

Kältebeständige Achsenöle

Von Oberreichsbahnrat Dr. R. Seufert, München

An besonders kalten Wintertagen treten beim Eisenbahnbetrieb die verschiedensten Schwierigkeiten auf. Eine der unangenehmsten ist die, daß Züge, die längere Zeit bei sehr hohen Kältegraden gestanden haben, beim Anfahren schwer zu bewegen sind. Die Deutsche Reichsbahn hat für solche Fälle die notwendigen Verhaltensmaßnahmen angeordnet; so sollen z. B. Güterzüge vor dem Abdrücken über den Ablaufberg bewegt werden, das Abdrücken soll möglichst pausenlos vor sich gehen u. a. m. Diese Maßnahmen sollen bezwecken, daß das Öl in den Achsbüchsen, das infolge des längeren Stehens bei tiefen Temperaturen sehr zäh geworden ist, infolge der Wärme, die durch die Reibung zwischen Achsschenkel und Achslager auftritt, wieder flüssiger wird. Diese Wärme überträgt sich verhältnismäßig schnell auf das Öl in den Achsbüchsen. Ein Übelstand, der sich aber erst allmählich beseitigen läßt, wirkt noch verschlechternd auf das Achsenöl ein. Die Achsbüchsen sind nicht so dicht verschlossen, daß das Eindringen von Wasser und Staub gänzlich verhindert wird. Das Wasser vermischt sich unter den dauernden Erschütterungen und unter der stabilisierenden Wirkung des Staubes mit dem Achsenöl zu einer Emulsion, die bei hoher Kälte zum Erstarren kommt. Diese erstarrte Emulsion verhält sich bei Kälte weit ungünstiger als das reine Achsenöl.

Die Arbeitsgemeinschaft Schmier- und Kraftstoffe beim Reichsbahnzentralamt Berlin versuchte, die Aufgabe zu lösen, Mittel und Wege für eine zuverlässige Fortführung des Betriebes an Tagen mit hohen Kältegraden von der Seite des Achsenöls aus zu finden.

Die beiden chemischen Versuchsstellen der Reichsbahn in München und Kirchmöser führten Versuche durch mit dem Endziel, durch Zusätze geeigneter Stoffe zum Achsenöl dessen Kälteverhalten zu verbessern, ohne die sonstigen Eigenschaften zu verschlechtern.

504 Aus verschiedenen Vorversuchen wurden ein synthetisches Verdünnungsöl und ein Gasöl, wie es bei der Deutschen Reichsbahn vorrätig gehalten wird, als besonders geeignet für diesen Zweck ausgewählt.

Die bei den Versuchen verwendeten Achsenöle wurden früheren Lieferungen entnommen; sie waren deutscher Herkunft, jedoch von verschiedenen Herstellern geliefert. Die Eigenschaften der Öle sind aus *Zahlentafel 1* ersichtlich.

Zahlentafel 1. Analysendaten der Achsenöle

Achsenöl	Spez. Gew.	Aufstieg im U-Rohr in der Kälte		Paraffin-gehalt %	Hart-as-phalt-gehalt %	Viscosität °E bei		Flamm-punkt °C
		Temp. °C	Steig-höhe mm			+20°	+50°	
I	0,919	-22	9	1,6	0,05	25,2	4,94	160
II	0,915	-20	3	3,2	0,23	24,4	4,83	185
III	0,925	-25	10	0,8	0,76	24,2	4,71	165
IV	0,932	-25	9	1,2	0,09	34,8	5,84	190
V	0,929	-22	9	1,5	0,17	26,3	4,87	193

Mit Ausnahme des Öls II weisen sämtliche Öle gutes Kälteverhalten, bestimmt nach dem U-Rohr-Verfahren¹⁾

auf. Die geringere Kältebeständigkeit des Öls II ist durch den höheren Paraffingehalt bedingt. Auch hier wirkt sich, wie schon früher nachgewiesen wurde²⁾, der höhere Gehalt an Paraffin ungünstig auf das Verhalten in der Kälte aus. Die Bestimmung des Paraffins wurde nach dem Äther-Alkohol-Verfahren nach *Holde*³⁾ durchgeführt.

Bei den Vorversuchen zeigte sich, daß die Mischung der Öle I bis V ein besseres Kälteverhalten aufwies als die einzelnen Öle. Es ergaben sich bei -22° im U-Rohr noch 11 mm und bei -23° noch 6 mm Aufstieg. Aus bestimmten Gründen wurde seitens der Arbeitsgemeinschaft Schmier- und Kraftstoffe folgendes Mischungsverhältnis festgesetzt:

3 Gew.-Teile Öl	I
3 Gew.-Teile Öl	II
3 Gew.-Teile Öl	III
8 Gew.-Teile Öl	IV
10 Gew.-Teile Öl	V

Die Herstellung der Mischung erfolgte unter zweistündigem Umrühren bei 60°.

Zur Verbesserung des Kälteverhaltens dieser Mischung war auf Grund zahlreicher Versuche ein Zusatz von 12% synthetischem Verdünnungsöl empfohlen worden.

Das Chemische Versuchsamt Brandenburg-West versuchte, eine Verbesserung der Kältebeständigkeit des Achsenöls durch Zusatz von Gasöl zu erreichen. Nach Zugabe von 5 und 10% Gasöl wurden die in *Zahlentafel 2* angeführten Verbesserungen erzielt.

Zahlentafel 2. Verbesserungen der Kältebeständigkeit durch Zusatz von Gasöl

Ölmischung	Aufstieg im U-Rohr in mm			Viscosität °E bei 50° C
	-30°	-25°	-23°	
Ohne Gasölszusatz . . .	fest	fest	6	5,12
Mit 10% Gasöl	fest	20	über 20	3,30
Mit 5% Gasöl	fest	11	über 20	4,10

Während die Achsenölmischung mit 10% Gasölszusatz bei -25° eine befriedigende Kältebeständigkeit zeigte, erscheint die Viscosität von 3,3° E bei 50° C zu gering.

Auch mit einem 5%igen Gasölszusatz ist das Kälteverhalten bei -25° noch hinreichend, der Flüssigkeitsgrad ist mit 4,1° E bei 50° C für den praktischen Betrieb noch tragbar.

Zahlentafel 3 vermittelt ein Bild von den Auswirkungen, die sich durch den Zusatz von synthetischem Verdünnungsöl auf die Mischung ergaben.

Die Verbesserung durch das synthetische Verdünnungsöl beträgt etwa 3°, der Flüssigkeitsgrad mit 4,0° E ist noch tragbar, der Flammpunkt ist nahezu gleich geblieben. Der Abfall des Flammpunktes bei einem Zusatz von 10% Gasöl ist zu vernachlässigen.

¹⁾ D. Holde, Kohlenwasserstofföle u. Fette, 7. Aufl., Berlin 1933, S. 51.

²⁾ R. Seufert, