

Emissionen Rapsöl betriebener Dieselmotoren

Kraftstoffe auf Pflanzenölbasis haben aufgrund wesentlicher Umweltvorteile an Bedeutung gewonnen. Zur Auswirkung dieser Kraftstoffe auf das Emissionsverhalten wurden 20 Literaturstellen ausgewertet. Danach weisen die ermittelten Emissionen bei den speziell für Pflanzenöl optimierten Motoren entweder nur geringfügige Unterschiede oder Vorteile beim Einsatz von Pflanzenöl gegenüber Dieselmotoren auf. Anders sieht es bei konventionellen Dieselmotoren aus.

Die Verwendung von Kraftstoffen auf Pflanzenölbasis, sei es in Form von Pflanzenölmethylester in konventionellen Dieselmotoren oder als naturbelassenes Pflanzenöl in pflanzenötauglichen Motoren, trägt zur Schonung endlicher Ressourcen bei und entlastet die Umwelt durch einen geringeren CO₂- und SO_x-Eintrag in die Atmosphäre als fossile Kraftstoffe. Aufgrund der guten biologischen Abbaubarkeit eignen sich Pflanzenöle besonders gut für den Einsatz in umweltsensiblen Gebieten und können dabei einen Beitrag zum Boden- und Gewässerschutz leisten. Trotz dieser bedeutenden Umweltvorteile von Pflanzenölkraftstoffen sind schädliche Auswirkungen von Emissionen, wie etwa unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Stickstoffoxide oder Partikel auf Umwelt und Mensch möglichst gering zu halten. Die Zusammensetzung des Abgases hängt maßgeblich vom Ablauf der Verbrennung im Motor, den Maßnahmen zur Emissionsminderung und den Kraftstoffmerkmalen ab (Bild 1). Weil sich Pflanzenölkraftstoffe in ihren Inhaltsstoffen und Eigenschaften (Fettsäurezusammensetzung, Viskosität, Flammpunkt, Elementgehalte) grundlegend von mineralischem Dieselmotorkraftstoff unterscheiden, ist ein verändertes Emissionsverhalten zu erwarten. Um beurteilen zu können, welche Vor- und Nachteile sich bei der Verwendung von Pflanzenöl an-

stelle von Dieselmotorkraftstoff hinsichtlich der Abgase ergeben können, werden nachfolgend bisherige Erkenntnisse zum Emissionsverhalten von Pflanzenöl dargestellt.

Literaturrecherche

Insgesamt wurden 20 Literaturstellen aus den Jahren 1989 bis 1997 ausgewertet [7]. Als Kraftstoff fand hauptsächlich Rapsöl in unterschiedlichen Aufbereitungsformen und Qualitäten Verwendung. Zum Einsatz kamen Motorentypen verschiedener Leistungsklassen (13 bis 160 kW) und Bauarten, die in unterschiedlichem Maße für den Betrieb mit Rapsöl geeignet waren. Je nach angewandtem Abgasprüfverfahren ergeben sich testspezifische Emissionswerte, die nicht miteinander verglichen werden können. Aufgrund der insgesamt geringen Datenbasis, werden die Abgaskonzentrationen nicht absolut, sondern relativ zu Dieselmotorkraftstoff angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

In Bild 2 sind die Ergebnisse der Literaturrecherche zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die aus den Literaturangaben gemittelten Konzentrationen von Kohlenmonoxid (CO), unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und der Partikelmasse beim Einsatz von Pflanzenöl etwa um 50 % über den Emissionen von Dieselmotorkraftstoff liegen. Eine Erhöhung der Konzentrationen von CO, HC und der Partikelmasse im Abgas bei der Verbrennung von Pflanzenölkraftstoff über das Niveau bei Dieselmotoren kann auf „unangepasste“, nur bedingt pflanzenötaugliche Motoren zurückgeführt werden. Aufgrund der für den niedrig viskosen Dieselmotorkraftstoff konzipierten Motoren wird das Kraftstoff/Luft-Gemisch im Brennraum nur ungenügend aufbereitet, wodurch es unvoll-

Schlüsselwörter

Pflanzenöle, Dieselmotoren, Emissionsverhalten

Keywords

Vegetable oils, diesel fuel, emission characteristics

Dipl.-Ing.agr. Klaus Thuncke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik (Vorstand: Prof. Dr. Dr. h.c. (AE) H. Schön), Vöttinger Straße 36, 85354 Freising, e-mail: thuncke@tec.agrar.tu-muenchen.de. Die Arbeiten wurden vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz gefördert.

