

# Alternative Energieträger und Antriebskonzepte für mobile Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft

KTBL/TFZ-Fachgespräch  
20. bis 21. März 2013





# Alternative Energieträger und Antriebskonzepte für mobile Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft

Zusammenfassung der Ergebnisse

KTBL/TFZ-Fachgespräch 20. bis 21. März 2013  
in Straubing

Edgar Remmele | Henning Eckel | Bernhard Widmann

Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) | Darmstadt  
Technologie- und Förderzentrum (TFZ) | Straubing

## **Autoren**

### **Dr. Edgar Remmele**

Technologie- und Förderzentrum (TFZ)  
Schulgasse 18 | 94315 Straubing

### **Henning Eckel**

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)  
Bartningstr. 49 | 64289 Darmstadt

### **Dr. Bernhard Widmann**

Technologie- und Förderzentrum (TFZ)  
Schulgasse 18 | 94315 Straubing

In Zusammenarbeit mit der KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Energie“

© 2013

#### **Herausgeber und Vertrieb**

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)  
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt  
Telefon +49 6151 7001-0 | Fax +49 6151 7001-123 | E-Mail: [ktbl@ktbl.de](mailto:ktbl@ktbl.de)  
[vertrieb@ktbl.de](mailto:vertrieb@ktbl.de) | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189  
[www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des  
KTBL urheberrechtswidrig und strafbar.

Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und  
Verarbeitung in elektronischen Systemen.

#### **Satz**

KTBL | Darmstadt

#### **Redaktion**

Henning Eckel, Werner Achilles, Monika Pikart-Müller | KTBL

#### **Titelfoto**

Technologie und Förderzentrum Straubing

Printed in Germany

## Inhalt

1	Einleitung.....	5
2	Rahmenbedingungen.....	6
3	Biodiesel .....	6
4	Rapsöl-/Pflanzenölkraftstoff.....	7
5	Hydrierte Pflanzenöle.....	9
6	Biomethan als Kraftstoff.....	10
7	Alternative Antriebssysteme.....	11
8	Energiespeicher Wasserstoff .....	11
9	Fazit aus der Schlussdiskussion des Fachgesprächs.....	12
	Anhang .....	17



## 1 Einleitung

Die Land- und Forstwirtschaft muss sich vor den Herausforderungen der Energiewende die Frage stellen, wie sie künftig ihre Arbeiten auf dem Acker und im Wald klimaschonend und regenerativ verrichten kann. Ziele hierbei müssen sein

- den Verbrauch fossiler Ressourcen durch Einsparung und Effizienzsteigerung sowie durch den Einsatz regenerativer Energien zu senken,
- den Ausstoß an Treibhausgasen und damit auch den „Carbon Footprint“ von Produkten aus der Land- und Forstwirtschaft zu reduzieren
- Versorgungssicherheit bei Nahrung und Rohstoffen durch die Verwendung krisensicherer Energieträger zu gewährleisten und
- Potenziale zur Erhöhung nationaler und regionaler Wertschöpfung durch Bereitstellung von Energieträgern im Sinne von Selbstversorgung zu erhöhen.

Der Dieselverbrauch in der Land- und Forstwirtschaft beträgt jährlich etwa 1,6 Millionen Tonnen. Der Einsatz von flüssigen und gasförmigen Biokraftstoffen sowie regenerativer elektrischer Energie kann den Dieselbedarf und damit den Ausstoß von Treibhausgasen in der Land- und Forstwirtschaft senken. Die Prozessketten zur Bereitstellung der Energieträger sowie die zu deren Nutzung nötigen Antriebskonzepte befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien und sind zum Teil noch nicht für die Praxis verfügbar.

In einem vom KTBL und TFZ gemeinsam veranstalteten Fachgespräch am 20. und 21. März 2013 am Technologie- und Förderzentrum Straubing wurde der Status quo verschiedener regenerativer Kraftstoffe und Antriebssysteme aufgezeigt und diese hinsichtlich differenzierter Kriterien bewertet. Übergeordnete Aspekte sind hierbei die Auswirkungen auf den einzelnen Menschen und die Gesellschaft, die Umweltwirkungen, der rechtliche Rahmen, die anwendungsspezifischen Anforderungen (Land- und Forstwirtschaft) sowie die zeitnahe Realisierbarkeit. Insbesondere sind folgende Kriterien zu nennen:

- (Rohstoff-)potenzial und Verfügbarkeit
- Technologie der Energieträgerbereitstellung
- Energieeffizienz
- Treibhausgasemissionen
- Luftreinhaltung
- Boden- und Gewässerschutz
- Normung und Qualitätssicherung
- Infrastruktur der Energieträgerbereitstellung, Betankung
- technische Reife, Stand der Forschung und Entwicklung bzw. Markteinführung
- direkte, indirekte, spezifische Kosten
- Selbstversorgung, Autarkie
- Partizipation der Landwirtschaft
- Umsetzbarkeit „Zeitschiene“
- Entwicklungspotenzial für die Zukunft
- Akzeptanz

Diese Veröffentlichung fasst die Beiträge und die Diskussion des Fachgesprächs zusammen.

## 2 Rahmenbedingungen

Alternative Antriebe stehen in Konkurrenz zum in der Land- und Forstwirtschaft dominierenden Antrieb Verbrennungsmotor mit Dieselmotorkraftstoff. Dabei begünstigt das Energiesteuergesetz die Nutzung von fossilem Dieselmotorkraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft durch eine verbrauchsbezogene anteilige Rückerstattung der Energiesteuer, die Nutzung von Biodiesel und Rapsöl-/Pflanzenölmotorkraftstoff durch eine komplette Rückerstattung der Energiesteuer. Die Differenz in der Höhe der Energiesteuer ergibt derzeit aber in der Regel noch keinen Wettbewerbsvorteil für die regenerativen Kraftstoffe Biodiesel und Rapsöl-/Pflanzenölmotorkraftstoff.

