



Hochschule Offenburg
University of Applied Sciences

Untersuchungsbericht / Veröffentlichung

**Grundlagen Pflanzenöle als Kraftstoff
Dieselruß / Umrüstung**

Hochschule Offenburg, Badstraße 24, 77652 Offenburg,
Tel:+49 (0)781 /205-248, Fax:+49 (0)781 /205-242,
E-Mail: benjamin.dorn@fh-offenburg.de , Web: www.fh-offenburg.de,

www.biokraftstoffforschung.de

Inhaltsverzeichnis

1	GRUNDLAGEN	3
1.1	DIESELRUßPARTIKEL	3
1.2	DIESEL-KRAFTSTOFFE	5
1.2.1	<i>Diesel</i>	5
1.2.2	<i>Pflanzenöle</i>	6
1.3	AUFBAU EINES COMMON-RAIL-SYSTEMS	8
1.4	PFLANZENÖLUMRÜSTUNG	10
2	LITERATURANGABEN	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

1 Grundlagen

In diesem Kapitel werden Begriffe erläutert, die für ein besseres Verständnis der Diplomarbeit bekannt sein sollten. Die Erklärungen bauen auf den Kenntnissen und dem Stand der Technik zum zeitlichen Beginn der Diplomarbeit auf und werden vom Autor selbst als Ausgangspunkt für die Arbeit genommen.

Zuerst wird der Begriff „Dieselrußpartikel“ erklärt, da das Hauptinteresse der Diplomarbeit an der umfassenden Analyse desselben liegt. Es folgen Literaturwerte von Diesel und von den verwendeten Pflanzenölen. Eine Beschreibung des Aufbaus eines Common-Rail-Systems und der vorgenommenen Veränderungen am Kraftstofffördersystem für den Betrieb mit Pflanzenöl schließen das Kapitel ab.

1.1 Dieselrußpartikel

Der Teil „Diesel“ in der Bezeichnung „Dieselrußpartikel“ bezieht sich auf das Verbrennungsverfahren, nicht auf den Kraftstoff Diesel. So kann der Begriff auch beispielsweise für Rußpartikel aus der dieselmotorischen Verbrennung von (Pflanzen-) Ölen verwendet werden.

Dieselrußpartikel sind nach **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** kleine Festkörper, vom Aufbau Rußkerne mit angelagerten Verunreinigungen wie z.B. Metalloxiden, die aus einigen hundert bis mehreren zehntausend Atomen bestehen. Die Primärpartikel mit Größen von 10 nm bis 30 nm hängen dabei oft als Agglomerate, kettenförmig aneinander gereihte Primärpartikelansammlungen, zusammen und bilden so größere Rußaggregate von 20 nm bis 1 µm, wie sie schematisch in Abbildung 1.1-1 dargestellt werden.

