

# Der Multifuel-Traktor

Flexibel – Unabhängig – Klimafreundlich

von DR.-ING. PETER EMBERGER, DR. KLAUS THUNEKE und DR. EDGAR REMMELE: **Biodiesel, Rapsölkraftstoff, hydrierte Pflanzenöle, CNG, E-Fuels ... – welcher Kraftstoff macht wohl das Rennen um den zukunftsfähigsten Antrieb großer Landmaschinen? Diese Frage stellt sich heute beim Kauf eines neuen Traktors, schließlich will man diesen auch noch in einigen Jahren nutzen können. Ein jetzt abgeschlossenes Forschungsprojekt des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) zeigt Wege auf, mehr Flexibilität und damit Unabhängigkeit bei der Wahl des Kraftstoffs zu ermöglichen.**

Die Treibhausgas-Emissionen der deutschen Landwirtschaft sinken. Dennoch müssen noch große Anstrengungen unternommen werden, um die Klimaschutzziele für das Jahr 2030 zu erreichen. Dies gilt für alle Bereiche der Landwirtschaft, insbesondere auch für die Kraftstoffversorgung. Die Anforderungen an die Kraftstoffe sind hoch: Sie sollen klimafreundlich, bezahlbar und auch in Krisenzeiten verfügbar sein.

## Flexibilität als Vorteil

Derzeit ist nicht vorauszusehen, welche Kraftstoffe in den nächsten Jahren zu welchen Kosten zur Verfügung stehen. Die Nutzungsdauer von Traktoren beträgt häufig zehn Jahre und länger, so dass Traktoren, die heute verkauft werden, auch noch im Jahr 2030 in Betrieb sein werden. Eine spätere Umstellung eines für Dieselkraftstoff optimierten Traktors auf einen anderen Kraftstoff ist zwar möglich, aber kann auch teuer und technisch aufwendig sein. Schwierigkeiten können beispielsweise die Abstimmung des Abgasnachbehandlungssystems sowie die Leistungsanpassung infolge unterschiedlicher Energiegehalte bereiten. Genau

hier setzt ein kürzlich abgeschlossenes Forschungsprojekt zu einem sogenannten Multifuel-Traktor an, der mit unterschiedlichen Kraftstoffen und Kraftstoffmischungen betrieben werden kann. Am Projekt beteiligt waren der Landmaschinenhersteller John Deere, die Technische Universität Kaiserslautern sowie das Technologie- und Förderzentrum (TFZ).

## Multifuel als Lösungsansatz

Auf Basis eines Serien-Dieseltraktors entwickelten die Forscher einen Multifuel-Traktor der Abgasstufe V, der mit Rapsölkraftstoff, Biodiesel und Diesel sowie mit Mischungen dieser Kraftstoffe gleichermaßen betrieben werden kann. Dazu arbeitete das Forscherteam an der Erkennung des Kraftstoffs bzw. der Kraftstoffmischungen mittels Sensoren. Je nach getanktem Kraftstoff passt dann die Motorsteuerung automatisch den Motorbetrieb optimal an.

## Unterschiede bei den Kraftstoffeigenschaften

Dieselmotoren (DIN EN 590), Biodiesel (DIN EN 14214) und Rapsölkraftstoff (DIN 51605) weisen unterschiedliche