Biokraftstoffe sind unterschiedlichen internationalen und nationalen Regelungen unterworfen. So kommen beispielsweise auf EU-Ebene die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG) und die Kraftstoffqualitäts-Richtlinie (2009/30/EG) zur Anwendung, auf nationaler Ebene beispielsweise das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), die Bundesimmissionsschutzverordnungen (BImSchV) oder die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV). Demnach müssen Biokraftstoffe derzeit ein Treibhausgas-Minderungspotenzial von mindestens 35 % aufweisen. Ab 2017 sind 50 % Minderungspotenzial, ab 2018 60 % nachzuweisen. Andernfalls entfallen Energiesteuerbegünstigungen und die Anrechenbarkeit auf die Biokraftstoffquote. Bei der Energiewandlung im Verbrennungsmotor sind die Vorgaben für limitierte gasförmige und partikuläre Emissionen der Richtlinien 1997/68/EG bzw. 2004/26/EG (Nonroad-Richtlinie) einzuhalten. So bedeutet die ab 2014 gültige US Tier 4 / EU Stufe IV Regelung gegenüber 1999 eine Reduktion der Partikelemissionen von 96,5 % und der Stickoxide  $\text{NO}_x$  von 95,7 %.

Ausschlaggebend für eine Marktdurchdringung von alternativen Antrieben sind jedoch die Akzeptanz und die Wirtschaftlichkeit.

## 3 Biodiesel

Der in Deutschland eingesetzte Fettsäuremethylester „Biodiesel“ wird derzeit zu etwa 85 % aus Rapsöl hergestellt. Weitere Rohstoffe sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung Altspeisefett, Sojaöl, Palmöl und Fettsäuren. Bei der Biodieselproduktion fallen als Kuppelprodukte Rapsschrot bzw. Rapspresskuchen sowie Glycerin an. Die Biodieselproduktion ist heute Stand der Technik, die Qualitätssicherung ist etabliert, und die Energiebilanz der Biodieselbereitstellung weist Werte zwischen 2:1 und 3:1 (Output:Input) auf. Die Biodieselversorgung ist über die übliche Tankstelleninfrastruktur möglich. Der Default-Wert für die Treibhausgasemissionsreduktion gemäß der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (2009) liegt bei 38 %. Biodiesel ist in die Wassergefährdungsklasse 1 (schwach wassergefährdend) eingestuft und gilt als biologisch gut abbaubar. Biodiesel als Reinkraftstoff kann auf die Biokraftstoffquote angerechnet werden (BioKraftQuG) und entsprechende Mengen können in den Quotenhandel eingebracht werden. Im Jahr 2012 wurden etwa 2,3 Mio. t Biodiesel in der Beimischung (B7) eingesetzt und etwa 0,13 Mio. t als Reinkraftstoff (VDB 2013). Damit ging der Verbrauch insgesamt und für Biodiesel-Reinkraftstoff insbesondere seit 2007 stark zurück. Wie viel Biodiesel-Reinkraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft zum Einsatz kam, ist nicht veröffentlicht. Mit steigendem Energiesteuersatz in außerlandwirtschaftlichen Anwendungen und dem Wegfall der Mengenbegrenzung (10.000 Liter) für die Steuerentlastung von Agrardiesel kam der Markt für Reinkraftstoffe fast voll-

ständig zum Erliegen, da für Biodiesel ein Kostenvorteil nicht mehr vorhanden ist. Nachfrage nach Biodiesel aus der Land- und Forstwirtschaft gibt es derzeit praktisch nicht; der Kraftstoffhandel hat die entsprechende Betankungsinfrastruktur mittlerweile weitgehend zurückgebaut.

Dezentrale Biodiesekonzepte sind dadurch, dass fast die gesamte Menge an Biodiesel in die Beimischung fließt, wirtschaftlich nicht zu realisieren, da unter anderem aus Gründen der Logistik nur Anlagen mit hoher Kapazität am Beimischungsmarkt zum Zuge kommen. Zudem sind die Kraftstoffkosten bei dezentraler Produktion meist höher als bei zentraler Produktion in großen Anlagen.

Die Möglichkeit zur kompletten Energiesteuerrückerstattung auf Biodiesel in der Land- und Forstwirtschaft auf Antrag ist zeitlich unbefristet. Andere rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Biodiesel sind jedoch eher unsicher. Die von der EU-Kommission diskutierte Einführung von sogenannten ILUC Faktoren (pauschale THG-Aufschläge aufgrund unterstellter indirekter Landnutzungsänderung – *Indirect Land Use Change*), wie derzeit diskutiert, würde es unmöglich machen, mit Biodiesel die geforderten Einsparungen an THG-Emissionen zu erreichen.

Hinsichtlich der Motortechnik bestehen die Herausforderungen, die Materialverträglichkeit der kraftstoffführenden Komponenten sicherzustellen, die Motorsteuerung an Biodiesel anzupassen und die gesetzlichen Anforderungen an die in den letzten Jahren deutlich verschärften Emissionsgrenzwerte zu erfüllen. Diese Emissionsreduktion kann nur mit einer Abgasnachbehandlung erreicht werden. Für die Funktionsfähigkeit von Abgasnachbehandlungssystemen ist eine gesicherte Kraftstoffqualität unerlässlich. Aschebildner und Katalysatorgifte sind zwingend auf niedrige Gehalte zu begrenzen. Die Wirksamkeit von SCR-Systemen wird insbesondere durch die Alkali-Elemente Natrium und Kalium beeinträchtigt. Anpassungen der Grenzwerte in der Norm EN 14214: 2012-11 sind notwendig, um die Funktionsfähigkeit von Abgasnachbehandlungssystemen zu gewährleisten; Prüfverfahren und Präzisionsdaten sind zu verbessern. Qualitätsanalysen von Biodiesel aus dem Feld zeigen, dass die Kraftstoffqualität zum Teil deutlich besser ist als in der Norm festgelegt.

Aufgrund der geringen Nachfrage nach dem Einsatz von Biodiesel als Reinkraftstoff sind die Freigaben der Traktorenhersteller für aktuelle Baureihen zurückgegangen. Die Aktualisierung von entsprechenden Marktübersichten ist wünschenswert.

Als Hemmnis für den vermehrten Einsatz von Biodiesel wird die zu geringe Preisdifferenz zwischen Agrardiesel und Agrar biodiesel identifiziert sowie die aktuellen Planungen der EU-Kommission zur Änderung der RED und der FQD. Handlungsbedarf besteht in der Auffrischung der Kenntnisse bei der Verwendung von Biodiesel in der Land- und Forstwirtschaft, bei der Bestärkung der Landwirtschaft eine Vorbildfunktion zu übernehmen, bei der Verbesserung des Image von Biodiesel (oder von Bio-kraftstoffen im Allgemeinen) und bei der Verbesserung der THG-Bilanz von Raps im Anbau.

