweisen. Eine Erarbeitung von Anbauempfehlungen für ein an den jeweiligen Verwendungszweck angepasstes, standortgerechtes Produktionsverfahren (z. B. durch Sortenversuche, Versuche zur Verbesserung der Nährstoffverwertung) kann hierbei von Vorteil sein. Die Erprobung von Zwischenfruchtanbau und Zweikultur-Nutzungssystemen (ggf. auch Mischkulturanbau) zur Erhöhung der Flächeneffizienz ist weiter zu forcieren; ebenso Untersuchungen zur Verbesserung der Einsatzmöglichkeiten anfallenden Schnittgutes aus extensiver Grünlandnutzung und Landschaftspflege.

Es ist derzeit von besonderer Wichtigkeit, die **Optimierung von Anbauverfahren** unter Beachtung der sich ändernden klimatischen Bedingungen auf verschiedenen Standorten (z. B. auch Grenzertragsstandorte) voranzubringen. Die Erprobung von trocken- sowie hitzetoleranten Sorten, v. a. für niederschlagsarme Standorte, muss vorangetrieben werden. Dabei sollten sowohl ein- als auch mehrjährige Pflanzen betrachtet werden.

Aufgrund ihrer vielfältigen Wirkung und überragenden Bedeutung ist eine standortangepasste **optimale Humusversorgung** in den landwirtschaftlichen Betrieben eine

⁴³ Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV), BGBl. 2006 Teil I Nr. 2, 13. Januar 2006, Bonn.

⁴⁴ Dazu u. a. Positionspapier der DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.) (2007), unter <http://www.dvgw.de/fileadmin/dvgw/wasser/ressourcen/energiepflanzen.pdf>

⁴⁵ Bspw. Erprobung von Energiepflanzen mit hohen Fett- oder hohen „vergärbaren“ Stärkegehalten, Untersuchung des Nährstoffaneignungsvermögens, Untersuchungen zur Stresstoleranz usw.

⁴⁶ Siehe unter Qualitätsdefinition bei Rohstoffen und Kraftstoffen.

wesentliche Grundlage für die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und Ertragssicherung. Bei der Entnahme von Biomasse vom Feld ist im besonderen Maße auf eine Humuswirtschaft zu achten, die dem Ziel des Erhalts des Humusgehalts im Boden nicht widerspricht. Untersuchungen zum Humushaushalt nach unterschiedlichen Gesichtspunkten der landwirtschaftlichen Nutzung sind unter Einschluss des Bereichs der Bioenergien voranzutreiben. Die Möglichkeit „nahezu“ geschlossener Nährstoffkreisläufe ist dabei insgesamt zu fordern.

Im Gesamtkontext müssen bestimmte Anbauformen und Verfahren und die Integration eines nachhaltigen Anbaus von Biomasse in die Kulturlandschaftsentwicklung verstärkt gefördert werden. Ein gezieltes **Zeit- und Methodenmanagement** bezüglich Anbauverfahren, Wachstumsphasen usw. ist standortgerecht bzw. regionspezifisch zu diskutieren und zu erarbeiten. Ökosysteme, die im Allgemeinen als erhebliche CO₂-Senke fungieren (Wälder, Moore), sind grundsätzlich in ihrer Funktion zu erhalten und allenfalls nachhaltig zu nutzen.

Situation: Landwirtschaftliche Produktion von Biomasse und Naturschutz

In der Regel sind aus naturschutzfachlicher Sicht negative **Beeinträchtigungen** immer dann zu verzeichnen, wenn eine Intensivierung der vorherigen Nutzung (zumeist wertvolle Brachen, Grasland) erfolgt, naturschutzfachlich bedeutsame Lebensräume durch intensiven landwirtschaftlichen Anbau beansprucht werden bzw. durch den Anbau traditionelle Kulturlandschaften mit kulturhistorischen Besonderheiten überprägt werden.⁴⁷ Die Liste der möglichen Beeinträchtigungen ist lang und reicht vom Lebensraumverlust für Vögel und der Minderung der Artenvielfalt bis hin zur Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und des Gewässerschutzes.⁴⁸

Derzeit werden in verschiedenen Studien Einflussfaktoren auf Natur und Landschaft identifiziert, naturschutzorientierte Anforderungen formuliert und mögliche Steuerungsansätze zur Umsetzung der Anforderungen und Standards entwickelt.⁴⁹ Ansätze hierfür können einerseits gebietsbezogen (Raumplanung, Landschaftsplanung, Flächennutzungsplan) sein oder andererseits maßnahmen- (Anbau bestimmter Kulturarten) und produktionsbezogene (Verzicht/Reduktion Pflanzenschutzmittel und Kunstdünger) Anreize darstellen. Hinzu kommen planerische und administrative (Regionalplanung, Genehmigungsrecht) sowie informelle Instrumente (Beratung, freiwillige Vereinbarungen).

⁴⁷ Hierzu ausführlich Peters (2007), Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf Natur und Landschaft, unter <http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/07-04-03ProtokollExpertenworkshopBiogasNaturschutz.pdf> - 01.04.2008. Siehe auch Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (ABl. Nr. L 375 vom 31.12. 1991 S. 1; VO (EG) 1882/2003 - ABl. Nr. L 284 vom 31.10.2003) (EU-Nitratrichtlinie), Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1) (EU-Wasserrahmenrichtlinie), Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (EU-Grundwasserrichtlinie).

⁴⁸ Siehe bspw. Rode et al. (2005); Rat für Nachhaltige Entwicklung (2008).

⁴⁹ Bspw. das BfN-Projekt „Naturschutzstandards für den Biomasseanbau -NaSchuSta-“, UFZ/IAF Rottenburg unter <http://www.iaf-hs-rottenburg.de/projekte/projekt-naschusta/cal/week/20080915.html>, sowie Jessel et al. (2007).

Position: Landwirtschaftliche Produktion von Biomasse und Naturschutz

Der Energiepflanzenanbau steht nicht grundsätzlich im Konflikt mit den Zielen des Naturschutzes, sondern er kann als **integratives Element** „nachhaltiger Anbau“ dazu beitragen, die Kulturlandschaft arten- und strukturreicher zu gestalten, wertvolle Ökosysteme zu erhalten und die Belastung der Ökosysteme mit Schad- und Nährstoffen zu verringern.

Die zur Deckung der Energiepflanzen erforderliche Flächeninanspruchnahme steht allerdings in Konkurrenz zu Extensivierungsmaßnahmen, die in den letzten Jahren zumindest regional zu einer Entspannung der Konfliktsituation zwischen Wasserversorgern und der Landwirtschaft geführt hat.

Durch die Erarbeitung von **ökologischen Mindeststandards** und vor allem den Ausbau informeller Instrumente, kann ein nachhaltiger Anbau von Biomasse insgesamt realisiert werden. Grundsätzlich bietet es sich auch an, Grünlandaufwuchs und Pflegematerial aus Naturschutzgebieten im geeigneten Maße als Potenzial zur Energiebereitstellung mit heranzuziehen.

Für eine konzentrierte Lenkung der Bioenergieproduktion sollten geeignete Instrumentarien untersucht, angepasst und ggf. ausgebaut werden. Nur so kann eine regionalspezifische und vor allem standortgerechte Produktion von Rohstoffen für Biokraftstoffe eingehalten werden.

Situation: Landwirtschaftliche Produktion und Treibhausgasemissionen

Die **Gesamtbilanz** der Treibhausgasemissionen von biogenen Kraftstoffen im Gegensatz zu den fossilen Kraftstoffen fällt im Grundsatz positiv aus⁵⁰, weist allerdings Optimierungs- und Verbesserungspotenzial auf.⁵¹

So ist insbesondere festzustellen, dass die THG-Reduktionspotenziale insgesamt durch die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Vorkette (z. B. Lachgas, Methan) und durch den Herstellungsprozess gemindert werden.⁵² Hierzu gehört auch die Beachtung der Sekundär- und Folgewirkungen (etwa durch eintretende Nutzungsverschiebungen).⁵³ THG-Emissionen durch die Distribution und der direkten Verbrennung können hierbei ggf. in den Hintergrund treten.⁵⁴

⁵⁰ Statt vieler Rettenmaier et al. (2008).

⁵¹ Statt vieler CONCAWE/EUCAR/JRC (2007) sowie Brauer/Vogel/Müller-Langer (2007), fokussiert auf RME bspw. Gärtner/Reinhardt (2006).

⁵² siehe z. B. Leick (2003), Brauer/Vogel/Müller-Langer (2007), CONCAWE/EUCAR/JRC (2007), S. 14 ff.

⁵³ Siehe auch Moitzi/Weinberger/Boxberger (2008); vergleiche auch Kalies/Schröder (2007), SRU (2007) sowie Lechtenböhmmer et al. (2005).

⁵⁴ Ebd. Fn.46, siehe auch Motortechnik und Abgasnachbehandlung.

Position: Landwirtschaftliche Produktion und Treibhausgasemissionen

Die Reduktion von THG-Emissionen bei den vorgelagerten Prozessen muss verstärkt angegangen werden.

