

# UNTERSUCHUNG DER SCHLAGFESTIGKEIT VON SCHMIERFETTEN

Von

E. VÁMOS\*, E. NEUMANN und L. KOVÁCS

Lehrstuhl für Chemische Technologie, Technische Universität, Budapest

Eingegangen am 22. Januar 1980

Vorgelegt von Prof. I. SZEBÉNYI

## Einleitung

Der zunehmende Personen- und Frachttransport stellt die Eisenbahnen vor stetig wachsende Aufgaben. Das Anwachsen der Durchschnittsgeschwindigkeit und der Entfernungen je Achse beansprucht die Wälzlager und die Lagerschmierstoffe je Achse beansprucht die Wälzlager und die Lagerschmierstoffe ganz besonders. Bei uns ist es ferner ein weiteres Problem, daß Ungarn Mitglied des gemeinsamen Frachtwaggonparkes der RGW ist, und daher die Frage der Revisionen und der Schmierung immer komplizierter wird. Zur Ausarbeitung von notwendigen Langfristschmierfetten sind zweckentsprechende Untersuchungen nötig, welche u. a. die Schlagbeanspruchung auf den Eisenbahnschienen richtig modellieren.

Die Auswahl von Einrichtungen zur Prüfstandsuntersuchung von Schmierfetten ist sehr groß, einige wurden bereits als Standardmethoden eingeführt.

Die wichtigsten Parameter der dynamischen Untersuchung von Schmierfetten sind: die Belastung, die Umdrehungszahl und die Temperatur. Zahlreiche Veröffentlichungen berichten über mechanisch dynamische Schmierfettprüfstände [1—5]. Die Zielsetzung der mechanischen Prüfung von Schmierfetten kann vielerlei sein. Außer den am häufigsten untersuchten Lebensdauerdaten werden oft spezielle Eigenschaften, z.B. die Wirksamkeit je eines gegebenen schmiertechnischen Parameters untersucht.

Unter den dynamischen Schmierfettprüfständen ist bisher keine Maschine zur Modellierung des Schlag- (Anprall)-impulses bekannt. Viele Forscher beschäftigten sich zwar mit den aus Lagerfehlern stammenden Schlagimpulsen, doch wurde in diesen Veröffentlichungen die Rolle des Schmierfettes garnicht berücksichtigt [6—10].

Die aufgezählten Prüfstandsuntersuchungen sind zur Modellierung der Eisenbahn-Beanspruchung ungeeignet. Die Untersuchung der Eisenbahnlager-

\* Ungarisches Forschungsinstitut der Kohlenwasserstoff-Industrie Százhalombatta.

fetten im Großbetrieb (in Fahrproben) ist kostspielig und arbeitsaufwändig. Außerdem ist die Betriebserprobung zeitgemäßer Schmierfette, deren Lebensdauer von 500 Tausend bis 1 Millionen km zu erreichen hat, äußerst zeitaufwändig, und kann daher nur in der Abschlußphase Schmierstoffentwicklung und nicht in den Zwischenphasen, zur Qualitätskennzeichnung eingesetzt werden, da sonst der Zeitaufwand der Schmierfettentwicklung viel zu hoch wäre. Trotzdem sind einige derartige Untersuchungen bekannt geworden, die jedoch nicht als entsprechendes Modell angesehen werden können [11, 12]. Eine weitere Veröffentlichung über Probleme der Eisenbahnlager behandelt auch nicht die Frage des Schmierfettes eingehend [13].

Da im Eisenbahnverkehr, bei Personenwaggons und Lokomotiven Wälzlager die Gleitlagerungen verdrängt hatten, wurde es notwendig, über die kurz erwähnten Einrichtungen hinausgehend solche Prüfstände zu entwickeln, die die Beanspruchung dieser berücksichtigen, und außerdem noch damit rechnen, daß im RGW-Gebiet ebenfalls mit einer Schlagbeanspruchung der Eisenbahnwälzlager gerechnet werden muß. Obgleich auf einigen hochbelasteten Hauptlinien bereits geschweißte Gleise gebaut wurden, und daher ein gewisses Abnehmen der Schlagbeanspruchung erwartet werden kann, muß trotzdem in Betracht gezogen werden, daß einstweilen noch viele Hauptlinien mit ungeschweißten Schienen funktionieren, und das Umbauen der Nebenlinien noch sehr lange Zeit beanspruchen wird.