#### 4 Rapsöl-/Pflanzenölkraftstoff

Die Anforderungen an die Qualität von Rapsöl als Kraftstoff sind in der DIN 51605: 2010-09, jene für Pflanzenöle als Kraftstoff (keine Einschränkungen beim Rohstoff, auch Pflanzenöl-Mischungen) in der DIN SPEC 51623: 2012-06 geregelt. Außerdem wurde ein CEN-Workshop Agreement CWA 16379 „Pure plant oil fuel for diesel engine concepts“ veröffentlicht (CEN 2011). Damit sind Kraftstoffqualitäten definiert, die einen sicheren Betrieb von pflanzenöлтаuglichen Motoren und den Einsatz von Abgasnachbehandlungssystemen ermöglichen. Die Einhaltung der Grenzwerte für Phosphor von max.

3 mg/kg sowie für Calcium und Magnesium von jeweils maximal 1 mg/kg werden für schonend gewonnene Öle aus Kaltpressung in dezentralen Anlagen durch Nachbehandlung mit adsorptiven Materialien oder sanfte Säureentschleimung erreicht. Der Prozess der Ölgewinnung ist Stand der Technik und Qualitätssicherungssysteme für die Herstellung von Rapsölkraftstoff wurden erarbeitet, sodass neben raffinierten Ölen aus industriellen Ölmühlen auch dezentral gewonnene Pflanzenöle als Kraftstoff bereitgestellt werden können. Dezentrale Produktionskapazitäten für Pflanzenöl sind vorhanden, allerdings sind viele der Anlagen aufgrund der ungünstigen Rahmenbedingungen derzeit stillgelegt oder nicht ausgelastet. Zum Zeitpunkt März 2013 waren von ehemals im Jahr 2007 bekannten knapp 600 Ölmühlen nur noch 345 existent und 241 tatsächlich in Betrieb (TFZ 2013). Wurden nach Angaben der BAFA im Jahr 2007 bundesweit rund 837.500 t Pflanzenölkraftstoff abgesetzt, gingen die Mengen innerhalb von vier Jahren um rund 97 % zurück auf 19.600 t im Jahr 2011 und 24.700 t im Jahr 2012.

Ein wichtiger Aspekt bei der Verwendung von Rapsölkraftstoff und auch von Biodiesel ist die Möglichkeit, den bei der Ölpressung entstehenden Presskuchen als Eiweißfuttermittel in der Tierernährung zu verwenden. Dadurch können Importe von Futtermitteln vermieden werden, was wiederum einen positiven Effekt auf die Klimabilanz der Produktion tierischer Lebensmittel hat.

Der Einsatz von Rapsöl in Reinform ermöglicht gegenüber der Verwendung von Dieselmotorkraftstoff eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von etwa 60 %, damit werden schon die ab 2018 geltenden Mindestvorgaben der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung eingehalten. Aufgrund der hohen Syntheseleistung der Natur sind nur wenige Konversionsschritte hin zum Kraftstoff erforderlich; dies trifft insbesondere bei Verfahren der Kaltpressung mit weitestgehendem Verzicht auf Raffinationsschritte zu, sodass Rapsölkraftstoff ein gutes Verhältnis von Energie-Output zu Energie-Input von etwa 4,5 : 1 aufweist. Rapsöl ist in keine Wassergefährdungskategorie eingestuft und gilt als „nicht wassergefährdend“, d.h., Rapsöl hat eine geringe aquatische Toxizität, geringe akute orale oder dermale Toxizität der Säuger, ein geringes Bioakkumulationspotenzial sowie eine leichte biologische Abbaubarkeit. Dies sind ideale Voraussetzungen für den Einsatz des Kraftstoffs in umweltsensiblen Bereichen und auf nicht versiegelten Flächen. Wie bei Biodiesel wurde die vorhandene Infrastruktur an öffentlichen Tankstellen wieder zurückgebaut. An Tankanlagen für Rapsölkraftstoff sind keine besonderen Anforderungen zu stellen, sodass die Errichtung von Hoftankstellen keine größeren Schwierigkeiten bereitet. Aufgrund der wenigen Konversionsschritte sind die Produktionskosten von Pflanzenölkraftstoff im Vergleich zu anderen Biokraftstoffen sehr niedrig. In Verbindung mit dem hohen Treibhausgas-Minderungspotenzial ergeben sich dadurch niedrige THG-Reduktionskosten. Agrar-Rapsöl ist in etwa gleich teuer wie Agrar-Diesel. Für die vollständige Substitution des Dieserverbrauchs der Land- und Forstwirtschaft in Deutschland durch pflanzenölbasierte Kraftstoffe sind in etwa 1,5 Millionen Hektar Rapsanbaufläche erforderlich. Dies entspricht rund 9 % der deutschen Ackerfläche. Bereits heute werden knapp eine Million Hektar Raps in Deutschland für die Kraftstoffproduktion angebaut. Zu beachten ist, dass auf diesen Flächen nicht nur Kraftstoff erzeugt wird, sondern auch, wie bereits erwähnt, zu zwei Dritteln der Masse des Ernteguts Eiweißfuttermittel. Insbesondere die dezentrale Verarbeitung der Rapssaat und die dezentrale Nutzung von Kraftstoff und Futtermittel tragen zur Erhöhung der Wertschöpfung im ländlichen Raum bei. Ein wesentlicher Teil der jährlichen Aufwendungen der Land- und Forstwirtschaft für die Beschaffung von Dieselmotorkraftstoff in Höhe von ca. zwei Milliarden Euro inklusive Steuern könnte in der Landwirtschaft verbleiben. Die zu Dieselmotorkraftstoff unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften von Pflanzenölkraftstoff machen eine auf den Kraftstoff abgestimmte Parametrierung des Dieselmotors und Auslegung des Abgasnachbehandlungssystems erforderlich. Wie

auch bei Biodiesel sind bei pflanzenöлтаuglichen Traktoren Wechselbetankungen mit Diesel möglich, idealerweise wird die Motorsteuerung dann aber über einen Kraftstoffsensoren geregelt.

Motoren, die einen Einsatz von Rapsöl- bzw. Pflanzenölkraftstoff in mobilen Maschinen für die Land- und Forstwirtschaft ermöglichen, sind bereits werkseitig bei Traktoren verbaut worden, die die Abgasstufe IIIA (Richtlinie 97/68/EG 1997) einhalten. Daneben existierten in der Vergangenheit Umrüslösungen für Stufe I-, II- und zum Teil Stufe IIIA-Motoren. In Prototypen wurde bereits die Möglichkeit des Betriebs von Motoren der Abgasstufe IIIB und IV mit Pflanzenölkraftstoff demonstriert. Aufgrund der sehr geringen Nachfrage aus der Land- und Forstwirtschaft lassen allerdings die meisten Hersteller von Landmaschinen ihre Aktivitäten im Bereich Pflanzenöl derzeit ruhen. Dies ist auf die ungünstigen Rahmenbedingungen zurückzuführen, insbesondere die wieder gestiegene Steuerermäßigung für fossilen Dieselmotoren im Agrarbereich.

