

Reale Emissionen eines pflanzenöltauglichen Traktors Gemessen mit PEMS und am Traktorenprüfstand



© TFZ

Trotz des steigenden Interesses an realen Betriebs- emissionen wurden diese an modernen diesel- und rapsölbetriebenen Traktoren bisher nur wenig untersucht. Dabei können unter realen Betriebs- sowie Umgebungsbedingungen die Emissionen im Vergleich zu den Messungen am Prüfstand abweichen. Mittels eines portablen Emissionsmesssystems (PEMS) wurde nun am TFZ das Emissionsverhalten eines Fendt Vario 724 S4 der EU Abgasstufe IV mit Rapsölkraftstoff nach DIN 51605 beim Pflügen im Feld und am Traktoren- prüfstand ermittelt.

MOTIVATION

Die Abgasemissionen von mobilen Maschinen und Geräten (Non Road Mobile Machinery, NRMM) wie zum Beispiel Traktoren, Bagger oder Rad- lader werden seit Jahren zunehmend begrenzt. Die Typengenehmigungsprü- fung für NRMM erfolgt derzeit an aus- gebauten Motoren nach der Richtlinie 97/68/EG am Motorenprüfstand. Bei Forschungsarbeiten haben sich zudem Emissionsmessungen am Gesamtfahr- zeug Traktor ohne Motorausbau mit einer Leistungsabnahme mithilfe einer Zapfwellenbremse bewährt [1-4]. Aktuell stehen auch die Emissionen im realen Betrieb (Real Driving Emissions, RDE) im Fokus. Unter realen Betriebs- und Umgebungsbedingungen können die

AUTOREN



**Dipl.-Ing.
Johannes Ettl, M. Sc.**

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing.



**Dipl.-Ing. (FH)
Georg Huber, M. Sc.**

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing.



**Prof. Dr. agr. habil.
Heinz Bernhardt**

ist Ordinarius des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München.



Dr. Klaus Thuncke

ist stellvertretender Leiter des Sachgebiets Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing.

Emissionen im Vergleich zu den Messungen am Prüfstand abweichen [5]. Die RDE werden mit einer portablen Emissionsmesstechnik (Portable Emission Measurement System, PEMS) bestimmt. Im Gegensatz zu den schweren Nutzfahrzeugen (Heavy-Duty Vehicles, HDV) ist die Erfassung von RDE bei NRMM in Europa noch nicht gesetzlich geregelt. Untersuchungen an NRMM, wie zum Beispiel Traktoren, ergeben hohe Spanneiten an Emissionswerten unter Anwendung verschiedener Auswertemethoden [6-7]. Erste Vorschläge einer Auswertemethodik für NRMM existierten bereits auf Basis der HDV-Gesetzgebung [7]. Ein einheitliches Vorgehen beispielsweise zur Bewertung der Emissionen im Kaltstart oder über Ablauf und Dauer der Messung ist auch aufgrund der geringen Datenlage bei einer gleichzeitig hohen Bandbreite von NRMM-Anwendungen noch nicht festgelegt.

Neben der Minderung von Schadstoffen ist auch die Reduktion von klimawirksamen THG-Emissionen (und damit primär CO₂-Emissionen) eine wichtige Aufgabe für die europäische Landtechnik. Für aktuelle landwirtschaftliche Antriebe sind flüssige Biokraftstoffe eine bereits verfügbare und treibhausgasersparende Alternative zum Dieselantrieb [8]. Insbesondere die Verwendung von regional erzeugtem Rapsölkraftstoff nach DIN 51605 spart bis zu 80 % THG-Emissionen ein [9]

und hat in Traktoren einen hohen Stand der Technik erreicht [1, 3]. Wie auch bei dieselbetriebenen Traktoren gibt es derzeit noch wenige Erkenntnisse zum Emissionsverhalten mit Rapsölkraftstoff im realen Betrieb, vor allem bei modernen Traktoren der EU Abgasstufe IV.

ZIELSETZUNG

Ziel ist es, das Emissionsverhalten eines mit Rapsölkraftstoff betriebenen Traktors der EU Abgasstufe IV beim Pflügen und am Traktorenprüfstand in Anlehnung an die NRMM-Gesetzgebung zu untersuchen. Die Auswertemethode für schwere Nutzfahrzeuge (HDV) soll zur Bewertung der RDE dienen. Dabei soll der Einfluss der Kühlmitteltemperatur als Parameter für den Betriebszustand des Motors zu Messbeginn und der Einfluss der Gesamtmessdauer auf das Ergebnis der Auswertung geprüft werden.

MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchungen werden an einem pflanzenöлтаuglichen Fendt Vario 724 S4 der EU Abgasstufe IV mit einer Nennleistung von 174 kW durchgeführt. Die Emissionsmessungen erfolgen am Traktorenprüfstand mit Diesel- und Rapsölkraftstoff auf Basis der NRMM-Gesetzgebung und mit einem PEMS im realen Fahrbetrieb beim Pflügen mit Rapsöl-



BILD 1 Messungen am Traktorenprüfstand Fendt 724 S4 (© TFZ)



BILD 2 RDE-Messungen mit PEMS am Fendt 724 S4 beim Pflügen (© TFZ)

kraftstoff nach DIN 51605, **BILD 1** und **BILD 2**. Die Emissionen des Deutz-Motors TCD 6.1 L6 werden durch Abgasnachbehandlungssysteme (DOC, DPF und SCR-System) gemindert. Das Kraftstoffsystem ist für den Diesel- und Rapsölkraftstoffbetrieb angepasst, während die Motorsteuerung unverändert und damit auf den Dieselmotor optimiert bleibt.