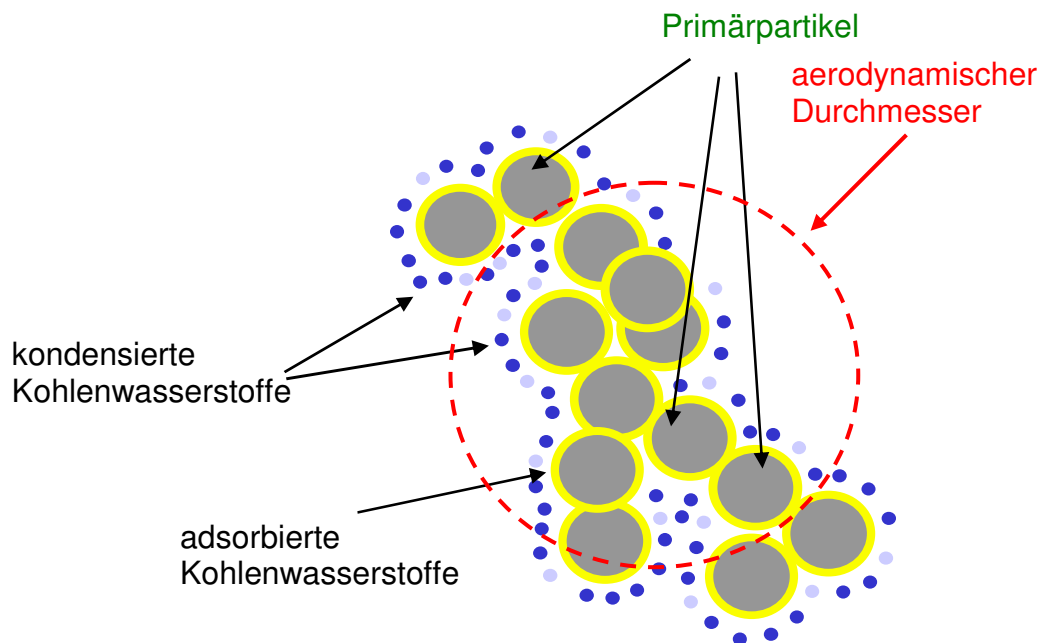


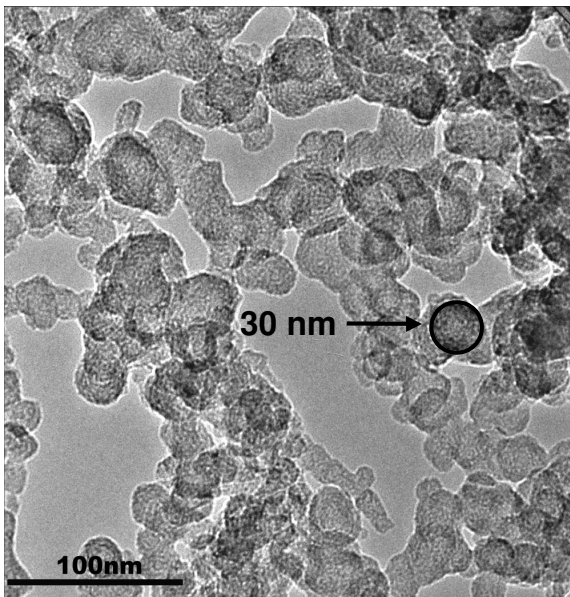
Abbildung 1.1-1: schematische Darstellung Partikelbau **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

Bei Stoffen dieser Größenordnung, in Gasen transportiert, spricht man generell von Aerosolen. Sie sind, im Gegensatz zu Nanopartikeln, die für bestimmte Zwecke bewusst hergestellt werden und als Werkstoffe bezeichnet werden können, ein unerwünschtes Abfallprodukt, da sie unter anderem durch ihre lungengängige Größe gefährlich für den Menschen sind. Durch das Einatmen gelangen winzige Russpartikel in die Atemwege. Dabei sind die Partikel nur Trägerstoffe, die Kohlenwasserstoffaromaten bis in die feinsten Verästelungen der Lunge transportieren, denen schädigende weil kanzerogene Wirkung zugesprochen wird.

Bemerkung: Neben den Dieselrußpartikeln treten im Abgas von Verbrennungsmotoren Feststoffpartikel auf, die z.B. aus Motor- und Katalysatorverschleiß resultieren: Eisen, Aluminium, Chrom, Nickel, auch Edelmetalle wie Platin, Rhodium und Palladium. Diese werden in dieser Arbeit aber wegen ihres sehr geringen Anteils an den Emissionen nicht näher Betrachtet.

Bei der Verwendung des Deutz-Motors vom Jahre 1969 wurde anhand von TEM-Aufnahmen festgestellt, dass bei Dieselkraftstoff in jedem Lastzustand ein gleiches Bild zu beobachten ist. Dies unterscheidet ihn insbesondere von den Pflanzenölen, die im Teillastbereich klumpenartige Agglomerate bilden, die wesentlich geringere Struktur aufweisen. Eine TEM-

Aufnahme von Dieselruß zeigt die Abbildung 1.1-2.



Mithilfe des Maßstabs (links unten in der Abbildung) kann man erkennen, dass die Primärpartikel durchschnittlich einen Durchmesser von etwa 30 nm haben. Die Größe der Agglomerate kann aus der Abbildung nicht abgeleitet werden, weil bedingt durch die Art der Probenentnahme mehrere Agglomerate übereinander liegen, so dass man sie nicht gegeneinander abgrenzen kann.