Eine zentrale Herausforderung bei der Weiterentwicklung pflanzenöлтаuglicher Motoren liegt ähnlich wie beim Einsatz von Biodiesel in der Reduktion der Emissionen mithilfe von Abgasnachbehandlungssystemen. Common-Rail-Einspritzsysteme stehen dabei nicht im Widerspruch zum Einsatz von Pflanzenölkraftstoff, sondern leisten wie bei Dieselmotoren auch einen wichtigen Beitrag zur innermotorischen Optimierung von Leistung, Kraftstoffverbrauch und Emissionen. Wichtige Anpassungen des Motors und des Kraftstoffsystems sind hinsichtlich des Kaltstarts und des Kraftstofffließverhaltens vorzunehmen.

## 5 Hydrierte Pflanzenöle

Eine weitere Kraftstoffvariante, die den Rohstoff Pflanzenöl nutzt, sind die sogenannten hydrierten Pflanzenöle (Hydrogenated oder Hydrotreated Vegetable Oil, HVO). Sie werden aus Pflanzenöl, meist Palmöl, durch Hydrierung gewonnen. Die Herstellung aus den Triglyceriden erfolgt durch katalytische Reaktion mit Wasserstoff, wobei 1,23 Tonnen Triglycerid 1 Tonne HVO ergeben. Als Nebenprodukt entsteht hauptsächlich Propan. Die entstandenen Kohlenwasserstoffe werden häufig einer Isomerisierung zur Erhöhung der Kältefestigkeit unterzogen. Die Reaktionen laufen in einem Temperaturbereich von 350 bis 450 °C ab, bei einem Wasserstoffpartialdruck von 48 bis 152 bar. Die Eigenschaften sind mit Diesel vergleichbar, bei etwas niedrigerer Dichte und höherer Cetanzahl. Nach EU-RED liegt das THG-Einsparungspotenzial von HVO bei einem Standardwert von 26 % bis 65 % je nach eingesetztem Rohstoff. Da gesättigte Fettsäuren bei der Hydrierung einen geringeren Verbrauch an Wasserstoff aufweisen, wird als Rohstoff häufig Palmöl eingesetzt. HVO wird derzeit fast ausschließlich von der finnischen Neste Oil Corporation angeboten. Die Produktionsstandorte sind in Finnland, Singapur und Rotterdam.

Erfahrungen über die Nutzung von HVO in Traktoren als Reinkraftstoff oder in Mischungen sind nicht bekannt. Im einem Forschungsprojekt an der Hochschule Coburg (Diesel regenerativ) wurde HVO mit einem Anteil von 2 % bzw. 7 % Biodiesel in Pkw der Abgasstufe Euro 3 bis Euro 6 getestet. Im Vergleich zu fossilem Dieselmotoren wurden Emissionsminderungen für Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Partikelmasse festgestellt. Stickoxidemissionen waren für „Diesel regenerativ“ leicht erhöht, der Kraftstoffverbrauch der Flottenfahrzeuge stieg um ca. 4 Vol.-% gegenüber DK an. Die Aldehydemissionen waren niedriger.

HVO ist in Reinform derzeit am Markt praktisch nicht verfügbar. Deshalb können auch keine Preisangaben gemacht werden. Eine Norm für HVO als Reinkraftstoff oder zur Beimischung gibt es bislang nicht.

HVO eignet sich auch als Kerosinersatz für Flugzeugtriebwerke. Da auch für die Luftfahrtindustrie verschärfte THG-Minderungsziele zu erwarten sind, wird dies u.U. dazu führen, dass HVO vermehrt als Kerosinersatz nachgefragt wird und damit auch der Druck auf die verfügbaren Rohstoffe steigt.

Für die Verwendung von HVO in Reinform oder in Mischungen mit fossilem Diesel sind keine Modifikationen an der Motortechnik erforderlich.

## 6 Biomethan als Kraftstoff

Für eine Verwendung als Kraftstoff muss Biogas durch Abscheidung des CO<sub>2</sub> zu Biomethan (CH<sub>4</sub>) aufbereitet werden. Durch die Aufbereitung, die auch eine Entschwefelung und Trocknung umfasst, kann die notwendige Qualität zur Verwendung als Kraftstoff (DIN 51624) gesichert werden. Für die Aufbereitung stehen Aminwäsche, Druckwasserwäsche, PEG-Wäsche, Druckwechseladsorption und Membrantrennverfahren zur Verfügung. Aktuell wird diskutiert, ob mit überschüssigem Strom aus Wind- oder Photovoltaikanlagen Wasserstoff oder Methan wirtschaftlich hergestellt werden kann, das über das Erdgasnetz gespeichert und verteilt werden könnte. Derzeit ist die Infrastruktur für Biomethan als Kraftstoff noch nicht flächendeckend vorhanden. Immer mehr Methantankstellen bieten jedoch anteilig Biomethan oder sogar Biomethan zu 100 % an. Die Anforderungen an Biomethan-Tankstellen hinsichtlich der Sicherheit sind identisch zu Anforderungen an Erdgastankstellen. Die Bereitstellungskosten für Biomethan setzen sich aus den Kosten für die Biogaserzeugung, die Aufbereitung zu Biomethan und die Kosten für die Betankungsanlage zusammen. In der Summe ergeben sich Kosten von etwa 8-16 ct/kWh in Abhängigkeit vom Aufbereitungsverfahren, der Größe der Aufbereitungsanlage und in Abhängigkeit von der Kompressorauslastung. (Bio-)Methan als Kraftstoff ist bis 2015 steuerbefreit (§ 50 Abs. 1 Nr. 4 EnergieStG). Eine Hoftankstelle für Biomethan ist aufgrund der Aufbereitungskosten an nur wenigen Standorten realisierbar. Das Erdgastankstellennetz in Deutschland umfasst derzeit etwa 900 Tankstellen.

Ähnlich wie bei dezentral erzeugten flüssigen Kraftstoffen verbleibt bei der Bereitstellung von Biomethan aus Biogas ebenfalls ein großer Teil der Wertschöpfung im Land.