Am Traktorenprüfstand des TFZ werden die gesetzlich limitierten Abgaskomponenten Stickoxide (NO_x), Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Partikelmasse (PM) durch das Gasanalyse-System Sesam 4 von AVL (inklusive FTIR, FID sowie PMD) und einen Teilstromverdünnungstunnel erfasst. Die Messungen erfolgen in Anlehnung an die Richtlinie 97/68/EG im stationären Prüfzyklus (NRSC [1, 3]) und transienten Prüfzyklus unter Bildung von 10-s-Mittelwerten (10sNRTC [2, 4]).

Die limitierten Emissionskomponenten beim Pflügen werden mit dem PEMS Semtech Ecostar von Sensors Inc. (inklusive NDUV, NDIR, FID, Partikelmasse- und Abgasmassenstrommessgerät) erfasst, welches in einem staub- und wassergeschützten Gehäuse am Frontkraftheber des Traktors montiert ist. Die Auswertung basiert auf der Methode der sogenannten gleitenden Mittelungsfenster (Moving Averaging Window) in Anlehnung an die EU-Verordnungen 582/2011 beziehungsweise 64/2012 für schwere Nutzfahrzeuge (HDV-Gesetzgebung). Dabei werden die Messdaten in sekundlich beginnende Mittelungsfenster unterteilt. Jedes Fenster umfasst dieselbe Arbeit wie sie im Referenzzyklus erreicht wird. Als Referenzzyklus dient der NRTC. Für alle Fenster werden die Übereinstimmungsfaktoren (Conformity

Factor, CF) gebildet. Diese errechnen sich aus dem Verhältnis der mittleren Emissionen jedes Fensters (in g/kWh) und den gültigen Emissionsgrenzwerten der NRMM-Gesetzgebung. Die Emissionsgrenzwerte beziehen sich auf die Kurbelwellenarbeit für Messungen am Motorenprüfstand. Da keine Leistungsdaten zur Bestimmung der Kurbelwellenarbeit im Rapsölbetrieb vorliegen, wird die Zyklusarbeit aus den Leistungsdaten gemessen an der Zapfwelle nach OECD Code 2 bestimmt. Aufgrund mechanischer Verluste und zusätzlicher Nebenaggregate im Antriebsstrang ist die Zyklusarbeit gemessenen an der Zapfwelle um etwa 20 % geringer und damit auch die spezifischen Emissionen entsprechend höher als an der Kurbelwelle [3]. Dieser Unterschied wird nicht korrigiert, das heißt bei den CF beziehen sich die Grenzwerte auf die Kurbelwellenarbeit und die Messwerte auf die Zapfwellenarbeit.

In Anlehnung an die HDV-Gesetzgebung soll das kumulative 90. Perzentil der Übereinstimmungsfaktoren (CF_{90}) den Wert 1,5 nicht überschreiten. Die Auswertung der Messung beginnt, wenn die Kühlmitteltemperatur zum ersten Mal 70 °C nach dem Motorstart erreicht hat ($T_{\text{CW-Start}}$). Ferner muss die gesamte Messung mindestens so lange andauern, bis die fünffache Arbeit des Referenzzyklus erreicht wurde. Die Gesamtarbeit der hier betrachteten Messung betrug 228 kWh, was etwa dem 14-fachen der im NRTC geleisteten Zyklusarbeit von 16 kWh entspricht. Neben der Auswertung nach den Vorgaben der HDV-Gesetzgebung erfolgt zusätzlich die Einbeziehung von Messfenstern, bei denen die Kühlmitteltemperatur ($T_{\text{CW-Start}}$) bei mindestens 42 °C

lag, um den Einfluss des Kaltstarts bemessen zu können. Daneben wird auch die Gesamtmessdauer von 228 kWh variiert (48, 80, 112 und 144 kWh), um deren Auswirkung auf das Ergebnis zu betrachten.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Bei der Messung der Realemissionen des Fendt 724 S4 mit Rapsölkraftstoff über knapp 3 h herrschten bei allen Messfenstern gültige Bedingungen vor. Das heißt, die mittlere Leistung war bei allen Fenstern höher als 20 % der maximalen Leistung des Traktors und die Umgebungsparameter waren im Soll-Bereich der HDV-Gesetzgebung. Insgesamt zeigte sich ein sehr geringes Emissionsniveau im Betrieb mit Rapsölkraftstoff beim Pflügen. **BILD 3** zeigt die NO_x -, HC- und CO-Emissionen der PEMS-Messung beim Pflügen mit Rapsölkraftstoff sowie die NO_x -Emissionen am Traktorenprüfstand bei der Anwendung der Prüfzyklen 10sNRTC und NRSC mit Rapsöl- und Dieselmotor. Der Richtwertwert nach der HDV-Gesetzgebung von $\text{CF}_{90} = 1,5$ wurde bei allen limitierten Emissionskomponenten deutlich unterschritten.

