

Mutagenität der Partikelemissionen von rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren

Die Partikelemissionen eines pflanzenöltauglichen Traktors beim Einsatz von normgerechtem Rapsölkraftstoff weisen ein geringeres erbgutveränderndes Potenzial im Vergleich zu Dieselmotoren auf. Dies sind die Ergebnisse einer Untersuchung des Technologie- und Förderzentrums (TFZ), Straubing. Die Partikelproben wurden am Abgasprüfstand des TFZ beim Betrieb eines Deutz-Fahr Traktors im Leerlauf und in acht repräsentativen Prüfphasen in Anlehnung an die gültigen Abgasprüfvorschriften genommen und am bifa Umweltinstitut mit dem Ames-Test hinsichtlich des mutagenen Potenzials analysiert.

Dipl.-Ing. agr. Klaus Thuneke, Dipl.-Ing. (FH) Peter Emberger, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Gassner sind Mitarbeiter und Dr. Edgar Remmele ist Leiter des Sachgebiets Biogene Kraft-, Schmier- und Verfahrensstoffe im Technologie- und Förderzentrum, Schulgasse 18, D-94315 Straubing; e-mail: poststelle@tfz.bayern.de
Der ausführliche Forschungsbericht, Bericht 14 der Schriftenreihe Berichte aus dem TFZ, steht als Publikation unter www.tfz.bayern.de zur Verfügung. Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, München für die Finanzierung der Untersuchungen sowie dem LVFZ Kringell der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und dem bifa Umweltinstitut, Augsburg, für die hervorragende Zusammenarbeit.

Schlüsselwörter

Rapsölkraftstoff, Traktoren, Abgasemissionen

Keywords

Rapeseed oil fuel, tractors, exhaust gas emissions

Literatur

Literaturhinweise finden sich unter LT 08317 über Internet www.landtechnik-net.de/literatur.htm

Die Nutzung von Rapsölkraftstoff in pflanzenöltauglichen Traktoren kann einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Darüber hinaus bietet die Nutzung von Rapsölkraftstoff weitere Vorteile hinsichtlich des Boden- und Gewässerschutzes, der Erhöhung der Versorgungssicherheit und Steigerung der Wertschöpfung in der Landwirtschaft durch heimische Futtermittel- und Kraftstofferzeugung. Aufgrund der Energiesteuerbefreiung von Rapsölkraftstoff im Bereich der Landwirtschaft bietet sich in vielen Fällen auch die Möglichkeit der Kosteneinsparung im Vergleich zur Nutzung von fossilem Dieselmotoren. Voraussetzung für den zuverlässigen Betrieb ist eine professionelle Umrüstung des Traktors und ein hochwertiger Kraftstoff gemäß DIN V 51605. Rapsölkraftstofftaugliche Traktoren, die direkt von Landmaschinenherstellern angeboten werden, befinden sich derzeit in der Markteinführung, wodurch die Bedeutung von Rapsölkraftstoff noch weiter zunehmen wird. Dabei gewinnen auch nicht hinreichend geklärte Fragestellungen bezüglich der Emissionen von rapsölkraftstoffbetriebenen Dieselmotoren an Bedeutung. Aufgrund von Berichten, wonach beim Einsatz von Rapsölkraftstoff im Vergleich zu Dieselmotoren ein extrem erhöhtes Krebspotenzial bestehe, herrscht in der Öffentlichkeit eine große Verunsicherung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung durch Rapsölkraftstoffemissionen.

Deshalb war es Ziel dieser Untersuchung, einen auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff umgerüsteten Traktor hinsichtlich der Mutagenität der Partikelemissionen zu überprüfen. Zur besseren Interpretation der Ergebnisse wurde zusätzlich auch die Zusammensetzung der Partikel hinsichtlich mutagen und kanzerogen relevanter polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie nitrierter PAK (Nitro-PAK) bestimmt.

Vorgehensweise

Untersucht wurden Proben von Partikelemissionen, die an Filterplättchen in Anlehnung an die Richtlinie 2000/25/EG unter definierten Bedingungen abgeschieden wur-

