

LANDTECHNIK

AGRICULTURAL ENGINEERING

66. Jahrgang

1.2011



- Reibkraftreduktion mittels Ultraschallanregung in der Bodenbearbeitung
- Gewichtsentwicklung und Körperkondition beim Milchvieh visuell und technisch erfassen
- Herstellung von Energiepellets aus feucht geerntetem Grüngut

Contents in English on:

www.LANDTECHNIK-online.eu

Das Wissenschafts-Portal für die Agrartechnik

Der neue Weg: **www.LANDTECHNIK-online.eu**

Das neue Portal verbindet Information und Kommunikation:
unabhängig, neutral und wissenschaftlich fundiert

2 gute Gründe, jetzt online zu gehen

- Laden Sie jederzeit alle Fachbeiträge in deutsch und englisch herunter
- Lassen Sie sich vorab per Newsletter über die Themen der nächsten Ausgabe informieren



Peter Emberger, Marco Landis, Kurt Krammer, Heinrich Prankl, Hermann Schaufler, Isidor Schiess und Klaus Thuneke

Emissionsmessungen an einem Traktor – Ringversuch von ART, FJ-BLT und TFZ

Im Rahmen der Typgenehmigungsverfahren existieren Vorschriften zur Emissionsmessung an Traktormotoren am Motorprüfstand, aber eine einheitliche Vorgehensweise bei der Emissionsmessung von Traktormotoren im eingebauten Zustand gibt es nicht. Um die Vergleichbarkeit von Ergebnissen unterschiedlicher Messinstitute zu überprüfen, wurden von Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Schweiz, Francisco Josephinum Biomass-Logistics-Technology (FJ-BLT), Österreich, und Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Deutschland, Messungen an einem Traktor durchgeführt. Die Messergebnisse waren für den Kraftstoffverbrauch sowie für die Stickstoffoxid- und Kohlenmonoxid-Emissionen gut vergleichbar. Lediglich bei den Kohlenwasserstoff-Emissionen während des Betriebes des Traktors mit Rapsölkraftstoff kam es aufgrund der geringen absoluten Werte zu größeren relativen Abweichungen.

Schlüsselwörter

Emissionsverhalten, Traktoren, Rapsölkraftstoff, Dieselmotoren, Ringversuch

Keywords

Emission characteristics, tractors, rapeseed oil fuel, diesel engine, round robin test

Abstract

Emberger, Peter; Landis, Marco; Krammer, Kurt; Prankl, Heinrich; Schaufler, Hermann; Schiess, Isidor and Thuneke, Klaus

Measurement of emissions of a tractor – round robin test of ART, FJ-BLT and TFZ

Landtechnik 66 (2011), no. 1, pp. 56-59, 4 figures, 1 table, 9 references

Regulations for emission measurements on an engine test rig are existing for type-approval of tractor engines, but a uniform procedure for emission measurements with the engine installed on the tractor is not available. In order to determine the reproducibility of results of different research

institutes, Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Francisco Josephinum Biomass-Logistics-Technology (FJ-BLT) and Technologie- und Förderzentrum (TFZ) performed measurements on one tractor. The results show, that for fuel consumption as well as for nitrogen oxide and carbon monoxide emissions a good reproducibility is given. Higher relative variations between the measurements could be observed only for the hydrocarbon-emissions during rapeseed oil operation due to a generally low absolute emission level.

■ Die Anforderungen und das Prüfverfahren zur Bestimmung des Emissionsverhaltens im Rahmen der Typgenehmigung von Traktormotoren werden in den Richtlinien 2000/25/EG [1] bzw. 97/68/EG [2] und den jeweiligen Folgerichtlinien definiert. Eine genaue Beschreibung des Prüfverfahrens erfolgt in der ISO 8178-1 [3]. Dabei werden die Emissionen am Motor im ausgebauten Zustand am Motorenprüfstand erfasst. In jüngster Zeit gewinnen Untersuchungen zum tatsächlichen Emissionsverhalten des Gesamtsystems „Traktor“ (mit eingebautem Motor und Leistungsabnahme an der Zapfwelle) zunehmend an Bedeutung [4; 5; 6; 7]. Der Prüfablauf erfolgt zumeist gemäß dem C1-Zyklus (8-Phasen-Zyklus) in Anlehnung an die ISO 8178-4 [8]; er kann auch für die Bestimmung der gasförmigen Emissionskomponenten bei der Typgenehmigung verwendet werden. Die Vergleichbarkeit solcher Messungen zwischen mehreren Prüfstellen unter Anwendung des

C1-Zyklus ist bislang fraglich, weil die Vorgehensweise nicht einheitlich festgelegt ist. Ziel der im Folgenden beschriebenen Versuche war es deshalb, die Vorgehensweisen und Ergebnisse von Emissionsmessungen an einem Traktor zwischen den Forschungsanstalten ART, FJ-BLT und TFZ zu vergleichen und Erkenntnisse zur Verbesserung und Vereinheitlichung von Emissionsmessungen von Traktormotoren im eingebauten Zustand zu gewinnen.

Vorgehensweise

Die Vergleichsmessungen wurden an einem nicht serienmäßigen Prototyptraktor John Deere 6930 Premium „GreenPower“ durchgeführt, der sowohl mit Diesel- als auch mit Rapsölkraftstoff betrieben werden kann. Der Traktor wurde nacheinander zu den einzelnen Forschungsstellen transportiert. Die Untersuchungen wurden in Anlehnung an den C1-Prüfzyklus ISO 8178-4 (8-Phasen-Zyklus) durchgeführt. Als Kraftstoffe dienten Referenzdiesel der Qualität CEC RF-06-03 (DK) und eine vom Traktorenhersteller bereitgestellte einheitliche Charge Rapsölkraftstoff mit 0,1 % Additivzugabe (John Deere Biodiesel Protect 100) (RK), welche bis auf die Säurezahl die Anforderungen der DIN V 51605 erfüllte.