Die CO- und HC-Emissionen waren in allen Fenstern deutlich unterhalb der NRMM-Grenzwerte ($\text{CF} = 1$). Die maximalen Übereinstimmungsfaktoren von $\text{CF}_{\text{max}} = 0,25$ bei HC und $\text{CF}_{\text{max}} = 0,40$ bei CO belegen die hohe Wirksamkeit der katalytischen Abgasnachbehandlung (AGN). Durch den Partikelfilter (DPF) lag die Partikelmasse (PM) mit $\text{CF} < 0,01$ nahe der Nachweisgrenze. Aufgrund der geringen CO-, HC- und PM-Emissionen im Feld und am Traktorenprüfstand werden nachfolgend ausschließlich die NO_x -Emissionen betrachtet. In 50 % der Fenster (= 50. Perzentil) waren die NO_x -Emissionen im Feld weniger als halb so hoch ($\text{CF} < 0,5$) als die Grenzwerte nach aktueller NRMM Gesetzgebung. Auch die NO_x -Emissionen in den Prüfzyklen am Traktorenprüfstand lagen im Mittel unter diesen Grenzwerten ($\text{CF} = 1,0$). Ein signifikanter Unterschied zwischen der Verwendung von Rapsöl- und Dieselmotor ist nicht erkennbar. Im 10sNRTC fallen die Emissionen aufgrund der niedrigeren mittleren Leistung, des Kaltstartanteils und des transienten Drehzahl- und Drehmomentverlaufs höher aus als im NRSC. Die NO_x -Emissionen waren im Feld gemessen mit PEMS mehrheitlich

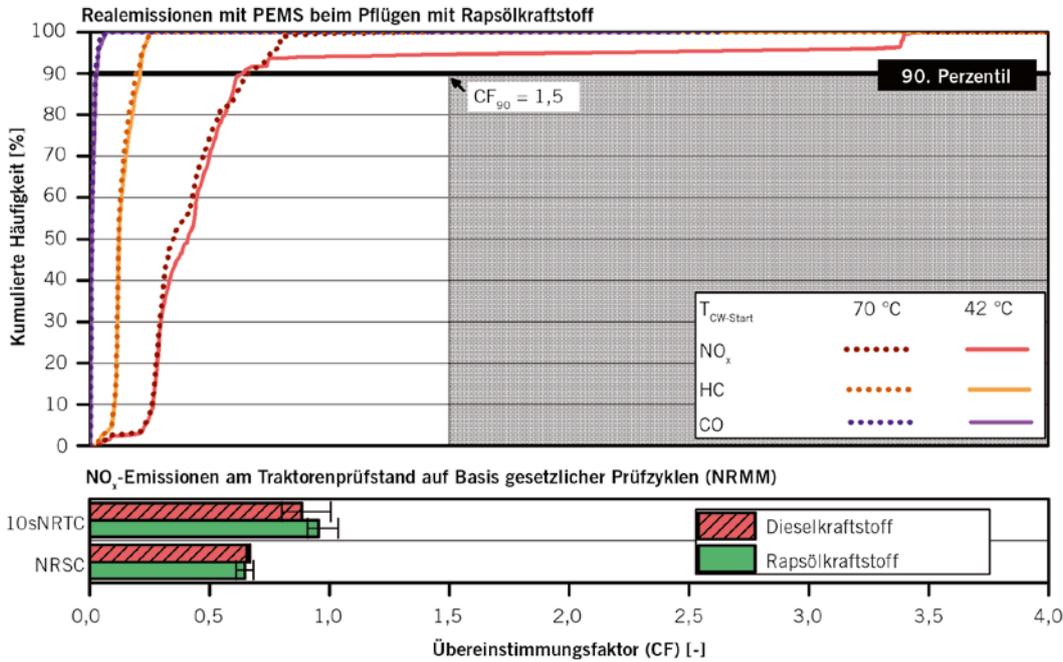


BILD 3 Kumulierte Häufigkeit der NO_x-, HC- und CO-Emissionen bei Messungen mit einer Kühlmitteltemperatur von 70 °C beziehungsweise 42 °C beim Start der Auswertung ($T_{CW-Start}$) sowie NO_x-Emissionen am Traktorenprüfstand (© TFZ)

geringer als im NRSC und im 10sNRTC am Traktorenprüfstand. Ein möglicher Grund sind bessere Umsatzraten der AGN durch die hohen Abgastemperaturen beim leistungsintensiven Pflügen. Bereits bei früheren Untersuchungen wurden überwiegend geringere limitierte Emissionen bei der Anwendung von Drehzahl- und Drehmomentverläufen aus Traktorarbeiten im Vergleich zum 10sNRTC festgestellt [2].