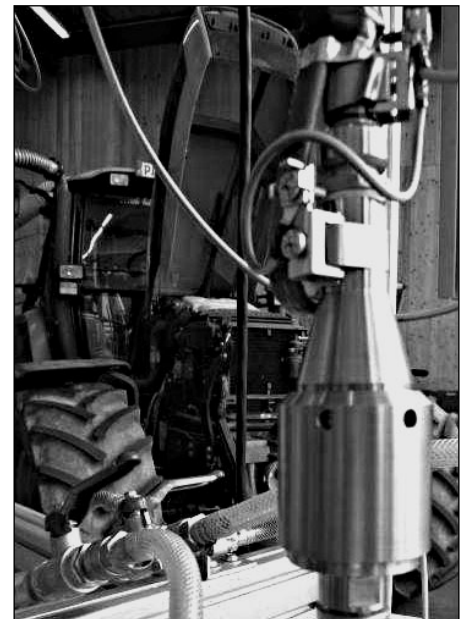


Bild 1: Partikelprobenahme zur Bestimmung der Mutagenität

Fig. 1: Particle sampling for mutagenicity analysis

den. Die Proben von jeweils ~ 30 mg setzten sich aus Einzelproben von insgesamt acht Prüfphasen innerhalb des Motorkennfelds (8-Phasen-Zyklus) zusammen. Weiterhin wurden auch Partikelproben aus dem Leerlaufbetrieb gesondert untersucht. Als Versuchsträger diente ein Deutz-Fahr Traktor Agrottron TTV 1160, der mit einem Eintanksystem der Firma Hausmann auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff umgerüstet war. Die Partikelprobenahme erfolgte am Abgasprüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ), Straubing, beim Betrieb des Traktors mit normgerechtem Rapsöl- und Dieselmotoren (Bild 1). Dabei wurden auch die gesetzlich limitierten Emissionskomponenten sowie die Versuchsbedingungen bei den Partikelprobenahmen erfasst.

Die Erbgut verändernde Wirkung (Mutagenität) sowie die Konzentrationen der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und Nitro-PAK der insgesamt acht Partikelproben (Doppelbestimmungen) wurden am bifa Umweltinstitut, Augsburg, mit Hilfe des Ames-Tests sowie chemischer Analyse bestimmt.

Ergebnisse

Die mutagenen Wirkungen aller Probenextrakte liegen trotz einer Partikelprobenmenge von jeweils ~ 30 mg auf sehr geringem Niveau nahe der Nachweisgrenze.

Ein Vergleich der Ergebnisse zwischen Rapsöl- und Dieseldieselkraftstoff zeigt, dass das mutagene Potenzial der Partikel (jeweils gleiche Partikelmasse) beim Betrieb mit Rapsölkraftstoff über den gesamten Testzyklus etwa 10 bis 60 % und im Leerlaufbetrieb etwa 50 bis 80 % niedriger liegt als mit Dieseldieselkraftstoff (*Bild 2*). Bezogen auf ein einheitliches Abgasvolumen ist die Mutagenität der Partikel beim Betrieb mit Rapsölkraftstoff im Vergleich zum Dieseldieselbetrieb über den gesamten Prüfzyklus um etwa 30 bis 70 % niedriger, im Leerlauf zwischen 20 % höher und 50 % niedriger (*Bild 2*). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass beim Vergleich mit Dieseldieselbetrieb eines Serien-Dieselmotors (anstelle des umgefüteten Motors) abweichende Ergebnisse möglich sind.

Die vorliegenden Ergebnisse werden durch drei weitere voneinander unabhängige Untersuchungen aus dem Jahre 2007 [2, 3, 4, 7] bestätigt (*Tab. 1*). Im Gegensatz dazu ermittelte [1] eine deutlich höhere Mutagenität von Rapsölkraftstoffemissionen im Vergleich zu Dieseldieselkraftstoffemissionen (*Tab. 1*). Diese Untersuchung fand an einem nicht für

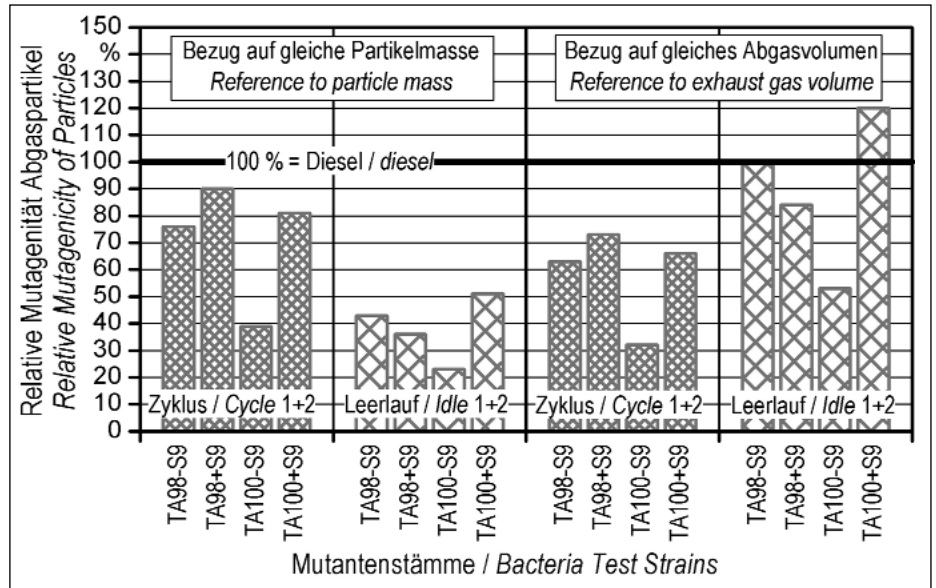


Bild 2: Mutagenität von Abgaspartikeln beim Betrieb eines Deutz-Fahr Traktors mit Rapsöl- im Vergleich zu Dieseldieselkraftstoff im 8-Phasen-Zyklus in Anlehnung an 2000/25/EG und im Leerlauf

