

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Lebedew, O.N.

Die Anwendung von Wasserkraftstoffemulsionen (WKE) in Dieselmotoren des VEB Schwermaschinenbau "Karl Liebkecht"

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Binnenschifffahrt

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105630>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Lebedew, O.N. (1989): Die Anwendung von Wasserkraftstoffemulsionen (WKE) in Dieselmotoren des VEB Schwermaschinenbau "Karl Liebkecht". In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Binnenschifffahrt 4. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 99-108.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Die Anwendung von Wasserkraftstoffemulsionen (WKE) in Dieselmotoren des VEB Schwermaschinenbau „Karl Liebknecht“

Prof. Dr. rer. techn. habil. O. N. Lebedew
Leningrader Institut für Binnenschifftransport

In der UdSSR wie in vielen anderen Ländern schenkt man der Einsparung und der rationellen Nutzung von Kraftstoffen, den kraftstoffenergetischen und anderen materiellen Ressourcen große Beachtung. Dieses Problem ist auch für die Binnenflotte aktuell, da sie eine große Menge von Erdölprodukten verbraucht. In diesem Zusammenhang löst der Einsatz von Wasserkraftstoffemulsionen (WKE) in Schiffsdieselanlagen besonderes Interesse aus. Erfahrungen belegen, daß die Nutzung von WKE in hohem Maße die Wirtschaftlichkeit der Motoren erhöht. Sie vermindern die Rauchentwicklung und setzen die Temperatur und die Schadstoffe in den Abgasen herab. Und nicht zuletzt ergibt sich die Möglichkeit, die Leistung der Dieselmotore zu erhöhen, was für Binnenschiffe große Bedeutung hat. Sehr oft ist die Höchstleistung der Dieselmotore bei verschiedenen Betriebssituationen erforderlich (Niedrigwasser, Sandbänke usw.).

Das Emulgieren erlaubt, Dieselmotore mit schweren Kraftstoffsorten zu betreiben. In diesem Fall kann man bei einer optimal zugesetzten Menge Wasser solche Motorenkennwerte erreichen wie beim Einsatz reinen Dieselmotorkraftstoffs. WKE erhöhen darüber hinaus die Standzeit der Auslaßventile. Man entdeckte auch den Entkokungseffekt bei Einspritzdüsen, wenn die Motoren kurzzeitig auf WKE-Betrieb umgestellt wurden.

Es wurde weiterhin festgestellt, daß die Nutzung von WKE Schmieröl einsparen hilft, und abschließend sei vermerkt, daß WKE große Möglichkeiten für die Beimengung von effektiven Zusätzen zum Kraftstoff bieten, die nicht im Kraftstoff, aber im Wasser löslich sind.

WKE verursachen keinen großen Verschleiß an gleitenden Teilen, setzen auch nicht die Zuverlässigkeit von Dieselmotoren herab. Die Umstellung von Dieselmotoren auf WKE erfordert keinen Umbau.

WKE-Anlagen können automatisiert und in einer beliebigen Schiffsreparaturwerft hergestellt werden.

Die positiven Eigenschaften von WKE lösten großes Interesse an dieser Kraftstoffart in vielen Ländern der Welt aus, wo sowohl Untersuchungen als auch praktische Anwendungen durchgeführt werden (England, Japan, Italien u. a.).

Umfangreiche Arbeiten werden dazu auch in der Sowjetunion vorgenommen. Bereits sehr lange befaßt sich mit diesen Fragen auch die Nowosibirsker Ingenieurschule für Binnenschiffs-transport (NIIWT). Ein Teil dieser Forschungen liegt diesem Vortrag zugrunde. Unter Berücksichtigung der großen praktischen Bedeutung des Einsatzes schwerer Kraftstoffsorten in der Binnenflotte wählte NIIWT als Hauptrichtung, die Untersuchung der Verwendungsmöglichkeiten von Emulsionen des Typs "Schwerkraftstoff-Wasser" für Schiffsdieselmotoren.

Diese Hauptrichtung macht keine speziellen Emulgatoren erforderlich, so daß die Vorbereitung von WKE wesentlich vereinfacht ist.

