



Straubing, 29.06.2005

Klaus Thuneke, Herbert Sporrer

**Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl
als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenötauglichen Motoren**

Neuer Bericht des Technologie- und Förderzentrums

Pflanzenöl weist bei seiner Nutzung als Kraftstoff in dafür geeigneten Motoren bedeutende Vorteile auf. Allerdings kommt es auch immer wieder zu Betriebsstörungen, die für den Pflanzenölbetrieb typisch sind. Besondere Beachtung ist der schnellen Eindickung des Motoröls (Polymerisation) beizumessen. Eingedicktes Motoröl führt meist zum Ausfall der Motorschmierung; schwerwiegende Motorschäden, wie Kolbenfresser und Lagerschäden sind die Folge.

Schadensfälle aus der Praxis deuten darauf hin, dass eine Öleindickung vor allem dann auftritt, wenn Pflanzenölkraftstoff in größerer Menge in das Motoröl gelangt. Unklar ist jedoch, unter welchen Bedingungen es zum Festwerden des Motoröls kommt.

Ziel eines Forschungsvorhabens, welches vom TFZ in Zusammenarbeit mit dem Landtechnischen Verein in Bayern e.V. (LTV) und Dr. Thomas Wilharm, Analytik-Service Gesellschaft mbH, Täfertingen erarbeitet wurde, war es deshalb, den Stand des Wissens über Wechselwirkungen zwischen Schmieröl und Kraftstoff, insbesondere Rapsöl, in Selbstzündungsmotoren aufzuzeigen und bisherige Problemfälle aus der Praxis zu analysieren. In experimentellen Untersuchungen wurden Mischungen aus unterschiedlichen Motorölen und Rapsölen definierter Qualitäten im Labor gealtert. Mithilfe von Analysen wurden dann die beobachteten Wechselwirkungen zwischen Motoröl und Rapsöl aufgezeigt und interpretiert.

Das Motoröl ist während des Gebrauchs einer Vielzahl von Belastungen, wie hohe Temperaturen, Scherkräfte, Eintrag von Blow-By-Gasen und Eintrag von Kraftstoff ausgesetzt. Letzterer trägt zur Verdünnung des Motoröls und im Falle von Pflanzenölkraftstoff auch zur beschleunigten Ölalterung bei. Die Folge sind Viskositätserhöhung und die Bildung von flüssigen und festen Alterungs- und Reaktionsprodukten. Reaktionsprodukte werden im Öl von Dispergentien in der Schwebelage gehalten. Sind diese erschöpft kommt es zur Schlamm- und Festschlamm-Bildung, oft einhergehend mit einer Phasentrennung in dünnflüssigere und eingedickte Komponenten.

Bei pflanzenölbetriebenen Motoren geht der Öleindickung üblicherweise ein Eintrag von Pflanzenöl in das Schmieröl voraus. Gründe hierfür können schlechte Gemischaufbereitung im Brennraum, Festsitzen von Kolbenringen, undichte Düsen oder defekte motorölgeschmierte Einspritzpumpen sein. Kaltstarts und Teillastbetrieb erhöhen zusätzlich die eingetragene Kraftstoffmenge.

Wegen des Pflanzenöleintrags werden auch von Seiten des Schmiersystems Mindestanforderungen an die Pflanzenölkraftstoffe gestellt. Diese sind für Rapsöl im Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff (RK-Qualitätsstandard 05/2000) bzw. in der neuen Entwurfs-Vornorm DIN 51605 definiert. Schmierölrelevante Eigenschaften sind beispielsweise Neutralisationszahl (Säurezahl) und Oxidationsstabilität.

Praxisfälle zeigen, dass Eindickungen des Schmieröls bei mit Pflanzenöl betriebenen Motoren sowohl bei stationären Blockheizkraftwerken als auch bei Fahrzeugen auftreten. Direkteinspritzende Motoren sind dabei häufiger betroffen, als Vor- oder Wirbelkammermotoren. Ohne Bedeutung scheint hingegen zu sein, ob eine Umrüstung nach dem Eintanksystem (komplette Umstellung auf Pflanzenöl) oder Zweitanksystem (mit Startkraftstoff) vorliegt.

Das eigentliche Festwerden des Motoröls kann sehr schnell im laufenden Betrieb bei heißem Motor, öfter aber während der Abkühlphase nach Abstellen des Motors vonstatten gehen. Eine visuelle Prüfung des Motoröls vor dem Start ist daher allein nicht immer ausreichend, um einem Schaden vorzubeugen. Die für den Betrieb mit Dieselmotor ausgelegten Überwachungseinrichtungen, wie Ölstands- oder Öldruckwächter reagieren gemäß den bisherigen Erfahrungen meist zu träge, um rechtzeitig vor einer Schmieröleindickung zu warnen.

Eine Öleindickung scheint überwiegend vom Kraftstoffanteil auszugehen, da im eingedickten Öl eine meist geringere Motoröl-Additiv-Konzentration vorliegt, als in der flüssigen Phase.

Anhand von Laborversuchen im offenen Wärmebad konnte nachgewiesen werden, dass es durch die gewählte Versuchsanstellung möglich ist, ein Festwerden von Motoröl-/Rapsölmischungen ähnlich wie es in Pflanzenölmotoren vorkommt, herbeizuführen. Dafür ist eine Alterungsdauer von mindestens 80 bis 120 h bei einer Temperatur von 90 °C und ständiger Luftzufuhr notwendig. Eine deutliche Viskositätssteigerung ist jedoch nur bei den Proben festzustellen, die einen erheblichen Anteil von Rapsöl (ca. 20-50 %) enthalten und dieses stark oxidativ vorgeschädigt ist.