Fig. 2: Mutagenicity of exhaust gas particles from a Deutz-Fahr tractor, operated with rapeseed oil and Dieseldiesel fuel at the 8-mode-cycle according to 2000/25/EC and at idle

den Betrieb mit Rapsölkraftstoff angepassten Motor, einem nicht näher definierten Rapsölkraftstoff und an Partikeln statt, die bei einem im Vergleich zu den anderen Studien unterschiedlichen Prüfzyklus und Probenahmeverfahren gesammelt wurden. Die

Abweichungen liegen daher möglicherweise in den speziellen Versuchsbedingungen begründet.

Die Ergebnisse der chemischen Partikelanalysen zeigen, dass die Summe der NitroPAK der Partikelproben eine deutlich höhere Konzentration bei Dieseldieselbetrieb im Vergleich zum Rapsölbetrieb aufweist. Insbesondere die stark mutagen wirksamen Komponenten 2-Nitropyren und 3-Nitrofluoranthen sind bei den Proben aus dem Dieseldieselkraftstoffbetrieb in größerer Menge zu finden. Die höhere Mutagenität im Dieseldieselbetrieb könnte somit zumindest teilweise auf die erhöhten Konzentrationen an NitroPAK zurückgeführt werden.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weisen auf eine geringere Mutagenität der Partikelemissionen beim Einsatz von normgerechtem Rapsölkraftstoff in pflanzenöltauglichen Motoren im Vergleich zum Einsatz von Dieseldieselkraftstoff hin. Zum gleichen Ergebnis kommen auch drei von vier weiteren aktuellen Studien. In zukünftigen Arbeiten gilt es, die relevanten mutagenen Substanzen zu ermitteln sowie die Einflüsse von Motor- und Abgasnachbehandlungssystem, Motorbetriebsweise und Kraftstoffqualität auf die erbgutverändernde Wirkung von Partikelemissionen zu untersuchen. Zudem sind Vorschläge für ein einheitliches methodisches Vorgehen bei der Abgas- und Partikelprobenahme sowie der Laboranalyse zu erarbeiten.

