

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 83 (2021)
Heft: 1

Artikel: Weniger Emissionen dank Pflanzenöl
Autor: Hunger, Ruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1082172>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Rapsöl als Treibstoff hat dezentral und regional Potenzial, den Dieseltreibstoff abzulösen. Bild: agrarfoto.com

Weniger Emissionen dank Pflanzenöl

Welches Potenzial hat der Einsatz von reinem Pflanzenöl zum Antrieb von Landmaschinen? Diese berechtigte Frage stellt sich insbesondere, weil immer wieder zu lesen ist, dass die Landwirtschaft enorme Möglichkeiten hat, eine treibende Kraft bei der Entwicklung, Produktion und Anwendung erneuerbarer Energien zu sein.

Ruedi Hunger

Fachleute nennen es zirkuläre Wertschöpfung, wenn die Landwirtschaft ihre Rolle als Energieerzeuger wahrnimmt und regional erzeugtes Rapsöl als Treibstoff nutzt. Neu ist die Idee nicht, aber warum scheiterte die grossflächige Anwendung bisher? Welche Eigenschaften hat ein Treibstoff aus Rapsöl und mit welchen realen Emissionen ist zu rechnen?

Die Landwirtschaft ist der einzige Wirtschaftsbereich, der nicht nur Energie verbraucht, sondern auch Energie in nennenswertem Umfang produziert. Nach

den Berechnungen der VDI-Gesellschaft «Technologies of Life Sciences» liesse sich der Kraftstoffbedarf der deutschen Landwirtschaft durch den Anbau und die Verwertung von 1,2 Mio. ha decken. Diese Fläche entspricht rund 8% der landwirtschaftlichen Fläche. «Das ist etwa die Fläche, die in der Zeit vor der Motorisierung der Landwirtschaft für die Ernährung der tierischen Zugkräfte benötigt wurde», sagt Professor Peter Pickel, VDI-Vorsitzender des Fachbereichs Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik. An den technischen

Voraussetzungen scheitert die regionale Produktion und Anwendung von reinem Pflanzenöl nicht. Es gibt mehrere technische Lösungen für den Einsatz von reinem Rapsöl in Motoren. Pickel betont, dass die grossflächige Anwendung bisher an den politischen Rahmenbedingungen scheitert.

Lebensmittel oder Treibstoff?

Die dezentrale/regionale Produktion und Anwendung von Pflanzenöl (Rapsöl) kann das Dilemma «Lebensmittel oder Treib-

stoff» in «Lebensmittel und Treibstoff» ändern. Schliesslich sind zwei Drittel des Ertrags in Form von Rapskuchen ein hochwertiger Proteinträger für die Tierernährung, der anstelle von Sojabohnen importiert aus dem Ausland eingesetzt wird. Die Selbstversorgung mit Biokraftstoff ist sicher nicht die abschliessende Lösung für die Mobilität von morgen, aber sie kann neben der besseren Umweltbilanz in Krisensituationen die systemrelevante Landwirtschaft stärken.

Rapsöltraktoren ab Werk

Pickel, der neben seiner Tätigkeit beim VDI am europäischen Forschungsstandort von John Deere in Kaiserslautern arbeitet, hat auf Anfrage zum Pflanzenöleinsatz in Traktoren folgendermassen Stellung genommen: «Aus Sicht von John Deere möchte ich feststellen, dass wir im Rahmen des Bayerischen Förderprogramms «RapsTrak» in den Jahren 2016 bis 2017 mit Rapsöl betriebene Traktoren ab Werk in unserer Preisliste hatten. Diese wurden mit erweiterter Garantie angeboten. Leider hat dies seinerzeit nicht dazu geführt, dass eine gesteigerte Marktnachfrage entstanden ist, was hauptsächlich dem damals eingetretenen Verfall des Dieselpreises geschuldet war. Inzwischen ist in Deutschland die unsichere rechtliche Situation hinsichtlich der Energiesteuerrückvergütung der «Showstopper», denn ab 1.1.2021 wird nach aktueller Lage für Rapskraftstoff keine Rückvergütung mehr gewährt (bisher 45 €/t/l), während für Diesel weiterhin 21 €/t/l rückvergütet