Die Forschungsanstalten waren mit unterschiedlichen Messgeräten ausgestattet, die mit den wichtigsten Messgrößen in **Tabelle 1** aufgeführt sind. Für die Berechnung der Massenströme der Emissionskomponenten wurde einheitlich der Abgasmassenstrom herangezogen. Der Abgasmassenstrom wurde an der ART anhand der Messung von Ansaugluftmasse und Kraftstoffverbrauch bestimmt; am FJ-BLT und am TFZ wurde der Abgasmassenstrom mithilfe einer Kohlenstoffbilanz anhand

der gemessenen Abgaskonzentrationen und des Kraftstoffverbrauchs berechnet. Die gasförmigen Emissionskomponenten Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO_x) und Kohlenwasserstoffe (HC) wurden an jeder Prüfstation mindestens zweimal für jeden Kraftstoff gemessen. Gleichzeitig wurde der Kraftstoffverbrauch erfasst.

Die Ergebnisse wurden für jede der 8 Prüfphasen einzeln ausgewertet, um den Einfluss der Prüfphasen mitbestimmen zu können. Aus den 2 bzw. 3 Einzelmessungen je Messinstitut und Kraftstoffart wurden arithmetische Mittelwerte (MW) gebildet, die mit dem Gesamtmittelwert (GMW) der Ergebnisse aller 3 Messinstitute verglichen wurden. Die Streuung der Ergebnisse um den Mittelwert jeder der 8 Prüfphasen wurde durch die relative Standardabweichung zum Mittelwert (Variationskoeffizient) beschrieben. Als durchschnittlicher Variationskoeffizient (dVarK) wurde das arithmetische Mittel der Variationskoeffizienten aller 8 Prüfphasen bezeichnet. Entsprechend gab der maximale Variationskoeffizient (maxVarK) die größte relative Standardabweichung aller 8 Prüfphasen an.

Die Ergebnisse wurden im Vergleich zu den Ergebnissen eines Ringversuchs zur ISO 8178 von Stein und Herdan (1998) [9] eingeordnet. Die Angabe der Vergleichbarkeit zwischen den Prüfstationen bezog sich dabei auf den Variationskoeffizienten, ermittelt aus den gewichteten Gesamtzykluswerten von 28 Messinstituten mit 3 Motoren unterschiedlicher Leistung von 18 bis 190 kW. Der einfache Variationskoeffizient (VarK) betrug für die Messung von NO_x ca. 5 %, für CO ca. 13 %, für HC ca. 17 % und für die Partikelmasse-Emissionen ca. 9 %.

Tab. 1

Verwendete Messgeräte zur Emissionsmessung der drei Messinstitute

Table 1: Measurement equipment used for the emission measurements by the three institutes

Messgröße/ Measured variable	ART	FJ-BLT	TFZ
Drehmoment und Drehzahl/ Torque and speed	Wassergekühlte Wirbelstrombremse Schenk W 700/ Water-cooled eddy current brake Schenk W 700	Wassergekühlte Wirbelstrombremse Schenk W 780/ Water-cooled eddy current brake Schenk W 780	Luftgekühlte Wirbelstrombremse Eggers PT 301/ Air-cooled eddy current brake Eggers PT 301
Kraftstoffverbrauch/ Fuel consumption	Kraftstoffwaage AVL 733S/ Fuel balance AVL 733S	DK: Pierburg PLU 401, RK: Endress&Hauser Promass 83 M/ Diesel: Pierburg PLU 401, Rapeseed oil: Endress&Hauser Promass 83 M	Waage Pesa WT BR 210/B3/ Balance Pesa WT BR 210/B3
Kohlenstoffmonoxid CO/ Carbon monoxide CO	Pierburg AMA 2000 (NDIR-Analysator)/ Pierburg AMA 2000 (NDIR-analyzer)	Horiba Mexa 7170D (NDIR-Analysator)/ Horiba Mexa 7170D (NDIR-analyzer)	Rosemount Binos 1001 (NDIR-Analysator)/ Rosemount Binos 1001 (NDIR-analyzer)
Kohlenwasserstoffe HC/ Hydrocarbons HC	Pierburg AMA 2000 (HFID-Analysator)/ Pierburg AMA 2000 (HFID-analyzer)	Horiba Mexa 7170D (FID-Analysator)/ Horiba Mexa 7170D (FID-analyzer)	Compur Multi-FID 100 (FID-Analysator)/ Compur Multi-FID 100 (FID-analyzer)
Stickstoffoxide NO _x / Nitrogen oxides NO _x	Pierburg AMA 2000 (CLD-Analysator)/ Pierburg AMA 2000 (CLD-analyzer)	Horiba Mexa 7170D (CLD-Analysator)/ Horiba Mexa 7170D (CLD-analyzer)	Beckmann Industrial 951A (CLD-Analysator)/ Beckmann Industrial 951A (CLD-analyzer)

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den Kraftstoffverbrauch des Traktors für Diesel (graue Säulen) und Rapsölkraftstoff (orange Säulen) für jede Prüfphase. Die als Kreuze dargestellten Mittelwerte der 3 Messinstitute lagen nahezu deckungsgleich über dem Gesamtmittelwert, was auf eine sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse hindeutet. Dies wird auch durch die niedrigen durchschnittlichen Variationskoeffizienten (dVarK) von 1,4 % beim Betrieb mit Dieselmotorkraftstoff (DK) und 1,0 % beim Betrieb mit Rapsölkraftstoff (RK) deutlich. Die größten Abweichungen der Ergebnisse zwischen den einzelnen Instituten waren bei Prüfphase 4 zu verzeichnen, bei welcher Variationskoeffizienten von 2,6 (DK) bzw. 2,3 % (RK) ermittelt wurden.

NO_x-Emissionen

Die NO_x-Emissionen, die an den 3 Messinstituten ermittelt wurden, sind prüfphasenspezifisch in **Abbildung 2** dargestellt. Dabei zeigt sich, dass das FJ-BLT bei DK in 7 und bei RK in 6 von 8 Prüfphasen zu höheren NO_x-Werten kam als ART und TFZ. Eine Ursache dafür könnte sein, dass bei den Messungen am FJ-BLT die Motorhaube nicht wie bei den beiden anderen Messinstituten geöffnet war. Die höheren Temperaturen im Motorraum, welche insbesondere bei den Prüfphasen 1, 2, 5 und 6 des oberen Lastbereichs zu verzeichnen sind, führen üblicherweise zu verstärkter thermischer NO_x-Bildung. Diese Erklärung wird durch Untersuchungen der ART untermauert, wonach mit steigender Ansaugluft- und Motoröltemperatur die NO_x-Emissionen deutlich zunehmen.

