

# Rapsölkraftstoff auch in modernsten Traktoren zuverlässig

Begleitforschung an 20 Rapsöltraktoren

von JOHANNES ETTL, DR. KLAUS THUNEKE und DR. EDGAR REMMELE: **Die Nutzung von Rapsöl als Kraftstoff kann einen aktiven Beitrag zum Klima-, Boden- und Gewässerschutz sowie zur Ressourcenschonung leisten. Untersuchungen des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) an 20 rapsöлтаuglichen Traktoren auf bayerischen staatlichen Versuchsgütern haben ergeben, dass der Einsatz von Rapsölkraftstoff in modernen Traktoren praxisreif funktioniert. Messungen am Traktorenprüfstand des TFZ sowie mit portabler Emissionsmesstechnik (PEMS) im Feldeinsatz belegen, dass neueste Emissionsstandards erfüllt werden und die Abgasnachbehandlungssysteme zuverlässig arbeiten.**

Nach dem UN-Klimaschutzabkommen von Paris sind eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen, eine effiziente Rohstoffnutzung und eine Abkehr von fossilen, hin zu erneuerbaren Energiequellen unabdingbar. Für die meisten mobilen landwirtschaftlichen Antriebe sind flüssige Biokraftstoffe und moderne Verbrennungsmotoren derzeit die einzige nachhaltige und treibhausgasmindernde Alternative zu konventionellen Dieselantrieben. Insbesondere Rapsölkraftstoff könnte bereits jetzt einen aktiven Beitrag zum Klima-, Boden- und Gewässerschutz sowie zur Ressourcenschonung leisten und zu mehr Unabhängigkeit von Mineralölimporten führen.

Steigende Anforderungen hinsichtlich der Abgasemissionen von Traktoren haben in den letzten Jahren zur Entwicklung von neuen Motorgenerationen mit Oxidationskatalysatoren (DOC), Rußpartikelfilter (DPF) und Systemen zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR) geführt. Hinsichtlich des Einsatzes von Rapsölkraftstoff in modernen Traktoren mit dieser komplexen Abgasnachbehandlung liegen kaum Erfahrungen zum Betriebs- und Emissionsverhalten, insbesondere über längere Betriebszeiträume, vor.

Ziel der Begleitforschung ist daher, moderne Traktoren mit Abgasnachbehandlungssystemen auf Funktionalität, Effizienz und Emissionsverhalten im Feldeinsatz und am Traktorenprüfstand im Betrieb mit Pflanzenölkraftstoff zu untersuchen. Zudem sollen auch einzelne Pflanzenöltraktoren älterer Bauart hinsichtlich ihrer Dauerhaltbarkeit begutachtet werden.

## Untersuchungen im Feld und am Prüfstand

Der Feldtest wird an insgesamt 20 Rapsöltraktoren der Abgasstufen I bis IV am TFZ und an den landwirtschaftlichen Betrieben der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)



Bild 1: Traktorenprüfstand zur Leistungs- und Emissionsmessung mit Rapsöl- und Dieselmotoren (alle Fotos: TFZ)

durchgeführt. Anhand von Befragungen der Betreiber sollen die Erfahrungen aus dem täglichen Einsatz ermittelt werden, um eine praxisgerechte Beurteilung der Zuverlässigkeit und möglicher technischer Schwachstellen der Traktoren vornehmen zu können. Zusätzlich fließen Aufzeichnungen aus Betriebstagebüchern und Datenloggern sowie Kraftstoff- und Motorölanalysen in die Beurteilung der Praxistauglichkeit ein.

Die Qualität des im Feld und am Prüfstand verwendeten kaltgepressten Rapsölkraftstoffs aus dezentralen bayerischen Ölmühlen entspricht der Norm DIN 51605. Dieser Kraftstoff eignet sich für pflanzenöлтаugliche Motoren mit Abgasnachbehandlung, da die Konzentrationen von Katalysatorgiften und Aschebildnern wie z. B. Phosphor (max. 3 mg/kg) sowie Calcium und Magnesium (je max. 1 mg/kg) auf das Niveau der Nachweisgrenze limitiert sind.