Kraftstoffarten und Begriffe

Kraftstoffart	Norm	Kurzbezeichnung	Bemerkung/Ergänzung
Dieseldieselkraftstoff	DIN EN 590	B7	max. 7 Volumenprozent Fettsäuremethylester
B10-Dieseldieselkraftstoff	DIN EN 16 734	B10	max. 10 Volumenprozent Fettsäuremethylester
«Biodiesel» (FAME)	DIN EN 14 214	B100	Fettsäuremethylester
Dieseldieselkraftstoff aus Synthese oder Hydrierverfahren	DIN EN 15 940	HVO	
Rapsölkraftstoff	DIN 51 605	R100	Beide Normen beschreiben Kraftstoffe aus pflanzlichen Ölen (keine chemische Veränderung).
Pflanzenölkraftstoff	DIN 51 623	P100	
Unverbleite Ottokraftstoffe	DIN EN 228	E5, E10	max. 5 bzw. 10 Volumenprozent Ethanol
Ethanolkraftstoff (E85)	DIN EN 15 293	E85	Ethanol ist Hauptkomponente mit nominal 85 Volumenprozent.

werden. Dieser Effekt wird nur teilweise durch die CO₂-Bepreisung in der EU kompensiert. Die Branchenplattform und andere NGO bemühen sich argumentativ, diese umweltpolitisch absurde Situation zu korrigieren beziehungsweise abzuwenden.»

TFZ als Forschungsstandort

Auf wissenschaftlicher Ebene befasst sich derzeit praktisch nur das Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing (Deutschland) mit Pflanzenöl als Motorbetriebsstoff. Die Forschungsarbeiten am TFZ zeigen, dass besonders gute Erfah-

rungen beim Einsatz von Pflanzenölkraftstoff in 6-Zylinder-Traktormotoren gemacht werden, die bei hoher Last betrieben werden. Weniger bekannt ist das Betriebsverhalten von 4-Zylinder-Motoren mit Common-Rail-Einspritzung, die häufig für Hof- und Frontladerarbeiten unter Teillast und auch im Winter eingesetzt werden.

Die Forschungsarbeiten der jüngsten Vergangenheit sind in den «Berichten aus dem TFZ» 50, 60, 62 und 63 verfasst. Herstellerseitig engagiert(e) sich vor allem John Deere Europa im Forschungsbereich von Pflanzenölkraftstoff.

Eigenschaften von Rapsöl

Neben der Treibstoff-Viskosität spielen für die Motorentwicklung vor allem die Siedetemperatur und die Oberflächenspannung des Treibstoffs eine entscheidende Rolle. Während Dieselöl ab einer Temperatur von etwa 180 °C zu verdampfen beginnt, ist für Rapsöl eine Temperatur zwischen 300 und 320 °C notwendig.

Zirkulare Wertschöpfung

- vermeidet oder verwertet Abfälle durch eine entsprechende Gestaltung von Materialien, Produkten, Systemen und Geschäftsmodellen
- integriert Stoffstrommanagement und Energiesystem auf nachhaltige Weise
- minimiert Klima- und Umweltbelastung ganzheitlich

Quelle: VDI



Bei hohen Betriebstemperaturen ist auch eine hohe Effizienz des Abgasnachbehandlungssystems messbar. Bild: John Deere



Emissionsmessungen unter realen Betriebsbedingungen bringen die Wahrheit an den Tag.

Bild: TFZ

Das Siedeende ist bei Diesel und Rapsöl bei 350 °C. 85 % des Dieseltreibstoffs verdampfen in einem Bereich von 180 °C bis 250 °C. Nur 15 % verdampfen bei Temperaturen zwischen 250 °C und 350 °C.

Die Oberflächenspannung beeinflusst die Spraybildung der Kraftstoffe. Eine grosse Oberflächenspannung erfordert mehr Energie, um die Tropfenanzahl und damit die Tropfenoberfläche zu vergrössern sowie den Tropfendurchmesser zu verkleinern. Durchschnittlich ist die Oberflächenspannung von Diesel um 8 mN/m niedriger als jene von Rapsöl. Dies wiederum ist der Grund für die schlechtere Zerstäubbarkeit von Pflanzenölen.

Nutzen durch Rapsölkraftstoff

Rapsöl ist ein kostengünstiger flüssiger Biokraftstoff. Er ist genormt und in gleichbleibend hoher Qualität verfügbar. Die Motor- und Abgastechnik ist bis zur Abgasstufe 4 in Flottenversuchen erprobt. Mit Common-Rail-Einspritztechnik sind keine verkürzten Motorölwechselintervalle im Vergleich zum Dieseltreibstoff erforderlich. Ein wesentlicher Punkt im Vergleich zu Dieseltreibstoff ist, dass die Treibhausgasemissionen um mindestens 65 % geringer ausfallen.