Sowohl für DK als auch für RK liegt der VarK des gewichteten NO_x-Zykluswertes bei 9 % und damit um ca. 4 %-Punkte über den auf dem Motorenprüfstand ermittelten Werten in [9]. Ein Vergleich des NO_x-Massenstroms zwischen Diesel- und Rapsölkraftstoff zeigt kaum signifikante Unterschiede. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass mit Rapsölkraftstoff eine geringere Leistung an der Zapfwelle erzielt wurde.

CO-Emissionen

Abbildung 3 zeigt eine gute Übereinstimmung der CO-Emissionen zwischen den Messinstituten. Dies wird anhand des durchschnittlichen Variationskoeffizienten (dVarK) bestätigt, welcher bei DK 8,4 % und bei RK 6,9 % beträgt. Der mit Abstand höchste VarK wurde bei beiden Kraftstoffen in Prüfphase 5 ermittelt. Mit 22,3 % (DK) und 12,9 % (RK) liegt dieser auf vergleichsweise hohem Niveau, zumal für alle anderen 7 (DK)- bzw. 6 (RK)-Prüfphasen der VarK unter 10 % liegt. Eine Erklärung für die höheren VarK in Prüfphase 5 könnte sein, dass beim Wechsel von Prüfphase 4 (Teillast 10 %) auf 5 (Vollast 100 %) die in der ISO 8178-1 vorgegebene Mindestdauer einer Prüfphase von 10 Minuten nicht immer ausreichte, um am Motor, der in den Traktor eingebaut war, stationäre Betriebsbedingungen mit einem konstanten Emissionsniveau zu erreichen. Einheitlich längere Verweilzeiten in dieser Prüfphase könnten die Vergleichbarkeit der Ergebnisse eventuell erhöhen.

Die VarK der gewichteten Zykluswerte betragen für DK 5,9 % und für RK 3,1 % und liegen somit um mehr als 50 % unter dem zum Vergleich herangezogenen VarK, der im Ringversuch in [9] ermittelt wurde.

Beim Vergleich der CO-Emissionen zwischen DK und RK ergaben sich im Mittel um 7 % günstigere Werte für RK. Vorteile waren für RK jedoch nur bei den Prüfphasen mit mindestens 50 % Last zu verzeichnen, im Schwachlast- und Leerlaufbetrieb (Prüfphasen 4 und 8) lagen die CO-Emissionen im Dieselmotorkraftstoff unter dem Niveau des Rapsölbetriebs.

HC-Emissionen

Die HC-Emissionen sind in **Abbildung 4** dargestellt. Infolge der sehr geringen absoluten Emissionswerte, wie sie insbesondere beim Betrieb mit Rapsölkraftstoff zu verzeichnen sind, kam es erwartungsgemäß zu vergleichsweise größeren relativen Schwankungen zwischen den einzelnen Messungen. So betrug der dVarK für DK 13,4 % und für RK 40,0 %. Der maxVarK war mit 23,5 % (DK) und 50,1 % (RK) ebenfalls um ein Vielfaches

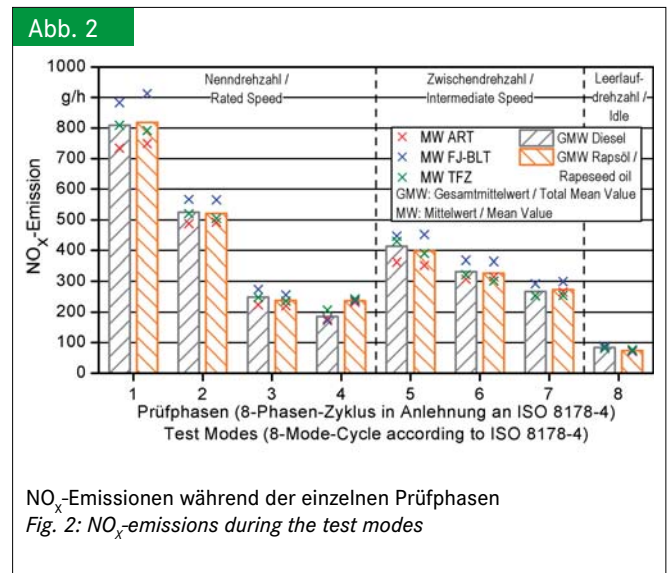
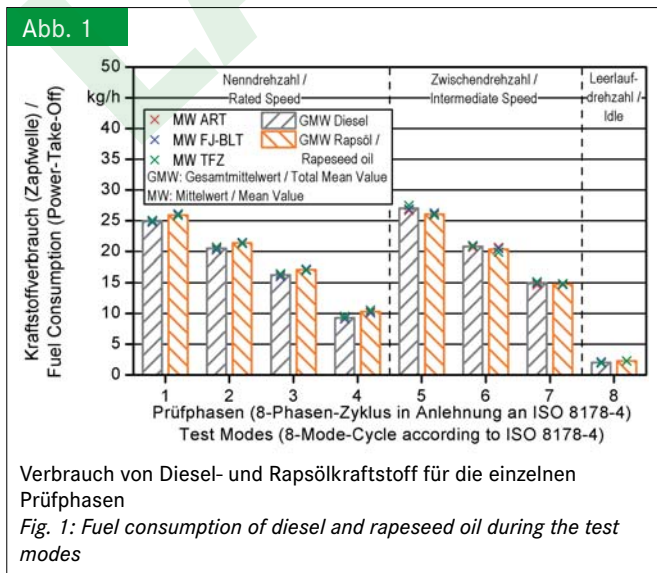