Vor allem bei Messbeginn zeigte sich ein Zusammenhang von geringen Kühlmittel- und Abgastemperaturen mit

einem höheren Ausstoß an NO_x-Emissionen. Nach der HDV Gesetzgebung werden die Emissionen nach dem Motorstart erst ab einer Kühlmitteltemperatur von 70 °C ($T_{CW-Start} = 70$ °C) betrachtet. Alternativ wurde die Auswertung in dieser Untersuchung bereits bei $T_{CW-Start} = 42$ °C begonnen. Die neunminütige Aufwärmphase von 42 °C auf 70 °C umfasste hauptsächlich die Fahrt vom Hof zum Feld (A-B), **BILD 4**. Während der Aufwärmphase weisen die Katalysatoren aufgrund der niedrigen Abgastemperaturen unter 250 °C geringe Umsatzraten

auf, wodurch hierbei mit über 300 ppm die höchsten NO_x-Emissionen der Gesamtmessung zu verzeichnen sind. Während der ersten Pflugfurchen (B-C) steigt die mittlere Abgastemperatur in den Fenstern bedingt durch die hohe Motorleistung kontinuierlich auf über 250 °C an. Das SCR-System arbeitet ab diesem Zeitpunkt sehr effizient, wodurch der NO_x-Ausstoß deutlich unter 50 ppm sinkt. So ergeben sich CF-Werte unter 1,0 beziehungsweise 0,5. Auch bei kurzfristig niedriger Last bei den Wendevorgängen und bei der Rückfahrt (C-D) zum Hof blieben die Kühlmittel- und Abgastemperaturen hoch beziehungsweise die NO_x-Emissionen entsprechend konstant niedrig.

Werden in die Auswertung nur Fenster ab einer Kühlmitteltemperatur von 70 °C ($T_{CW-Start} = 70$ °C) miteinbezogen, so wie es die HDV-Gesetzgebung vorgibt, bleibt die Hinfahrt zum Feld in der Auswertung unberücksichtigt. Der maximal gemessene CF-Wert (CF_{max}) der NO_x-Emissionen sinkt dadurch von $CF_{max} = 3,5$ auf $CF_{max} = 1,3$. Aufgrund des geringen Anteils von circa 6 % an der Gesamtdauer der Kaltstartemissionen wirken sich diese kaum auf den CF-Wert beim 90. Perzentil (CF_{90}) aus. Der Anteil an Betriebsphasen mit Kühlmitteltemperaturen unter 70 °C ist im 10sNRTC mit 2,6 % deutlich geringer als bei dieser RDE-Messung. Allerdings sind bei Traktoren

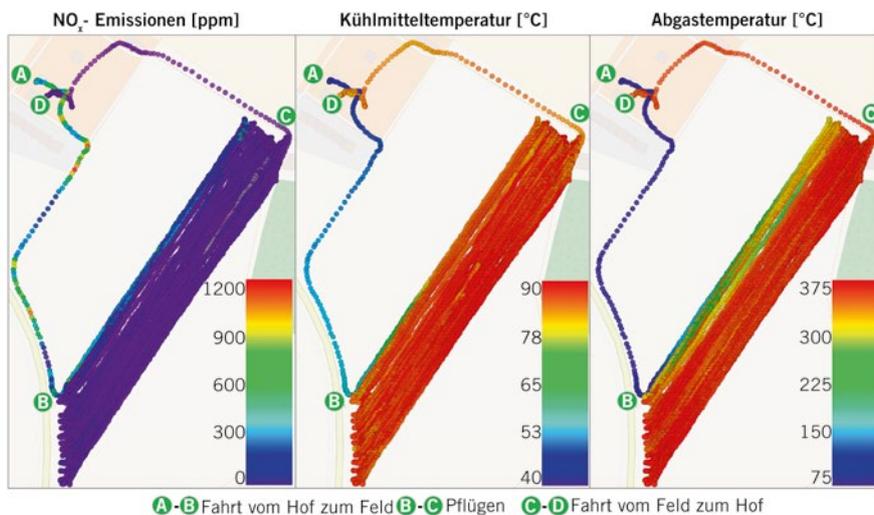


BILD 4 NO_x-Emissionen, Kühlmittel- und Abgastemperatur während des Pflügens mit Rapsölkraftstoff in Abhängigkeit der GPS-Koordinaten (© TFZ)