## Infobox: Herausforderungen bei der Umstellung auf erneuerbare Antriebe

Batterieelektrische Antriebe befinden sich für kleinere Traktoren in der Markteinführung und können bei Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energien einen wichtigen Beitrag zur Treibhausgas-Reduktion leisten. Für leistungsstarke Landmaschinen sind jedoch reine Elektroantriebe bis zum Jahr 2030 voraussichtlich noch nicht verfügbar. In diesem Anwendungsbereich wird vor allem auf Verbrennungsmotoren mit flüssigen Kraftstoffen mit einem hohen Energiegehalt gesetzt. Ob und wenn ja wann strombasierte Kraftstoffe, sogenannte E-Fuels, für die Landwirtschaft zur Verfügung gestellt werden können, lässt sich heute noch nicht beantworten. Deshalb sind kurzfristige Alternativen gefragt: Rapsölkraftstoff, Biodiesel und hydrierte Pflanzenöle sind hochenergiegedichte Kraftstoffe, die technisch ausgereift und verfügbar sind. Sie finden aber bisher kaum als Reinkraftstoffe Verwendung. Die Gründe dafür sind vielfältig. So ist das Angebot geeigneter Serien-Maschinen gering, die Wirtschaftlichkeit für den Nutzer oft nicht gegeben und die Unsicherheiten in Bezug auf die weitere Entwicklung, z. B. bei der Energiesteuerrückvergütung für Biodiesel und Pflanzenölkraftstoff, sind groß. Jetzt muss die Politik auf europäischer und auf Bundesebene nachsteuern und mit stabilen Rahmenbedingungen den Landwirtinnen und Landwirten und Landmaschinenherstellern Sicherheit geben, in diese Technologien zu investieren.

Parameter	Diesel	Biodiesel	Rapsölkraftstoff
Dichte bei 15 °C in kg/m <sup>3</sup>	830	880	920
Kinematische Viskosität bei 20 °C in mm <sup>2</sup> /s	5	7	75
Heizwert bei 15 °C in kWh/l	9,9	9,1	9,6

▢ Tabelle: Typische Eigenschaften von Diesel, Biodiesel und Rapsölkraftstoff

Kraftstoffeigenschaften auf. Rapsölkraftstoff hat bei Raumtemperatur eine mehr als zehn Mal so hohe Viskosität wie Diesel oder Biodiesel (*siehe Tabelle*), d. h. er ist zähflüssiger. Dies bedeutet, dass für einen zuverlässigen Betrieb des Motors Anpassungen vorgenommen werden müssen. Aber auch die Dichte und der Heizwert unterscheiden sich bei den Kraftstoffen. Den höchsten Heizwert in Bezug auf das Volumen weist Diesel, gefolgt von Rapsölkraftstoff (circa 4 Prozent geringer) und Biodiesel (circa 8 Prozent geringer) auf. Die Verwendung von Biodiesel und Rapsölkraftstoff führt deshalb bei unveränderter Parametrierung der Motorsteuergerätesoftware häufig zu einer geringeren Leistung des Motors im Vergleich zu Diesel.

### Anpassung der Motorsteuerung

Am Motorenprüfstand der Technischen Universität Kaiserslautern wurden für alle drei Kraftstoffe sowie für Mischungen in 25 Prozent-Abstufungen spezielle Motorapplikationen erstellt. Ziel war es, dass der Motor, unabhängig vom Kraftstoff, in etwa die gleiche Leistung wie im Dieselbetrieb erreicht und das Emissionsverhalten den Anforderungen der aktuellen Abgasstufe V entspricht. Diese kraftstoffspezifischen Applikationen wurden in die Motorsteuerung eines John Deere 6135R-Traktors übertragen. Die Wissenschaftler des TFZ untersuchten am Prüfstand in Straubing das Leistungs- und Emissionsverhalten des Traktors (*siehe Bild*). Die Ergebnisse hierzu sind in der Abbildung zu sehen. Wie sich zeigte, liegen die mittleren Stickoxid- und Partikelmasseemissionen

für alle getesteten Kraftstoffe unter den Grenzwerten der Abgasstufe V von 0,4 g/kWh für NO<sub>x</sub> und 0,015 g/kWh für Partikelmasse. Die Leistung bei Nenndrehzahl beträgt im Mittel 82 kW und schwankt um +/-5 kW. Für Biodiesel und zwei Kraftstoffmischungen sind etwas größere Abweichungen festzustellen, die aber durch Optimierungsmaßnahmen beseitigt werden können. Die Ergebnisse belegen, dass eine Leistungsanpassung für die verschiedenen Kraftstoffe unter Einhaltung der Grenzwerte für Schadstoffemissionen möglich ist.