Abb. 3

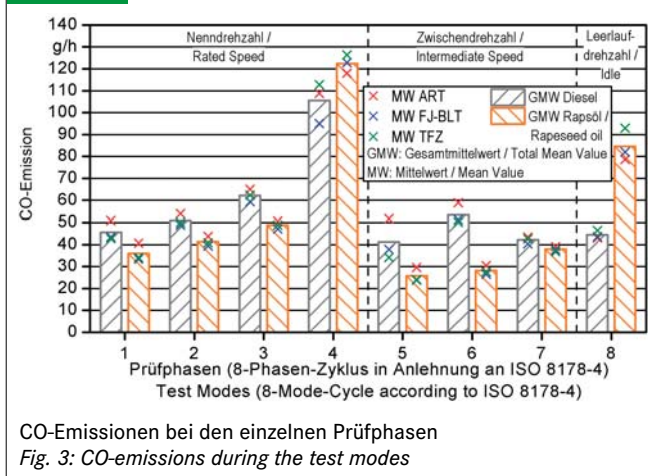
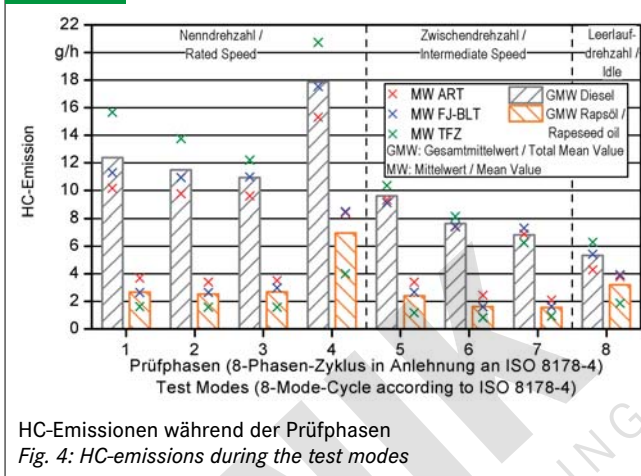


Abb. 4



höher als bei NO_x und CO. Für die gewichteten HC-Zyklusergebnisse am Traktorenprüfstand betrug der VarK 12,6 % für DK und 35,3 % für RK. In [9] war am Motorenprüfstand ein VarK von 17 % für HC ermittelt worden.

Ein Vergleich der HC-Emissionen beider Kraftstoffe zeigt, dass beim Betrieb mit DK mit 4-21 g/h deutlich höhere Werte auftraten, als mit Rapsölkraftstoff (1-9 g/h). Dies ist auch aus einer Vielzahl weiterer Untersuchungen bekannt.

Schlussfolgerungen

Die Vergleichsmessungen zeigen, dass die Ergebnisse der Emissionsmessungen am Traktor trotz unterschiedlicher Vorgehensweise und Messausrüstung zwischen den beteiligten Messinstituten eine gute Übereinstimmung aufweisen, welche sich im Bereich von am Motorenprüfstand ermittelten Werten bewegen. Dies gilt insbesondere für den spezifischen Kraftstoffverbrauch sowie für die NO_x - und CO-Emissionen. Lediglich die HC-Emissionen bei RK variierten stärker zwischen den Messungen, was in erster Linie an den niedrigen absoluten Konzentrationswerten lag.

Eine weitere Verbesserung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen verschiedenen Messinstituten könnte erreicht werden, wenn das Vorgehen bei den Emissionsmessungen präzisiert und vereinheitlicht werden würde. Dies könnten beispielsweise Vorgaben hinsichtlich des Aufbaus des Prüflings (offene oder geschlossene Motorhaube), des Ortes der Probenahme oder der genauen Verweildauer auf den einzelnen Prüfphasen sein.

Literatur

- [1] Richtlinie 2000/25/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Motoren, die für den Antrieb von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen bestimmt sind, und zur Änderung der Richtlinie 74/150/EWG (2000). ABl. Nr. L 173 vom 12.07.2000, zuletzt geändert durch Richtlinie 2005/13/EG (ABl. Nr. L 55 v. 01.03.2005) der Kommission
- [2] Richtlinie 97/68/EG 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 (1997). ABl. Nr. L 59 vom 27.02.1998, zuletzt

geändert durch Richtlinie 2004/26/EG (ABl. Nr. L 225 vom 25.06.2004) des Europäischen Parlaments und des Rates

- [3] Deutsches Institut für Normung e. V. (2006): ISO 8178-1 Reciprocating internal combustion engines, Exhaust emission measurement - Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions
- [4] Hassel, E.; Prescher, K.; Berndt, S.; Flüge, E.; Golisch, J.; Harkner, W.; Schumann, U.; Sy, G.; Wichmann, V. (2005): Praxis Einsatz von serienmäßigen neuen rapsöлтаuglichen Traktoren. Abschlussbericht über die Begleitforschung zum Demonstrationsobjekt, Aktenzeichen: 00 NR 200. Hg. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren der Universität Rostock
- [5] Rathbauer, J.; Krammer, K.; Kriechbaum, T.; Prankl, H.; Breinesberger, J. (2008): Rapsöl als Treibstoffalternative in der Landwirtschaft. BMLFUW-LE. 1.3.2/0037-II/1/2006, Forschungsprojekt 1337, Oktober 2003 bis September 2006, Projektverlängerung bis September 2008. Anhang Band I, Anhang Band II, Anhang Band III, Endbericht. Hg. HBLFA Francisco Josephinum; BLT Biomass, Logistic, Technology, Wieselburg, St. Pölten
- [6] Rinaldi, M.; Stadler, E. (2002): Trends im Abgasverhalten landwirtschaftlicher Traktoren. Neue Modelle deutlich sauberer. FAT-Berichte, Nr. 577. Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon
- [7] Thuneke, K.; Gassner, T.; Emberger, P.; Remmele, E. (2009): Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell. Berichte aus dem TFZ, Nr. 17. Hg. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing
- [8] Deutsches Institut für Normung e. V. (1996): DIN EN ISO 8178-4 Hubkolben-Verbrennungsmotoren, Abgasmessung. Teil 4: Prüfzyklen für verschiedene Motorverwendungen. Berlin, Beuth Verlag
- [9] Stein, H. J.; Herdan, T. (1998): Worldwide Harmonization of Exhaust Emission Test Procedures for Nonroad Engines Based on the International Standard ISO 8178. SAE Technical Paper Series 982034. Edit. Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Marco Landis und **Isidor Schiess** sind Mitarbeiter der Forschungsgruppe Agrartechnische Systeme der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Tänikon 1, CH-8356 Ettenhausen, E-Mail: marco.landis@art.admin.ch