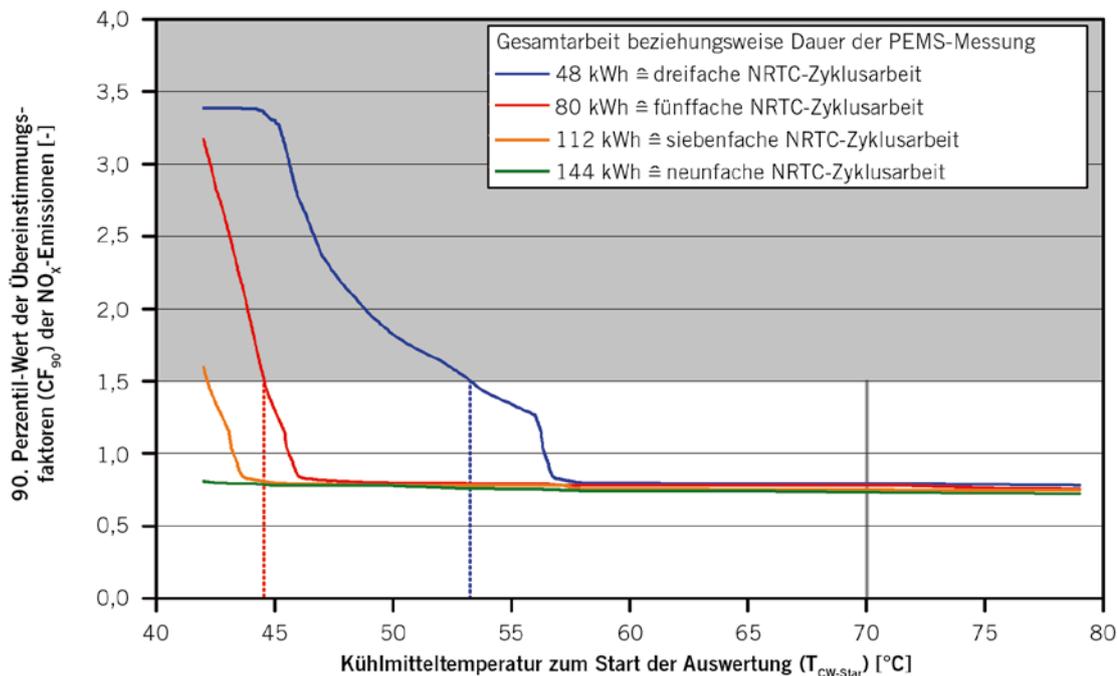


BILD 5 CF₉₀-Wert der NO_x-Emissionen der PEMS-Messung in Abhängigkeit der Gesamtmessdauer und der Kühlmitteltemperatur zum Start der Auswertung (© TFZ)

bereits auch höhere Anteile von 11 % mit einer Kühlmitteltemperatur unter 70 °C festgestellt worden [3]. Es sind weitere Untersuchungen nötig, um einen möglichst praxisrelevanten Anteil an Kaltstartemissionen zu ermitteln.

BILD 5 zeigt den Einfluss der Kühlmitteltemperatur zum Start der Auswertung ($T_{CW-Start}$) sowie den Einfluss der Gesamtmessdauer auf den CF₉₀-Wert der NO_x-Emissionen. Die Messdauer wird über die geleistete Arbeit (in kWh) im Vergleich zur Zyklusarbeit im Referenzzyklus (NRTC) bemessen. Der CF₉₀-Wert sinkt, wenn die Kühlmitteltemperatur zum Start der Messung ($T_{CW-Start}$) sowie die Messdauer steigt, da dadurch die Kaltstartemissionen zu Messbeginn weniger stark ins Gewicht fallen. Somit wirkt sich auch beim Startkriterium von $T_{CW-Start} = 70$ °C, wie in der HDV-Gesetzgebung beschrieben, die Gesamtmessdauer kaum auf den CF₉₀-Wert aus. Wird ab dem Erreichen einer Kühlmitteltemperatur von $T_{CW-Start} = 53$ °C ausgewertet, würde der Richtwert von CF₉₀ = 1,5 bei jeder dargestellten Messdauer unterschritten. Werte von CF₉₀ < 1,5 werden selbst bei geringen Kühlmitteltemperaturen von 44 °C erreicht, wenn die geleistete Arbeit mindestens der fünffachen Arbeit des Referenzzyklus entspricht. Gemäß der HDV-Gesetzgebung muss für eine gültige Messung mindestens die fünffache Arbeit des Referenz-

zyklus (> 80 kWh) erreicht werden. Eine noch höhere Zyklusarbeit beziehungsweise längere Messung hat dabei nur einen vergleichsweise geringen Einfluss auf den CF₉₀-Wert.

SCHLUSSFOLGERUNG

Mit dem pflanzenölgänglichen Traktor Fendt Vario 724 S4 der EU Abgasstufe IV war es möglich, sowohl bei Prüfstandmessungen (NRMM-Gesetzgebung) als auch bei RDE-Messungen auf Basis der HDV-Gesetzgebung die Emissionsrichtwerte zu unterschreiten. Insbesondere beim Pflügen sorgen hohe Betriebstemperaturen für eine dauerhafte hohe Effizienz der AGN mit niedrigen Emissionen. Diese fallen bei der RDE-Messung überwiegend geringer als bei Prüfzyklen am Traktorenprüfstand aus. Am Prüfstand unterscheidet sich dabei das Emissionsverhalten im Diesel- und Rapsölkraftstoffbetrieb kaum. Ob dies auch für den realen Betrieb gilt, muss noch bestätigt werden. Mit PEMS kann nur ein Ausschnitt des gesamten Einsatzspektrums und daher auch nur ein Teil der Gesamtemissionen des Testfahrzeugs betrachtet werden. Zur Einordnung der RDE sind daher Kenntnisse über die Einflussfaktoren erforderlich. Dies betrifft sowohl die Betriebs- und Umgebungsbedingungen als auch die Methode der Auswertung. Das Zusam-