Mit Biomethan kann nach EU-RED eine Reduktion der THG-Emissionen je nach Biogassubstrat zwischen 73 und 82 % erreicht werden. Biomethan aus Reststoffen kann derzeit doppelt auf die Biokraftstoffquote angerechnet werden.

Für Biomethan geeignete Traktoren wurden von den Firmen Valtra (Kleinserie mit 15 Traktoren) und Steyr (Prototyp) entwickelt und befinden sich derzeit in der Erprobung. Der Motor des Valtra-Traktors arbeitet nach dem Zündstrahlprinzip. Biomethan wird dabei in wechselnden Anteilen mit Diesel verwendet. Für die Entzündung des Gemischs ist stets eine Mindestmenge an Dieselmotorkraftstoff erforderlich. Der Valtra Biomethan-Traktor kann mit einem maximalen Anteil von 83 % Biomethan betrieben werden. Aufgrund der geringen Energiedichte von Biomethan und dem begrenzten Bauraum am Traktor wird die Reichweite der Traktoren im Gasbetrieb eingeschränkt sein. Der von Valtra entwickelte Biomethan-Traktor verfügt über Methantanks, die eine dem Energiegehalt von 30 Liter Diesel entsprechende Menge an Biomethan aufnehmen können. Die Kapazität des Gastanks beträgt 170 l bei

einem Druck von 200 bar. Insbesondere bei landwirtschaftlichen Arbeiten mit konstant hohem Leistungsbedarf, z.B. Bodenbearbeitung, ist dies wohl nicht ausreichend und stellt derzeit ein deutliches Hemmnis für den Praxiseinsatz dar. Derzeit sind für den Dual-Fuel-Betrieb (Betrieb mit zwei Kraftstoffen) im Off-Road-Bereich noch keine klaren Vorgaben für die Messung des Emissionsverhaltens vorhanden.

## 7 Alternative Antriebssysteme

Die Entwicklung alternativer Antriebssysteme zielt auf die Steigerung der Arbeitsproduktivität und Präzision bei gleichzeitiger Verbesserung der Energieeffizienz ab, die vor dem Hintergrund steigender Energiepreise und begrenzter Ressourcen anzustreben ist. Unter den denkbaren Möglichkeiten Energie zu übertragen, sei es mechanisch, hydraulisch oder elektrisch, gibt es keine eindeutige Vorzugsvariante für den Einsatz in Maschinen für die Land- und Forstwirtschaft. Bestimmend für den Einsatz sind die Anforderungen an Leistung, Regelbarkeit, der vorhandene Bauraum und die Kosten. Hybride Systeme, als Kombination verschiedener Antriebe und Energiequellen, werden derzeit für verschiedene Anwendungen entwickelt. Denkbar sind hybride Systeme z.B. für eine kurzzeitig erhöhte Leistungsbereitstellung oder für eine Rückgewinnung von kinetischer Energie z.B. bei Bremsvorgängen. Elektrische Fahrantriebe mit einer Energiebereitstellung aus Dieselmotoren, elektrochemischen Speichern oder auch Brennstoffzellen spielen zurzeit keine Rolle. Im Wesentlichen wird an der Elektrifizierung von Anbaugeräten gearbeitet.

## 8 Energiespeicher Wasserstoff

Die Verwendung von Wasserstoff ( $H_2$ ) als Energiespeicher im mobilen Bereich ist schon seit mehreren Jahrzehnten in der Diskussion, insbesondere die Verstromung in Brennstoffzellen, verbunden mit einem elektrischen Antrieb, ohne dass bisher eine Serieneinführung erfolgte. Auch für Landmaschinen werden solche Systeme diskutiert und wurden mit dem Prototyp eines  $H_2$ -Traktors von New Holland (New Holland 2013) vorgestellt. Voraussetzung für den Einsatz in der Landwirtschaft ist ein Durchbruch der Brennstoffzellen im Massenmarkt (z.B. Pkw), der zur Kostenreduktion führen könnte. Ähnlich wie beim Einsatz von Biomethan als Kraftstoff stellt sich hier das Problem der geringen Energiedichte von Wasserstoff und damit der beschränkten Reichweite bei Maschinen mit hohem Leistungsbedarf.

Eine Wasserstoffinfrastruktur ist gegenwärtig so gut wie nicht vorhanden. In Deutschland existieren 15 Wasserstofftankstellen, die derzeit im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms NIP auf 50 ergänzt werden sollen (NOW 2013).

Eine dezentrale Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse und Speicherung ist technisch machbar; eine verlässliche Schätzung der Kosten für die Erzeugung, Speicherung und Betankung ist derzeit aber noch nicht möglich. Die Speicherung von Wasserstoff in Gasform bei einem Druck von 350 bis 700 bar wird derzeit gegenüber der Speicherung von flüssigem Wasserstoff bei einer Temperatur von  $-253\text{ °C}$  favorisiert.

Mit dezentralen Systemen die über Elektrolyse mit Strom aus Photovoltaik (PV) oder Wind Wasserstoff erzeugen lässt sich theoretisch eine annähernd CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträgerbereitstellung realisieren. Aus Kostensicht sind solche Systeme derzeit noch nicht in der Praxis betreibbar.

## 9 Fazit aus der Schlussdiskussion des Fachgesprächs

### Alle Optionen müssen weiter verfolgt, keines der Systeme soll vorzeitig ausgeschlossen werden

Konsens herrscht darüber, dass es erstrebenswert ist, fossile Kraftstoffe in der Land- und Forstwirtschaft zu ersetzen, um dadurch aus der Land- und Forstwirtschaft einen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz zu leisten. Wünschenswert wäre, dadurch möglichst viele positive Nebeneffekte zu generieren. Für eine tragfähige land- und forstwirtschaftliche Mobilitätsstrategie müssen derzeit alle sich bietenden Optionen weiter verfolgt werden. Keines der möglichen Antriebssysteme kann nach heutigem Kenntnisstand bereits ausgeschlossen werden. Derzeit am vorteilhaftesten und rasch umsetzbar sind die Verwendung von Rapsölkraftstoff und Biodiesel in Verbrennungsmotoren.

Eine Bewertung von alternativen Energieträgern im Hinblick auf eine Reihe zentraler Kriterien, so wie sie von den Teilnehmern des Fachgesprächs vorgenommen wurde, ist in Abbildung 1 dargestellt.