Experimente wurden mit mehreren Motorentypen durchgeführt, darunter auch mit zwei Typen der Firma SKL 8 NVD-36 und 6 NVD-48. Betrachten wir einige Ergebnisse dieser Forschungen. Die erste Serie von Untersuchungen erfolgte mit einer Sonderanlage für den Dieselmotor NVD-36 im Laboratorium der Leningrader Polytechnischen Hochschule. Hauptziel der Versuche war die Untersuchung von Rußentwicklungsvorgängen und der Wärmeabführung in einem Zylinder des Dieselmotors. Die Dynamik der Rußentwicklung wurde mit optischen Methoden untersucht. Das Verfahren und das Meßsystem gehen auf Arbeiten von Prof. S. A. Baturin von der Leningrader Polytechnischen Hochschule (LPH) zurück.

Die Wärmeabführung wurde nach Indikatorgrammen bewertet. Alle Versuche führten Mitarbeiter des NIIWT und der LPH bei Nennleistungen und der entsprechenden Drehzahl der Kurbelwelle durch.

Bild 1 zeigt die Veränderungen der Hauptkennziffern im Betrieb des Dieselmotors je nach Menge des dem Kraftstoff zugesetzten Wassers.

Kraftstoff

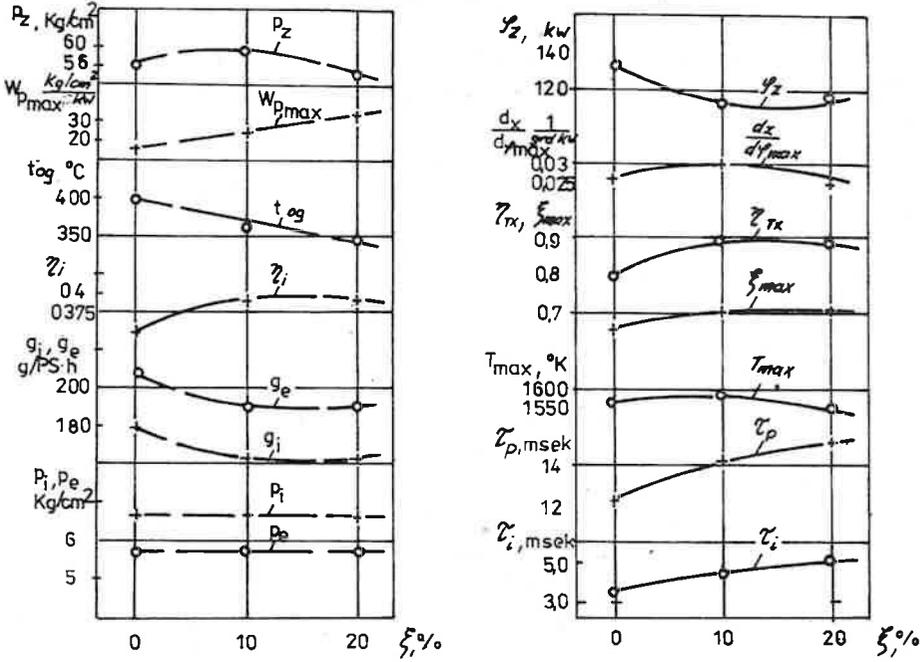


Bild 1 Veränderungen der Hauptkennziffern des Dieselmotors bei WKE-Betrieb (t_{og} - Wandtemperatur des Brennraumes)

Es ist ersichtlich, daß die Indikator-Meßwerte des Motors (also die effektiv vorhandenen) beim Einsatz von WKE höher sind als beim Betrieb mit Dieselkraftstoff. So sinken z. B. die Werte für φ_z , t_{og} , g_i und steigen die Werte für η_i , η_{TX} . Dabei verschlechtern sich aber etwas die dynamischen Kennziffern des Zyklus (es steigen die Werte für P_z , W_{pmax}). Mit größerem Wasserzusatz verlängert sich das Kraftstoffeinspritzen und die Zündverzögerungszeit.

Von besonderem Interesse für die Analyse der Verbrennungsvorgänge sind die Rußgehaltkurven, denn der Rußanteil gibt Auskunft über die chemische, nicht vollständige Verbrennung des Kraftstoffes.

Bild 2 zeigt die entsprechenden Werte (Kurve I - reiner Kraftstoff; Kurve II - WKE mit hohem Wasserzusatz $\xi = 10\%$; Kurve III - WKE mit $\xi = 20\%$).