menispiel von Kühlwasser- und Abgas-temperatur infolge des gefahrenen Lastprofils einerseits und die Auslegung sowie der Betriebszustand der AGN andererseits sind maßgeblich für das Emissionsergebnis. Entsprechend wirken sich die Festlegung der gültigen Bedingungen, Messbeginn oder Messdauer der gesamten Fahrt aus. Um eine möglichst realitätsnahe Bewertung von Traktormotoren zu erreichen, müssen noch weitere typische Traktoreinsatzprofile bekannt sein, um repräsentative Emissionsmessungen durchführen und daraus Emissionsfaktoren für Traktoren ableiten zu können. Dabei können auch emissionskritische Betriebsbedingungen identifiziert werden, von denen sich Maßnahmen für eine Reduzierung der Abgasemissionen von Traktoren ableiten lassen. Inwieweit sich Emissionen des realen Fahrbetriebs durch die Anwendungen von tatsächlichen Betriebsprofilen am Traktorenprüfstand ermitteln lassen, wird derzeit geprüft.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Trotz des steigenden Interesses an RDE wurde die Messung und Auswertung von modernen diesel- und rapsölbetriebenen Traktoren bisher wenig untersucht. Mittels eines PEMS wurde das Emissionsverhalten eines Fendt Vario 724 S4 der

EU Abgasstufe IV mit Rapsölkraftstoff nach DIN 51605 beim Pflügen im Feld und am Traktorenprüfstand ermittelt. Bei allen Messungen waren die Emissionen der Kohlenwasserstoffe (HC), des Kohlenmonoxids (CO) und der Partikelmasse (PM) auf einem sehr geringen Niveau nahe der Nachweisgrenze. Bei der Auswertung der PEMS-Messung auf Basis der EU-Verordnungen 582/2011 beziehungsweise 64/2012 für schwere Nutzfahrzeuge (HDV) ergaben sich auch für die Stickoxid-Emissionen (NO_x) Werte deutlich unterhalb des Grenzwerts. Ab einer Mindestarbeits-temperatur der Abgasnachbehandlung werden durchwegs geringere NO_x-Emissionen erreicht. Die Wahl des Messbeginns in Abhängigkeit der Kühlmitteltemperatur und die Gesamtmessdauer in der Auswertung haben dabei einen hohen Einfluss auf das Ergebnis. Die NO_x-Emissionen waren im Feld beim Pflügen überwiegend geringer als im stationären (NRSC) und transienten Prüfzyklus (10sNRTC) in Anlehnung an die Richtlinie 97/68/EG am Traktorprüfstand. Das Emissionsverhalten am Prüfstand unterschied sich dabei im Rapsöl- und Diesellokstoffbetrieb kaum.

Zukünftig sollen weitere Messungen an unterschiedlichen Fahrzeugen sowie bei Anwendungen mit niedriger Last (zum Beispiel Transportfahrten) mit Diesel- und Rapsölkraftstoff durchgeführt werden. Ferner ist von Interesse, wie sich RDE-Messungen am Traktorenprüfstand mit identischem Drehzahl- und Drehmomentverlauf nachstellen lassen. Aufzeichnungen von Betriebsdaten sollen zeigen, wie häufig Kaltstartphasen in der Realität bei Traktoren vorkommen und welche Relevanz diese für die Auswertung und Bewertung der Emissionen haben können.

LITERATURHINWEISE

- [1] Ettl, J.; Emberger, P.; Thuneke, K.; Remmele, E.: Pflanzenölkraftstoffe Traktoren der Abgasstufen I bis IIIb. In: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Berichte aus dem TFZ, 47, 2016
- [2] Ettl, J.; Bernhardt, H.; Thuneke, K.; Emberger, P.; Remmele, E.: Exhaust emissions and fuel consumption under real driving conditions on a tractor test stand. In: Land.Technik AgEng 2015, 73. International Conference on Agricultural Engineering. Düsseldorf: VDI-Verlag (VDI-Berichte, 2251), S. 29-38, 2015
- [3] Huber, G.; Scholz, A.; Stöhr, M.; Düsseldorf, C.; Flierl, R.; Thuneke, K.; Remmele, E.; Pickel, P.: Herstellung und Demonstration der Praxistauglichkeit von Traktoren mit Motoren der Abgasstufe IV

im Betrieb mit Pflanzenöl. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Berichte aus dem TFZ, 44, 2015