Die höchsten Potenziale zur Reduktion der **THG-Emissionen** (vor allem Lachgas und Methan) liegen sowohl beim Anbau (Anpassung der pflanzenbaulichen Produktionstechnik, besonders im Bereich der Pflanzenernährung) als auch beim Herstellungsprozess (z. B. Anzahl und Aufwand der Prozessschritte). Deshalb sollten die einzelnen Produktionspfade getrennt nach ihrem Reduktionspotenzial untersucht und Maßnahmen der Effizienzsteigerung ermittelt werden. Diese müssen in den verschiedenen praxisnahen Nutzungspfaden, nach Maßgabe landwirtschaftlicher Grundlagen und Variationsmöglichkeiten differenziert dargestellt und hinsichtlich ihrer Reduktionsbilanz betrachtet werden (bspw. Berücksichtigung der gesamten gewachsenen Biomasse und der Nährstoffrückflüsse, realistische Bewertung der Koppelprodukte⁵⁵, tatsächliche Vergleichsszenarien). Wichtig hierbei sind auch Untersuchungen zur Vergleichbarkeit zentraler und dezentraler Lösungen sowie Lösungswege.

Parallel ist es unabdingbar, **alternative Nutzungsoptionen** (z. B. Nutzung von Prozesswärme, Koppelprodukte) hinsichtlich ihres THG-Minderungspotenzials zu untersuchen, in ihrer Effizienz zu steigern und zu bewerten; systematische und integrative Nutzungsoptionen müssen untersucht werden.

Ein wichtiger Forschungsbereich wird in der Zukunft ein **systemischer Ansatz** zur Steigerung der Effizienz sein, insbesondere auch unter Beachtung und Bewertung integrativer Systeme⁵⁶, sowie der Initiierung von Leuchtturmprojekten.

⁵⁵ Siehe hierzu Herstellungs- und Konvertierungsverfahren.

⁵⁶ Siehe hierzu aktuelles Forschungsprojekt Senn/Fleischer (2008) sowie Senn (2005).

Kraftstoffherstellung und Qualitätsdefinition

Situation: Herstellungs- und Konvertierungsverfahren

Die Betrachtung der **Herstellungs- und Konvertierungsverfahren** von Biokraftstoffen ist für die Ermittlung der CO₂-Reduktionspotenziale essenziell. Zahlreiche Studien belegen, dass unterschiedliche Produktionspfade unterschiedliche Minderungspotenziale mit sich bringen.⁵⁷ Dabei werden auch solche Treibhausgase bei der Bilanzierung berücksichtigt, die bspw. bei einer Flächenumwidmung infolge von Energiepflanzenanbau, der stofflichen Umwandlung oder der Distribution freigesetzt werden. Zu nennen sind hierbei neben den CO₂-Emissionen besonders Methan- und Lachgasemissionen, die im Vergleich zu CO₂ vielfach klimawirksamer sind.⁵⁸ Hohe Emissionen solcher Gase können das Reduktionspotenzial von Biokraftstoffen erheblich schmälern.

Darüber hinaus ist die Umwandlung von Biomasse in Kraftstoffe stets verbunden mit der Nutzung von Energie. Dabei mag gelten, dass je komplexer der Konvertierungsprozess ist desto mehr Energie ist zur Erzeugung des Kraftstoffes notwendig.

Neben der Nutzung von Energie zur Erzeugung von Biokraftstoffen sind ebenfalls die **direkten Emissionen** bei der Herstellung zu beachten.⁵⁹ So sind bspw. die direkten Methanemissionen (Methanschluß, Emissionen aus dem Gärrestlager und diffuse Methanemissionen) bei der Herstellung von Biomethan zu berücksichtigen.⁶⁰

Position: Herstellungs- und Konvertierungsverfahren

Die Konversion von Biomasse zu Kraftstoffen hat stets **hocheffizient** zu erfolgen (so z. B. bei Biogas die Optimierung des Vergärungsprozesses hinsichtlich Gasausbeute und Prozesssicherheit, Einsatz von Primärenergie usw.) und lange **Nutzungskaskaden** der Rohstoffe sind im Grundsatz anzustreben. Direkte THG-Emissionen (z. B. Methanschluß) sind weitestgehend durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden.⁶¹ Die Herkunft von Biomasse muss durchgehend transparent und rückverfolgbar sein (Kontrolle und Dokumentation).

Die derzeitigen, auf dem Markt befindlichen Biokraftstoffe bieten insbesondere die **Koppelproduktnutzung** bei der Verwertung von Biomasse zur Kraftstoffproduktion an (Rapsölkraftstoffe, Bioethanol und Biomethan). Bei der Bilanzierung von Biokraftstoffen hinsichtlich ihrer Flächenbilanz, Energiebilanz, Ökobilanz usw. ist die Möglichkeit der Nutzung der bei der Herstellung von Biokraftstoffen anfallenden Koppelprodukte, wie bspw.

⁵⁷ Siehe Brauer/Vogel/Müller-Langer (2007), CONCAWE/EUCAR/JRC (2007), Schindler/Weindorf (2006).

⁵⁸ Siehe hierzu Landwirtschaftliche Produktion und Treibhausgasemissionen.

⁵⁹ Siehe hierzu Bachmaier/Gronauer (2007), S. 9 f. Hiernach ist der Methanschluß insbesondere abhängig vom Motortyp (Test bei baugleichen BHKWs zwischen 10 und 40 g CO₂-Äqu./kWhel.) und von der Lagerbeschaffenheit (z. B. offenes Gärrestlager >44 g CO₂-Äqu./ kWhel). Darüberhinaus existieren weitere diffuse Methanemissionen (z. B. Foliendach, Überdrucksicherung), die allerdings schwer messbar sind.

⁶⁰ Pehnt/Vogt (2007), S. 12.

⁶¹ Bspw. Einrichtung von Mikrobiogasnetzen an sinnvollen Standorten, Optimierung der Verbrennung im BHKW usw.

Presskuchen, Schlempe, Glycerin, Stroh usf. passgenau⁶² als Gutschrift anzurechnen. Dabei ist die Koppelnutzung/Kaskadennutzung offen für weitere sinnvolle Anwendungsfälle z. B. im Bereich der stofflichen Verwertung. Hier gilt es, Verfahren und Produkte zu entwickeln, die eine hohe wirtschaftliche und ökologische Effizienz aufweisen. Auf diese Verfahrensentwicklung sollte ein Schwerpunkt zukünftiger Forschung gelegt werden.

Situation: Qualitätssicherung durch Normung

Die Qualität von Biokraftstoffen hat einen wesentlichen Einfluss auf das **Betriebsverhalten** der Motoren und die Reduktion von Emissionen.⁶³ Für die Biokraftstoffe gibt es verschiedene nationale und internationale Anforderungsnormen.⁶⁴

Mit der Festlegung von Mindestanforderungen in einer Norm soll gewährleistet werden, dass kraftstoffseitig ein zuverlässiger motorischer Betrieb und die Einhaltung der gesetzlichen Abgasgrenzwerte garantiert werden kann.

In Europa ist Winterraps die dominierende Ölpflanze mit sicheren hohen Ölerträgen und der Möglichkeit der Nutzung des Presskuchens als hochwertiges Eiweißfuttermittel für die Tierernährung. Daneben besitzt **Rapsöl** ein vergleichsweise⁶⁵ günstiges Temperatur-/Viskositätsverhalten bei gleichzeitig guter Oxidationsstabilität.⁶⁶ Raps wird daher überwiegend für die Herstellung von Rapsölkraftstoffen und Biodiesel eingesetzt. Verschiedene Untersuchungen⁶⁷ haben den Einfluss bestimmter Rapsölkraftstoffkennwerten der DIN V 51605 auf den motorischen Betrieb und das Emissionsverhalten zum Gegenstand. Bspw. gibt es eine deutliche Abhängigkeit zwischen dem zeitlichen Verlauf der Rußfilterbeladung und der unterschiedlichen Kraftstoffqualität (z. B. Gehalt an Aschebildnern).⁶⁸

Die Verwendung von **Biodiesel** ist durch die DIN EN 14214 geregelt und Inhalt der 10. BImSchV⁶⁹. Die DIN EN 14214 definiert die Qualität des Biodiesels z. B. hinsichtlich des Restglyceringehalts, der Jodzahl, der Oxidationsstabilität usw. Auch hier zeigen Untersuchungen, dass es einen engen Zusammenhang gibt zwischen den Kraftstoffkennwerten

⁶² Bspw. Futterwert gegenüber Energiewert.

⁶³ Wichmann et al. (2003), Krahl et al. (2004) sowie Maurer (2002).

⁶⁴ So regelt bspw. in Deutschland die Zehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Biodiesel. Bioethanol gilt u. a. nur dann als Biokraftstoff, wenn die Eigenschaften Bioethanols mindestens den Anforderungen der Norm DIN EN 15376 (DIN EN 15376:2008-03 (D)) entspricht.

⁶⁵ Im Vergleich zu Leinöl, Palmöl, Sonnenblumenöl usw.

⁶⁶ Eine ausführliche Beschreibung der Eigenschaften von Rapsölkraftstoff sowie des potenziellen Einflusses auf das Betriebs- und das Abgasverhalten von Dieselmotoren erfolgt bei Remmele (2002). Für Rapsöl sind die Anforderungen bei der Nutzung als Kraftstoff bereits festgelegt (DIN V 51605).

⁶⁷ So z. B. Klaisle (2006), aber auch zum Herstellungsprozess Remmele et al. (2007).

⁶⁸ Mit steigendem Anteil an Phosphor-, Calcium- und Magnesium-Gehalt im Kraftstoff nimmt der Gradient der im Rußfilter eingelagerten Masse zu. Eine ähnliche Annahme wird auch bei der Ablagerungsbildung an den Einspritzdüsen getroffen, die jedoch eventuell nicht der alleinige Grund (andere Einflussfaktoren z. B. Temperatur) dafür sind. Siehe auch Abschnitt Motortechnik und Abgasnachbehandlung.