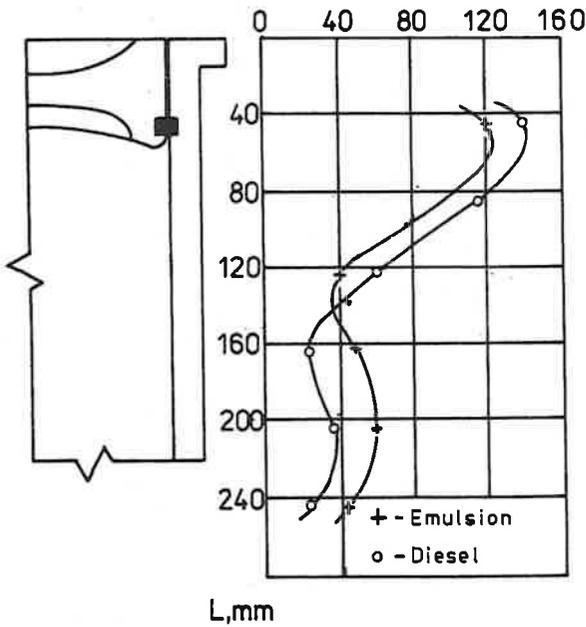
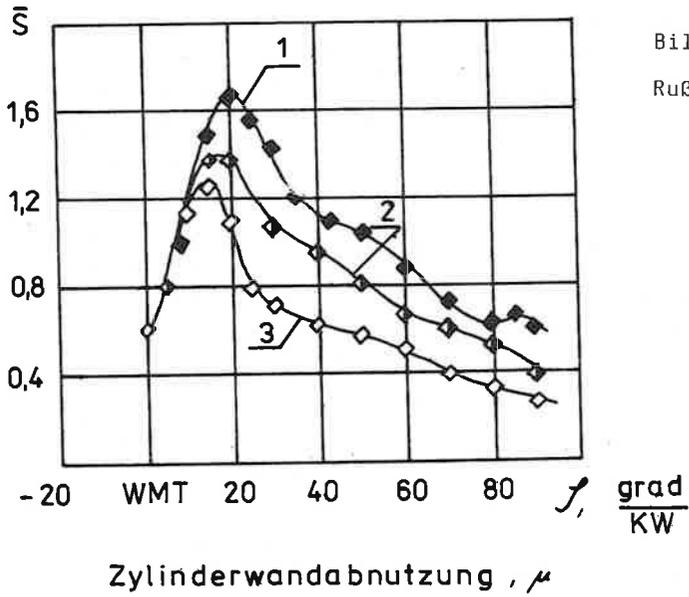
Aus Bild 2 ist ersichtlich, daß ein Wasserzusatz zum Kraftstoff den Rußgehalt im Zylinder während des gesamten Arbeitszyklus wesentlich vermindert. Das setzt die Wärmeverluste der chemischen Verbrennung herab und gleichzeitig gestaltet sich die Kurve für die Wärmeabführung optimal (vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus gesehen).

Erstmalig erfolgte eine Prüfung der Betriebszuverlässigkeit von Schiffsdieselmotoren mit einer Emulsion vom Typ "Schwerkraftstoff-Wasser".

Das NIIWT wählte dafür das Motorschiff ST-213 der Westsibirischen Binnenreederei aus. Das Motorschiff ist mit zwei Motoren vom Typ 8 NVD-36 ausgerüstet. Ein Motor arbeitete während der Versuchszeit mit Dieselkraftstoff und der andere sowohl mit Dieselkraftstoff als auch mit der Emulsion vom Typ "Schweröl-Wasser".

Die WKE wurde in einer Anlage vorbereitet, die im Labor des NIIWT angefertigt worden war. Das Anlassen und Stoppen des Dieselmotors erfolgte mit Dieselkraftstoff.