Dipl.-Ing. Heinrich Prankl, **Ing. Hermann Schaufler** und **Ing. Kurt Krammer** sind Mitarbeiter der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt Francisco Josephinum - BLT in Wieselburg (FJ-BLT), Rottenhauser Straße 1, A-3250 Wieselburg, E-Mail: hermann.schaufler@josephinum.at

Dipl.-Ing. (FH) Peter Emberger und **Dr. Klaus Thuneke** sind Mitarbeiter des Sachgebiets Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe im Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Schulgasse 18, D-94315 Straubing, E-Mail: peter.emberger@tfz.bayern.de

Danksagung

Die Autoren danken den John Deere Werken Mannheim für die Bereitstellung des Prototyptraktors und die gute Zusammenarbeit sowie dem Forschungsnetzwerk Biogene Kraftstoffe (ForNeBiK) für die Unterstützung des Vorhabens.

Emberger, Peter; Landis, Marco; Krammer, Kurt; Prankl, Heinrich; Schaufler, Hermann; Schiess, Isidor and Thuneke, Klaus

Measurement of emissions of a tractor – round robin test of ART, FJ-BLT and TFZ

Regulations for emission measurements on an engine test rig are existing for type-approval of tractor engines, but a uniform procedure for emission measurements with the engine installed on the tractor is not available. In order to determinate the reproducibility of results of different research institutes, Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), Francisco Josephinum Biomass-Logistics-Technology (FJ-BLT) and Technologie- und Förderzentrum (TFZ) performed measurements on one tractor. The results show, that for fuel consumption as well as for nitrogen oxide and carbon monoxide emissions a good reproducibility is given. Higher relative variations between the measurements could be observed only for the hydrocarbon-emissions during rapeseed oil operation due to a generally low absolute emission level.

Keywords

Emission characteristics, tractors, rapeseed oil fuel, diesel fuel, round robin test

Abstract

Landtechnik 66 (2011), no. 1, pp. 56-59, 4 figures, 1 table, 9 references

■ The requirements and the test procedure for determining the emissions behaviour within the framework of type approval of tractor engines are defined in the directives 2000/25/EC [1] and 97/68/EC [2] and relevant subsequent directives as applicable. A precise description of the test procedure is given in ISO 8178-1 [3]. In these the engine-related emissions are recorded on an engine test rig with the engine removed from the tractor. More recently studies to determine the actual emissions behaviour of the overall „tractor“ system (with engine in situ and power taken off at the power take-off shaft) are coming to be increasingly important [4; 5; 6; 7]. In most cases the test sequence is based on the C1 cycle (8-mode cycle) in accordance with ISO 8178-4 [8]; it can also be used for determining gaseous emissions components for purposes of type approval. The reproducibility of measurements of this nature in relation to a number of test agencies using the C1 cycle has up to now been questionable because there is no uniform specification in existence for the procedure. The aim of the tests described in the following was, therefore, to compare the procedures and

results of emissions measurements on a tractor undertaken by the research institutes ART, FJ-BLT and TFZ and to obtain knowledge which might be used for improving and standardizing emissions measurements on in situ tractor engines.

Procedure

The comparative measurements were carried out on a non-series prototype John Deere 6930 Premium „Greenpower“ tractor capable of running on diesel or on rapeseed oil fuel. The tractor was transported to the individual research agencies one after the other. The studies were carried out in accordance with the C1 test cycle ISO 8178-4 (8-mode cycle). The fuels used were reference diesel quality CEC RF-06-03 (DK) and a standard batch of rapeseed oil fuel with 0.1% additive (John Deere Biodiesel Protect 100) (RK) was made available by the tractor manufacturer which met the requirements of DIN V 51605 with the exception of the acid number.

The research institutes were equipped with a range of different measuring devices which are listed in **Table 1** along with the most important measured variables. When it came to calculating the mass flow of the emissions components the mass flow of exhaust gas was unanimously adopted. The mass flow of exhaust gas was determined by measuring the intake air mass and fuel consumption; at FJ-BLT and TFZ the mass flow of exhaust gas was calculated with the help of a carbon balance based on the exhaust gas concentrations measured and the fuel consumption. Measurements of the gaseous emissions compon-

ents carbon monoxide (CO), nitrogen oxide (NO_x) and hydrocarbons (HC) were taken at each test laboratory for each fuel. The fuel consumption was recorded at the same time.

In order to enable the effect of the test modes to be determined at the same time the results were evaluated for each of the 8 test modes individually. Arithmetical mean values (MW) were derived from the 2 or 3 (as applicable) individual measurements carried out by each measuring institute for each type of fuel and these were compared with the grand mean (GMW) of the results from all 3 measuring institutes. The variation in the results based on the average value for each of the 8 test modes was described by means of the relative standard deviation from the mean value (variation coefficient). The arithmetical mean of the variation coefficient of all 8 test modes was designated as the average variation coefficient (dVarK). Correspondingly, the maximum variation coefficient (maxVarK) indicated the greatest relative standard variation of all 8 test modes.

The results were classified by comparing them with the results of a round robin test to ISO 8178 conducted by Stein and Herden (1998) [9]. In this the statement of reproducibility between the test agencies referred to the variation coefficients, determined on the basis of the weighted overall cycle values from 28 measuring institutes with 3 engines of different power output from 18 to 190 kW. The single variation coefficient (VarK) was around 5% for NO_x, around 13% for CO, for HC it was around 17% and for the particle mass emissions, approx. 9%.