- [4] Landis, M.: Dynamischer Messzyklus für Emissionsmessungen an Traktoren. In: Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI); Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik (MEG) (Hrsg.): Land.Technik 2012, 70. Internationale Tagung. VDI-Berichte, Nr. 2173. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 81-86
- [5] Franco, V.; Posada Sánchez, F.; German, J.; Mock, P.: Real-world exhaust emissions from modern Diesel cars. A meta-analysis of PEMS emissions data from EU (Euro 6) and US (Tier 2 Bin 5/ULEV II) Diesel passenger cars. Part 1: Aggregated results. International Council on Clean Transportation Europe (ICCT) (Hrsg.). Beijing, Berlin, Brussels, San Francisco, Washington, D. C. ICCT White Paper, October 2014, 014
- [6] Gietzelt, C.; Degrell, O.; Mathies, K.: In-use-Emissionsmessungen an Motoren von mobilen Maschinen. Landtechnik (2012), Nr. 5, S. 366-369
- [7] Bonnel, P.; Perujo, A.; Provenza, A.; Villafuerte, M.: Non-Road Engines Conformity Testing Based on PEMS. Lessons Learned from the European Pilot Program. European Commission (EC) (Hrsg.). Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport (IET). JRC Scientific and Policy Reports, Nr. EUR 26438 EN, SBN 978-92-79-35091-7, 2013
- [8] Remmele, E.; Eckel, H.; Widmann, B.: Regenerative Energieträger und alternative Antriebskonzepte für mobile Arbeitsmaschinen. In: Landtechnik (2014), Nr. 5, S. 256-259
- [9] Engelmann, K.; Strimitzer, L.; Remmele, E.: Environmental effects of decentralized rapeseed oil production in Bavaria – A life cycle assessment (LCA) case study. In: Agroscope; ETH Zürich; AgEng 2014 Zurich – International Conference of Agricultural Engineering, S. 1-8

DANKE

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie für die Finanzierung des Vorhabens. Die Untersuchung erfolgte unter der Leitung von Dr. Edgar Remmele im Sachgebiet Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing.



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
springervieweg-service@springer.com



Wir bieten Ihnen:

- Getriebe
- Sonderlösungen
- Knowhow und
- hohe Qualität

wie Sie es bereits von uns seit über 50 Jahren gewohnt sind.



Rögelberg-Trommelhäcksler-Schaltgetriebe.

Rögelberg Getriebe GmbH & Co. KG
Am Rögelberg 10
D-49716 Meppen

Telefon: +49 (0) 59 32 / 5 07-0
Telefax: +49 (0) 59 32 / 5 07-101
info@roegelberg-getriebe.de
www.roegelberg-getriebe.de

Dienstleister und Zulieferer



Entwicklungsdienstleistungen
Komponenten: Mobil Hydraulik

Entwicklungstools
Komponenten: Karosserie, Aussen- und Innenausstattung

Komponenten: Motor, Antrieb, Getriebe, Fahrwerk
Komponenten: Elektronik

ANEDO
 Erfolg steuern

Entwicklungsdienstleistungen

- System-, Software- und Hardwareentwicklung
- Elektrik, Elektronik

Komponenten: Karosserie, Aussen- und Innenausstattung

- Touchscreens / visuelle Bediensysteme
- Anzeigesysteme / Displays
- Telematik

Komponenten: Elektronik

- Steuerungs- und Regelungstechnik
- Bussysteme und Vernetzung

ANEDO Ltd.
 Andreas Möller Ansprechpartner
 Hülsmeierstr. 35 49406 Eydelstedt
 Tel +49 5442 803790 Fax +49 5442 80379-22
 info@anedo.de www.anedo.de

HERZOG INTERTEC

Entwicklungsdienstleistungen

- Konstruktion
- Berechnung
- Erprobung, Versuch
- Modellbau - Metallprototypen
- Akustik, NVH

HERZOG INTERTEC GmbH
 Raphael Herzog 78601 Mahlsetten
 Riegertsbühlstr. 68 Tel +49 7429 9161-400 Fax +49 7429 91109
 herzog@herzog-intertec.de
 www.herzog-intertec.de

IGS Development

more than engineering

Entwicklungsdienstleistungen

- Konstruktion
- Berechnung
- Motoren- und Verbrennungsentwicklung
- Mess- & Prüftechnik

Entwicklungstools

- CAX-Software - CAE Computer Aided Engineering

IGS Development GmbH
 Christoph Liebe Vertriebspartner
 Am Glüsig 1c 39365 Harbke
 Tel +49 39406 922-0 Fax +49 39406 922-111
 www.igs-development.de

AVL

COMMERCIAL DRIVELINE & TRACTOR ENGINEERING

Entwicklungsdienstleistungen

- Gesamtfahrzeugentwicklung
- System-, Software- und Hardwareentwicklung
- Elektromobilität
- Elektrik, Elektronik
- Safety Engineering
- Konstruktion
- Berechnung
- Motoren- und Verbrennungsentwicklung
- Erprobung, Versuch
- Prüf- und Testeinrichtungen
- Akustik, NVH
- EMV
- Consulting, Beratung

AVL Commercial Driveline & Tractor Engineering GmbH
 Johannes Roth Vertriebspartner
 Schönauer Str. 5 A-4400 Steyr
 Tel +43 316 787 5527
 Johannes.Roth@avl.com www.avl.com

automotive engineering **iauv**

Entwicklungsdienstleistungen

- Gesamtfahrzeugentwicklung
- System-, Software- und Hardwareentwicklung
- Fahrerassistenzsysteme
- Elektromobilität
- Elektrik, Elektronik
- Konstruktion
- Motoren- und Verbrennungsentwicklung

IAV GmbH
 Carnotstr. 1 10587 Berlin
 Tel +49 30 3997-80 Fax +49 30 3997-89790
 www.iav.com/kontakt www.iav.com