Vorläufige Untersuchungen zeigten, daß Dieselmotoren vom Typ 8 NVD-36 mit reinem Schweröl praktisch kaum funktionieren können. Auch bei ausreichend hoher Erwärmung des Kraftstoffs (80 bis 85 °C) ist Rauchentwicklung zu beobachten, verkoken



die Düsen und treten Störungen an den Auslaßventilen auf. Beim Übergang zu emulgiertem Kraftstoff verringert sich die Rauchentwicklung mit zunehmendem Wasseranteil. Bei $\xi = 20$ bis 30% erreichen die Betriebsparameter des Dieselmotors etwa die gleichen Werte wie beim Betrieb mit reinem Dieselkraftstoff. Eine spezielle Erwärmung der WKE kann dabei ebenfalls entfallen. Langzeituntersuchungen (957 Stunden) mit dem Einsatz von WKE haben gezeigt, daß der Dieselmotor 8 NVD-36 mit diesem Kraftstoffgemisch allgemein stabil arbeitet. Es gab keine Aussetzungserscheinungen noch sonstige Störungen während des Betriebes.

Im Versuchsbetrieb zeigte sich ein großer Mangel. Nach einem 4 bis 6-stündigen Betrieb des Dieselmotors mit der WKE stellte sich eine hohe Rauchentwicklung bei den Abgasen ein. Die hohe Rauchentwicklung geht beim Betrieb mit Dieselkraftstoff nach 10 bis 15 Minuten auf den normalen Abgaswert zurück. Dann kann der Dieselmotor wieder auf die WKE umgeschaltet werden. Die Ursache für die hohe Rauchentwicklung besteht wahrscheinlich darin, daß sich der Koksansatz trichterförmig um die Düsenlöcher legt. Solche Erscheinungen beobachtet man oft beim Übergang zu schweren Kraftstoffsorten, wenn keine Kühlung der Düsen vorgesehen wird.

Der weitere Versuchsbetrieb erfolgte deshalb mit periodisch kurzzeitigen Umschaltungen auf Dieselkraftstoff.

Eine bestimmte Zeit (außerhalb der zu betrachtenden Periode) wurde das Motorschiff ST-213 mit einer Emulsion Gasturbinenkraftstoff betrieben. Die Ergebnisse waren gut. Der Motor arbeitete stabil und rauchlos. Die Abgastemperatur bei einem Wasseranteil an der Emulsion von 20% sank durchschnittlich um $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Vergleich zum Betrieb mit reinem Gasturbinenkraftstoff und um $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ beim Betrieb mit Dieselkraftstoff.

Die am Ende der Navigationsperiode durchgeführten Prüfungen an den demontierten Dieselmotoren zeigten, daß die Oberflächen der Zylinderbuchsen innen und der Zylinderkopf, die Kolben und die Kolbenringe, die Auslaßventile der mit der WKE betriebenen Dieselmotoren keine Spuren von Korrosion aufwiesen.

Der Koksansatz auf dem Kolbenboden war ungefähr gleich dem in den Kolbenringnuten und im Abgastrakt der Dieselmotoren, die mit WKE und mit reinem Dieselkraftstoff betrieben wurden. Überdies waren diese Ablagerungen im ersteren Falle lockerer und konnten leichter von den Oberflächen beseitigt werden. • Der Verschleiß an den Zylinderbuchsen wurde nach einem besonderen Verfahren bestimmt. Kleine runde Aushöhlungen wurden in drei Zylindern (I, IV, VI) jedes Dieselmotors eingebracht. Diese Aushöhlungen wurden in unterschiedlichen Höhen der Zylinderbuchse und an jeweils vier Punkten vorgenommen.

In Bild 3 sind die Verschleißergebnisse an den Zylinderbuchsen der untersuchten Dieselmotore dargestellt (nach einer Betriebszeit von 4575 Stunden). Die Verschleißergebnisse sind als Durchschnittswerte für die jeweiligen drei Zylinder der Dieselmotore an den Zylinderbuchsen der mit einer WKE betriebenen Motore geringer ist als bei der Verbrennung reinen Dieselkraftstoffs. Das ist durch eine geringere Wärmespannung an den Zylinderwänden sowie durch eine verminderte Rußentwicklung zu erklären.

Bei $L > 140$ mm nimmt der Verschleiß eine andere Form an. Sein höherer Wert bei der Verbrennung von WKE ist auf die Korrosionswirkung von Schwefel zurückzuführen, der im zu prüfenden Schweröl mit etwa 2 % Anteilen vorhanden ist. Doch diese Verschleißerscheinungen sind viel geringer als im Bereich des oberen Totpunktes und sie bestimmen keinesfalls die Lebensdauer der Zylinderbuchsen. Hinzukommt, wie Untersuchungen der Leningrader Hochschule für Wassertransport gezeigt haben, daß man diese Erscheinungen durch Zusatz einer kleinen Menge Ammoniak im Wasser eliminieren kann.