Results and Discussion

Figure 1 shows the tractor's fuel consumption of diesel (grey columns) and rapeseed oil fuel (orange columns) for each test mode. The mean values ascertained by the 3 measuring insti-

tutes and shown as crosses were practically tantamount to one another in that they were above the grand mean, something that indicates excellent correspondence of the results. This is also made clear by the low average variation coefficients (dVarK) of 1.4% when operating with diesel fuel (DK) and 1.0% when operating on rapeseed oil fuel (RK). The greatest variations in the results between the individual institutes were recorded in test mode 4 in which variation coefficients of 2.6 (DK) / 2.3% (RK) were determined.

NO_x-Emissions

The NO_x emissions that were determined at the 3 measuring institutes are illustrated on a test mode-specific basis in **figure 2**. Here it is evident that FJ-BLT, with DK in 7 and with RK in 6 out of 8 test modes, arrived at higher NO_x values than ART and TFZ. One reason for this could be that, when the measurements were conducted at FJ-BLT, the engine hood was closed (contrary to what was the case at the other two measuring institutes). The higher temperatures in the engine compartment which are to be noted in test modes 1, 2, 5 and 6 in the upper load range in particular, usually lead to increased thermal NO_x formation. This explanation is confirmed by studies carried out at ART which indicate that, as intake air and engine oil temperature increase, the NO_x emissions rise considerably.

The VarK of the weighted NO_x cycle value is around 9% for both DK and RK and therefore around 4% higher than the values determined on the engine test rig in [9]. A comparison between diesel and rapeseed oil fuels as regards the mass flow of NO_x shows hardly any significant differences. However, it should be noted that, with rapeseed oil fuel, a lower output is achieved at the power take-off shaft.

Table 1

Measurement equipment used for the emission measurements by the three institutes

Messgröße/ Measured variable	ART	FJ-BLT	TFZ
Drehmoment und Drehzahl/ Torque and speed	Wassergekühlte Wirbelstrombremse Schenk W 700/ Water-cooled eddy current brake Schenk W 700	Wassergekühlte Wirbelstrombremse Schenk W 780/ Water-cooled eddy current brake Schenk W 780	Luftgekühlte Wirbelstrombremse Eggers PT 301/ Air-cooled eddy current brake Eggers PT 301
Kraftstoffverbrauch/ Fuel consumption	Kraftstoffwaage AVL 733S/ Fuel balance AVL 733S	DK: Pierburg PLU 401, RK: Endress&Hauser Promass 83 M/ Diesel: Pierburg PLU 401, Rapeseed oil: Endress&Hauser Promass 83 M	Waage Pesa WT BR 210/B3/ Balance Pesa WT BR 210/B3
Kohlenstoffmonoxid CO/ Carbon monoxide CO	Pierburg AMA 2000 (NDIR-Analysator)/ Pierburg AMA 2000 (NDIR-analyzer)	Horiba Mexa 7170D (NDIR-Analysator)/ Horiba Mexa 7170D (NDIR-analyzer)	Rosemount Binos 1001 (NDIR-Analysator)/ Rosemount Binos 1001 (NDIR-analyzer)
Kohlenwasserstoffe HC/ Hydrocarbons HC	Pierburg AMA 2000 (HFID-Analysator)/ Pierburg AMA 2000 (HFID-analyzer)	Horiba Mexa 7170D (FID-Analysator)/ Horiba Mexa 7170D (FID-analyzer)	Compur Multi-FID 100 (FID-Analysator)/ Compur Multi-FID 100 (FID-analyzer)
Stickstoffoxide NO _x / Nitrogen oxides NO _x	Pierburg AMA 2000 (CLD-Analysator)/ Pierburg AMA 2000 (CLD-analyzer)	Horiba Mexa 7170D (CLD-Analysator)/ Horiba Mexa 7170D (CLD-analyzer)	Beckmann Industrial 951A (CLD-Analysator)/ Beckmann Industrial 951A (CLD-analyzer)

CO-Emissions

Figure 3 shows a good level of correspondence of the CO emissions between the measuring institutes. This is confirmed by reference to the average variation coefficients (dVarK) which amount to 8.4% in the case of DK and to 6.9% in the case of RK. By far the highest VarK determined for both fuels was in test mode 5. At 22.3% (DK) and 12.9% (RK) this indicates a comparatively high level, especially as the VarK is below 10% for all 7 other (DK) / 6 (RK) test modes. On explanation for the higher VarK in test mode 5 could be that, on changing from test mode 4 (partial load 10%) to 5 (full load 100%), the 10 minute minimum period for a test mode specified in ISO 8178-1 was not always sufficient given stationary operating conditions with a constant level of emissions on a tractor-mounted engine. Dwell times of consistently longer duration in this test mode could possibly increase the reproducibility of the results.

The variation coefficients (VarK) of the weighted cycle values were 5.9% for DK and 3.1% for RK. This means that they are more than 50% lower than the VarK used for the comparison which was determined in the round-robin test in [9].

In the comparison of the CO emissions between DK and RK the values that emerged for RK were around 7% more favourable. Nevertheless, the only advantages as far as RK was concerned were noted in the test modes with a minimum load of 50%. In light load and no-load operation (test modes 4 and 8) the CO emissions in diesel operation were below the level for operation on rapeseed oil.

HC-Emissions

The HC emissions are illustrated in **figure 4**. In accordance with expectations and as a result of the very low absolute emissions values as reported during operation on rapeseed oil fuels in particular, comparatively major relative fluctuations were noted between the individual measurements. The dVarK for DK amounted to 13.4% and for RK it was 40%. Likewise, the max VarK, at 23.5% (DK) and 50.1% (RK), was in many cases higher

than for NO_x and CO. As regards the weighted HC cycle results carried out on the tractor test rig, the VarK amounted to 12.6% for DK as against 35.3% for RK. In [9] a VarK of 17% was determined on the engine test rig for HC.

A comparison of the HC emissions for both fuels shows that, during operation on DK of 4-21 g/h, considerably higher values emerged than was the case with rapeseed oil fuel (1-9 g/h). This can also be seen from a large number of other studies.