⁶⁹ Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen (10. BImSchV).

und der motorischen Verbrennung.⁷⁰ So können bspw. hohe Aschegehalte zu Abrasionen in den Einspritzsystemen führen.⁷¹

Bioethanol findet in Deutschland verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. Einerseits kann es in Form von ETBE (Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether) als Benzinbeimischungskomponente (Oktananzahlverbesserer) Anwendung finden. Das ETBE besteht zu 47 % aus Bioethanol und kann dem handelsüblichen Benzin im Rahmen der geltenden Norm DIN EN 228 bis zu einem Anteil von 15 % beigemischt werden.⁷² Ebenfalls ist es nach der DIN EN 228 erlaubt, Bioethanol „ungekennzeichnet“ dem Benzin bis zu 5 % beizumischen.

Andererseits kann Bioethanol als Ethanolkraftstoff E85 verwendet werden. Hierfür existiert derzeit die Vornorm DIN 51625. Diese Norm legt die Anforderungen und Prüfverfahren für ethanolhaltigen Kraftstoff mit Ethanol als Hauptkomponente fest.⁷³ Untersuchungen zeigten bspw., dass die Löslichkeit von Kohlenwasserstoffen mit fallender Temperatur und steigendem Wassergehalt sinkt. Bei wechselseitigem tanken mit Ottokraftstoff oder Ethanolkraftstoff konnte dies das Kaltstartverhalten und die Fahrbarkeit nachteilig beeinflussen. Ebenso dürfen zum Schutz katalytischer Abgassysteme keine phosphor-, eisen-, mangan-, bleihaltigen oder andere anorganischen Verbindungen dem Ethanolkraftstoff zugesetzt werden.

Position: Qualitätssicherung durch Normung

Die **Qualitätsanforderungen** an Kraftstoffe im Rahmen der Normung werden laufend entsprechend der Entwicklung der Gesetzgebung und der Abgas- und Motorenentwicklung fortgeschrieben und fortentwickelt.⁷⁴ Dies muss durch die Einführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen bei den Kraftstoffherstellern und -händlern flankiert werden, denn hier wird ein großes Optimierungspotenzial gesehen.⁷⁵

Der Einfluss der spezifisch auf das Verbrennungsverhalten bezogenen **DIN-Parameter** muss über alle Kraftstoffe hinweg untersucht und in einen Zusammenhang gebracht werden. Hierbei sind in Zukunft zwei Wege denkbar, die allerdings nicht alleine beschränkt, sondern im engen Zusammenhang gesehen werden sollten.

Auf der einen Seite muss die **Optimierung des Herstellungsprozesses** betrachtet werden. Hier können z. B. Pflanzen gezüchtet werden, die Vorteile für die Herstellung eines DIN-konformen Kraftstoffes mit verbrennungsspezifisch verbesserten Parametern bieten. Gleiches mag gelten für die Optimierung von Herstellungsprozessen, durch die unerwünschte Inhaltsstoffe im Kraftstoff nicht angereichert bzw. durch nachträgliche Verfahrensschritte

⁷⁰ Bspw. Widmann/Thunke/Remmele (2002).

⁷¹ Widmann/Thunke/Remmele (2002), S. 9.

⁷² ETBE ersetzt aus Umwelt- und Gesundheitsgründen das Antiklopffmittel Methyl-Tertiär-Butyl-Ether (MTBE).

⁷³ Diese Vornorm findet derzeit Eingang in den Entwurf einer Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen (10. BImSchV). Siehe auch http://umweltministerium.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/10bimschv_entw_bgr.pdf

⁷⁴ Remmele (2002).

⁷⁵ Siehe hierzu auch Remmele et al. (2007), S. 42 ff. sowie Bieling (2002).

entfernt werden.⁷⁶ Ebenfalls wichtig ist die Betrachtung der Lieferkette, da z. B. angesichts des bekannten Wasserabsorptionspotenzials des Bioethanols durch Kondensatbildung auf Wasserfreiheit geachtet werden muss.

Als zweite Möglichkeit bietet sich die intensive Forschung an der Additivierung der Kraftstoffe an.⁷⁷ Die **Additivierung** kann als Möglichkeit der Optimierung von Biokraftstoffen⁷⁸ angesehen werden, deren Leistungsfähigkeit in Motor- und Abgasprüfständen noch untersucht werden muss.⁷⁹ Mit einer ausgewogenen Additivformulierung kann ggf. die Sauberkeit, das Emissions-, Verbrauchs- und Verschleißverhalten der Motoren verbessert werden; dies auch zur Erhöhung der Lebensdauer des Motors sowie der kraftstoffführenden Bauteile.

Für die Typprüfung biokraftstoffbetriebener Motoren ist jeweils ein **biogener Referenzkraftstoff** zu definieren.

⁷⁶ Siehe bspw. für Rapsölkraftstoffe Remmele et al. (2002).

⁷⁷ z. B. Bahl (2006).

⁷⁸ Siehe auch Untersuchungen von Bahl (2006) sowie Baron (2005).

⁷⁹ So z. B. Meyer (2007).

Motortechnik und Abgasnachbehandlung

Situation: Motortechnik und Abgasnachbehandlung

Über das Verbrennungs- und Abgasemissionsverhalten von mit Rapsölkraftstoff, Biodiesel oder Bioethanol betriebenen Motoren bestehen zum Teil Unsicherheiten, herrührend durch die von Diesel- und Ottokraftstoff abweichenden Eigenschaften (Ein- bzw. Auswirkungen auf Oxidationskatalysatoren, Kraftstoffeintrag ins Motorenöl usw.) sowie den notwendigen Anpassungsmaßnahmen des Motorsystems.⁸⁰

Grundsätzlich muss bei einem Vergleich der Abgasemissionen stets berücksichtigt werden, dass die Motoren jeweils nur für eine Kraftstoffart optimal eingestellt sein können (bspw. adaptiertes Motormanagement).

Bei der Verwendung von **Bioethanol** in adaptierten Motoren sind durchaus nennenswerte motorische Vorteile zu erkennen. So ist E85 klopfester, weist eine höhere Verdampfungswärme auf (Möglichkeit des höheren Kompressionsverhältnisses) und bietet zudem die Möglichkeit einer geringeren Anfettung.⁸¹ Vorteile bietet Bioethanol auch hinsichtlich seiner niedrigen Emissionen von Aromaten, von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) sowie dem geringeren Ozonbildungspotenzial.

Untersuchungen zur Einspritzstrahlausbreitung von **Rapsölkraftstoff** zeigen z. B., dass dieser bei der Einspritzung schlechter zerstäubt als Dieselmotorkraftstoff.⁸² Durch eine Viskositätsabsenkung (Vorwärmung) und höhere Einspritzdrücke können diese Nachteile jedoch weitestgehend ausgeglichen werden.⁸³ Zusätzlich sind zur Verbesserung der geforderten Einspritzqualitäten spezifische Abstimmungen der Einspritzparameter bzw. des gesamten Einspritzsystems auf die Kraftstoffeigenschaften erforderlich.⁸⁴

Die Abgasemissionen von Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (HC), der Partikelmasse und Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) sind mit Rapsölkraftstoffen in umgerüsteten Motoren tendenziell geringer, die Konzentration von Stickstoffoxiden (NO_x) und Aldehyden dagegen tendenziell höher als mit Dieselmotorkraftstoff.⁸⁵ Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Messung der Emissionen von **Biodiesel**-Kraftstoffen.⁸⁶ Bei nicht umgerüsteten Motoren oder im Schwachlastbetrieb kann sich jedoch auch ein völlig entgegengesetztes Bild zeigen.⁸⁷

Hinsichtlich der für die Ozonbildung verantwortlichen NO_x-Emissionen emittieren Benzin- und Erdgasfahrzeuge (**Biomethan**) auf gleichem und tiefem Niveau; Dieselfahrzeuge ohne

⁸⁰ Siehe hierzu Hübner et al. (2008), S. 348 sowie Mohr/Jäger/Boulouchos (2001); im Bereich Schifffahrt Schreiner (2002).

⁸¹ Pana et al. (2007), S. 3; List/Hofmann/Urbanek (2007), S. 4 ff.

⁸² Siehe im Überblick Remmele (2002) m. w. N. sowie Czerwinski (2007).

⁸³ Spicher/Lüft (2007), S. 53, Thuneke (2007), S. 3 sowie Zikoridse/Hofmann (2007).

⁸⁴ Hopp (2005), S. 115.

⁸⁵ Bouche et al. (1997), S. 149 ff., Munack et al. (2007), Mayer et al. (2005) sowie umfassend Dobiasch (2000).

⁸⁶ Siehe Munack et al. (2005).

⁸⁷ Siehe hierzu Czerwinski/Neubert/Zimmerli (2007), S. 76. ff. sowie umfassend mit weiteren Nachweisen Thuneke (2007).

Entstickungsmaßnahmen emittieren im Vergleich ca. zehnmal höhere NO_x-Emissionen.⁸⁸ Bei den Gesamt-Kohlenwasserstoffemissionen weisen die Erdgasfahrzeuge hingegen im Mittel 30% höhere Werte auf als Benzinfahrzeuge bzw. doppelt so hohe Werte wie Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter⁸⁹.