Abbildung 1.1-2: TEM-Bild Dieselruß Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

1.2 Diesel-Kraftstoffe

Die zum Betrieb des Common-Rail-Dieselmotors verwendeten Kraftstoffe sind der fossile Diesel und Öle aus dem Anbau von Ölpflanzen aus den Jahren 2005 und 2006. Nur die auf dem Hochschul-Prüfstand getesteten Pflanzenöle werden in diesem Kapitel aufgeführt.

1.2.1 Diesel

Für die Referenzmessungen wird handelsüblicher Dieselmotorkraftstoff verwendet, der nach DIN EN 590 folgende Eigenschaften hat:

Cetanzahl (Zündwilligkeit):	51
Siedebereich:	150 °C ... 390 °C
Flammpunkt:	> 55 °C
Zündtemperatur:	ca. 220 °C
Zündfähiges Gemisch:	0,6 ... 6,5 Vol. %
Dichte (15 °C):	820 ... 845 kg/m ³
Viskosität:	2 ... 4 mm ² /s
Schwefelgehalt:	< 350 ppm

1.2.2 Pflanzenöle

Es gibt über 2.000 verschiedene Pflanzenarten, aus denen Öl gewonnen werden kann. Von den Pflanzenölen sind die meisten grundsätzlich als Kraftstoff geeignet. Allerdings weisen die Pflanzenöle ein unterschiedliches Ausflockungsverhalten auf. So verfestigt sich beispielsweise Palmöl bereits bei Zimmertemperatur. Zudem variiert die Ergiebigkeit stark und damit auch die Literpreise. Die gängigsten und billigsten Pflanzenöle in Mitteleuropa sind Rapsöl und Sonnenblumenöl. Da Pflanzenöle Naturprodukte sind, ändern sich ihre Eigenschaften je nach Standort, Zeit und Art des Anbaus und der Ernte. Insbesondere bei der Verwendung als Kraftstoff ist es aber wichtig, dass die Öle bestimmte Standards hinsichtlich Sauberkeit und Fließbarkeit erfüllen, da moderne Motoren auf eine relativ konstante Kraftstoffqualität ausgelegt werden und nur den entsprechenden Kraftstoff optimal verbrennen können. Der erste Standard für Rapsöl war der Weihenstephaner „Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff (RK-Qualitätsstandard) 05/2000“, der in Tabelle 1.2.2-1 zu sehen ist.




	LTV-Arbeitskreis Dezentrale Pflanzenölgewinnung, Weihenstephan			in Zusammenarbeit mit:
	<u>Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff (RK-Qualitätsstandard)</u>			 
05/2000				
Eigenschaften / Inhaltsstoffe	Einheiten	Grenzwerte		Prüfverfahren
		min.	max.	
<i>für Rapsöl charakteristische Eigenschaften</i>				
Dichte (15 °C)	kg/m ³	900	930	DIN EN ISO 3675 DIN EN ISO 12185
Flammpunkt nach P.-M.	°C	220		DIN EN 22719
Heizwert	kJ/kg	35000		DIN 51900-3
Kinematische Viskosität (40 °C)	mm ² /s		38	DIN EN ISO 3104
Kälteverhalten				Rotationsviskosimetrie (Prüfbedingungen werden erarbeitet)
Zündwilligkeit (Cetanzahl)				Prüfverfahren wird evaluiert
Koksrückstand	Masse-%		0,40	DIN EN ISO 10370
Iodzahl	g/100 g	100	120	DIN 53241-1
Schwefelgehalt	mg/kg		20	ASTM D5453-93
<i>variable Eigenschaften</i>				
Gesamtverschmutzung	mg/kg		25	DIN EN 12662
Neutralisationszahl	mg KOH/g		2,0	DIN EN ISO 660
Oxidationsstabilität (110 °C)	h	5,0		ISO 6886
Phosphorgehalt	mg/kg		15	ASTM D3231-99
Aschegehalt	Masse-%		0,01	DIN EN ISO 6245
Wassergehalt	Masse-%		0,075	pr EN ISO 12937

Tabelle 1.2.2-1: Weihenstephaner Qualitätsstandard für Rapsöl **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

Für die anderen verwendeten Pflanzenöle gibt es noch keinen Standard. Als Anhaltspunkte dienen Daten verschiedener nationaler und internationaler Quellen, die in Tabelle 1.2.2-2 zusammengefasst werden.