Einzelne Maschinen werden am Traktorenprüfstand detailliert hinsichtlich ihres Emissions- und Leistungsverhaltens untersucht (siehe Bild 2). Die Leistung und das



Bild 2: Portable Emissionsmesssysteme im Frontanbau beim Pflügen am Fendt Vario 724 S4 (links) und beim Straßentransport im Heckanbau am John Deere 6215R (rechts)

Drehmoment an der Zapfwelle werden über eine Wirbelstrombremse ermittelt. Ein Gaspedalsteller regelt simultan die Motordrehzahl. Dabei kommen stationäre (NRSC) und transiente Prüfzyklen mit dynamischer Drehzahl- und Drehmomentänderung (10sNRTC) auf Basis der Gesetzgebung zum Einsatz [1]. Die Abgaskomponenten Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ), Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Partikelmasse (PM) werden vor und nach der Abgasnachbehandlung erfasst.

Ferner erfolgt die Messung des realen Emissionsverhaltens im Praxiseinsatz mit einem portablen Emissionsmesssystem (PEMS), wie in Bild 2 zu sehen ist. Die sogenannten „real driving emissions (RDE)“ wurden am Fendt Vario 724 S4 beim Pflügen auf drei Feldstücken mit einer Messdauer von 2,5 Stunden, 3 Stunden und 3,5 Stunden erfasst.

Die RDE am John Deere 6215R mit Ein-Tank-System beinhalten Straßentransportfahrten ohne zusätzliche Anhängelast auf einer Teststrecke von 116 Kilometern über ca. 2,6 Stunden in dreifacher Wiederholung. Beide Traktoren wurden über die gesamte Messdauer mit Rapsölkraftstoff betrieben. Die werkseitigen Einstellungen des Zwei-Tank-Systems am Fendt Vario 724 S4, die den Betrieb mit Dieselkraftstoff bis zu einer Kühlmitteltemperatur von 60° C vorsehen, wurden deaktiviert.

Die Auswertung der RDE basiert auf der kommenden EU-Richtlinie 2016/1628. Eine Einzelmessung wird dabei in zahlreiche einzelne sogenannte Emissionsfenster unterteilt. Für jedes dieser Fenster wird ein Übereinstimmungsfaktor (engl. conformity factor, kurz CF) berechnet, welcher das Verhältnis aus den mittleren Emissionen der einzelnen Fenster zu dem Grenzwert, der für Prüfstandsmessungen gilt, beschreibt. Beispielsweise entspricht ein CF von 1 für  $\text{NO}_x$  bei einem Abgasstufe-IV-Traktor einem Emissionswert von 0,4 g  $\text{NO}_x$ /kWh. Derzeit wird diskutiert, dass die Anforderungen für eine Messung als erfüllt gelten, wenn 90 Prozent der aus den Fenstern berechneten Übereinstimmungsfaktoren (CF) kleiner gleich 1,5 sind.

### Ergebnisse aus dem Feldtest

Insgesamt 20 pflanzenötaugliche Traktoren der Abgasstufe I bis IV auf bayerischen staatlichen Versuchsgütern absolvierten knapp 60 000 Betriebsstunden (Bh) in der Praxis ohne schwerwiegende Schäden und längere Ausfallzeiten. Auftretende Störungen konnten in Zusammenarbeit mit den Herstellern und Werkstätten behoben werden und waren meist auf das Niederdruckkraftstoffsystem begrenzt. So wurden am häufigsten Undichtigkeiten repariert sowie Kraftstoffvorförderpumpen, Umschaltventile und Teile der Vorwärmanrichtungen getauscht.

Das Hochdruckkraftstoffsystem von 18 Traktoren ist mit einem Common-Rail-Einspritzsystem ausgestattet. Wiederholte Leistungsmessungen an der Zapfwelle an insgesamt 15 Traktoren belegen, dass die Common-Rail-Injektoren auch nach über 5 500 Bh Einsatzzeit (Traktor mit den meisten Einsatzstunden) noch voll funktionsfähig sind.

Über 150 Motorölanalysen zeigen, dass die Rapsöltraktoren im Feldeinsatz verschleiß- und wartungsarm arbeiten. Eine Änderung des Motorölwechselintervalls ist bei den untersuchten modernen Rapsöltraktoren mit Common-Rail-Einspritzsystem im Vergleich zum Dieselbetrieb nicht erforderlich.