Position: Motortechnik und Abgasnachbehandlung

Zukünftig ist davon auszugehen, dass eine **anwendungsorientierte Anpassung** des Kraftstoffs an den Motor und umgekehrt zu erfolgen hat. Dabei mag die Regel gelten: Im Off-Road-Bereich könnten spezifische Motoren entwickelt werden, die an den Kraftstoff in seiner Eigenart angepasst sind.⁹⁰ Für die Straße ist es sinnvoll, eine Kraftstoffanpassung an den Motor vorzusehen, wobei dieser insgesamt tolerant sein muss für verschiedene Blends in eng definierten Bereichen. Möglichkeiten zur optimalen Anpassung des Verbrennungsprozesses an den Kraftstoff bieten bspw. Ethanol- und Biodiesel-Sensoren⁹¹, aber auch ein angepasstes Motormanagement sowie modifizierte Softwarefunktionen.⁹²

Auf das Thema **Tauglichkeit und Einsatz** von Biokraftstoffen muss bei der Entwicklung von Motoren- und Abgasnachbehandlungssystemen ein besonderes Gewicht gelegt werden. Sowohl die dieselmotorischen (neue Brennverfahren mit neuen Abgasnachbehandlungstechnologien) als auch die ottomotorischen Entwicklungen (neue Benzindirekteinspritzverfahren, Optimierung der Düsengeometrie) müssen hierauf eine Antwort finden.

Die Tauglichkeit der Abgasnachbehandlungssysteme muss über Langzeittests und -einsätze erst durch intensive Forschungsarbeiten nachgewiesen werden, da sich die spezifischen Emissionen von Biokraftstoffen erheblich von fossilen Kraftstoffen unterscheiden. So muss z. B. das Partikelfiltersystem hinsichtlich des Anteils an organisch löslichen und nicht löslichen Partikelbestandteilen bei Rapsölkraftstoffen in den unterschiedlichen Lastbereichen angepasst werden.⁹³

Auch bei der Verwendung von Bioethanol bedarf es einer Fortentwicklung der Katalysatortechnik, vor allem bei der Adsorption von Aldehyd-Emissionen während der Kaltstartphase. Gleiches gilt für die Fortentwicklung eines Abgasnachbehandlungssystems für den Einsatz von Biomethan. Hauptfokus hierbei liegt bei der Konvertierung des Methans, einem relativ stabilen Kohlenwasserstoff, der mit Hilfe einer geeigneten Katalysatorenoberfläche aufoxidiert werden muss.

Hinsichtlich der Effektivität und eines geringen Wartungsaufwands der Abgasnachbehandlungssysteme sind möglichst **geringe Primäremissionen** anzustreben. Dies muss durch die Fortentwicklung der Kraftstoffe und die Verbesserung der innermotorischen Verbrennung geschehen.

⁸⁸ Bach/Linin (2007), S. 17.

⁸⁹ Bach/Linin (2007), S. 16.

⁹⁰ Bereits Stand der Technik bei verschiedenen Traktorherstellern, siehe bspw. auch Hassel/Wichmann (2005).

⁹¹ Munack et al. (2004), S. 114, Weinowski et al. (2008), S. 385.

⁹² Harndorf et al. (2008), S. 646.

⁹³ Siehe bspw. auch Braungarten/Tschöke (2003) sowie Remmele/Thuncke/Stotz (2006).

Bei Vorhandensein eines geeigneten Abgasnachbehandlungssystems kann ggf. von der Prämisse der „geringen Primäremissionen“ abgewichen werden bspw. zu Gunsten der Reduktion des Verbrauchs und der damit verbundenen Reduktion der CO₂-Emissionen. Die Betrachtung des Gesamtsystems Kraftstoff – Motor – Abgasnachbehandlung ist für die weitere Entwicklung optimierter und hocheffizienter Fahrzeuge unabdingbar.

Der Fokus der Forschung muss auf **künftige Motoren- und Abgaskonzepte** ausgerichtet werden; Nachrüstsyste sind zweitrangig zu betrachten und müssen zunächst unter Beachtung der Marktdurchdringung und Effektivität analysiert werden.

Die weitere Verwendung von Biokraftstoffen hängt maßgeblich davon ab, ob es gelingen wird, heutige und zukünftige **Grenzwerte für Abgasemissionen** mit den dafür vorgeschriebenen standardisierten dynamischen Testzyklen einzuhalten. Eine Verschlechterung der Emissionswerte gegenüber dem Einsatz fossiler Kraftstoffe kann nicht toleriert werden; dies gilt für die limitierten als auch für wichtige nicht-limitierte Emissionskomponenten, wie Aldehyde, Ozonvorläufersubstanzen, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Nitro-PAK, Feinstaub und das mutagene Potenzial der Abgaspartikel.

Übergreifende Themen

Situation: Bewertungskriterien von Biokraftstoffen

Derzeit werden in verschiedenen Studien **Bewertungskriterien** zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse (auch international gehandelter Biomasse) erarbeitet.⁹⁴ Hierbei steht insbesondere die Biomasse im Fokus, die durch Nutzungsverlagerung und Nutzungsausdehnung in umweltsensiblen Bereichen angebaut und exportiert wird (Palmöl, Sojaöl usw.).⁹⁵

Auch die Nutzung von **Reststoffen**⁹⁶ steht mittlerweile zunehmend in der wissenschaftlichen, wie auch der politischen Diskussion. Zahlreiche Untersuchungen zeigen die bereits heute verfügbaren Potenziale von Reststoffen⁹⁷ auf, die allerdings derzeit nur im geringen Umfang genutzt werden.⁹⁸

Position: Bewertungskriterien von Biokraftstoffen

Grundsätzlich müssen Bewertungskriterien definiert werden, die für die gesamte Nutzung von Biomasse gelten müssen und mit dem Ziel der "Nachhaltigkeit" vereinbar sind. Eine Unterscheidung zwischen Biomasse zur Lebensmittelproduktion und Biomasse zur Energiegewinnung ist nicht sinnvoll.

Darüber hinaus ist ein Ansatz zu wählen, der sich nicht allein auf Deutschland beschränkt, sondern auch europäische und weltweite Gegebenheiten berücksichtigt.

Eine starke Berücksichtigung sollten vor allem **landwirtschaftliche Aspekte**, so z. B. Fruchtfolgeeffekte, Nährstoffrückführung, Stroh als Koppelprodukt usw. finden. Zusammenfassend ist eine Bewertung sowohl des Anbaus, der Konversion als auch der Anwendung mit nachvollziehbaren Kriterien zu hinterlegen. Die Kriterien sind in einem breiten Konsens zu definieren, transparent darzustellen und anzuwenden. Nur so kann eine Vergleichbarkeit von Studien erzielt werden.

Bei der Bewertung ist allerdings nicht nur die Herstellung der Biomasse ökologisch zu bewerten, sondern auch das **Produkt** z. B. hinsichtlich dem Energieaufwand zur Produktion, der Feinstaubemissionen, der Umweltverträglichkeit bei Havarien⁹⁹, der Ökotoxizität usw.

⁹⁴ Siehe z. B. Reinhardt/Helms (2007).

⁹⁵ Entwurf einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von Biomasse zur Verwendung als Biokraftstoff vom 05.12.2007 (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung - BioNachV) unter http://www.bundesfinanzministerium.de/nr_82/DE/BMF__Startseite/Aktuelles/Aktuelle__Gesetze/Gesetze__Verordnungen/002__anl,templateId=raw,property=publicationFile.pdf

⁹⁶ KTBL (2005), Witzelsperger/Schieder/Faulstich (2006) sowie hinsichtlich motorischer Eigenschaften Sagerer (2001).

⁹⁷ Siehe SRU (2007), S. 2.

⁹⁸ Bspw. Leible et al. (2007), Mittelbach (2008).

⁹⁹ So ist Rapsölkraftstoff auf Grund seiner herausragenden Eigenschaften beim Boden- und Gewässerschutz prädestiniert für Anwendungen in umweltsensiblen Bereichen. Durch das geringe Gefahrenpotenzial von Rapsölkraftstoff sind im Vergleich zu anderen Kraftstoffen geringere Sicherheitsvorkehrungen bei Lagerung und Transport zu treffen. Siehe auch z. B. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe - VwVwS), vom 17. Mai 1999, (BAnz. vom 29.5.1999 Nr. 98a), sowie Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation

Dabei ist ein Vergleich anzustreben mit der fossilen Alternative in der gesamten Produktionsbilanz.

Indes wird ebenso dafür plädiert, den Begriff der Nachhaltigkeit nicht allein auf das Minderungspotenzial von THG-Emissionen sowie den umweltgerechten Anbau von Biomasse zu reduzieren, sondern den Begriff weiter auszulegen und die Aspekte der nationalen Versorgungssicherheit, der Förderung regionaler Wertschöpfungsketten und regionaler Entwicklung einfließen zu lassen und namentlich auch soziale Aspekte zu berücksichtigen.

Die Anforderungen und Ideen müssen überdies (auch unmittelbar) technisch umsetzbar sein. Hierbei sind stets die **effizientesten Techniken** (Anlagenkapazitäten, Wirkungsgrade usw.) zu bevorzugen. Dabei kann es sinnvoll sein, einen Mix an dezentralen und zentralen Strukturen zu schaffen, die in einem Miteinander effiziente Systeme darstellen (dezentrale Ethanolanlagen mit zentraler, stadtnaher Groß-Biogasanlage zur Schlempenverwertung).¹⁰⁰ In diesem Zusammenhang kann es sich als nützlich erweisen, in einer Studie Projekte mit Demonstrationscharakter (national wie international) zu sammeln, vergleichend zu beschreiben und zu bewerten.