Beim Überrollen der Kontaktzonen von je zwei Schienen wird das Lager und das darin enthaltene Schmierfett einem häftigen Schlag ausgesetzt, welcher, falls er oft genug wiederholt wird, die Struktur und die Lebensdauer des Fettes, folglich Lebensdauer des Lagers und die Instandhaltungsfrist beeinflusst.

Zur Untersuchung dieses Problems wurde ein Prüfstand entwickelt, bei dessen Projektierung man berücksichtigte, daß im allgemeinen die Masse der Frachtwaggons mit Fracht insgesamt 40 Tonnen beträgt. Die am häufigsten eingesetzten Waggons sind meist zweiachsig und die Last wird von je 4 Lagern pro Achse getragen, so daß eine Last von 5 Tonnen pro Lager berücksichtigt werden muß. Selbst bei geschweißten Gleisen entstehen je 120 Meter Verschleißstellen an den Schweißstellen wodurch sich periodische dynamische Beanspruchungen der Lager ergeben. Bei ungeschweißten Gleisen werden 24 Meter lange (ab und zu 40 Meter lange) Schienen benützt, die Schläge werden also in solchen Perioden auf die Lager ausgeübt. Der übliche Durchmesser der Waggonräder beträgt 920 mm, es entsteht also je eine dynamische Belastung des Rades und Lagers, bei einer Schienenlänge von 120 Metern, nach jeder 47,5-ten Umdrehung. Die Geschwindigkeit des Eisenbahnwaggons beträgt, abhängig von dem Waggontyp 70–120 km/Std.

### Beschreibung des Prüfstandes

Aufgrund obiger Überlegungen wurde am Lehrstuhl für Chemische Technologie der Technischen Universität Budapest, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Kohlenwasserstoff-Forschung ein Prüfstand entwickelt, deren Skizze in Abb. 1 zu sehen ist.

Das Prüflager ist ein Pendelrollenlager (Katalogbezeichnung 22 226 CK), das mit einer Pressscheide (H-3126) an die Welle ( $\varnothing 115$  mm) befestigt wird. Die Abmessungen des Lagers betragen:  $\varnothing 115 \times \varnothing 230 \times 64$  mm, die dynamische Grundbelastung (C) 49 000 Kp, die statische Grenzlaster  $C_0 = 45\,500$  kg, die Grenzdrehungszahl bei Fettschmierung 1400 U/Min, der radiale und axiale Lastfaktor  $x = 1, y = 2,6$ . Die Masse des Lagers ist, laut SKF Katalog 14,5 kg.

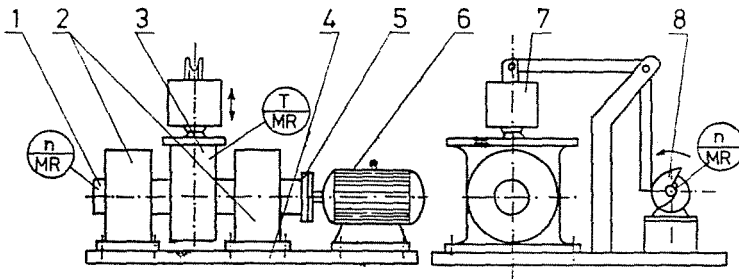


Bild. 1. Skizze des dynamischen Fettprüfstandes. 1. Achse; 2. Traglager; 3. Prüflager; 4. Grundplatte; 5. Kupplung; 6. Antriebsmotor; 7. Last; 8. Hebscheibe

Das Lager befindet sich in einem Gehäuse (SN 526), von 28,5 kg. Die dynamische Last erreicht das Prüflager bzw. das Schmierfett über den, auf die Basis des Lagergehäuses montierten Kraftverteiler. Der Schlag wird durch das Abfallen eines Stahlblocks (Masse = 50 kg) aus veränderlicher Höhe ausgeübt. Die dynamische Last beträgt bei einer Fallhöhe von 5 cm etwa 14 Tonnen. Durch Änderung der Fallhöhe kann die Last modifiziert werden.