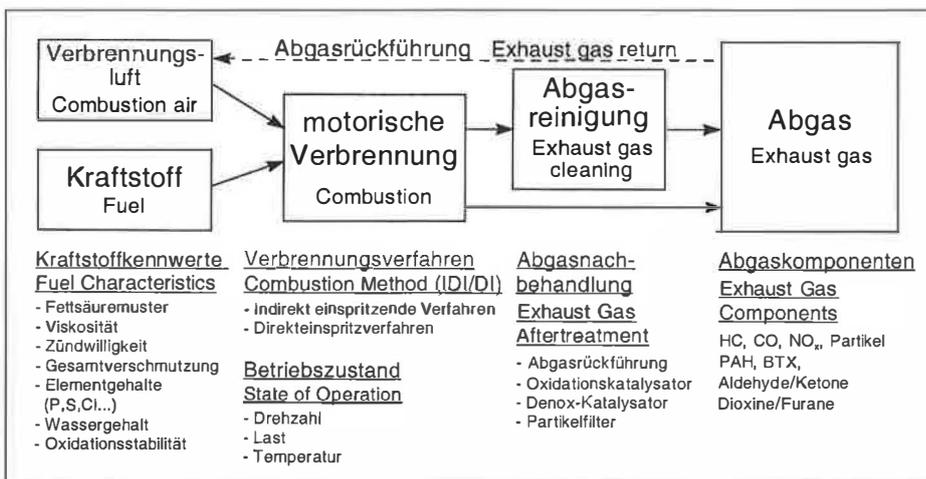


Bild 1: Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung von Abgasemissionen

Fig. 1: Effects on the composition of exhaust gas emissions

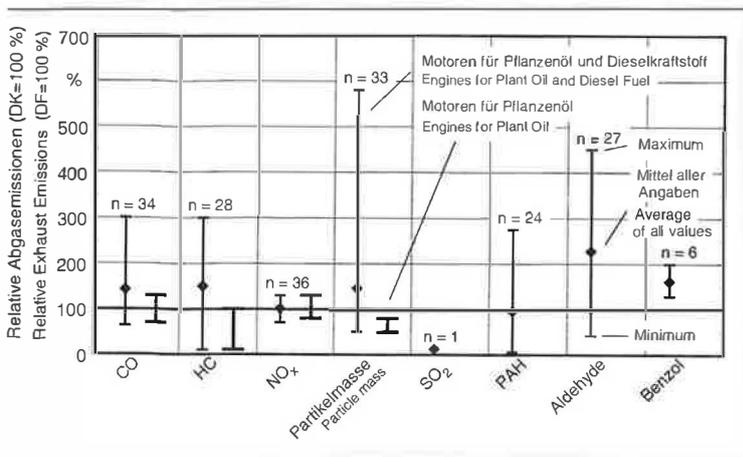


Bild 2: Abgasemissionen pflanzenölbetriebener Dieselmotoren im Vergleich zu Dieselmotoren – Literaturrecherche

Fig. 2: Exhaust gas emissions of diesel engines fuelled with vegetable oil, compared to diesel fuel operated engines – bibliographic references

ständig verbrennt. Zudem erschwert der höhere Siedepunkt von Rapsöl das Abdampfen des Kraftstofffilms von den Brennraumwänden des Motors, was die Entstehung unverbrannter oder teilverbrannter Kohlenwasserstoffe begünstigt (vor allem im unteren Lastbereich oder bei kaltem Motor). Durch eine veränderte Einspritztechnik (Düsenbauweise, höherer Einspritzdruck), Verlegung des Zündzeitpunkts sowie Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses kann der Verbrennungsprozess für Pflanzenöl verbessert werden, so dass bei einem optimierten Motor die Konzentrationen von CO und HC sowie der Partikelmasse im Abgas gleich hoch oder auch niedriger sein können als bei Dieselmotoren (Bild 2). Hierbei kann sich der im Pflanzenölmolekül enthaltene Sauerstoff und der äußerst geringe Schwefelgehalt von Pflanzenöl positiv auf die Reduzierung der Emissionen (vor allem Partikel) auswirken.

Zu den wichtigsten Faktoren, die die Entstehung von Stickstoffoxidemissionen (NO_x) begünstigen, gehören hohe Brennraumtemperaturen, großes Sauerstoffangebot sowie genügend für die Bildung zur Verfügung stehende Zeit. Diese Bedingungen wirken sich gleichzeitig emissionsmindernd auf die HC-Emissionen aus, so dass eine HC-optimierte Motoreinstellung immer mit einem Anstieg von NO_x verbunden ist und umgekehrt. Die vorliegende Literaturschau ergibt nur geringfügige Unterschiede der NO_x-Konzentration beim Einsatz von Pflanzenöl im Vergleich zu Dieselmotoren. Trotz der im allgemeinen höheren Brennraumtemperaturen bei Pflanzenölmotoren kann schnelleres Verbrennen des Pflanzenölkraftstoffs im Motor (geringe Temperaturspanne zwischen Siedebeginn und Siedende) einer thermisch bedingten NO_x-Erhöhung entgegenwirken. Die NO_x-Emissionen eines für Pflanzenöl optimierten Motors sind im unteren Lastbereich und bei mittlerer Drehzahl häufig niedriger, unter Vollast dagegen höher als bei einem optimalen Dieselmotor [1].