Der Fokus zukünftiger Forschung sollte überdies auf die Abschätzung der **Marktentwicklung** gerichtet werden. Es ist zunehmend wichtig, dass nutzbare Biomasse in all ihren Facetten (Lebens- und Futtermittel, Wärme, Strom, Kraftstoff) innerhalb der Märkte bewertet wird, um Vorhersagen zu Marktentwicklungen zu erstellen. Zusammenhänge der Märkte, z. B. die des Ölpreises und dem Preis für Nahrungsmittel, sind transparent zu entschlüsseln. Nur so können politische Weichen frühzeitig gestellt werden.

Die Ausschöpfung des **Nebenprodukt- und Reststoffpotenzials** unter Beachtung der ökologischen Restriktionen (z. B. bei der Nutzung von Stroh und Restholz) sollte Priorität vor einer verstärkten Nutzung von Anbaubiomasse haben, da hier bessere Klimabilanzen zu erzielen sind. Dabei sind Produktionsverfahren zu entwickeln, die trotz der heterogenen Reststoffe eine möglichst gute Energiebilanz aufweisen. Auch hier ist die gesamte Produktionskette zu beschreiben, zu analysieren und zu bewerten. Ggf. sind Reststofffraktionen so zu trennen und vorzubereiten, dass sie einzeln weiter verwertet werden können. Darüber hinaus muss die Gesamtbilanz vorteilhaft gegenüber derjenigen der bisherigen Nutzung der Reststoffe sein.

des betrieblichen Arbeitsschutzes (BetrSichV – Betriebssicherheitsverordnung) vom 27. September 2002, (BGBl. I Nr. 70 vom 2.10.2002 S. 3777).

¹⁰⁰ Siehe hierzu aktuelles Forschungsprojekt Senn/Fleischer (2008).

Situation: Politische Rahmenbedingungen

Die politischen Vorgaben zur Einführung der Biokraftstoffe in Europa und in Deutschland sind sehr heterogen. Die Länder Europas verfolgen bei ihren **Strategien zur Umsetzung** der Vorgaben unterschiedliche Wege. Setzen die einen Länder auf einen hohen Anteil an Reinkraftstoffen, so setzen andere Länder auf die Beimischungsquote.¹⁰¹ Können einige Länder ihren Anteil an Biokraftstoffen fast vollständig selber decken, sind viele Länder auf einen hohen Anteil an importierter Biomasse angewiesen.¹⁰² Für die Motorentechnik- und Fahrzeughersteller ist dies ein zu wenig verlässlicher Markt.¹⁰³ Ebenso sind potentielle Nutzer von Biokraftstoffen in Deutschland aufgrund des nicht validen Marktes, auch durch politische Unwägbarkeiten, von der Verwendung abgeschreckt.

Position: Politische Rahmenbedingungen

Es ist derzeit und in Zukunft wichtig, sowohl für die Wirtschaft als auch für die Forschung, verlässliche Vorgaben zu haben für die Marktentwicklung von Biokraftstoffen. Hierzu hat die „Roadmap Biokraftstoffe“¹⁰⁴, vom 14.11.2007 einen sinnvollen ersten Beitrag geleistet.

Empfehlungen seitens der Forschungseinrichtungen sind:

- Biodiesel als Mischkraftstoff für Einsatz in Pkw mittelfristig bis B10 und beim Nfz-Bereich bis B100.
- Rapsölkraftstoffe bevorzugt in Nischenanwendungen, v.a. in umweltsensiblen Bereichen, wie bspw. land- und forstwirtschaftlichen Maschinen, Baumaschinen, Öffentlicher Personennahverkehr sowie zur Kraft-Wärme-Kopplung an netzfernen Standorten.
- Ethanolblends mit Superkraftstoff mit einem Anteil mittelfristig bis E10 sowie eine verstärkte Nutzung von E85 für den Einsatz in Ottomotoren.
- Biomethan als Kraftstoff sollte dort zum Einsatz gelangen, wo das Bewegungsprofil des Nutzers eine regelmäßige Betankung ermöglicht. Insbesondere beim Betrieb von Fahrzeugflotten in städtischen Verdichtungsgebieten sollten die niedrigen Emissionen von Biomethan-Fahrzeugen als Vorteil genutzt werden.

Hinsichtlich der **Energieeffizienz** ist zu betonen, dass Biokraftstoffe im mobilen Bereich nur in darauf ausgelegten modernen Motoren verbrannt werden sollten; der Einsatz in nicht adaptierten Motoren mit ungenügender Verbrennung ist zu unterlassen. Das bedingt auf der einen Seite eine Verbesserung der Kraftstoffqualitäten und auf der anderen Seite die Verbesserung der innermotorischen Verbrennung durch z. B. innovative Einspritzsysteme sowie die Fortentwicklung an geeigneten Abgasnachbehandlungssystemen. Die Adaption einer breiten Palette von Serien-Motoren an Biokraftstoffe ist bei begrenztem Kraftstoffpotenzial ökonomisch fragwürdig.

¹⁰¹ Siehe zusammenfassend unter http://ec.europa.eu/energy/res/legislation/biofuels_members_states_en.htm

¹⁰² Thrän et al. (2005), S. 15 ff.

¹⁰³ Bspw. Schnörbus et al. (2008).

¹⁰⁴ Download über http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/roadmap_biokraftstoffe.pdf

Zusammenfassung: Zukunft der Biokraftstoffe

Die Debatte und die Überlegungen zur zukünftigen Verwendung von Biokraftstoffen müssen auf die Frage fokussiert werden, wie bestehende und **zukünftige Mengenziele** zur Verwendung biogener Kraftstoffe seitens europäischer und nationaler Vorgaben vor dem Hintergrund globalisierter Märkte erreicht werden können. Der Import von Kraftstoffen wird auch weiterhin erforderlich sein. Die Versorgung mit Biokraftstoffen aus inländisch erzeugter Biomasse trägt jedoch zur Energieversorgung bei und verringert gleichzeitig die Abhängigkeit von Erdölimporten.

Die Diskussion über Biokraftstoffe hat sich zu orientieren an der **realistischen Leistungsfähigkeit** der Land- und Forstwirtschaft und bei der Verwendung von biogenen Reststoffen an der Leistungsfähigkeit bestehender Märkte.

Die zukünftigen Potenziale sind dabei nicht nur ökonomisch zu betrachten (Flächenertrag, Bereitstellungskosten), sondern auch ökologisch (THG-Bilanz, Energiebilanz, Humusbilanz usw.) und sozial (bspw. inländische Wertschöpfung). So können ggf. Reduktionspotenziale von Treibhausgasemissionen - gemessen am maximalen Reduktionspotenzial - geringer ausfallen, wenn ökologische und soziale Interesse überwiegen.

Insgesamt sind hohe **Effizienzsteigerungen** bei der Optimierung von Herstellungs- und Konvertierungsprozessen zu erwarten; dies sowohl bei der Produktion und der Ernte von Biomasse als auch bei der Umwandlung von Biomasse in Kraftstoffe.

Wichtig ist, dass ein Produkt entsteht, das den strengen Anforderungen eines normgerechten Kraftstoffs entspricht und dabei möglichst gleichbleibende Eigenschaften aufweist.

Im Bereich der **Motorentechnik** sind bereits Grundlagen für einen erfolgreichen Einsatz von Biokraftstoffen gelegt worden. In der Marktanwendung bedarf es allerdings der Fokussierung auf unterschiedliche Anwendungsbereiche, die den Eigenschaften des Biokraftstoffes einerseits und dem Anforderungsprofil des Motors andererseits gerecht wird.

Die **Abgasnachbehandlungssysteme** befinden sich hinsichtlich der Anforderungen, die durch die Biokraftstoffe gestellt werden, noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Grundsätzlich ist eine Reduzierung der Primäremissionen anzustreben; im Falle geeigneter Abgasnachbehandlungssysteme können erhöhte Primäremissionen in Kauf genommen werden. Generell bedarf es der Abstimmung der Motorenhersteller, den Herstellern von Abgasnachbehandlungssystemen und den Herstellern von Biokraftstoffen. Es wird empfohlen, sich auf einige, eher wenige, wesentliche zukunftssträchtige Varianten von Reinkraftstoffen und/oder Beimischungen zu konzentrieren.

Kurz- bis mittelfristig werden auch weiterhin **Verbrennungsmotoren** dominieren, die auf flüssige oder gasförmige Energieträger angewiesen sind. Biodiesel, Bioethanol, Rapsölkraftstoff und Biomethan sind bereits heute eine verfügbare und kurzfristig umsetzbare Alternative, um Kraftstoffe fossilen Ursprungs zu ersetzen.

Elektrofahrzeuge werden im Mobilitätsbereich erst mittel- bis längerfristig an Bedeutung zunehmen. Langfristig ist davon auszugehen, dass **BtL-Kraftstoffe**, **LCB-Ethanol** sowie **Wasserstoff** das Kraftstoffportfolio ergänzen und je nach Einsatzgebiet und technischem Entwicklungsstand eine wichtige Rolle spielen werden. Verfahren hierzu befinden sich derzeit im Stadium der Forschung und Entwicklung.

Wichtig ist eine **abgestimmte Forschung** von Biomasseproduktion über Qualitätsdefinition und Konvertierungsverfahren von Biokraftstoffen bis hin zur motorischen Verbrennung und Abgasnachbehandlung.