Der Fallkörper wird durch eine Hubscheibe über einen Elektromotor der Leistung 0,37 KW, bei einer Umdrehungszahl von 32/Min gehoben. Die Fallhöhe kann durch das horizontale Verschieben des Motors geändert werden.

Das Lager bzw. die Welle wird durch einen Elektromotor von 4,4 KW mit einer Umdrehungszahl von 960/Min. gedreht. Zwischen dem Motor und der Welle wird über einen Keilriemenantrieb elastischer Kontakt hergestellt, wodurch das hohe Moment beim Anlaufen vermindert wird. Eine zweite Funktion des Keilriemens ist die Reduktion der Umdrehungszahl des Motors. Die Welle des Prüflagers wird vom Motor unmittelbar über eine elastische Kupplung angetrieben. Die erwähnte Umdrehungszahl, bezogen auf ein Eisenbahnrad von 920 mm, entspricht einer Fahrgeschwindigkeit von 166 Km/Std. Da diese Geschwindigkeit im RGW-Raum und bei den Ungarischen Staatsbahnen noch

nicht verwirklicht wurde, hat man mit Hilfe des Keilriemenantriebs die Drehzahl um das 1,5 fache reduziert, das ungefähr einer Fahrgeschwindigkeit von 110 Km/Std entspricht.

Der Durchmesser der Welle beträgt 115 mm, die Länge 860 mm. Sie ist bereitet aus einem zähen Wellenstahl NC 6. Die Prüfwellen wird an beiden Seiten von gleichdimensionierten Lagern getragen. Das dynamisch belastete Lager wird durch die Einrichtung No 3. gegen Verdrehung gesichert.

Die Anzahl der Schläge und die Zahl der Umdrehungen kann durch Messung der Umdrehungszahl der Hubscheibe kontrolliert werden. Die Temperatur des äußeren Lagerringes wird durch ein Fe-Co Thermoelement (THF 151) gemessen, das mit einem Temperatur-Registriergerät gekoppelt werden kann.

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt nach dem Prinzip des bekannten Fettprüfstandes SKF-V 2 F. Es werden folgende Werte untersucht:

- Menge des abgesprühten Schmierfettes
- Maximaltemperatur
- Gleichgewichtstemperatur
- Kennzahlen des Schmierfettes
- Konsistenzänderung des Fetts im Labirinth.

Im Prüfstand SKF-V 2F beträgt die Prüfdauer 72 Millionen Umdrehungen. Laut unseres Projektes macht unser Prüfstand 36 Millionen Umdrehungen in 38 Tagen. Dies entspricht einer Fahrstrecke von 100 000 km. In dieser Zeit werden 1,8 Millionen Hiebe auf das Lager ausgeübt.

Nach Beendung des Prüflaufes wird das gealterte Fett aus dem Lager entfernt, bzw. die Reste mit Benzin ausgewaschen.

Wurde das Lager im Prüflauf beschädigt, so muß es für die nächste Prüfung ausgetauscht werden. Für den nächsten Prüflauf wird das Lager mit 1700 g des zu testenden Fettes aufgefüllt.

Zwecks Wechsel des mittleren Lagers (des Prüflagers) müssen alle drei Gehäuse abmontiert werden, worauf das Ausheben der Welle mit den zwei Traglagern und dem Prüflager erfolgt (110 kg).

Zur Kontrolle der Aussagefähigkeit des Prüfstands wurden Untersuchungen mit einem Lithium-Oxistearatbasischen Schmierfett (Ungarische Normbezeichnung LZS-2), der NLGI-Gruppe 2 Untersuchungen ausgeführt. Das Fett stammt aus dem Vertriebsnetz der Ungarischen Handelsfirma für Erdölprodukte »ÁFOR«, die Eigenschaften des Produktes entsprechen den genormten Katalogwerten der Firma ÁFOR. Dasselbe Handelsprodukt wurde außerdem noch mit 2 M% des Additives Vanlube 674 (Handels-Additiv) bzw 5 M% des MoS<sub>2</sub> enthaltenden Additives »Fimol« versetzt und ebenfalls geprüft. Die Fettmuster wurden am Prüfstand je zwei 12 stündigen Prüfläufen (= 24 Std) und einer dynamischen Last von 6,5 Tonnen unterworfen. Es ergab sich daß sich der stationäre Zustand zwischen der 4. und 8. Std des Prüflaufes einstellte.