		Sonnenblumenöl	Sojaöl	Erdnussöl
Dichte	kg/m ³	900...925	910...925	900...915
Flammpunkt	°C	> 300	> 300	> 300
Heizwert	kJ/kg	37,1	37,1	37,0
Kinematische Viskosität (40 °C)	mm ² /s	34,4	33,1	40,0
Cetanzahl (Zündwilligkeit)		36,7	38,1	34,6
Koksrückstand	Masse-%	0,28	0,24	0,22
Iodzahl	g/100 g	120...143	115...134	110...130
Schwefelgehalt	mg/kg	191,7	220,8	199,8

Tabelle 1.2.2-2: Wesentliche Eigenschaften der Pflanzenöle Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. **bis** Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

1.3 Aufbau eines Common-Rail-Systems

Die Kraftstoffeinspritzung mittels Common-Rail-System (CRS) ist heute Stand der Technik bei Dieselmotoren. In der Abbildung 1.3-1 wird das Prinzip veranschaulicht. Im Common Rail (Verteilerrohr) wird Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert und auf die Injektoren der Zylinder verteilt. Eine über der Zeit genau dosierte Kraftstoffmenge wird dann über die Injektoren in den Brennraum des Dieselmotors eingespritzt. Der aus dem Tank durch eine Elektropumpe (in der Abbildung nicht gezeigt) geförderte Kraftstoff wird gefiltert und über die Zumesseinheit (ZME; auch Zumesseinrichtung genannt) stromgeregelt der Hochdruckpumpe zugeführt. Danach gelangt der Kraftstoff über einen Speicher, der die Druckschwankungen über das Druckregelventil (DRV) und den Raildrucksensor ausgleicht, zu den Injektoren, die ab einem definierten Zeitpunkt für eine genau berechnete Zeitspanne Kraftstoff in den Zylindern einspritzen. Die Regelung dieser Vorgänge ist Aufgabe des Steuergeräts; dabei bestimmen die Einspritzdauer, der Einspritzdruck und der Strömungsquerschnitt in den

Injektoren die Kraftstoffmenge.