Bei sieben Rapsöltraktoren konnten katalytisch beschichtete Rußpartikelfilter in Summe über 11 500 Betriebsstunden mit einer passiven Regeneration betrieben werden. Ein „Ausbrennen“ des Filters durch eine Regeneration mit einer zusätzlichen Kraftstoffdosierung in das Abgas, wie dies häufig bei Dieselfahrzeugen praktiziert werden muss, war nicht nötig.

Durch den Rapsölbetrieb aller Traktoren wurden knapp 570 000 Liter Diesel ersetzt, was einer Treibhausgaseinsparung von ca. 1 363 Tonnen  $\text{CO}_2$  Äquivalent entspricht. Die Betreiber der Rapsöltraktoren im Feldtest bescheinigten bei

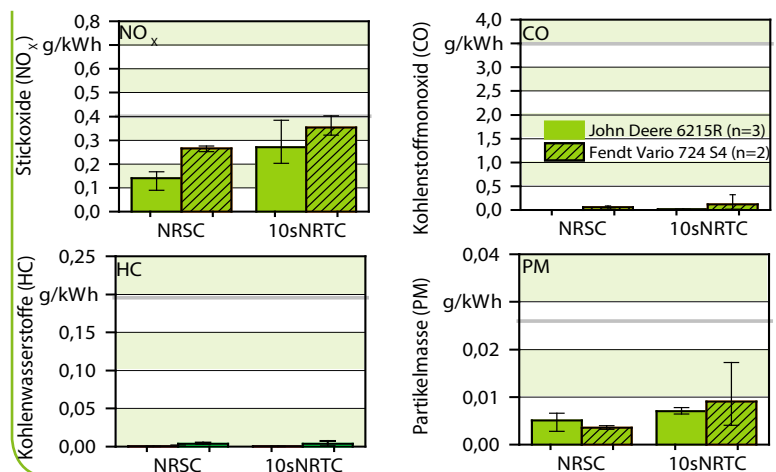


Abbildung 1: Limitierte Abgasemissionen von zwei Traktoren mit Rapsölkraftstoff bei Messungen am Traktorenprüfstand mit Rapsölkraftstoff im stationären (NRSC) und transienten Prüfzyklus (10sNRTC)

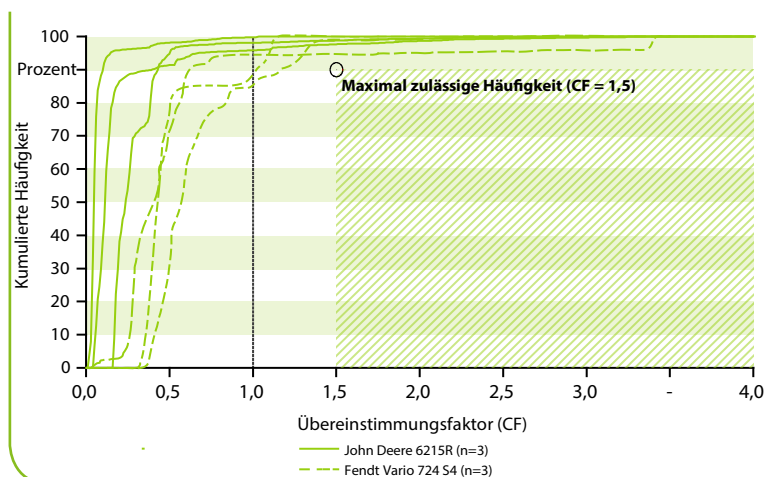


Abbildung 2: Kumulierte Häufigkeit der Übereinstimmungsfaktoren für die  $\text{NO}_x$ -Emissionen im realen Fahrbetrieb mit Rapsölkraftstoff

einem Workshop, dass sie sehr zufrieden mit der Anwenderfreundlichkeit und der Zuverlässigkeit sind. Die weiterhin angestrebte stetige Erweiterung der Pflanzenöltraktorflotte führt zur weiteren Minderung von Treibhausgasemissionen. Die staatlichen Versuchsbetriebe tragen mit ihrer Pflanzenöltraktorflotte aktiv zum Klimaschutz bei und üben eine Vorbildfunktion aus. Weitere Anwendungen von klimaschonender Landtechnik sind geplant.