Die Menge des während der Prüfläufe abgesprühten Fettes war so gering, daß es nicht bewertet werden konnte. Über den Zustand der Lager vor und nach den drei Prüfläufen wurden Farbfoto-Aufnahmen gefertigt. Diese zeigten, daß die Veränderungen des Prüflagers während dieser Prüfungen minimal waren.

### Versuchsergebnisse

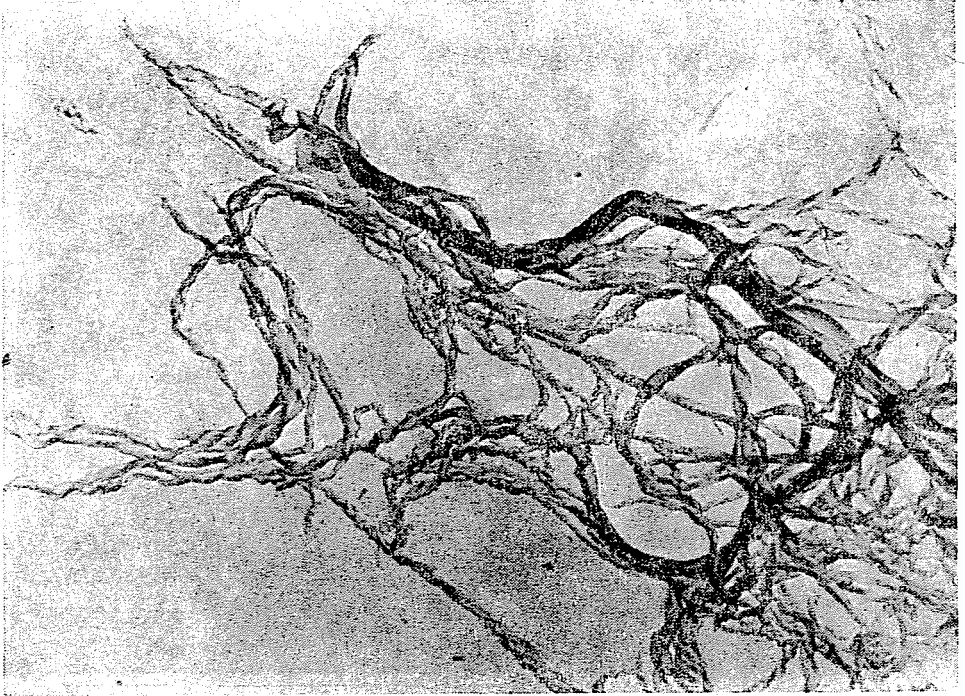
Tabelle 1 zeigt die Kennzahlen der Schmierfettmuster im Frischzustand und nach den Prüfläufen.

Die Tropfpunkte der Fette wurden nach einer Beanspruchung von 24 Std. geringfügig erhöht. Unterschiede zwischen Proben die von drei verschiedenen Lagerstellen entnommen wurden, waren praktisch nicht nachweisbar. Die Penetrationswerte zeigten im Vergleich mit dem ursprünglichen Muster eine geringe Abnahme, wahrscheinlich wegen Homogenisation im Laufe der Beanspruchung.