Energie ist auch künftig unentbehrlich für die drei Bereiche Wärmegewinnung, Bereitstellung von elektrischem Strom und Mobilität. Wesentliche Voraussetzungen und damit wichtige **Herausforderungen der Zukunft** werden eine radikale Energieeinsparung in allen Bereichen sowie die Steigerung der Effizienz sowohl bei fossilen wie bei erneuerbaren Energiesystemen sein. Die Ausschöpfung der Effizienzpotenziale im Straßenverkehr ist eine unabdingbare Voraussetzung für das Erreichen hoher Anteile alternativer Kraftstoffe am Gesamtkraftstoffbedarf, wie auch für die Erreichung der Klimaschutzziele. Die abnehmende Versorgung und die steigenden Kosten der Ressource Erdöl bilden hierbei den unausweichlichen Sachzwang.

Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einstieg in das **Zeitalter der regenerativen Energie** sind einerseits eine interdisziplinäre Forschung und Bewertung in allen wesentlichen Bereichen und andererseits die Schaffung langfristig verlässlicher politischer und damit wirtschaftlicher, aber auch ökologischer Rahmenbedingungen für Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gesellschaft.

Literatur

- BACH, CH., LININ, S. (2007): Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten in aktuellen Personenwagen - Untersuchung der Emissionen von aktuellen Personenwagen mit konventionellen und direkteingespritzten Benzinmotoren, Dieselmotoren mit und ohne Partikelfilter, sowie Erdgasmotoren. EMPA Materials Science and Technology, 01. November 2007, Schweiz.
- BACHMAIER, J., GRONAUER, A. (2007): Klimabilanz von Biogasstrom. Freising-Weihenstephan: Landesanstalt für Landwirtschaft, 1. Auflage August 2007.
- BAHL, B. (2006): Verbesserung der Oxidationsstabilität und des Kältefließverhaltens von Rapsölkraftstoff durch Zusatz von Additiven. Universität Rostock, Rostock.
- BARON, U. (2005): Additivierung von Kraftstoffen unter dem Aspekt von Umweltschutz und Qualitätsverbesserung. In: BARTZ, W. J. (HRSG.): Fuels 2005 - 5th International Colloquium, 12-13 January 2005. Technische Akademie Esslingen, Ostfildern, S. 649-659.
- BIELING, U. (2002): Flüchtige Verbindungen in kaltgepresstem Rapsöl - Zusammenhang mit verfahrenstechnischen Bedingungen. Westfälische Wilhelmsuniversität, Münster.
- BMU/IPCC/BMBF (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTOR-SICHERHEIT/INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE/BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG) (2007): 4. Sachstandsbericht (AR4) des IPCC (2007) über Klimaänderungen - Auswirkungen, Anpassungsstrategien, Verwundbarkeiten. Synthesebereicht, Kernaussagen, Stand 17.11.2007.
- BOUCHE, T., HINZ, M., HIEBER, D., TSCHÖKE, H. (1997): Einfluß verschiedener Pflanzenöleigenschaften auf Verbrennung und Schadstoffbildung in einem direkt-einspritzenden Dieselmotor. Motortechnische Zeitschrift, Vol. 58, Nr. 3, S. 148-154.
- BRAUNGARTEN, G., TSCHÖKE, H. (2003): Das Betriebsverhalten von Partikelfiltern bei Verwendung von Biodiesel im Verbrennungsmotor. In: MASCHINENMESSTECHNIK, INSTITUT FÜR KOLBENMASCHINEN (Hrsg.). Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg, S. 1-16.
- BRAUER, A., VOGEL, A., MÜLLER-LANGER, F. (2007): Kosten und Ökobilanzen von Biokraftstoffen. Institut für Energetik und Umwelt im Auftrag UFOP (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V.).
- CHRISTEN, O., FRIEDT, W. (2007): Nutzungssysteme und Fruchtfolgen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- CONCAWE/EUCAR/JRC (EUROPEAN COUNCIL FOR AUTOMOTIVE R&D/OIL COMPANIES` EUROPEAN ASSOCIATION FOR ENVIRONMENT, HEALTH AND SAFETY IN REFINING AND DISTRIBUTION/INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY OF THE EU COMMISSIONS` JOINT RESEARCH CENTRE) (2007): Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context: Well-to-Wheels Report. Version 2c. 88 S.

CZERWINSKI, J., NEUBERT, T., ZIMMERLI, Y. (2007): Einspritzung und Verbrennung eines modernen Baumaschinen Dieselmotors mit alternativen Kraftstoffen GTL, RME und ROR. In: 7. DRESDNER MOTORENKOLLOQUIUM, 20. und 21. Juni 2007, Dresden, S. 76. ff.

DIETZE, M. (2006): Mischfruchtanbau - Entwicklung und Optimierung standortangepasster Anbausysteme für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow.

DOBAISCH, A. (2000): Einfluss der chemischen und physikalischen Eigenschaften von regenerativen Kraftstoffen auf das Emissionsverhalten von Verbrennungsmotoren. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Bd. 428. VDI Verlag, Düsseldorf, 173 S.

FRITZ, M., STICKSEL, E., HEIMLER, F., KRINNER, M., WIESENT, ST., KLINNER, N. (2007): Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen. In: TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Jahresbericht 2006. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing, S. 34-40.

GÄRTNER, S., REINHARDT, G. (2006): Gutachten Erweiterung der Ökobilanz für RME. Institut für Energetik und Umwelt (IFEU), Heidelberg.

GERINGER, B., HOFMANN, P. (2007): Potentials and Challenges of 1st and 2nd Generation Alternative Fuels for Internal Combustion Engines (ICE).TAE, Esslingen.

GRAF, T., REINHOLD, G., GROBER, H., BREITSCHUH, G. (2007): Konsequenzen aus dem Energiesteuergesetz (EnergieStG) und dem Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) auf die Marktentwicklung für Rapsaat, Rapsöl und RME sowie für Rapskuchen und Rapsextraktionsschrot. 1. Aufl. TLL, Jena.

HARNDORF, H., SCHÜMANN, U., WICHMANN, V., FINK, C.(2008): Motorprozessverhalten und Abgasemissionen alternativer Kraftstoffe im Vergleich mit Dieselmotoren, Motortechnische Zeitschrift 7-8, S. 640-646, Juli-August 2008.

HASSEL, E., WICHMANN, V. (2005): Ergebnisse des Demonstrationsvorhabens „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöлтаuglichen Traktoren“. Rostock: Universität Rostock.

HEIBENHUBER, A., BERENZ, S., RAUH, S. (2007): Ökonomische Aspekte der Energieerzeugung aus Biomasse. In: RAPS 25 (2007) Nr. 4, S. 184-186.

HOLM-MÜLLER, K., BREUER, T. (2006): Potenzialkonzepte für Energiepflanzen. In: BIOENERGIE: ZUKUNFT FÜR LÄNDLICHE RÄUME. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1/2, S. 15-21.

HOPP, M. (2005): Untersuchung des Einspritzverhaltens und des thermischen Motorprozesses bei Verwendung von Rapsöl und Rapsmethylester in einem Common-Rail-Dieselmotor. Rostock.

HÜBLER, M., KLEPPER, G. (2007): Kosten des Klimawandels. Institut für Weltwirtschaft, Kiel.

HÜBNER, M., KOCH, P., ZELLBECK, H., LEIPERTZ, A., KERST, A. (2008): Wirkkettenanalyse der dieselmotorischen Verbrennung - Einfluss von Brennraumwand und Kraftstoff. In: MTZ - MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, Vieweg Verlag, Wiesbaden 69, Nr. 4, S. 342-351.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2007): Summary for Policymakers. In: CLIMATE CHANGE 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

JESSEL, B., THÖMMES, A., HILDEBRANDT, C. DIETRICH, B. (2007): Auswirkungen nachwachsender Rohstoffe auf Natur und Landschaft unter besonderer Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Aspekte. Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben, im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.

KALIES, M., SCHRÖDER, G. (2007): Schlüsseldaten Klimagasemissionen. Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig.

KÄSTEN, E. (2006): Züchtungsfortschritte bei der Erzeugung von Biomasse für die energetische Nutzung. "Bioenergie Basis für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Landwirtschaft", 8.-9. März 2006, Güstrow, <http://www.fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/dechema2006/Praesentationen/Kaesten.pdf>, 05.01.2007.

KLAISSLE, M. (2006): Verifizierung ausgewählter Rapsölkraftstoffkennwerte aus der DIN V 51605 hinsichtlich ihrer motorischen Relevanz. In: Tagungsband zum 15. SYMPOSIUM BIOENERGIE – Festbrennstoffe, Flüssigkraftstoffe, Biogas. Ostbayerisches Technologie-Transfer-Institut e. V. (OTTI) (Hrsg.), OTTI e. V., Eigenverlag, Regensburg, S. 218-224.

KRAHL, J., MUNACK, A., CAPAN, E., HERBST, L., KAUFMANN, A., SCHRÖDER, O., STEIN, H., BÜNGER, J. (2004): Einfluss der Kraftstoffzusammensetzung auf limitierte und nichtlimitierte Emissionen. In: V., UFOP e.V., BBE (Hrsg.): 2. Fachkongress für Biokraftstoffe: Kraftstoffe der Zukunft 2004. UFOP e. V., Berlin.

KREITMAYR, J., MAYR, K. (2007): Auswirkungen und Strategien für Landwirtschaft und Umwelt – aus der Sicht der Bodenbearbeitung. In: KLIMAÄNDERUNG UND LANDWIRTSCHAFT – Bestandsaufnahme und Handlungsstrategien für Bayern, 6. Kulturlandschaftstag am 19.11.2007 in Freising-Weihenstephan, Tagungsband, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V.) (2005): Dezentrale Ölsaatenverarbeitung, Landwirtschaftsverlag, Münster.