LIEBHERR

Komponenten: Motor, Antrieb, Getriebe, Fahrwerk

- Motoren - Diesel
- Motoren - Elektro
- Motoren - Gas
- Motor - Einspritztechnik

Komponenten: Mobil Hydraulik

- Pumpen
- Zylinder
- Motoren
- Hydroaggregate
- Sensoren & Messtechnik

Komponenten: Karosserie, Aussen- und Innenausstattung

- Rückfahrkamera / Radartechnik / Infrarot / Laser
- Schaltgeräte / Controller / Ballengriffe
- Touchscreens / visuelle Bediensysteme

Komponenten: Elektronik

- Generatoren
- Energiespeichersysteme
- Leistungselektronik

Liebherr-Components AG
 Alexandra Nolde Vertriebspartner
 Kirchweg 46 5415 Nussbaumen AG
 Tel +41 56 296 43 26 Fax +41 56 296 43 01
 alexandra.nolde@liebherr.com
 www.liebherr.com

Ihre Firma ist nicht vertreten? Bereits ab 300,- Euro je Ausgabe inkl. 5 Rubriken sind Sie dabei.
 Ihren Meldebogen erhalten Sie hier: Tel. +49 (0) 611 7878-312 oder thomas.heusler@springer.com



Entwicklungsdienstleistungen
Komponenten: Mobil Hydraulik

Entwicklungstools
Komponenten: Karosserie, Aussen- und Innenausstattung

Komponenten: Motor, Antrieb, Getriebe, Fahrwerk
Komponenten: Elektronik



Komponenten: Motor, Antrieb, Getriebe, Fahrwerk

- Motor - Ansaugmodule
- Motor - Abgasanlagen / Katalysatoren / Abgasrückführung
- Antriebsstrang - Antriebswellen

Komponenten: Mobil Hydraulik

- Connectors
- Schellen

OETIKER Deutschland GmbH
 Usenberger Str. 13 79346 Endingen
 Tel +49 7642 684-0 Fax +49 7642 684-125
 info@de.oetiker.com www.oetiker.com



Entwicklungsdienstleistungen

- System-, Software- und Hardwareentwicklung
- Elektromobilität
- Konstruktion
- Prüf- und Testeinrichtungen
- Akustik, NVH
- Consulting, Beratung

Entwicklungstools

- Prüfstände und Testeinrichtungen

Komponenten: Elektronik

- Steuerungs- und Regelungstechnik

Schaeffler Engineering GmbH
 Gewerbestr. 14 58791 Werdohl
 Tel +49 2392 809-0 Fax +49 2392 809-0
 info@schaeffler-engineering.com
 www.schaeffler-engineering.com



Komponenten: Mobil Hydraulik

- Motoren

Komponenten: Elektronik

- Steuerungs- und Regelungstechnik
- Aktoren
- Elektromotoren
- Elektrokleinmotoren

SONCEBOZ SA
 David Benzur Vertriebspartner
 Rue Rosselet-Challandes 5 CH-2605 Sonceboz
 Tel +41 32 488 1111 Fax +41 32 488 1100
 info@sonceboz.com www.sonceboz.com



Entwicklungsdienstleistungen

- Mess- & Prüftechnik
- Prüf- und Testeinrichtungen

Entwicklungstools

- Prüfstände und Testeinrichtungen
- Prüfstände - Leistungsprüfstände
- Prüfstände - Klimakammern

RENK Test System GmbH
 Mathias Karrer Vertriebspartner
 Gögginger Str. 73 86159 Augsburg
 Tel +49 821 5700 609
 info.testsystem@renk.biz
 www.renk-testsystem.eu



Komponenten: Motor, Antrieb, Getriebe, Fahrwerk

- Motoren - Diesel
- Motoren - Gas
- Motoren - Benzin
- Motor - Ausgleichswellen
- Motor - Nockenwellen

Schleicher Fahrzeugteile GmbH & Co. KG
 Sven Schirmer Vertriebsleitung
 Boschetsrieder Str. 125 81379 München
 Tel +49 89 785007-0 Fax +49 89 785007-39
 sv5@schleicher-fahrzeugteile.de
 www.schleicher-fahrzeugteile.de



Entwicklungsdienstleistungen

- System-, Software- und Hardwareentwicklung
- Elektromobilität
- Elektrik, Elektronik
- Safety Engineering

Komponenten: Elektronik

- Steuerungs- und Regelungstechnik
- Bussysteme und Vernetzung
- Generatoren
- Leistungselektronik
- Positionssensoren
- Beschleunigungssensoren
- Drucksensoren
- Temperatursensoren
- Elektromotoren

Sensor-Technik Wiedemann GmbH (STW)
 Am Bärenwald 6 87600 Kaufbeuren
 Tel +49 8341 9505-0 Fax +49 8341 9505-55
 sales@sensor-technik.de
 www.sensor-technik.de

Branchen

Baumaschinen		Forstmaschinen	
Baustellenfahrzeuge		schwere Nutzfahrzeuge	
Flurförderfahrzeuge		Landmaschinen	