Auch kann ein Einfluss des Motoröls nachgewiesen werden, wenngleich der stärkere Viskositätsanstieg der gealterten Proben mit esterbasischem Motoröl gegenüber dem mineralölbasischen Motoröl nicht auf einen generellen Vorteil von mineralölbasischen Grundölen schließen lässt.

Bei Laborversuchen im geschlossenen Reaktorbecken zeigt sich anhand von Probenanalysen ferner, dass nach einer Alterung von 168 Stunden bei 100 °C und einem Luftstrom von 280 l/h je Liter Probe die Viskosität der Rapsöl-/Motorölgemische gegenüber dem Ausgangszustand zunimmt. Der Viskositätsanstieg der Mischungen ist um so stärker je mehr der Rapsölkraftstoff vorgealtert ist. Bei einem hierbei getesteten hochwertigen esterbasischen Motoröl fällt - im Gegensatz zu den Beobachtungen der ersten Versuche im offenen Wärmebad - der Viskositätsanstieg deutlich niedriger aus als bei den anderen drei Motorölen. Trotz einer Alterungsdauer von einer Woche (168 h), konnte ein Festwerden der Proben im geschlossenen Reaktorbecken nicht beobachtet werden. Gleiches gilt auch, wenn zur Beschleunigung der Alterung Kupfer- oder Eisenpulver beigemischt oder die Proben mit Schwefelsäure oder Salpetersäure versetzt wurden. Der Viskositätsanstieg ist mit meist weniger als 20 % insgesamt auf sehr niedrigem Niveau.

Bei den bei diesem Vorhaben durchgeführten Untersuchungen können die Alterungsvorgänge in Motoröl-/Rapsölmischungen am besten durch die Viskositätsveränderung beschrieben werden. Die Neutralisationszahl, die Total Base

Number (TBN) als Maß für die Basenreserve sowie der Gehalt an Additivelementen zeigen bei den unterschiedlichen Proben oft ein widersprüchliches Verhalten.

Somit scheinen viele Kenngrößen der klassischen Motorölanalyse bei Vermischungen von Schmieröl mit Pflanzenöl wenig geeignet zu sein. Bei Verwendung esterbasischer Motoröle ist dies nochmals problematischer. Eine Anpassung von Analysemethoden für die Bestimmung der Gebrauchteileigenschaften beim Eintrag von Pflanzenölkraftstoff ins Schmieröl ist daher erforderlich.

Bei bestimmten vorherrschenden Bedingungen weisen einzelne Motoröle hinsichtlich der Alterung Vorteile gegenüber anderen auf, bei veränderten Bedingungen können sich jedoch auch Nachteile für das gleiche Motoröl ergeben. Somit ist die Eignung eines bestimmten Schmieröls für die Verwendung in pflanzenölbetriebenen Motoren nicht nur von der Formulierung des Motoröls abhängig, sondern in hohem Maße auch von den Einsatzbedingungen.

Daraus lässt sich ableiten, dass das Risiko einer Schmieröleindickung bei Pflanzenölmotoren derzeit nur durch die gezielte Kombination mehrerer Maßnahmen gemindert werden kann.

Dazu gehören:

konstruktive Maßnahmen am Motor, wie

- verbesserte Umrüstsysteme, die den Kraftstoffeintrag ins Schmieröl minimieren
- bessere Abdichtung von Brennraum zum Kurbelgehäuse (Reduzierung von Blow-By-Gasen)
- Erhöhung der Ölumlaufmenge
- Integration eines Systems zur kontinuierlichen Ölauffrischung (Plantotronic®)

günstige Betriebsbedingungen, wie

- Vermeidung von Schwachlastbetrieb, Kurzstreckenfahrten und häufigen Kaltstarts
- Vermeidung sehr hoher Temperaturen (bei starker Belastung des Motors)

Verwendung von Rapsölkraftstoff mit hoher Oxidationsstabilität und niedriger Neutralisationszahl (Säurezahl)

Einsatz von Motorölen mit hochwirksamen Antioxidantien, Detergentien und Dispergentien zur Verlangsamung der Alterungsreaktionen und Neutralisation saurerer Alterungsprodukte

sorgfältige Durchführung von Wartungsarbeiten, wie

- Einhaltung der bei Pflanzenölbetrieb vorgeschriebenen Ölwechsel
- Ölstandskontrollen vor dem Start und nach dem Abstellen des Motors
- Ölqualitätskontrollen durch visuelle Begutachtung vor dem Motorstart sowie Ölanalysen
- Beachtung der automatischen Warnanzeigen (Öldruck, Ölstand), ggf. sofortiges Ergreifen von Gegenmaßnahmen

die Integration eines verlässlichen Schmierölüberwachungssystems in pflanzenölbetriebenen Motoren, wie z. B. Sensoren zur kontinuierlichen Überwachung der Ölqualität (Entwicklungs- und Untersuchungsbedarf)

Der komplette Bericht „Berichte aus dem TFZ 7 - Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenöлтаuglichen Motoren“ steht ab sofort im Internet unter www.tfz.bayern.de kostenlos zum Download bereit.