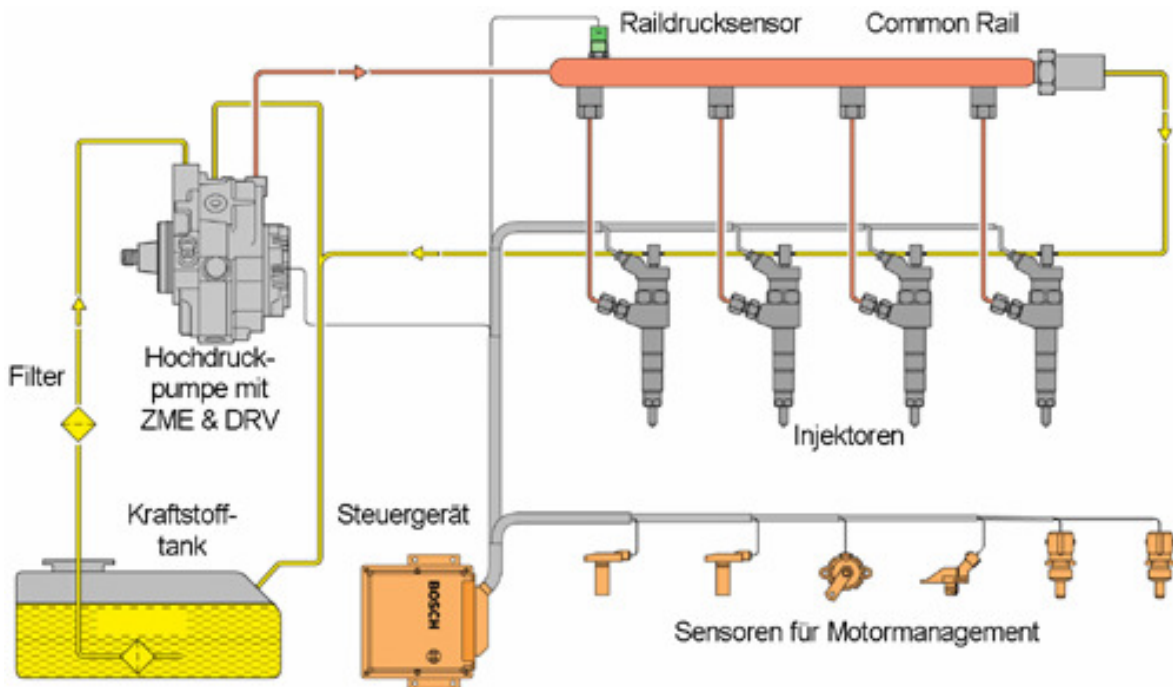


Abbildung 1.3-1: Common-Rail-Einspritzsystem **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

1.4 Pflanzenölmürüstung

Ein Diesel-Motor kann nicht ohne weiteres mit Pflanzenöl betrieben werden, da dieses bei gleicher Temperatur wie Diesel eine höhere Viskosität aufweist und sich deshalb auch nicht so leicht transportieren lässt. Motoren für den reinen Pflanzenölbetrieb sind sehr teuer. Wird aber beispielsweise Rapsöl auf etwa 120 °C erhitzt, so ergeben sich bezüglich der Viskosität Werte wie bei Diesel-Kraftstoff. Bei 70 °C ist die Viskosität soweit gesunken, dass die Hochdruckpumpe den Kraftstoff gut fördern kann. Die Abbildung 1.4-1 zeigt im Bereich zwischen 20 °C und 70 °C die deutliche Abnahme der Viskosität von Rapsöl.

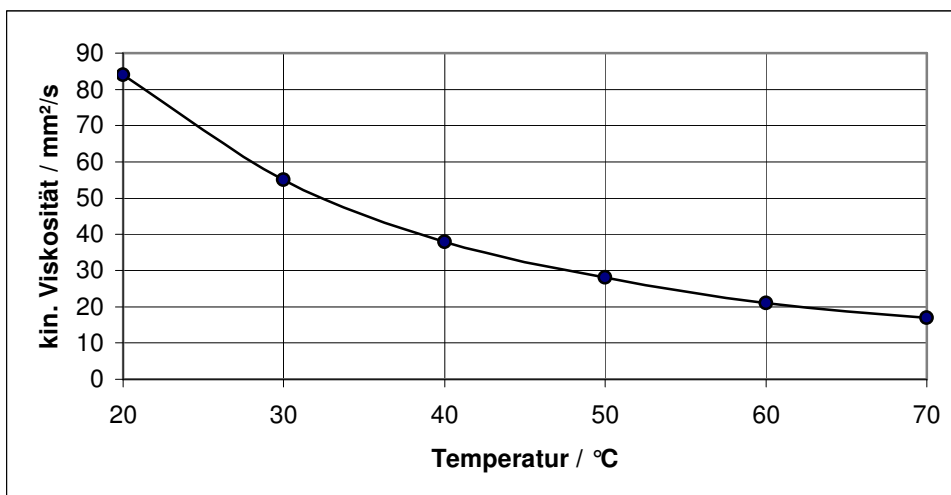


Abbildung 1.4-1: Viskositätsverlauf bei Rapsöl

So ergibt sich die Möglichkeit, einen Dieselmotor, mit einer Heizung der Kraftstoffversorgung und einigen weiteren Modifikationen versehen, vollständig auf Pflanzenölbetrieb umzustellen. Wesentlich einfacher und dadurch kostengünstiger ist das Zweitank-System aufgebaut. Neben dem bestehenden Tank wird ein Zusatztank angebracht. In einem Tank ist dabei herkömmlicher Dieseldieselkraftstoff, im anderen ist Pflanzenöl. Das Pflanzenöl wird aus dem Tank mit Umgebungstemperatur entnommen, wozu die Zusatzpumpe benötigt wird. Damit das Pflanzenöl die richtige Temperatur für die Einspritzanlage erreicht, wird es über einen Wärmetauscher durch das Motoren-Kühlwasser erwärmt. Da dieser Vorgang nur bei warmem Motor möglich ist, muss der Motor schon mehrere Minuten (im Diesel-Betrieb!) gelaufen sein. Mit Hilfe eines Bimetallschalters wird bei Erreichen der gewünschten Temperatur das Umschaltventil angesteuert und somit auf Pflanzenöl-Betrieb umgeschaltet. Gegen Ende muss über das Spülventil mit Diesel gespült werden, da sich sonst beim nächsten Kaltstart