Der Einsatz von Rapsölkraftstoff und regenerativem Strom in mobilen Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft bietet die größten Vorteile hinsichtlich der Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Motorenkonzepte, die einen Einsatz von Pflanzenölen und Biodiesel in Reinform ermöglichen, sind am Markt verfügbar. Auch viele Maschinen im Bestand haben werkseitige Freigaben für Biodiesel „B100“. Eine Nachfrage nach den Reinkraftstoffen Biodiesel und Rapsöl besteht derzeit weder innerhalb noch außerhalb der Land- und Forstwirtschaft. Die Biodieselhersteller konzentrieren sich derzeit auf die Bereitstellung von Biodiesel zur Beimischung; für den Einsatz von Reinkraftstoffen über die Land- und Forstwirtschaft hinaus wird von Seiten der Industrie nur wenig Potenzial gesehen.

	Potentialpotenzial Verfügbarkeit	Technologie Energieträgerbereitstellung	Energieeffizienz	Treibhausgasemissionen- Minderung	Luftreinhaltung	Boden- und Gewässerschutz	Qualitätssicherung/Normen	Infrastruktur Bereitstellung	Technische Reife, Stand F+E	Kosten	Selbstversorgung, Autarkie	Partizipation Landwirtsch.	Umweltbarkeit - Zeitschiene	Akzeptanz	GESAMT
<b>Gewichtung</b>	3,00	2,69	2,69	2,59	1,91	2,13	2,59	2,62	2,69	2,50	2,00	2,42	2,19	2,45	
Verbrennungsmotor Kraftstoff Biodiesel	3,35	3,16	2,63	2,12	1,51	1,88	3,14	3,03	3,38	2,35	1,65	2,46	2,82	2,36	2,56
Verbrennungsmotor Kraftstoff Rapsöl	3,17	2,97	2,90	2,82	1,68	2,48	2,89	2,95	3,27	2,54	2,51	3,15	2,78	2,45	2,75
Verbrennungsmotor Kraftstoff HVO	1,54	1,71	2,07	1,63	1,59	1,03	1,97	1,55	2,50	1,57	0,70	1,05	1,64	1,68	1,59
Verbrennungsmotor Kraftstoff Biomethan	2,33	2,10	2,29	2,03	1,77	2,28	2,69	1,18	2,15	1,53	1,93	2,63	1,61	1,99	2,04
Elektromotor Energieträger Wasserstoff	1,50	1,08	1,89	2,70	2,38	2,76	2,22	0,39	0,80	0,78	0,97	1,09	0,29	1,80	1,48
Elektromotor Energiebereitstellung Akkumulator	2,75	1,82	2,73	2,69	2,37	2,54	2,87	1,44	1,46	1,25	1,65	1,94	1,02	2,73	2,09

Abb. 1: Bewertung von alternativen Energieträgern auf einer Skala von 0-4 mit einer Gewichtung der Bedeutung des jeweiligen Kriteriums von hoch/mittel/gering (3/2/1) wie von den Teilnehmern des Fachgesprächs eingeschätzt (n = 24)

Auf internationaler Ebene, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern, werden aufgrund der in vielen Regionen fehlenden Infrastruktur, der nicht kontinuierlichen Verfügbarkeit und der hohen Kosten für Dieselmotoren Möglichkeiten für den Einsatz regional erzeugter Biokraftstoffe gesehen.

Die gasförmigen Energieträger Biomethan und Wasserstoff bieten neben den flüssigen Biokraftstoffen eine weitere Möglichkeit erneuerbare Energien im Mobilitätssektor einzusetzen. Die fehlende Infrastruktur ist ein wesentliches Hemmnis für die Verwendung gasförmiger Kraftstoffe in der Land- und Forstwirtschaft. Mit Biomethan betriebene Traktoren befinden sich noch im Erprobungsstadium. Ein wesentliches Problem bei der Verwendung von Biomethan als Kraftstoff in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft ist möglicherweise die geringe Energiedichte, die zu einer reduzierten Reichweite der Maschinen führt.

Die Bereitstellung elektrischer Energie über Wasserstoff und Brennstoffzellen ist derzeit wirtschaftlich noch nicht darstellbar.

### **Zeitschiene**

Die betrachteten Systeme haben einen sehr unterschiedlichen Entwicklungsstand. Dementsprechend ergeben sich auf der Zeitschiene auch unterschiedliche Zeitpunkte, zu denen eine Etablierung denkbar wäre. Aus technischer Sicht sind die Biokraftstoffe Biodiesel und Rapsölkraftstoff sofort einsetzbar, ebenso HVO, allerdings steht bei Letzterem keine ausreichende Produktionskapazität zur Verfügung, die zudem nur ein Anbieter vorhält. Gasförmige Kraftstoffe sind aufgrund ihrer geringen Energiedichte und der bislang mangelnden Praxiserfahrung erst zu einem späteren Zeitpunkt eine Option, wobei für Biomethan-Traktoren Praxisversuche angelaufen, für das System Brennstoffzelle mit Wasserstoff und Elektroantrieb aber bislang nur Pilotansätze vorhanden sind. Nach derzeitigem Stand wird der Verbrennungsmotor noch mindestens 20 Jahre die Hauptantriebsquelle von Land- und Forstmaschinen bleiben.

Eine Änderung von Rahmenbedingungen wie die Besteuerung oder von Anforderungen an die Nachhaltigkeit können die Zeitschiene, die hier nur technisch definiert ist, stark beeinflussen.

### **Treibhausgasemissionen**

Ein großer Teil der Emissionen aus dem Ackerbau ist auf die Herstellung und den Einsatz von Stickstoffdüngern zurückzuführen (Döhler et al. 2011). Der Anteil des Kraftstoffs am „Carbon-Footprint“ von Agrarrohstoffen liegt im Mittel bei etwa 10 % im konventionellen Anbau, im ökologischen Landbau nimmt der Kraftstoff größeren Einfluss. Bei Holz aus forstwirtschaftlicher Produktion ist der Anteil des Kraftstoffs am „Carbon-Footprint“ deutlich höher. Unter den Energieträgern haben solche, die aus Rest und Abfallstoffen oder mit Einsatz von erneuerbaren Energien produziert werden können, wie Biomethan aus Wirtschaftsdüngern und Reststoffen oder Wasserstoff aus mit PV oder Windenergie betriebener Elektrolyse, das höchste Potenzial zur Emissionsminderung.

Werden zukünftig Treibhausgasemissionspauschalen für die Berücksichtigung der Effekte indirekter Landnutzungsänderungen (ILUC-Faktoren) addiert, könnten die meisten Biokraftstoffe die mindestens zu erreichende Emissionsminderung gegenüber dem Referenzkraftstoff nicht mehr einhalten. Diskussionsbedarf besteht auch noch bei der Methodik zur Bewertung der Kuppelprodukte, z.B. der Eiweißfuttermittel, bei der THG-Bilanzierung.