Der Verschleiß an den Kolbenringen wurde durch Wiegen auf analytischen Waagen bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1

Kraftstoffart	Mittlerer Verschleiß an den Kolbenringen			
	Nummern der Kolbenringe			
	1	2	3	4
Diesekraftstoff	18,370	5,197	2,817	3,757
Diesel- und Wasser- kraftstoffemulsion auf Basis Schweröl	18,211	7,710	5,370	4,700

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß der Verschleiß der oberen Kolbenringe in beiden zu vergleichenden Fällen etwa gleich ist. Die unteren Kolbenringe verschleißten viel intensiver bei WKE. Eine Verschleißmessung der Kurbelwelle, die mit einem Mikrometer durchgeführt wurde, zeigt keinen Unterschied in den zu vergleichenden Fällen. Man konnte auch keinen merklichen Unterschied bei den Einspritzanlagen der zu vergleichenden Dieselmotore feststellen.

Tabelle 2
Kennwerte

	WKE mit einem Wassergehalt in Gasturbinenkraftstoff				
	20,5	19,4	15,6	10,0	
Umdrehungszahl U_{\min}^{-1}	274	274	275	275	275
Effektive Leistung Kw	321	321	322	322	322
Kraftstoffverbrauch, kg/h	71,16	71,18	75,25	76,50	77,50
Spezifischer Kraftstoffverbrauch, g/Kw	221,7	221,7	233,7	237,5	240
Wirkungsgrad η	0,396	0,396	0,376	0,369	0,362
Abgastemperatur °C	371	375	393	400	410
Maximaler Verbrennungsdruck MPa	5,34	5,32	5,41	5,33	5,44
Mittlere Geschwindigkeit der Druckzunahme MPa/°KW	0,13	0,12	0,127	0,11	0,137
Maximale Geschwindigkeit der Druckzunahme MPa/°KW	0,287	0,265	0,235	0,191	0,181
Rußgehalt der Abgase g/m ³	0,145	0,180	0,350	0,360	320

Die Tabelle zeigt, daß mit dem Übergang zum Betrieb mit WKE die Motorenkennwerte im Vergleich zum Gasturbinenkraftstoff zunehmen.

So sank der spezifische Kraftstoffverbrauch bei einem Wassergehalt in der WKE von 20 % um 8 %. Die Abgastemperatur erreichte ihren Grenzwert beim Betrieb mit Gasturbinenkraftstoff.

Bei einer Umschaltung jedoch auf WKE verminderte sie sich um fast 40 °C. Der maximale Gasdruck bei der Verbrennung sowie bei einer mittleren Geschwindigkeit der Druckzunahme blieben praktisch gleich. Die maximale Druckzunahmegeschwindigkeit nahm um das 1,6-fache zu, blieb jedoch in den zulässigen Grenzen.

Der Rußgehalt der Abgase vermindert sich um fast das Dreifache. Die durchgeführten Untersuchungen lassen die nachfolgend genannten Schlüsse zu:

1. Ein Wasserzusatz zum Schweröl für Dieselmotoren vom Typ NVD-36 und NVD-48 führt zu einer bedeutenden Verbesserung der ökonomischen und ökologischen Kennwerte im Verhältnis zum Einsatz von Dieselmotorenkraftstoff.
2. Der längerfristige Betrieb des Dieselmotors 8 NVD-36 mit der WKE "Schweröl-Wasser" hat gezeigt, daß der Motor mit diesem Kraftstoff zuverlässig arbeitet. Es gab keine spontanen Betriebsstörungen. Die Rauchentwicklung nach einer Betriebsdauer von 4 bis 6 Stunden mit WKE kann durch kurzzeitige (10 bis 15 Minuten) Umschaltung des Dieselmotors auf Dieselmotorenkraftstoffbetrieb beseitigt werden.
3. Die Umschaltung der Dieselmotoren vom Typ 8 NVD-36 von Dieselmotorenkraftstoff auf die WKE "Schweröl-Wasser" führt zu keinem Besorgnis erregenden Verschleiß von Motorteilen. Es ist anzunehmen, daß gleiche Ergebnis auch beim Dieselmotor vom Typ 6 NVD-48 zu beobachten sein werden.