LANDIS, M. (2005): Einsatz von Partikelfiltern in landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Düsseldorf: VDI-Verlag.

LECHTENBÖHMER, S., DIENST, C., FISCHEDICK, M., HANKE, T., LANGROCK, T. (2005): Treibhausgasemissionen des russischen Erdgas-Exportpipeline-Systems: Ergebnisse und Hochrechnungen empirischer Untersuchungen in Russland. Endbericht, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal.

LEIBLE, L., KÄLBER, S., KAPPLER, G., LANGE, S., NIEKE, E., PROPLESCH, P., WINTZER, D., FÜRNIß, B. (2007): Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz – Eine systemanalytische Untersuchung. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe.

LEICK, B. (2003): Emission von Ammoniak (NH₃) und Lachgas (N₂O) von landwirtschaftlich genutzten Böden in Abhängigkeit von produktionstechnischen Maßnahmen. Hohenheim, Eigenverlag.

LFL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2007): Klimaänderung und Landwirtschaft - Bestandsaufnahme und Handlungsstrategien für Bayern, 6. Kulturlandschaftstag, Schriftenreihe, ISSN 1611-4159.

LIST, R., HOFMANN, P., URBANEK, M. (2007): The Effects of Bio-Ethanol Mixtures on the SI-Engine Operation. In: BARTZ, W. J. (HRSG.): Fuels 2007 - 6th International Colloquium, January 10-11, 2007. Technische Akademie Esslingen, Esslingen.

MACHAT, M., WERNER, K. (2007): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix. Umweltbundesamt, Dessau, ISSN 1862-4359.

MATTHES, F. C., GORES, S., GRAICHEN, V., HARTHAN, R. O., MARKEWITZ, P., HANSEN, P., KLEEMANN, M., KREY, V., MARTINSEN, D., DIEKMANN, J., HORN, M., ZIESING, H.-J., EICHHAMMER, W., DOLL, C., HELFRICH, N., MÜLLER, L., SCHADE, W., SCHLOMANN, B. (2008): Politikszenerarien für den Klimaschutz IV - Szenarien bis 2030. Umweltbundesamt, Dessau.

MAURER, K. (2002): Kaltgepresstes Rapsöl in Kraftstoffqualität – Qualitätssicherung. Beitrag: 6. Tagung Dezentrale Pflanzenölnutzung in der Landwirtschaft, 16.11.2002, Aulendorf.

MAYER, A., CZERWINSKI, J., WYSER, M., MATTREL, P., HEITZER, A. (2005): Impact of RME/Diesel Blends on Particle Formation, Particle Filtration and PAH Emissions. SAE Techn. Paper 2005-01-1728, Detroit, April 2005.

MCKINSEY&COMPANY, VAHLENKAMP, T. (2007): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland. McKinsey & Company, Inc., Düsseldorf.

MEYER, M. (2007): Rapsölkraftstoff - der ökologische und nachhaltige Nischenbeitrag aus der Landwirtschaft. Beitrag zur Veranstaltungsreihe: Energiezukunft Schweiz, Burgdorf, 13. Dezember 2007.

MITTELBACH, M. (2008): Animal Fats, Jatropha and Co. as New Sources for the Biodiesel Production. Vortrag im Rahmen der Tagung „Neue Biokraftstoffe“, FNR, Berlin.

MOHR, M., JÄGER, L., BOULOUCHOS, K. (2001): Einfluss von Motorparametern auf die Partikelemission. In: MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT 62, Nr. 9, S. 686-692.

MOITZI, G., WEINBERGER, G., BOXBERGER, J. (2008): Energieeffizienz bei der Bereitstellung von Biokraftstoffen. KTBL, Darmstadt.

MUNACK, A., KRAHL, J., SPECKMANN, H., MARTO, A., BANTZHAFF, R. (2004): Development of a sensor for determination of biodiesel, fossil diesel fuel, and their blends. In: JASINSKI, B. (HRSRG): V International Scientific Conference on Microprocessor Systems in Agriculture: conference proceedings. Plock, Poland, 25.-26.05.2004. S. 113-119.

MUNACK, A., HERBST, L., KAUFMANN, A., RUSCHEL, Y., SCHRÖDER, O., KRAHL, J.; BÜNGER, J. (2005): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben "Vergleich von Shell Mittel-Destillat, Premium-Dieselmotorkraftstoff und fossilem Dieselmotorkraftstoff mit Rapsölmethylester". FAL, Braunschweig.

MUNACK, A., GROPE, N., RUSCHEL, Y., SCHRÖDER, O., KRAHL, J. (2007): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Messung ultrafeiner Partikel im Abgas von Dieselmotoren beim Betrieb mit Biodiesel. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig.

NUSSER, M., SHERIDAN, P., WALZ, R., SEYDEL, P., WYDRA, S. (2007): Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow.

PANA, C., NEGURESCU, N., OPA, M. G., CERNAT, A., SOARE, D. (2007): Aspects of the Use of Ethanol in Addition with Gasoline in Spark Ignition Engine Technische Akademie Esslingen, Esslingen.

PEHNT, M. (2007): Erneuerbare Energien kompakt. Institut für Energie und Umweltforschung, Heidelberg.

PEHNT, M., VOGT, R. (2007): Biomasse und Effizienz - Vorschläge zur Erhöhung der Energieeffizienz von §8 und §7 -Anlagen im Erneuerbare-Energien- Gesetz. Arbeitspapier Nr. 1 im Rahmen des Projektes "Energiebalance – Optimale Systemlösungen für Erneuerbare Energien und Energieeffizienz" in Zusammenarbeit mit dem Projekt „Optimierung für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland“ IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg, Mai 2007.

RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (2008): Schutz der Biodiversität heißt aktuell: Biomasse-Produktion nachhaltig machen. Empfehlung des Rates für Nachhaltige Entwicklung, Berlin, 20. Februar 2008.

REINHARDT, G., HELMS, H. (2007): Wie nachhaltig sind Biokraftstoffe? In: BARTZ, W. J. (Hrsg. Bd.): Fuels 2007 - 6th International Colloquium, 10.-11. Januar 2007, TAE, Esslingen, ISBN 3-924813-67-1.

REMMELE, E. (2002): Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff – Untersuchungen zu Kenngrößen, Prüfverfahren und Grenzwerten. Dissertation an der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Lehrstuhl für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, VDIMEG-Schrift Nr. 400, 194 S.

REMMELE, E., WIDMANN, B., BREUN, J., ROCKTÄSCHEL, A. (2002): Reinigung kaltgepresster Pflanzenöle aus dezentralen Anlagen – „Gelbes Heft“ Nr. 75. Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München, 161 Seiten.

REMMELE, E., THUNEKE, K., STOTZ, K. (2006): Verfahren zur nachmotorischen Abgasreinigung für pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke - Untersuchungen von Abgaspartikelfiltersystemen. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

REMMELE, E., STOTZ, K., WITZELSPERGER, J., GASSNER, T. (2007): Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich. Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen. Berichte aus dem TFZ Nr. 12. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing.

RETTENMAIER, N., REINHARDT, G., GÄRTNER, S., MÜNCH, J. (2008): Bioenergie aus Getreide und Zuckerrübe: Energie- und Treibhausgasbilanzen. Heidelberg. August 2008.

RODE, M., SCHNEIDER, C., KETELHAKE, G., REIBHAUER, D. (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. BfN-Skripten, Bonn.

SAGERER, R. (2001): Tierische Fette als Kraftstoff für Dieselmotoren. VDI, München.

SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten, Hausdruck, Berlin.

SCHINDLER, J., ZITTEL, W. (2008): Zukunft der weltweiten Erdölversorgung. Energy Watch Group, Berlin.

SCHINDLER, J., WEINDORF, W. (2006): Einordnung und Vergleich biogener Kraftstoffe – „Well-to-Wheel“-Betrachtungen. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 1, 15. Jg., April 2006.

SCHMIED, M., HAVERS, K., ZIMMER, W., SCHMIDT, K., GOERKE, M., SCHLÜTER, O. (2007): Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr. Universität Dortmund, Darmstadt.

SCHNORBUS, T., LAMPING, M., KÖRFER, T., PISCHINGER, S. (2008): Weltweit unterschiedliche Kraftstoffqualitäten - Neue Anforderungen an die Verbrennungsregelung beim modernen Dieselmotor. In: MTZ - MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT 69, Nr. 4, S. 302-313.

SCHÖNLEBER, N., HENZE, A., ZEDDIES, J. (2007): Angebotspotenziale der Landwirtschaft in Europa zur Sicherung der Nahrungsmittelproduktion und ihr potenzielle Beitrag zu Erneuerbarer Energien. In: 47. JAHRESTAGUNG DER GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN DES LANDBAUES E.V.; 17. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie; 26. bis 28. September 2007. Technische Universität, Freising.

SCHREINER, K. (2002): Einsatz von Biodiesel in Sportbooten auf dem Bodensee. In: MUNACK, A., KRAHL, J. (Hrsg.): Biodiesel-Potenziale, Umweltwirkungen, Praxiserfahrungen. FAL, Braunschweig, S. 39-47.