### Abgasemissionsergebnisse am Prüfstand und im Feld

Die Messungen der Traktoren der Abgasstufe IIIB und IV zeigen, dass auch mit Einsatz von Abgasnachbehandlungssystemen die Emissionen im Rapsölbetrieb sehr gering ausfallen. Dies zeigen beispielsweise die Emissionsmessungen am Fendt Vario 724 S4 und am John Deere 6215R der aktuellen Abgasstufe IV in *Abbildung 1*, welche mit einem DOC, einem DPF und einem SCR-System ausgestattet sind.

Die Emissionsgrenzwerte der Abgasstufe IV für  $\text{NO}_x$  (0,4 g/kWh), für CO (3,5 g/kWh), HC (0,19 g/kWh) und PM (0,025 g/kWh) werden bei beiden Traktoren im stationären (NRSC) und transienten Betrieb (10sNRTC) mit Rapsölkraftstoff am Traktorenprüfstand teils deutlich unterschritten.

Ferner bewegt sich das Emissionsverhalten des Fendt Vario 724 S4 beim Pflügen und des John Deere 6215R beim

### Infobox: Ergebnisse aus dem Feld

Die gesamte Betriebszeit aller untersuchten Rapsöltraktoren auf den staatlichen Betrieben beträgt 60 000 Stunden. Dabei wurden insgesamt rund 600 000 Liter Rapsölkraftstoff für die Traktoren aus einer Rapsanbaufläche von in etwa 420 Hektar benötigt. Durch den Rapsanbau konnten zudem ca. 1 100 000 kg Rapspresskuchen als gentechnikfreies Eiweißfutter, ca. 5 500 Tonnen organische Substanz zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit sowie ca. 13 000 kg Honig gewonnen werden.

Straßenverkehr mit Rapsölkraftstoff gemessen mit portabler Emissionsmesstechnik (PEMS) auf einem geringen Niveau. Die Auswertung in Anlehnung an die Gesetzgebung (EU-Richtlinie 2016/1628) in *Abbildung 2* zeigt, dass der dort definierte Richtwert von 1,5 für 90 Prozent der Übereinstimmungsfaktoren bei allen sechs Einzelmessungen im Betrieb mit Rapsölkraftstoff deutlich unterschritten wurde.

Es zeigt sich zudem, dass zwischen 84 und 99 Prozent der  $\text{NO}_x$ -Emissionswerte einen Übereinstimmungsfaktor unter 1 aufweisen. Die Emissionen beim Pflügen und beim Straßenverkehr sind daher mehrheitlich geringer als der Grenzwert, welcher für die Prüfstandsmessungen (CF = 1) gilt. Die CO-, HC- und PM-Emissionen sind nahe der Nachweisgrenze, was die hohe Wirksamkeit der Abgasnachbehandlung belegt.

### Fazit

Rapsölaugliche Traktoren von der Abgasstufe I bis IV haben in der Untersuchung ihre Einsatztauglichkeit in der Praxis unter Beweis gestellt. Ferner sind die Abgasemissionen im Rapsölbetrieb am Prüfstand und bei realen Einsatzfahrten auf einem sehr geringen Niveau. Der Einsatz von Rapsölkraftstoff in modernen Traktoren kann bereits jetzt zu einer deutlichen Reduzierung der Treibhausgasemissionen in der Land- und Forstwirtschaft genutzt werden.

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie für die Finanzierung des Vorhabens sowie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), der John Deere GmbH & Co. KG, der BayWa AG und der AGCO Fendt GmbH für die stets sehr gute Zusammenarbeit.

### Literatur

- [1] Ettl, J.; Bernhardt, H.; Thüneke, K.; Emberger, P.; Remmele, E. (2016): Dynamische Emissions- und Kraftstoffverbrauchsmessung an pflanzenölauglichen Traktoren. In: *Landtechnik* 71 (2), Seite 44 – 54. DOI: 10.1515/lt.2016.3121.



JOHANNES Ettl



DR. KLAUS THÜNEKE



DR. EDGAR REMMELE

TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM IM KOMPETENZZENTRUM FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE  
johannes.ettl@tfz.bayern.de  
klaus.thüneke@tfz.bayern.de  
edgar.remmele@tfz.bayern.de