### Detektion der Kraftstoffe

Werden Rapsöl und Biodiesel bei gleicher Verbrennungsluftzufuhr im Motor verbrannt, so ist im Abgas ein höherer Restsauerstoffgehalt festzustellen als mit Dieselmotorkraftstoff. Bei bekannten Einspritzmengen kann so über den gemessenen Sauerstoffgehalt im Abgas auf den Kraftstoff geschlossen werden. Die grundsätzliche Eignung dieses von John Deere entwickelten Konzepts konnte am Motorenprüfstand der Technischen Universität Kaiserslautern nachgewiesen und mit einem Traktor im Praxisbetrieb vom TFZ validiert werden. Weitere Untersuchungen sind jedoch nötig, um auch Kraftstoffmischungen eindeutig zu detektieren. Hierzu können zusätzlich zu installierende Sensoren dienen, die das TFZ untersucht hat. Vor allem Multiparametersensoren sind für die Identifizierung der Kraftstoffe und Kraftstoffmischungen geeignet. Solche Sensoren messen zum Beispiel gleichzeitig die Dichte und Viskosität der Kraftstoffe, wodurch sich auf das Mischungsverhältnis schließen lässt.



▢ Bild: Multifuel-Forschungs-Traktor John Deere 6135R der Abgasstufe V für Diesel, Biodiesel und Rapsölkraftstoff am Traktorenprüfstand des TFZ (Foto: TFZ)

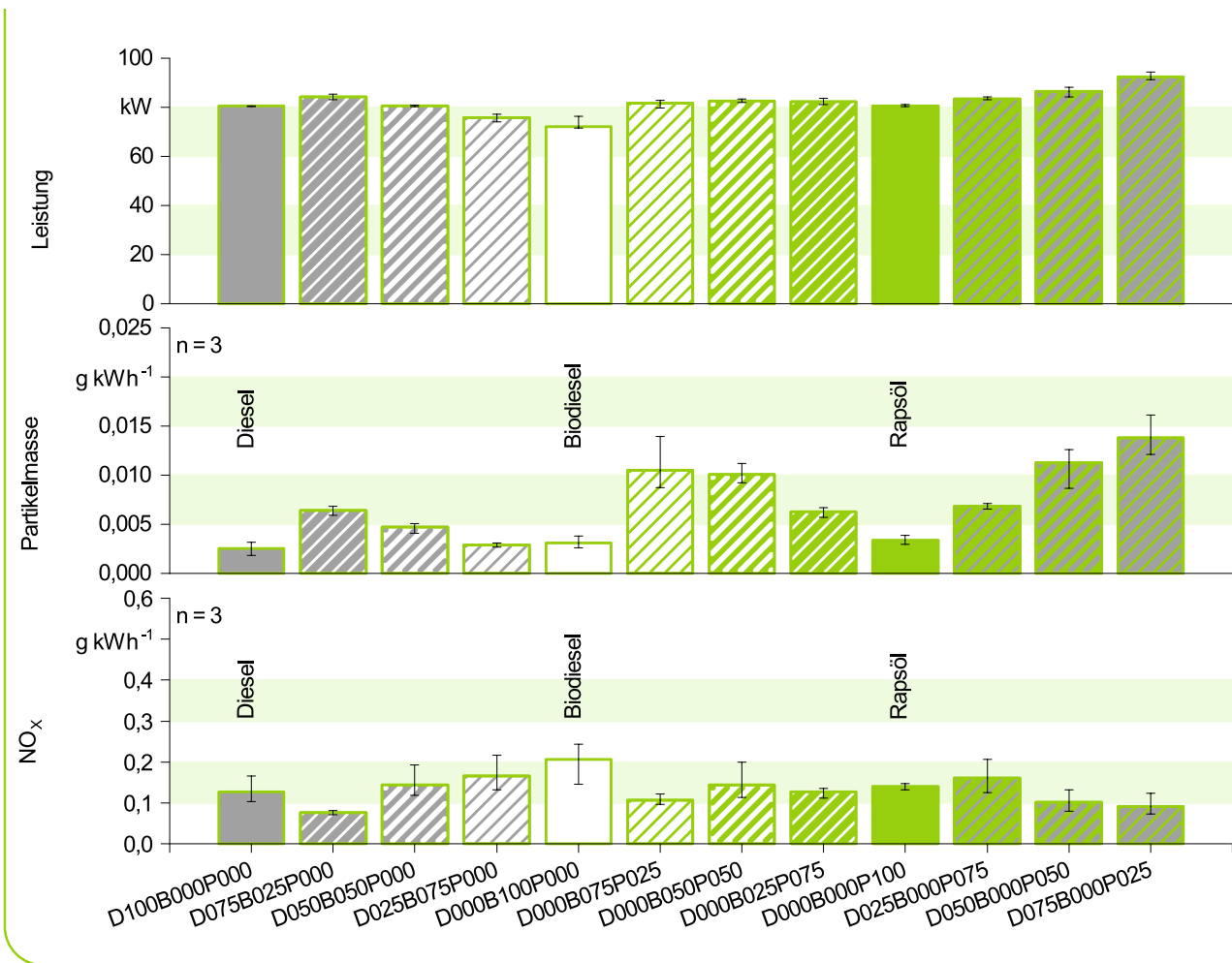


Abbildung: Leistung, Partikelmasse- und Stickoxidemissionen des Multifuel-Forschungs-Traktors 6135R im Betrieb mit Diesel (D100), Biodiesel (B100), Rapsölkraftstoff (P100) und Mischungen der Kraftstoffe

**Multifuel-Traktor im Praxistest**

Ist der Kraftstoff bekannt, kann am Motorsteuergerät auf die dafür entwickelte optimale Parametrierung zurückgegriffen werden. Im Rahmen eines Feldtests wurde ein 6135R-Traktor von John Deere mit Diesel, Biodiesel, Rapsölkraftstoff und Mischungen daraus am Staatsgut Grub betrieben. Die Vorgabe der vorgesehenen Motorsteuerungsparameter erfolgte hierbei manuell, da eine automatische Umschaltung noch nicht realisiert werden konnte. Motorölanalysen und ein Motorsystemcheck zum Ende des Feldtests zeigten keine Auffälligkeiten, so dass von einer ordnungsgemäßen Funktion des Motors ausgegangen werden kann.

**Fazit und Ausblick**

Das Multifuel-Konzept bietet Landwirtinnen und Landwirten größtmögliche Flexibilität beim Übergang von fossilen hin zu erneuerbaren Kraftstoffen. Die Projektergebnisse zeigen, dass ein Multifuel-Traktor technisch realisierbar ist –

ohne Abstriche beim Leistungs- und Abgasverhalten. Die Grundlagen für eine Traktorserienentwicklung wurden erarbeitet, jedoch sind noch weitere Optimierungen auf dem Weg zur Serienreife erforderlich. Außerdem wäre es sinnvoll, auch paraffinische Kraftstoffe (z. B. hydrierte Pflanzenöle oder E-Fuels), mit in das Multifuel-Konzept aufzunehmen, um eine noch größere Flexibilität zu erreichen. Ob Multifuel-Traktoren künftig am Markt angeboten werden, hängt vor allem von der Nachfrageentwicklung nach erneuerbaren Flüssigkraftstoffen für Traktoren ab. Damit Landwirte und Landmaschinenindustrie in solch neue Technologien investieren, müssen zwingend verlässliche Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. finanziert. Weitere Informationen stehen unter <https://www.tfz.bayern.de/must5> zur Verfügung.

## Literatur

- [1] UMWELTBUNDESAMT (2022): Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2021. Stand 15. März 2022. Dessau: Umweltbundesamt. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022\\_03\\_15\\_trendtabellen\\_thg\\_nach\\_sektoren\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022_03_15_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx), Download vom 5. April 2022
- [2] BUNDES-KLIMASCHUTZGESETZ vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist
- [3] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (BMU) (2019): Klimaschutzprogramm 2030, Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele 2030. 180 Seiten
- [4] KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (2020): Alternative Antriebssysteme für Landmaschinen. KTBL-Schrift 519. 132 Seiten
- [5] REMMELE, E.; JAHRSTORFER, C.; ORTINGER, W. (2021): Klimaschutz durch erneuerbare Antriebe. Bewirtschaftung staatlicher land- und forstwirtschaftlicher Flächen in Bayern. In: „Schule und Beratung“ 3-4/2021, Seite 39 – 41



**DR.-ING. PETER EMBERGER**

**DR. KLAUS THUNEKE**

**DR. EDGAR REMMELE**

TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM  
IM KOMPETENZZENTRUM

FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

[peter.emberger@tfz.bayern.de](mailto:peter.emberger@tfz.bayern.de)