Pflanzenöltechnik in Traktoren

Zur Umrüstung von Dieselmotoren auf Pflanzenölkraftstoff wurden mehrere Systeme entwickelt. Es existieren Ein- und Zwei-Tank-Systeme mit folgenden Eigenschaften:

• Ein-Tank-System

Das Ein-Tank-System kommt ohne Hilfskraftstoff aus und hat entsprechend nur einen Haupttank. Das System ermöglicht sowohl den ausschliesslichen Einsatz von konventionellem Dieseltreibstoff als auch die Verwendung von 100 % regenerativen Pflanzenölen. Bei niedrigen Temperaturen benötigt das Ein-Tank-System allerdings einen Hilfskraftstoff. Bei winterlichen Ausstemperaturen unter 0 °C kann der Hilfskraftstoff im Haupttank beigemischt werden.

• Zwei-Tank-System

Beim Zwei-Tank-System wird der Motor ausschliesslich bei optimalen Betriebsbedingungen mit Pflanzenöl/Rapsöl betrieben, in Teillastbereichen und in der Kaltstartphase mit Dieseltreibstoff. Diesel wird in der Startphase, zum Spülen der Leitungen vor dem Ausschalten des Motors und für Betriebszustände, die mit Rapsöl kritisch werden können, verwendet.

• Multifuel-Traktor

Bereits 2012 wurde der «Flexfuel»-Traktor als visionäre Lösung vorgestellt. Die Überlegungen dahinter sind, dass sich der Flexfuel- oder Multifuel-Traktor automatisch an verschiedene Treibstoffarten anpasst. In einer Ein-Tank-Lösung soll es möglich sein, Diesel, Biodiesel, Biokraftstoffe oder beliebige Mischungen dieser Kraftstoffe einzusetzen. Der Multifuel-Traktor wird von Fachleuten als bequeme, flexible und kosteneffiziente Lösung für den Einsatz von Biokraftstoffen in landwirtschaftlichen Fahrzeug-Motoren be-

zeichnet. Die Kraftstoffart wird von einem Sensorsystem erkannt, und das intelligente Motorsteuersystem passt die eingespritzte Kraftstoffmenge, den Einspritzzeitpunkt und die Abgasrückführungsrate automatisch an die variablen Kraftstoffarten an.

Korrigierte Minderleistung

Bei Common-Rail-Motoren ist bei gleicher Motoreinstellung häufig eine geringere Motorleistung als mit Dieseltreibstoff festzustellen. Grund ist, dass die Einspritzmenge in erster Linie durch die Bestromungsdauer des Injektoröffnungsventils bestimmt wird. Bei Verwendung von Rapsöl, oder Pflanzenöl generell, kann der Durchfluss im Injektor geringer sein als mit Dieselöl. Dadurch ist der Masseeintrag in den Brennraum geringer, was zusammen mit dem zusätzlich geringeren volumetrischen Energiegehalt von Rapsölkraftstoff zu einer Minderleistung von bis zu 20 % führen kann. Durch Anpassungen in der Motorsteuersoftware kann diese Minderleistung ohne mechanische Eingriffe ausgeglichen werden.

Emissionsverhalten von Rapsöl

Zur Erfüllung der limitierenden Abgasstufen (3b und 4) wurden primär für die Verwendung von Dieselöl komplexe Abgasnachbehandlungssysteme geschaffen. Rapsöl hat, bedingt durch seine chemische Zusammensetzung, ganz andere physikalische Eigenschaften als Diesel. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Partikelbelastung beim Rapsöl-Betrieb bedingt durch das bessere PM/NOx-Verhältnis (Partikelmasse/Stickoxide-Verhältnis) zu positiven Effekten führt. Beispielsweise reduziert sich in einem Lastpunkt mit Temperaturen über 325 °C die spezifische Partikelfilter-Beladung, während dieser Effekt im Dieseltreibstoff nicht eintritt. Die niedrigeren NOx-Emissionen von Rapsöl haben ein wesentlich besseres Beladeverhalten im Partikelfilter als der fossile Dieseltreibstoff. Nachteilig bei der katalytischen Reaktion zur Regeneration des Partikelfilters sind bei Rapsöl die physikalischen Eigenschaften, die Oberflächenspannung und der Siedeverlauf. Allerdings ist noch wenig bekannt, wie sich der Einsatz von Pflanzenöl in Traktoren (Abgasstufe 5) auf Anzahl und Verteilung der Partikelemissionen auswirkt.