SENN, T. (2005): Nachhaltige Ethanolerzeugung durch Kombination mit Biogas. In: OSTBAYERISCHES TECHNOLOGIE-TRANSFER-INSTITUT E.V. (OTTI) (Hrsg.): 14. Symposium BIOENERGIE - Festbrennstoffe, Flüssigkraftstoffe, Biogas. Ostbayerisches Technologie Transfer Institut e.V., Regensburg, S. 212-217.

SENN, T., FLEISCHER, S. (2008): Energie- und Ökobilanz der dezentralen Ethanolproduktion unter Einbeziehung von cellulosehaltiger Biomasse. Fachveranstaltung: Fortschritte in der Bioethanolproduktion, Energie-, Stoff- und Emissionsbilanzen. Universität Hohenheim 22. April 2008.

SPANGENBERG, A., PRECHTL, S., SCHIEDER, D., FAULSTICH, M. (2005): Grünes Gold für die Mobilität. In: ARBEITSGEMEINSCHAFT DER BAYERISCHEN FORSCHUNGSVERBÜNDE (abayfor): Zukunft im Brennpunkt, Wissenschaftler aus den Forschungsverbänden: Ihre Visionen, Prognosen, Trends. Band 4, 2005, S. 59-66.

SPICHER, U., LÜFT, M. (2007): Optimierung der Kraftstoffstrahlausbreitung für Pflanzenöl, insbesondere natürliches Rapsöl, bei der Verwendung moderner Diesel-Einspritzsysteme. Karlsruhe: Institut für Kolbenmaschinen der Universität Karlsruhe, 2007.

STAIB, F. (2006): Die Erneuerbaren Energien in Zahlen 2005 und Ausblick. Vortrag im Rahmen der Jahreskonferenz Erneuerbare Energie 2006, Berlin 16. Februar 2006.

STAIB, F., LINKOHR, C., ZIMMER, U., MUSIOL, F., OTTMÜLLER, M. (2008): Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung. Berlin, BMU, Stand Juni 2008.

THUNEKE, K. (2007): Verbrennung und Emissionen von Pflanzenölen in Dieselmotoren – Übersicht aktueller Forschungsergebnisse. Technologie- und Förderzentrum, Straubing.

THRÄN, D., WEBER, M., SCHEUERMANN, A., FRÖHLICH, N., ZEDDIES, J., THOROE, C., SCHWEINLE, J., FRITSCH, R., JENSEITS, W., RAUSCH, L., SCHMIDT, K. (2005): Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Leipzig: Institut für Energetik und Umwelt.

UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2008): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2008 - Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2006, Dessau, ISSN 1862-4359, 534 S.

VETTER, A. (2006): Betriebswirtschaftlicher Vergleich und Ertragsoptimierung bei Energiepflanzen. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Dornburg.

VETTER, A., ADAM, L., BENKE, M., DIETZE, M., EBEL, G., FREYDANK, S., FRITZ, M., GLEMNITZ, M., HEIERMANN, M., HERRMAN, C., HUFNAGEL, J., IDLER, C., KLOSTERMANN, I., KRUSE, S., MASTEL, K., NEHRING, A., NEUMANN, T., PETERS, J., RÖHRICHT, C., RIECKMANN, C., SCHITTENHELM, S., SCHOLZ, V., STRAUß, C., STÜLPNAGEL, R., THIELE, A., TOEWS, T., VON BUTTLAR, C., WIDMANN, B., WILKEN, F., WILLMS, M. (2008): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Erste Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow.

WAGNER, A. (2005): Qualitätsmanagement bei der Futterernte. Universität Bonn, Bonn.

WEINOWSKI, R., SEHR, A., RÜTTEN, A., THEWES, M., NIJS, M. (2008): Einfluss des Ethanolanteils im Kraftstoff auf das Betriebsverhalten von PKW-Ottomotoren. In: 17. AACHENER KOLLOQUIUM, Fahrzeug- und Motorentechnik, Band 1. 06. Bis 08. Oktober 2008, Eurogress Aachen.

WENDLAND, M., DIEPOLDER, M., CAPRIEL, P. (2007): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland, 8. Aufl. LfL, Institut für Agrarökologie, Freising-Weihenstephan.

WICHMANN, V., PRESCHER, K., HASSEL, E., BERNDT, S., GOLISCH, J. (2003): Praxiserfahrungen mit Rapsölkraftstoffen. In: BARTZ, W. J. (Hrsg.): Fuels 2003. Ostfildern, Technische Akademie Esslingen, S. 187-201.

WIDMANN, B., THUNEKE, K., REMMELE, E. (2002): Pflanzenölbetriebene Blockheizkraftwerke Leitfaden. München: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU).

WITZELSPERGER, J., SCHIEDER, D., FAULSTICH, M. (2006): Analyse zur Verwertung von Getreidestroh in einer Beispielregion im Hinblick auf eine LCB-Bioethanolanlage. In: OSTBAYERISCHES TECHNOLOGIE-TRANSFER-INSTITUT E.V. (OTTI) (Hrsg.): 14. Symposium BIOENERGIE - Festbrennstoffe, Flüssigkraftstoffe, Biogas. Regensburg : Ostbayerisches Technologie Transfer Institut e.V., S. 228-233.

ZEDDIS, J. (2006): Rohstoffverfügbarkeit für die Produktion von Biokraftstoffen in Deutschland und in der EU-25. Eigenverlag, Hohenheim.

ZIKORIDSE, G., HOFMANN, U. (2007): Abgasnachbehandlung bei pflanzenöлтаuglichen Motoren. In: NOVA-INSTITUT GMBH (Hrsg. Bd.): Erster Internationaler Kongress zu Pflanzenölkraftstoffen, Tagungsband / Proceedings, Messe Erfurt, 6.-7. September 2007, S. 237-248.

Folgende Forschungseinrichtungen haben das Positionspapier erarbeitet:

Name	Forschungseinrichtung	Ort
Dr. Bekker	Universität Hohenheim Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen	Stuttgart
Prof. Dr. Bergbauer	Fachhochschule Deggendorf Fakultät Maschinenbau und Mechatronik	Deggendorf
Dr. Bernhardt	Universität Karlsruhe (TH) Institut für Kolbenmaschinen	Karlsruhe
Prof. Dr. Boxberger	Universität für Bodenkultur Wien Institut für Landtechnik	Wien ÖSTERREICH
Prof. Dr. Czerwinski	Berner Fachhochschule Biel Fachbereich Automobiltechnik	Biel / Bienne SCHWEIZ
Dipl.-Biol. Dietrich	ForschungsNetzwerk Biogene Kraftstoffe ForNeBiK	Straubing
Dipl.-Ing. Ebertsch	Bayerisches Landesamt für Umwelt Abteilung 2 Luft, Lärm, Anlagensicherheit	Augsburg
Dr. Fritz	Technologie- und Förderzentrum Sachgebiet Rohstoffpflanzen und Stoffflüsse	Straubing
Prof. Dr. Geringer	Technische Universität Wien Institut für Verbrennungskraftmaschinen und KFZ-Bau	Wien ÖSTERREICH
Dipl.-Ing. agr. Graf	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Thüringer Zentrum Nachwachsende Rohstoffe	Dornburg
Dr. Grunert	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Referat: Pflanzenbau, Nachwachsende Rohstoffe	Leipzig

Name	Forschungseinrichtung	Ort
Prof. Dr. Huber	Fachhochschule Ingolstadt Fakultät für Maschinenbau	Ingolstadt
Prof. Dr. Krahl	Fachhochschule Coburg Physikalische Technik und Allgemein- wissenschaften	Coburg
Prof. Dr. Krause	HS Merseburg (FH) Fachbereich Ingenieur- und Natur- wissenschaften	Merseburg
Dipl.-Masch. Ing. Landis	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Agrartechnische Systeme	Ettenhausen SCHWEIZ
Dipl.-Ing. Linßen	Forschungszentrum Jülich GmbH Institut für Energieforschung Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEF-STE)	Jülich
Dipl.-Ing. Maierhofer	Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk C.A.R.M.E.N. e. V.	Straubing
Prof. Meyer	Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft Bereich Pflanzenwissenschaften und Agrarökologie	Zollikofen SCHWEIZ
Ass. jur. Müller	Universität Würzburg Forschungsstelle Umweltenergierecht (FUER)	Würzburg
Dipl. Ing. Müller-Langer	Deutsches BiomasseForschungsZentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ) Bereich Bioenergiesysteme	Leipzig
Prof. Dr. Munack	Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik	Braunschweig
Prof. Dr. Rabl	Hochschule Regensburg Fakultät Maschinenbau	Regensburg
Dr. Remmele	Technologie- und Förderzentrum Sachgebiet Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe	Straubing

Name	Forschungseinrichtung	Ort
Prof. Dr. Sagerer	Universität der Bundeswehr München Fakultät für Maschinenbau	Neubiberg
Dr. Schieder	Technische Universität München Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie	Straubing
Prof. Dr. Schreiner	Hochschule Konstanz Labor für Verbrennungsmotoren	Konstanz
Dr. Schrottmaier	BLT-Biomass Logistics Technology / Francisco Josephinum Fachbereich: Forschung und Innovation	Wieselburg ÖSTERREICH
Dr. Senn	Universität Hohenheim Fachgebiet Gärungstechnologie	Stuttgart
Prof. Dr. Tschöke	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Institut für Mobile Systeme (IMS)	Magdeburg
Dipl.-Ing. Wichmann	Universität Rostock Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren	Rostock
Prof. Dr. Zikoridse	Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden Forschungsinstitut Fahrzeugtechnik (FIF)	Dresden