Ein Problem stellt für kleine Betriebe (zum Beispiel dezentrale Ölmühlen) die sehr kostenintensive Nachhaltigkeitszertifizierung dar, worin ein Hemmnis zur Entwicklung dezentraler Konzepte zur Versorgung mit Kraftstoffen besteht.

### **Kumulierung positiver Aspekte**

Wichtig für die Bewertung von alternativen Antriebskonzepten sind nicht nur Einzelaspekte, sondern auch Systembetrachtungen. Diese beziehen z.B. regionale Wertschöpfung, Emissionsminderung, Boden- und Gewässerschutz und gleichzeitig verbesserte Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit – auch zusätzlich mit Eiweißfuttermitteln – mit ein.

Dezentrale Konzepte, bei denen die Produktion von Kraftstoffen (Rapsölkraftstoff zum Teil auch Biodiesel) und Futtermitteln auf regionaler Ebene verwirklicht wird, sind kurzfristig machbar und können zur Versorgungssicherheit der Land- und Forstwirtschaft mit Kraftstoffen und zum Verbleib der Wertschöpfung in der Region beitragen. Für eine Selbstversorgung der Landwirtschaft mit Kraftstoffen wäre etwa 7-10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche erforderlich.

### **Handlungsbedarf**

Verfügbare, vorteilhafte Systeme sollten kurzfristig umgesetzt werden, dies trifft insbesondere für den Einsatz von regional erzeugten Reinkraftstoffen (Rapsölkraftstoff, Biodiesel) in der Land- und Forstwirtschaft zu. Hierfür sind Rahmenbedingungen erforderlich, die einen Einsatz ohne wirtschaftliche Nachteile ermöglichen. Daneben besteht im Informationstransfer eine zentrale Aufgabe. Durch die technischen Probleme und Schäden, die in der Anfangszeit der Biokraftstoff- und Motorenentwicklung aufgetreten sind, ist ein Imageschaden entstanden. Zudem wird auch in der Land- und Forstwirtschaft die „Teller/Tank-Diskussion“ geführt. Auch wenn die heutigen technischen Konzepte ausgereift sind, ist neben der notwendigen Verbesserung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dennoch Aufklärungsarbeit erforderlich, wenn der Einsatz von Reinkraftstoffen in der Land- und Forstwirtschaft gesteigert werden soll. Dies gilt ebenso im Hinblick auf die möglichen positiven ökonomischen Effekte, die die Verwendung heimischer Rohstoffe bietet, da die deutsche Landwirtschaft derzeit etwa 2 Mrd. €, davon die Hälfte an Steuern, jährlich für importierte Energieträger aufwenden muss (BMELV 2013).

Um einen Kostenvorteil für Biodiesel und Rapsölkraftstoff gegenüber fossilem Diesel zu erreichen, sind mehrere Ansätze denkbar. Im Folgenden einige Beispiele:

Eine Änderung der Agrardieselbesteuerung (z. B. Erhöhung der Energiesteuer, Mengengrenzung...), die derzeit einen verminderten Steuersatz für Dieselmotorkraftstoff, der in der Landwirtschaft verwendet wird, vorsieht, bei gleichzeitiger Beibehaltung der Steuerbefreiung für Biodiesel und Rapsölkraftstoff, könnte Anreize schaffen. In Österreich wurde beispielsweise mit Beginn des Jahres 2013 die steuerliche Begünstigung von fossilem Agrardiesel abgeschafft.

Ein Ausgleich der Mehrkosten bei der Beschaffung biokraftstofftauglicher Land- und Forstmaschinen kann zur Wirtschaftlichkeit beitragen. Eine kraftstoffverbrauchsbezogene, auf die eingesparten Treibhausgasemissionen bezogene Vergütung könnte ebenso ökonomische Hürden überwinden helfen. Abnahmeverpflichtungen der Agrar-Biokraftstoffmengen für die Anrechnung in der Quote könnten kalkulierbare und einpreisbare „Quotenhandelserlöse“ mit sich bringen. Die Möglichkeit ohne Energiesteueranteil den Biokraftstoff zu kaufen, anstatt die Energiesteuer im Folgejahr sich rückvergüten zu lassen, hätte beim Kraftstoffeinkauf eine kaufstimulierende Wirkung. Weitere günstige Rahmenbedingungen für den Einsatz von Biokraftstoffen könnten auch über das „Greening“ gesetzt werden,

würden doch bei der Verwendung von Biodiesel und Rapsölkraftstoff die vier wesentlichen Ziele der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU, nämlich Verstärkung des Klimaschutzes, Verbesserung der Umweltleistungen, Förderung der Ressourceneffizienz und Förderung des ländlichen Raums erreicht werden. Eine europäische Harmonisierung der Energiesteuer auf Agrardiesel und Agrarbiokraftstoffe wäre insgesamt begrüßenswert.

Im Hinblick auf die Motorentechnik sind eigene Motorapplikationen für die Biokraftstoffe und die Anpassung der Abgasnachbehandlungssysteme erforderlich, um die europäische Abgasstufe IV bzw. TIER 4final, insbesondere hinsichtlich der Grenzwerte für Partikelmasse und Stickstoffoxide einhalten zu können.

Ein wichtiger Schritt ist außerdem die Weiterentwicklung und Erprobung bislang noch nicht praxisreifer Kraftstoffe und Antriebssysteme. Für eine verstärkte Nutzung von Biomethan als Kraftstoff sind weitere technische Verbesserungen, insbesondere bezüglich der Reichweite und auch finanzielle Anreize, notwendig. Auch wenn der Einsatz von Wasserstoff in Brennstoffzellen für Landmaschinen derzeit noch eine Zukunftsvision darstellt, sollte auch diese Option weiterverfolgt werden, auch vor dem Hintergrund, dass gerade in landwirtschaftlichen Betrieben, die über Photovoltaikanlagen verfügen, nach Ablauf der garantierten Einspeisevergütung Alternativen für die Verwendung des Stroms, der nicht unmittelbar verwendet werden kann, interessant werden können.

Weitere Forschung und Entwicklung für die Optimierung und Kombination von Antrieben und Antriebskombinationen sind notwendig, die an die zur Verfügung stehenden Energieträger und Energiespeicher angepasst sind.