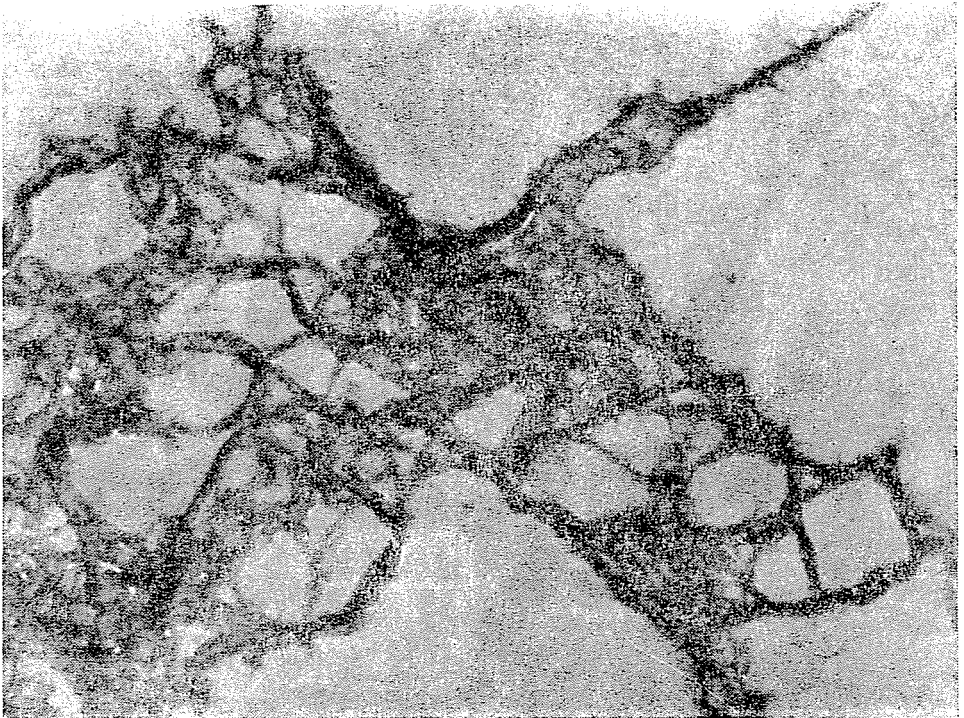
**Tabelle 1**  
Tropfpunkt und Penetration der Schmierfette

Schmierfett	Fließpunkt	Tropfpunkt	Penetration
	nach ubbelonde		
	°C		mm 10
LZS-2 alap	175	194	286
I/1	183	200	275
I/2	185	201	275
I/31/3	191	201	280
LZS-2 + 2% Vanlube 674	152	187	284
II/1	180	198	270
II/2	182	196	272
II/3	190	196	279
LZS-2 + 5% Fimol	175	199	285
III/1	186	201	275
III/2	186	201	274
III/3	194	201	279

Es wurden mit einem Elektronenmikroskop TYP BS-540 bei einer Beschleunigungsspannung von 80 KV. Aufnahmen der Seifenstrukturen gefertigt. Die elektronenoptische Vergrößerung betrug das 4000 bzw 8000 — fache und die Bilder wurden fotooptisch um das 1,5 fache noch vergrößert. Die Herstellung der Präparate geschah auf übliche Weise. Die Aufnahmen zeigen folgendes:



*Bild. 2.* Seifenfibrillen der Grundfettes

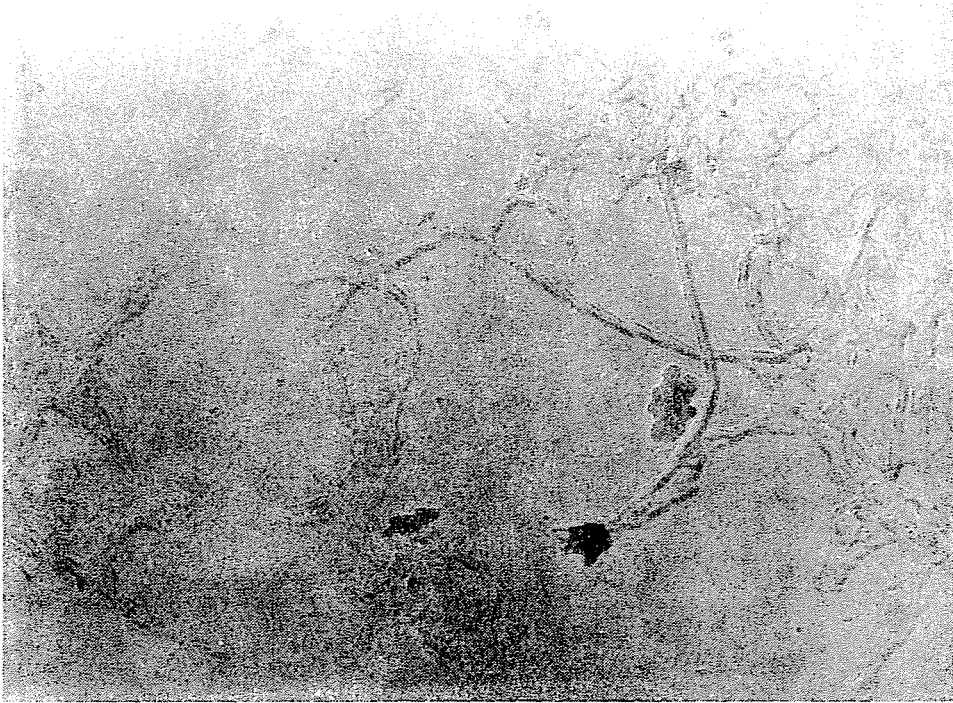


*Bild. 3.* Seifenfibrillen des reinen dynamisch beanspruchten Fettes

Abb. 2 zeigt die bekannte Fibrillenstruktur des ursprünglichen Fettes.

Abb. 3 zeigt die Struktur des Grundfettes nach einer Fahrzeit von 24 Stunden. Man nimmt eine bedeutende Änderung wahr, die Struktur wurde zum Teil zerstört und die Fibrillen besitzen gezackte Oberflächen.

Abb. 4 zeigt die Struktur des mit 2 M% Vanlube 674 versetzten Fettes nach



*Bild. 4.* Seifenstruktur des legierten, dynamisch beanspruchten Fettes

einer Fahrzeit von 24 Stunden. Das elektronenmikroskopische Bild zeigt geringfügige Unterschiede gegenüber dem ursprünglichen Fett. Es kann angenommen werden, daß dies der günstigen Wirkung des Additivs zugeschrieben werden kann.

Die elektronenmikroskopischen Aufnahmen wurden mit der Lafoberfläche entnommenen Proben gemacht.

### Rheologische Untersuchungen

Die Erweichung von Schmierfetten, sowie das Auftreten von Strukturänderungen kann aufgrund rheologischer Methoden exakter als bisher charakterisiert werden. Es wurden daher das Grundfett und die am Prüfstand bean-

spruchten Fette mit einem Kegel-Platten-Rotationsviskosimeter (Rheotest-2) geprüft. Die Methode ist wohlbekannt und muß deshalb hier nicht beschrieben werden.

Die erhaltenen Fließkurven der Fette sind in Abb. 5, 6 und 7 zu sehen.

Abb. 5 zeigt die Fließkurven des Grundfettes LZS-2 sowie der Muster I/1, I/2 und I/3. Die Kurve des Grundfettes und des Musters aus der Hauptmasse des Fettes (I/3) verlaufen anfangs praktisch identisch und bloß im oberen

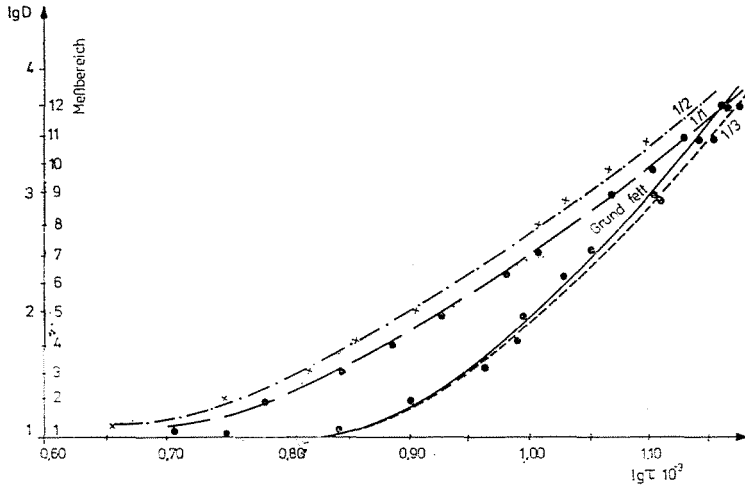


Bild. 5. Fließkurven des unlegierten Fettes. I/0 Grundfett; I/1 beanspruchtes Fett aus dem Korb; I/1 beanspruchtes Fett von der Laufbahn; I/3 beanspruchtes Durchschnittsmuster

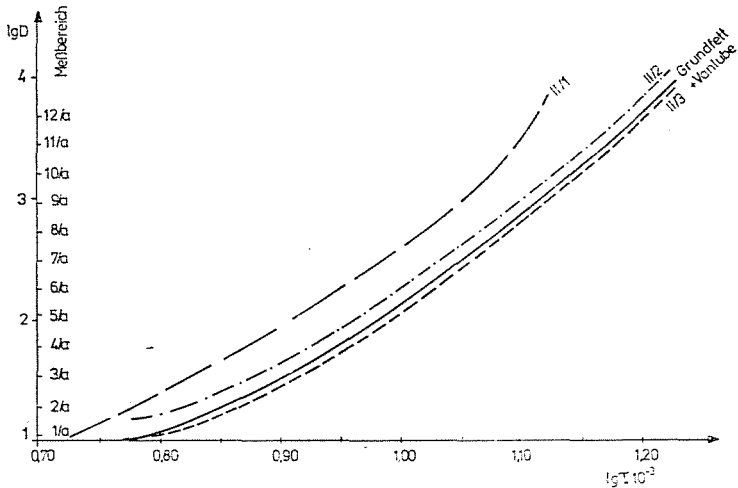


Bild. 6. Fließkurven des mit Vanlube vermischten Fettes, II/0 vermischtes Grundfett; II/1 Korbmuster; II/2 Laufbahnmuster; II/3 Durchschnittsmuster



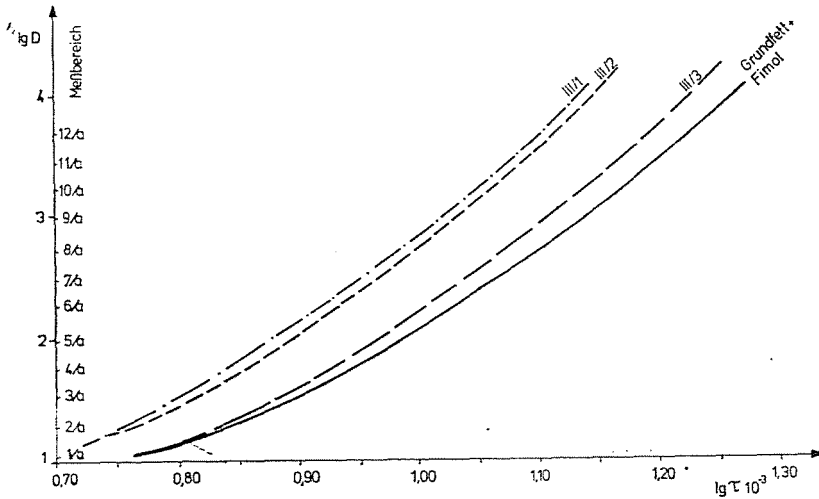


Bild. 7. Fließkurven des mit »Fimol« vermischten Fettes. III/10 vermisches Grundfett; III/1 Korbmuster; III/2 Laufbahnmuster; III/3 Durchschnittsmuster. Bereich kann eine unwesentliche Abweichung nachgewiesen werden. Die Kurven der aus der Umgebung des Bronzekorbes und der Lafoberflächen entnommenen Muster weichen zwar ab, doch verlaufen sie zu einander parallel und sind einander sehr ähnlich. Als Grund dieses Verlaufes kann die verhältnismäßig Kurze dynamische Beanspruchung angesehen werden.

Die Kurven (Abb. 6) des mit 2 M% Vanlube 674 versetzten Fettes verlaufen noch näher aneinander (Kurven II/1, II/2, II/3). Der einzige wesentliche Unterschied zeigt sich im Verlauf der Kurve II/1 (Muster von den Rollflächen) welche im halben Gebiet steiler verläuft.

Abb. 7 zeigt die Kurven des mit 5 M% Fimol ( $\text{MoS}_2$ ) versetzte Fetts. Hier weichen die Kurven III/1 und III/2 von der Grundfettkurve und der Kurve III/3 (Rollflächenmuster) ab, während die Kurvenpaare untereinander fast identisch sind.

Es kann gesagt werden, daß die Kurven 3 stets in Nähe der Grundfettkurven liegen, während die Kurven 1 und 2 allenfalls größere Abweichungen zeigen, da diese aus höher beanspruchten Gebieten stammen.

### Zusammenfassung

Es wurde ein dynamischer Fettprüfstand zur Kennzeichnung von Eisenbahnlagerfetten entwickelt. Dieser Prüfstand führt in 38 Tagen 36 Millionen Umdrehungen aus. Dies entspricht einer Laufstrecke von 100 000 Km. Während dieser Zeit werden 1,8 Millionen Schläge auf das Lager ausgeübt. Auf diese Weise wird die Schlagbeanspruchung der Eisenbahnen annähernd gut, in schwach forciert Form modelliert. Mit diesem Prüfstand wurden an einem lithium-basischen Schmierfett LZS-2 im Reinzustand und mit Zusatzmitteln vermischt Kurzfristprüfungen durchgeführt. Die Schlagfestigkeit wurde 24 Std lang geprüft. Es wurden von jedem Fett je 3 Muster entnommen und diese technologischen, elektronenmikroskopischen und rheo-

logischen Prüfungen unterworfen. Im Laufe der Untersuchungen wurden an den Lagern fast keine Änderungen wahrgenommen. Der Tropfpunkt wurde geringfügig erhöht, die Penetration nahm anfangs ab und stieg später ein wenig an. Dies kann auf die Homogenisierung der Fette im Lager zurückgeführt werden.

Die Fließkurven zeigten größere Abweichungen. Höhere Beanspruchung verursachte steileren Kurvenverlauf und niedrigere Fließgrenzen. Im Elektronenmikroskop konnte nach 24 Stunden eine bedeutende Änderung der Struktur des Grundfettes wahrgenommen werden, die Fibrillen wurden teilweise zerstört und die Oberflächen wurden zackig. Solche Strukturänderung konnte bisher an Schmierfetten noch nicht beobachtet werden. Die Zusatzmittel enthaltenden Schmierfette zeigten diese Änderung nicht, oder kaum. Es kann daher festgestellt werden, daß der entwickelte Prüfstand von den bisherigen abweichende, meßbare und elektronenmikroskopisch indizierbare Änderungen im Fett hervorzurufen imstande ist.

### Literatur

1. VALASEK, L.—CSOP, Á.—VÁMOS, E.: *Kőolaj és Földgáz* 4, 104, 271 (1971)
2. SPENGLER, G.—KULLMANN, W.: *Erdöl und Kohle* 7, 636 1954
3. SPENGLER, G.—LEUTROGT, H. D.: *Schmieretechnik und Tribologie*, 19, 49, 122 (1972)
4. ARMSTRONG, E. L.—LINDENMANN, M. H.: *NIGI Spokesman* 35, 402 (1974)
5. VALASEK, I.—VÁMOS, E.: *Kőolaj és Földgáz* 6, 106, 209 (1953)
6. BATH, P. A.: *Kugellager Ztschr.*, 46, 167 (1971)
7. ANDERSON, F.: *Kugellager Ztschr.*, 47, 26 (1972)
8. ANON.: *Polytechnisch Tijd-Schrift* 26, 344 (1971)
9. KODZOVA, P. I.—KRINOV, I.: *Zsur.* 17, 49 (1972)
10. BIRÓ, B.: *NIGI Spokesman* 8, 138 (1963)
12. LIESER, J. E.—WEST, C. H.: *NIGI Spokesman* 34, 388 (1971)
13. LISZOWSKI, Z. B.: *Zagadnienia tarozia Zuzucia i szmarowania* 9, 73 (1974)

dr. Endre VÁMOS dr. Ernő NEUMANN László KOVÁCS	}	H—1521 Budapest
--	---	-----------------