Conclusions

The comparative measurements show that the results of the emissions measurements on the tractor demonstrate a good level of correspondence, despite the adoption of a different approach by each of the measuring institutions involved and differences in their measuring equipment. These results fluctuate within the range of values determined on the engine test rig. This applies in particular to specific fuel consumption as well as for NO_x and CO emissions. It was only the HC emissions related to RK that featured a more pronounced variation between the measurements, something which primarily had to do with the low absolute concentration values.

A further improvement in the reproducibility of the results between different measuring institutes could be achieved if the procedure as regards the emissions measurements were to be specified and standardized. This could, for example, take the form of specifications as regards the structure of the unit under test (open or closed hood), the sampling location or the exact amount of dwell time in the individual test modes.

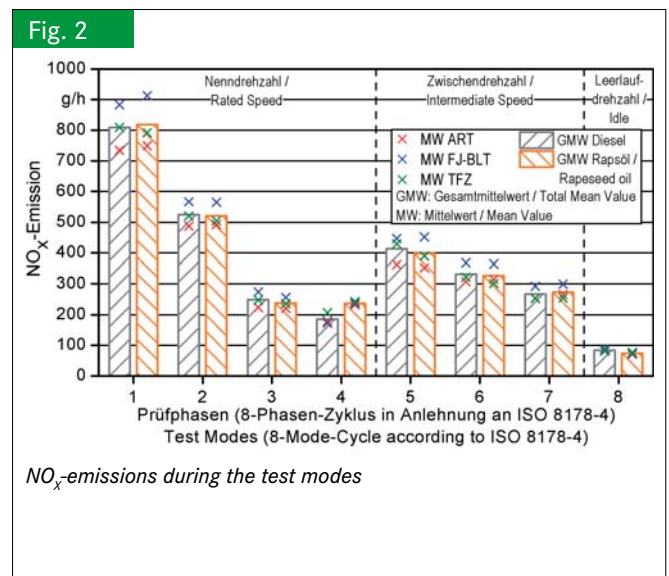
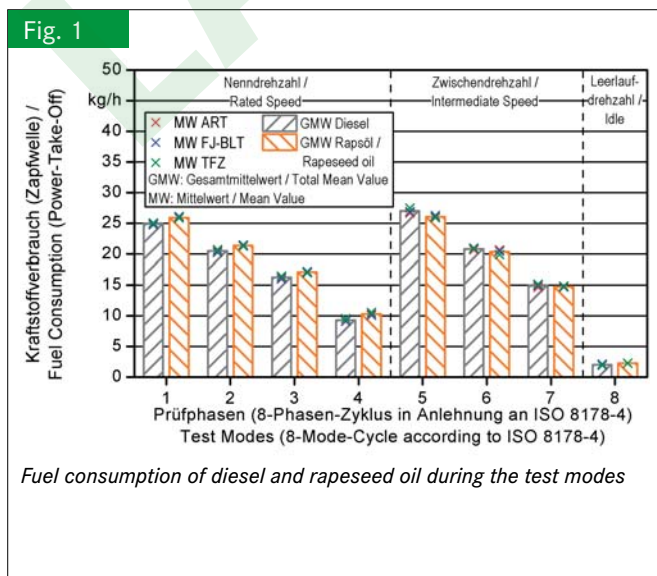
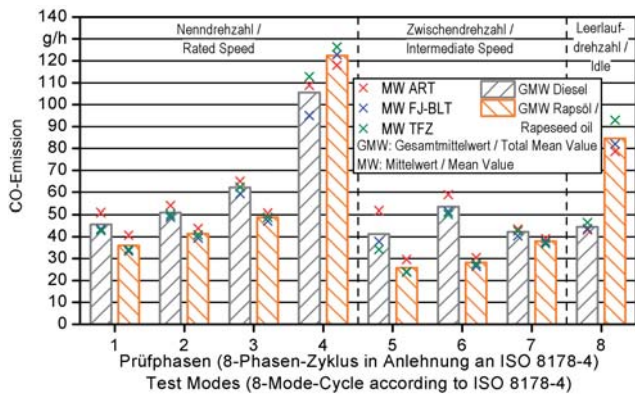
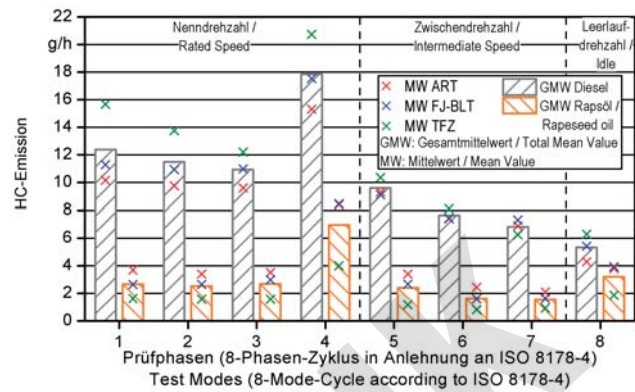