Quelle Reference	Stalder et al. (1994) [5]	Bünger et al. (2007) [1]	bifa i.A.v. ¹⁾ biotec evolvr-ram (2007) [4] [7]	Univ. Rostock / BSL i.A.v. ¹⁾ John Deere (2007) [3]	bifa / TUM i.A.v. ¹⁾ Flughafen München (2007) [2]	TFZ / bifa (2007) [6]
Testzyklus bei Probenahme Test-cycle for sampling	Nennlast <i>nominal load</i>	13-Phasen-Zyklus <i>13-mode-cycle</i>	13-Phasen-Zyklus <i>13-mode-cycle</i>	8-Phasen-Zyklus Phasen einzeln <i>8-mode-cycle single cycles</i>	13-Phasen-Zyklus <i>13-mode-cycle</i>	8-Phasen-Zyklus und Leerlauf <i>8-mode-cycle and idle</i>
Maschine Motor Motortyp Abgasstufe	Traktor KHD; Deutz F4L912W	LKW Mercedes-Benz OM 906 LA Euro III	LKW DAF Euro V truck DAF	Traktor John Deere John Deere 6068 HL Stufe IIIa	-- Mercedes Benz OM 602.900 Euro I	Traktor Deutz-Fahr Deutz BF6M 1013EC Stufe II
Machine Engine Engine type Exhaust stage	tractor KHD; Deutz F4L912W	truck Mercedes-Benz OM 906 LA Euro III	truck DAF Euro V	tractor John Deere John Deere 6068 HL stage IIIa	-- Mercedes Benz OM 602.900 Euro I	tractor Deutz-Fahr Deutz BF6M 1013EC stage II
Anpassung an Rapsölbetrieb Adaptation for rapeseed oil use	Pflanzenöl- tauglichkeit <i>plant oil fuel suitability</i>	Rapsölvorwärmung im Tank (70 °C) <i>fuel pre-heating in tank (70 °C)</i>	Zweitank-System „biotec“ <i>dual fuel system "biotec"</i>	Eintank-System „John Deere/VWP“ <i>single fuel system "John Deere/VWP"</i>	Eintank-System „VWP“ <i>single fuel system "VWP"</i>	Eintank-System „Hausmann“ <i>single fuel system "Hausmann"</i>
Kraftstoff Fuel	Rapsöl, Diesel <i>rapeseed oil, diesel</i>	Rapsöl, Diesel <i>rapeseed oil, diesel</i>	Rapsöl-/Dieselmix, Diesel <i>rapeseed oil-/diesel mixture, diesel</i>	Rapsöl DIN V 51605, Diesel DIN EN 590 <i>rapeseed oil DIN..., diesel DIN EN 590</i>	Rapsöl DIN V 51605, Diesel DIN EN 590 <i>rapeseed oil DIN..., diesel DIN EN 590</i>	Rapsöl DIN V 51605, Diesel DIN EN 590 <i>rapeseed oil DIN..., diesel DIN EN 590</i>
Mutagenität mit Rapsöl bezogen auf die Partikelmasse Mutagenicity with rapeseed oil referring to particle mass	--	--	0,4 bis 0,6 x Dieseldiesel	--	0,4 bis 1,1 x Dieseldiesel	8-Phasen-Zyklus: 0,4 bis 0,9 x Dieseldiesel Leerlauf: 0,2 bis 0,5 x Dieseldiesel 8-mode-cycle : 0,4 to 0,9 x dieseldiesel idle: 0,2 to 0,5 x dieseldiesel
Mutagenität mit Rapsöl bezogen auf das Abgasvolumen Mutagenicity with rapeseed oil referring to ex- haust gas volume	0,1 bis 4 x Dieseldiesel	ohne Vorwärmung: 5 bis 18 x Dieseldiesel mit Vorwärmung: 13 bis 59 x Dieseldiesel without pre-heating: 5 to 18 x dieseldiesel with pre-heating: 13 to 59 x dieseldiesel	--	Prüfphasen 1-6, 8: 0,1 bis 0,9 x Dieseldiesel Prüfphase 7: 0,9 bis 2 x Dieseldiesel test modes 1-6, 8: 0,1 to 0,9 x dieseldiesel test mode 7: 0,9 to 2 x dieseldiesel	--	8-Phasen-Zyklus: 0,3 bis 0,7 x Dieseldiesel Leerlauf: 0,5 bis 1,2 x Dieseldiesel 8-mode-cycle : 0,3 to 0,7 x dieseldiesel idle: 0,5 to 1,2 x dieseldiesel

¹⁾ i.A.v. = im Auftrag von / by order of

Tab. 1: Übersicht über Untersuchungen zur Mutagenität von Abgaspartikeln aus rapsölbetriebenen Motoren

Table 1: Overview about studies on mutagenicity of exhaust gas particles of rapeseed oil fuelled engines

Literatur

- [1] *Bünger, J., et al.*: Strong mutagenic effects of diesel engine emissions using vegetable oil as fuel. *Archives Toxicology*, 81 (2007), no. 8, pp. 599-603
- [2] *Fischer, H., H. Krist und K. Hoppenheidt*: Prüfung der Mutagenität von Inhaltsstoffen partikulärer Abgasbestandteile im Ames-Test. Bericht für die Flughafen München GmbH. bifa Umweltinstitut, Augsburg, 2007, 19 Seiten
- [3] *Hamdorf, H., et al.*: Untersuchungen der Mutagenität von Motorabgasen an einem EURO IIIa Traktormotor im DK-, Biodiesel- und Rapsölbetrieb. *Raps 26* (2008), H. 2 (in Vorbereitung)
- [4] *Krist, H., H. Fischer und K. Hoppenheidt*: Prüfung der Mutagenität von Inhaltsstoffen partikulärer Abgasbestandteile im Ames-Test. Bericht für bioltec evol-ram GmbH. bifa Umweltinstitut, Augsburg, 2007, 19 Seiten
- [5] *Stalder, K., V. Gerhard und J. Krahl*: Zur kanzerogenen Wirkung von Rußen aus Dieselmotoren im Betrieb mit Rapsöl, RME und Dieselmotorkraftstoff. In: C.A.R.M.E.N. e. V. (Hrsg.): Emissionen von Pflanzenöl-Kraftstoffen und ihre Umweltwirkungen. C.A.R.M.E.N. e.V., Rimpar, 1994, S. 30-35
- [6] *Thüneke, K., et al.*: Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff betriebenen Traktors. Berichte aus dem TFZ, Nr. 14. Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing, 2007, 97 Seiten
- [7] *Weilhammer, U.*: Abgase und Pflanzenkraftstoffe. Neueste Untersuchungen und Lösungen zum Thema "Mutagenität". In: nova-Institut GmbH (Hrsg.): Erster Internationaler Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen, Tagungsband, Messe Erfurt, 6.-7. September 2007. nova-Institut, Hürth, 2007, S. 205-226