Der im Vergleich zu mineralischem Diesel deutlich niedrigere Schwefeldioxid-Ausstoß bei der Verwendung von Pflanzenölkraft-

stoffen ist auf deren annähernde Schwefelfreiheit zurückzuführen. Aufgrund des von Natur aus geringen Schwefelgehalts sind Pflanzenölkraftstoffe besonders gut für den Einsatz in Verbindung mit Oxidationskatalysatoren geeignet.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) entstehen in den sauerstoffarmen Bereichen einer Flamme bei hohen Temperaturen und in kurzer Reaktionszeit. Die Summe der emittierten PAH entspricht im Mittel aller ausgewerteten Literaturstellen in etwa den Angaben für Dieselmotoren. Bei Betrachtung aller 24 Einzelangaben sind sowohl deutlich niedrigere aber auch bis zu 2,8mal so hohe PAH-Werte feststellbar (Bild 2). In mehreren Untersuchungen konnte beim Einsatz von Pflanzenöl ein deutlicher Rückgang insbesondere der als kanzerogen eingestuft oder verdächtigten PAH-Komponenten nachgewiesen werden [3, 4].

Die Aldehydemissionen stehen im Verdacht, den bei der Verbrennung von Pflanzenöl typischen Abgasgeruch zu verursachen. Als Zwischenprodukt bei der Oxidation von Kohlenwasserstoffen verhält sich die Konzentration von Aldehyden im Abgas prinzipiell ähnlich der von unverbrannten Kohlenwasserstoffen. Die ausgewerteten Literaturstellen zeigen jedoch bei der motorischen Verbrennung von Pflanzenölkraftstoffen einen Anstieg bei den Aldehyden im Durchschnitt auf mehr als das Doppelte im Vergleich zu Dieselmotoren, was teilweise auf den höheren Sauerstoffanteil im Kraftstoff zurückgeführt werden kann [6]. Durch die Verwendung von aufgeladenen Motoren sowie beim Einsatz von Oxidationskatalysatoren können die Aldehydemissionen deutlich reduziert werden.

Fazit

Durch den Einsatz von Pflanzenölen kann aufgrund einer Reihe von Vorteilen (etwa günstigere CO₂-Bilanz, gute biologische Abbaubarkeit) ein Beitrag zur Entlastung der Umwelt geleistet werden. Die Abgasemissionen können beim Einsatz von naturbelas-

ten Vorteilen gegenüber Dieselmotoren aufweisen. Die angestrebte weitere Reduzierung der Emissionen ist am besten durch eine gegenseitig abgestimmte Weiterentwicklung von Kraftstoff, Motor und Abgasreinigung zu erreichen. Insbesondere bei Pflanzenöl kann der Verbesserung der Kraftstoffqualität ein großes Potential eingeräumt werden, da sich während des Produktionsverfahrens zahlreiche Optimierungsmöglichkeiten bieten.

Untersuchungen zum Emissionsverhalten RME-betriebener Motoren liefern tendenziell vergleichbare Ergebnisse auf breiterer Datenbasis [2]. Bei moderner Motor- und Katalysatortechnik ergeben sich auf generell sehr niedrigem Emissionsniveau nur noch geringfügige Unterschiede zwischen RME- und Dieselmotoren.

Literatur

Bücher sind mit • gekennzeichnet

- [1] Kampmann, J.: Dieselmotor mit Direkteinspritzung für Pflanzenöl. MTZ Motortechnische Zeitschrift, 54, (1993), Nr. 7/8, S. 378 – 383
- [2] Kern, C. und B.A. Widmann: Bewertung der Emissionen von Dieselmotoren beim Betrieb mit Kraftstoffen auf Pflanzenölbasis und mineralischem Dieselmotoren – Datenauswertung der bisherigen Labor- und Flottenversuche. Abschlussbericht für das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, November 1998
- [3] Krah, J. und G. Vellguth: Vergleichende Untersuchungen von Leistung, Verbrauch und Emissionen der verschiedenen Motorkonzepte. Bericht zum erweiterten Versuchsvorhaben mit Rapsölmotoren des Landes Niedersachsen. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), 1993, 147 S.
- [4] • May, H., W. Dietrich, U. Hattingen und C. Birkner: Emissionsverhalten pflanzenölbetriebener Dieselmotoren. In: VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hrsg.): Pflanzenöle als Kraftstoffe für Fahrzeugmotoren und Blockheizkraftwerke; VDI-Berichte 1126. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1994, S. 183 – 204
- [5] • Prescher, K. und A. Stanev: Die Aldehydemission von Dieselmotoren in Abhängigkeit von der Kraftstoffqualität und Maßnahmen zur Verringerung. In: Essers, U. (Hrsg.): Dieselmotorentechnik 98, Expert-Verlag, Renningen-Malmsheim, 553, 1997, S. 152 – 173
- [6] Schulz, H., G. Bandeira de Melo und F. Ousmanov: Volatile Organic Compounds and Particulates as Constituents of Diesel Engine Exhaust Gas. Fuels, 1st International Colloquium, 16. and 17. 1.1997; Ed. Bartz, W.J.; Esslingen, Germany, S. 111 – 123
- [7] Thüneke, K.: Emissionsverhalten von pflanzenölbetriebenen BHKW-Motoren in Abhängigkeit von den Inhaltsstoffen und Eigenschaften der Pflanzenölkraftstoffe sowie Abgasreinigungssystemen. Abschlussbericht für das Bayerische Landesamt für Umweltschutz, Dezember 1998