Fig. 3



CO-emissions during the test modes

Fig. 4



HC-emissions during the test modes

Literature

- [1] Richtlinie 2000/25/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Motoren, die für den Antrieb von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen bestimmt sind, und zur Änderung der Richtlinie 74/150/EWG (2000). ABl. Nr. L 173 vom 12.07.2000, zuletzt geändert durch Richtlinie 2005/13/EG (Abl. Nr. L 55 v. 01.03.2005) der Kommission
- [2] Richtlinie 97/68/EG 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 (1997). ABl. Nr. L 59 vom 27.02.1998, zuletzt geändert durch Richtlinie 2004/26/EG (Abl. Nr. L 225 vom 25.06.2004) des Europäischen Parlaments und des Rates
- [3] Deutsches Institut für Normung e. V. (2006): ISO 8178-1 Reciprocating internal combustion engines, Exhaust emission measurement - Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions
- [4] Hassel, E.; Prescher, K.; Berndt, S.; Flügge, E.; Golisch, J.; Harkner, W.; Schumann, U.; Sy, G.; Wichmann, V. (2005): Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöлтаuglichen Traktoren. Abschlussbericht über die Begleitforschung zum Demonstrationsobjekt, Aktenzeichen: 00 NR 200. Hg. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren der Universität Rostock
- [5] Rathbauer, J.; Krammer, K.; Kriechbaum, T.; Prankl, H.; Breinesberger, J. (2008): Rapsöl als Treibstoffalternative in der Landwirtschaft. BMLFUW-LE. 1.3.2/0037-II/1/2006, Forschungsprojekt 1337, Oktober 2003 bis September 2006, Projektverlängerung bis September 2008. Anhang Band I, Anhang Band II, Anhang Band III, Endbericht. Hg. HBLFA Francisco Josephinum; BLT Biomass, Logistic, Technology, Wieselburg, St. Pölten
- [6] Rinaldi, M.; Stadler, E. (2002): Trends im Abgasverhalten landwirtschaftlicher Traktoren. Neue Modelle deutlich sauberer. FAT-Berichte, Nr. 577. Hg. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon
- [7] Thuneke, K.; Gassner, T.; Emberger, P.; Remmele, E. (2009): Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell. Berichte aus dem TFZ, Nr. 17. Hg. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), Straubing
- [8] Deutsches Institut für Normung e. V. (1996): DIN EN ISO 8178-4 Hubkolben-Verbrennungsmotoren, Abgasmessung. Teil 4: Prüfzyklen für verschiedene Motorverwendungen. Berlin, Beuth Verlag
- [9] Stein, H. J.; Herdan, T. (1998): Worldwide Harmonization of Exhaust Emission Test Procedures for Nonroad Engines Based on the International Standard ISO 8178. SAE Technical Paper Series 982034. Edit. Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale

Authors

Dipl.-Ing. (FH) Marco Landis and **Isidor Schiess** are employed at the Agricultural Engineering Systems Research Group at the Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Institute (ART), Tänikon 1, CH-8356 Ettenhausen, E-Mail: marco.landis@art.admin.ch

Dipl.-Ing. Heinrich Prankl, **Ing. Hermann Schaufler** and **Ing. Kurt Krammer** are members of the staff of the Higher Federal Teaching and Research Institute Francisco Josephinum – BLT in Wieselburg (FJ-BLT), Rottenhauser Strasse 1, A-3250 Wieselburg, E-Mail: hermann.schaufler@josephinum.at

Dipl.-Ing. (FH) Peter Emberger and **Dr. Klaus Thuneke** are employed in the Biogenic Fuels, Lubricants and Process Materials Subject Group of the Technologie- und Förderzentrum (Technology and Support Centre) (TFZ), Schulgasse 18, D-94315 Straubing, E-Mail: peter.emberger@tfz.bayern.de

Acknowledgement

The authors would like to extend their thanks to the John Deere Werke Mannheim for making the prototype tractor available to them and for their kind collaboration and to the Forschungsnetzwerk Biogene Kraftstoffe (Research Network for Biogenic Fuels) (ForNeBiK) for supporting the project.

LANDTECHNIK

ISSN 0023-8082

Impressum

Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt

VDMA Fachverband Landtechnik, Frankfurt/Main

Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), Düsseldorf

Bauförderung Landwirtschaft e.V. (BFL), Hannover

Geschäftsführender Herausgeber

Dr. Martin Kunisch (KTBL)
Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt

66. Jahrgang

Redaktionsleitung

Dr. Isabel Kriegseis und Barbara Meyer (KTBL)
Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt
Telefon 06151 7001-127, Fax 06151 7001-123
E-Mail: landtechnik@ktbl.de

© Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des KTBL unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Gewähr übernommen werden.

Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. T. Amon, Prof. Dr. H. Bernhardt, Prof. Dr.-Ing. S. Böttinger, Prof. Dr. habil. G. Breitschuh, Prof. Dr. habil. W. Büscher, Dr. M. Demmel, Prof. Dr. R. Doluschitz, Dr.-Ing. D. Ehlert, Prof. Dr. L. Frerichs, PD Dr. E. Gallmann, Prof. Dr.-Ing. M. Geimer, Dr. H. Georg, Dr. M. Geyer, Prof. Dr. J. Hahn, Prof. Dr. O. Hensel, Prof. Dr.-Ing. T. Herlitzius, PD Dr. E. F. Hessel, Prof. Dr. habil. B. Hörning, Prof. Dr.-Ing. B. Johanning, Prof. Dr. T. Jungbluth, Prof. Dr.-Ing. T. Lang, Prof. Dr.-Ing. T. Meinel, Prof. Dr.-Ing. H.-J. Meyer, Prof. Dr. J. Müller, Prof. Dr.-Ing. A. Munack, Dr. S. Neseser, Prof. Dr. T. Rath, Prof. Dr. Y. Reckleben, PD Dr. habil. M. Schick, Prof. Dr.-Ing. P. Schulze Lammers, Prof. Dr. H.-P. Schwarz, Prof. Dr. habil. J. Spilke, Prof. Dr. Ir. H. Van den Weghe, Prof. Dr. K. Vorlop, Dr. J.-K. Wegener, Dr. G. Wendl, Prof. Dr. K. Wild

Briefanschrift

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt
Telefon 0 6151 7001-0, Fax 0 6151 7001-123
E-Mail: ktbl@ktbl.de, www.ktbl.de

Bankverbindung

Volksbank Darmstadt
BLZ 508 900 00
Kto 6432603

Hauptgeschäftsführer (kom.)

Dr. Martin Kunisch

Vertrieb und Anzeigenverwaltung

Claudia Molnar
Telefon 0 6151 7001-119, Fax 0 6151 7001-123
E-Mail: abonement@ktbl.de

Anzeigenpreise/Anzeigenschluss

Gültig sind zurzeit die Media Daten 2014 unter www.landtechnik-online.eu

Erscheinungsweise

Zweimonatlich, jeweils zum Monatsende

Bezugspreise

Inland jährl. 162,60 € einschließlich Versand und MwSt.
Ausland jährl. 165,00 € einschließlich Versand
Normalpost und MwSt., Luftpost gegen Mehrkostenberechnung

Gesamtherstellung

Druckerei Silber Druck oHG, Niestetal