Reale Emissionen

Das Interesse an Emissionsmessungen unter realen Betriebsbedingungen ist in den

letzten Jahren stark gestiegen. Gefördert wurde dieses Interesse durch die Verfehlungen der Autoindustrie, die es verstand, Motoren speziell auf die Anforderungen des Prüfzyklus am Motorenprüfstand abzustimmen. Grund ist das Wissen darum, dass sich Emissionen unter realen Betriebs- und Umweltbedingungen im Vergleich zu den Prüfstandsmessungen nur zu einem geringen Teil mit den möglichen Betriebszuständen und Einflussparametern decken. Die bisherige Datengrundlage sowohl für dieselbetriebene als auch für rapsölbetriebene Traktoren der Abgasstufe 4 unter realen Praxisbedingungen war gering. Mit einem portablen Emissionsmesssystem (PEMS) haben Fachspezialisten am TFZ das Emissionsverhalten eines Traktors mit Abgasstufe 4 bei Verwendung von Rapsölkraftstoff beim Pflügen im Feld und parallel dazu am Traktorenprüfstand ermittelt. Der Biokraftstoff Rapsöl kam zum Einsatz, weil er bereits verfügbar und als THG-einsparende Alternative zum Dieselöl bekannt ist. Mit regional erzeugtem Rapskraftstoff nach «DIN 51605» können bis zu 80 % der THG-Emissionen eingespart werden. Insbesondere beim Pflügen mit durchgehend hohen Betriebstemperaturen wurde eine dauerhaft hohe Effizienz des Abgasnachbehandlungssystems mit entsprechend tiefen Emissionen gemessen. Während bei RDE-Messungen (Real Driving Emissions) die Emissionswerte überwiegend tiefer ausfallen als bei Prüfzyklen am Prüfstand, unterscheidet sich das Emissionsverhalten von Diesel- und Rapsölkraftstoff am Prüfstand kaum. Einerseits ist für das Emissionsverhalten das Zusammenspiel von Kühlwasser- und Abgastemperatur innerhalb eines Lastprofils massgebend, andererseits beein-

flussen die Auslegung und der Betriebszustand der Abgasnachbehandlung die Emissionen.

Das TFZ in Straubing hat ab Juli 2015 bzw. Juni 2016 insgesamt 20 Traktoren (Fendt, Deutz, John Deere) mit Motoren der Abgasstufe 1 bis 4 einem Langzeitmonitoring unterzogen (Resultate im TFZ-Bericht 60/2019).

Fazit

Rapsölkraftstoff im Verbrennungsmotor ist ein System, das ausgereift ist, auch wenn aktuell nur wenige Rapsöl-Motoren

auf dem Markt sind. Als «Showstopper», wie sich Prof. Peter Pickel ausdrückt, wirkt sich insbesondere in Deutschland die aktuelle Politik negativ auf die zirkuläre Wertschöpfung von Rapsöl als Treibstoff aus. Wenn die politischen beziehungsweise die preislichen Rahmenbedingungen nicht stimmen, hat der Landwirt kein Interesse. Und wenn der Landwirt nicht interessiert ist, verkauft der Handel keine entsprechenden Traktoren, und als weitere Auswirkung bleiben Entwicklungs- und Forschungsarbeiten weitgehend aus.



PEMS-Aufbau am Heck eines Harvesters im Praxiseinsatz. Bild: TFZ

Chemische und physikalische Eigenschaften von Kraftstoffen

Kraftstoffe	Dichte bei 15 °C (kg/l)	Heizwert		Kinematische Viskosität bei 20 °C mm ² /s	Cetanzahl	Oktanzahl	Flammpunkt °C
		MJ/kg	MJ/l				
Dieselmkraftstoff	0,83	43,1	35,8	5,0	52		80
Rapsölkraftstoff	0,92	37,6	34,6	74,0	45		220
Biodiesel (FAME)	0,88	37,1	32,7	4,5	56		120
HVO (hydrierte Pflanzenöle)	0,78	44,1	34,4	4,0	70–90		60
Ottokraftstoff (Benzin)	0,74	43,9	32,5	0,6		95	<21
Ethanol (E85)	0,78	29,0	22,6	1,5		>100	<21