das wieder zähflüssige Pflanzenöl in der Einspritzanlage befände, was zu Schäden im Einspritzsystem führen könnte. Außerdem bestehe dann die Gefahr, dass Pflanzenöl durch unvollständige Verbrennung in das Motorenöl gelangen könnte, wobei ebenfalls mit dauerhaften Schäden im Gesamtmotor zu rechnen wäre. Die Abbildung 1.4-2 zeigt den Kraftstofftransport bei einem Dieselmotor mit Zweitank-System.

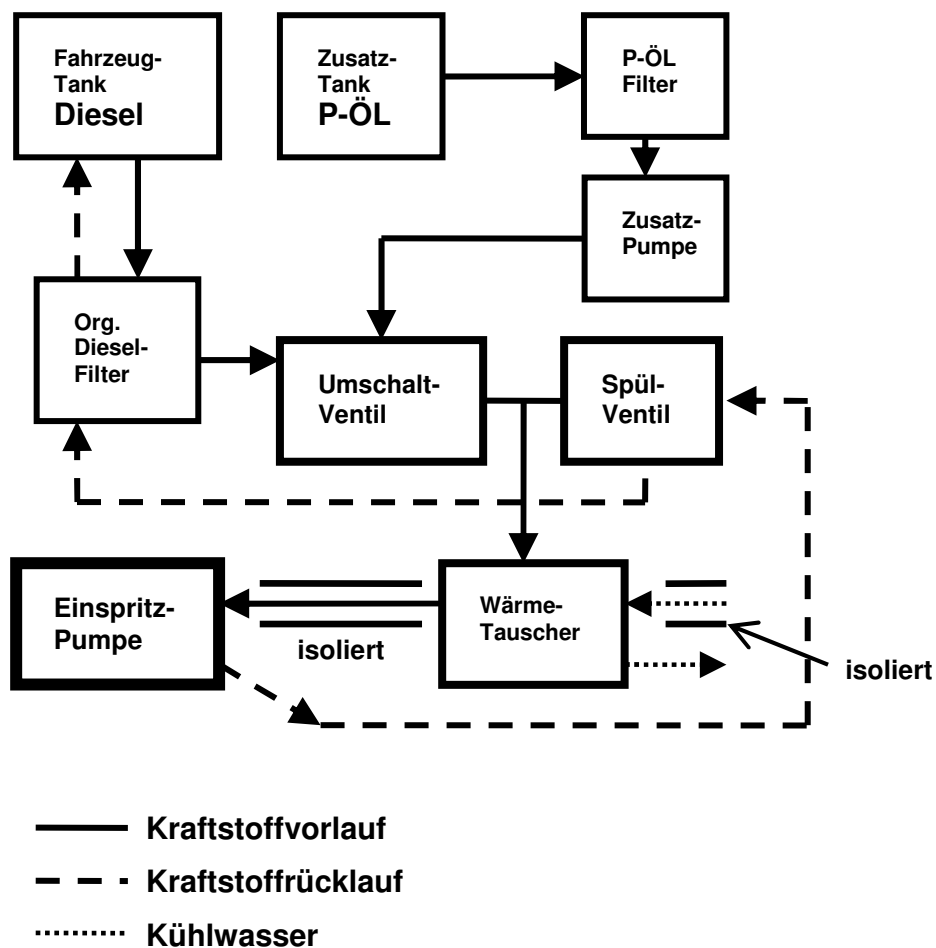


Abbildung 1.4-2: Kraftstofftransport bei Zweitank-System **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

2 Quellenangaben

Hochschule Offenburg 2006: Diplomarbeit Christian Wehmann