[klaus.thuneke@tfz.bayern.de](mailto:klaus.thuneke@tfz.bayern.de)

[edgar.remmele@tfz.bayern.de](mailto:edgar.remmele@tfz.bayern.de)



## Biodiesel-Dienstfahrzeug des TFZ knackt 500 000 km-Marke

Etwas Rost hat er angesetzt, aber seine Treibhausgas-Bilanz ist glänzend – der alte Dienstwagen des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) in Straubing, ein Biodiesel-PKW, hat die 500 000 km Grenze geknackt. Das Besondere daran – das Fahrzeug hat während seiner über 20 Dienstjahre mehr als 67 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart. Das Auto erzählt damit auch etwas von der Geschichte der Biokraftstoffe in Deutschland sowie vom TFZ, das sich unter anderem der Forschung zu Biokraftstoffen verschrieben hat.

Der PKW, ein VW Passat aus der Serienproduktion, wurde im Jahr 2001 als Behördenfahrzeug angeschafft. Er diente vorrangig dazu, den Umzug des neu gegründeten TFZ von Freising nach Straubing zu organisieren. Biodiesel galt zur damaligen Zeit als vielversprechende Alternative zu konventionellen Kraftstoffen. Zudem mussten in der Landwirtschaft aufgrund von Überproduktionen Flächen stillgelegt werden, um die Nahrungsmittelpreise zu stabilisieren. Landwirten war es jedoch erlaubt, nachwachsende Rohstoffe auf diesen Flächen

anzubauen. Der Weg für Raps und seinem Folgeprodukt Biodiesel war geebnet.

„Als Forschungseinrichtung zu nachwachsenden Rohstoffen hat uns natürlich interessiert, wie sich Biodiesel in PKWs langfristig schlägt, da er von vielen Autofahrern als kritisch eingestuft wurde“, sagt Dr. Bernhard Widmann, Leiter des TFZ. Heute steht fest: „Der Motor des PKWs ist intakt. Über die gesamte Laufzeit wurden keine kraftstoffspezifischen Mängel festgestellt“. Für den Individualverkehr sei Biodiesel aber zu schade.

„Biogene Kraftstoffe gehören z. B. in die Land- und Forstwirtschaft, in Maschinen, die wir auf lange Sicht nicht elektrifizieren können, weil das Gewicht der Batterien für die erforderliche Leistung einfach zu schwer ist.“ Um die gleiche Betriebsdauer eines Traktors mit 400 l Dieseltank zu erreichen wären über 8 t Li-Ionen Akkus nötig.

Für die Berechnung des eingesparten CO<sub>2</sub> wurden die Fahrtenbücher des VW-Passat ausgewertet. Da Biodiesel im Laufe der Zeit von den Tankstellen verschwand, musste der PKW zu 20 Prozent der gefahrenen

Strecken mit fossilem Diesel betrieben werden. Als Folge dessen legte sich das TFZ eine eigene Biodieseltankstelle zu, um den Fuhrpark – u. a. auch Traktoren, mit dem biogenen Kraftstoff zu versorgen.

In vielen Forschungsprojekten begleitet das TFZ den Einsatz von pflanzenölbasierten Kraftstoffen in der Land- und Forstwirtschaft. So sollen in staatlichen Einrichtungen verstärkt biogene Kraftstoffe in landwirtschaftlichen Maschinen eingesetzt werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen und eine Vorbildfunktion zu übernehmen. Für die Landwirtschaft ist der Umstieg auf klimaschonende Biokraftstoffe ein bedeutender Stellhebel, um die Klimaschutzziele im eigenen Sektor zu erreichen. Von den rund 10 Mio. Tonnen Treibhausgasen, die es im Sektor Landwirtschaft im Zeitraum von 2020 bis 2030 in Deutschland noch einzusparen gilt, könnten rund 4,2 Mio. Tonnen allein durch Einsparung und den Umstieg auf alternative Antriebssysteme erreicht werden, so die Erkenntnisse aus der TFZ-Forschung.

*TFZ Straubing*