Entscheidung für die Weiterentwicklung der Energieträger und die Umsetzung in der Praxis sind verlässliche Rahmenbedingungen, die auch über einen längeren Zeitraum Gültigkeit behalten.

Neben dem Einsatz von Biokraftstoffen bleibt insbesondere die Kraftstoffeinsparung und die Effizienzsteigerung land- und forstwirtschaftlicher Produktionsverfahren zentraler Bestandteil einer Mobilitätsstrategie für die Land- und Forstwirtschaft.

Für den weiteren Fortschritt ist eine klare Zielsetzung der Land- und Forstwirtschaft in Richtung Biokraftstoffeinsatz erforderlich, ein Bekenntnis der Land- und Forstmaschinenindustrie zur Entwicklung klima- und ressourcenschonender Maschinen, und von Seiten der Politik müssen langfristig tragfähige Rahmenbedingungen für den Biokraftstoffeinsatz geschaffen werden. Dann besteht die Chance, dass die Land- und Forstwirtschaft als erste Branche für sich in Anspruch nehmen kann, die erforderlichen klimaschonenden Energieträger für Mobilität und Zugkraft aus eigenen Ressourcen bereitstellen zu können.

## Literatur

BioKraftQuG (2006): Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften (Biokraftstoffquotengesetz - BioKraftQuG)

BMELV (2013): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2012. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Landwirtschaftsverlag Münster

CEN (2011): CEN Workshop Agreement CWA 16379: Pure plant oil fuel for diesel engine concepts. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel

- Döhler, H., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Haenel, H.-D., Rösemann, C., Freibauer, A. (2011): Nationale Klimaschutzziele – Potenziale und Grenzen der Minderungsmaßnahmen. In: KTBL Schrift 485: Zukunftsorientiertes Bauen für die Tierhaltung. KTBL-Tagung vom 6. bis 7. April 2011 in Münster/Westf. KTBL Darmstadt, S. 64-70
- Erneuerbare-Energien-Richtlinie (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
- New Holland (2013): Hydrogen powered tractor. [http://www.thecleanenergyleader.com/en/nh2\\_tm\\_hydrogen/hydrogenenergy.html](http://www.thecleanenergyleader.com/en/nh2_tm_hydrogen/hydrogenenergy.html), Zugriff am 18.10.2013
- NOW (2013): NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. <http://www.now-gmbh.de/de.html>, Zugriff am 18.10.2013
- Richtlinie 97/68/EG (1997): Richtlinie 97/68/EG (1997) des europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte. Amtsblatt der Europäischen Union, Nr. L 59 vom 27.02.1998, zuletzt geändert durch Richtlinie 2010/26/EU (ABl. Nr. L 86 vom 1.04.2010) der Kommission
- TFZ (2013): Dezentrale Ölsaatenverarbeitung 2012/2013 – eine bundesweite Befragung. Berichte aus dem TFZ 34, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing
- VDB (2013): Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V. (VDB). Biodieselabsatz. <http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/absatzzahlen.html>, Zugriff am 18.10.2013

## Anhang

Programm des Fachgesprächs „Alternative Energieträger und Antriebssysteme für mobile Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft“ am 20. und 21. März 2013 am TFZ in Straubing

Mittwoch, 20. März 2013

Begrüßung

*Dr. Martin Kunisch, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt*

Einführung in das Fachgespräch

*Dr. Bernhard Widmann, Technologie- und Förderzentrum, Straubing*

Bewertungskriterien für alternative Energieträger und Antriebskonzepte in der Land- und Forstwirtschaft

*Dr. Edgar Remmele, Technologie- und Förderzentrum, Straubing*

**Kurzstatements: Einsatz von alternativen Energieträgern und Antriebskonzepten in der Land- und Forstwirtschaft**

Moderation: Dr. Bernhard Widmann, Technologie- und Förderzentrum, Straubing

Heinrich Prankl, BLT Wieselburg, Lehr- und Forschungszentrum Francisco Josephinum

Dietmar Ruppert, Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e. V., Groß-Umstadt

Udo Hemmerling, Deutscher Bauernverband e. V., Berlin

Lothar Braun-Keller, Bioland-Bundesfachausschuss Regenerative Energie, Leibertingen

Dr. Hans-Marten Paulsen, Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Westerau

Emil Sopper, BayWa AG, München

**Flüssige Kraftstoffe**

Moderation: Hubert Maierhofer, C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing

Bewertung von Biodiesel für den Einsatz in der Land- und Forstwirtschaft

*Elmar Baumann, Verband der deutschen Biokraftstoffindustrie e. V., Berlin*

Motortechnische Aspekte und Kraftstoffqualität beim Einsatz von Biodiesel

*Dieter Bockey, Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Berlin*

Bewertung von Pflanzenöl als Kraftstoff

*Peter Emberger, Technologie- und Förderzentrum, Straubing*

Entwicklungsstand pflanzenölbetriebener Motoren

*Christian Düsseldorf, John Deere & Co. KG, European Technology Innovation Center, Kaiserslautern*

Erfahrungen mit HVO und HVO-haltigen Kraftstoffen

*Olaf Schröder, Hochschule Coburg, Coburg*

Donnerstag, 21. März 2013

**Gasförmige Kraftstoffe**

Moderation: Heinrich Prankl, BLT Wieselburg, Lehr- und Forschungszentrum Francisco Josephinum, Wieselburg

Bereitstellung von Biomethan als Kraftstoff  
*Michael Beil, Fraunhofer IWES, Bioenergie-Systemtechnik, Kassel*

Der Valtra Biomethan-Traktor  
*Stefan Mester, AGCO Deutschland GmbH, Geschäftsbereich Valtra, Marktobendorf*

Wasserstoff als Energieträger für die Landwirtschaft  
*Reinhold Wurster, Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn*

**Alternative Antriebskonzepte**

Moderation: BLT Wieselburg, Lehr- und Forschungszentrum Francisco Josephinum, Wieselburg

Anforderungen an Antriebe der Zukunft  
- Elektrische Antriebe  
*Prof. Dr.-Ing. Thomas Herlitzius, Technische Universität Dresden, Dresden*

Hydraulische und hydraulisch-hybride Antriebe in mobilen Arbeitsmaschinen  
- Trends und Beispiele aus der Forschung  
*Dr.-Ing. Phillip Thiebes, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe*

**Abschlussdiskussion**

Moderation: Dr. Bernhard Widmann, Technologie- und Förderzentrum, Straubing

Eckpunkte für eine regenerative Mobilitätsstrategie für die Land- und Forstwirtschaft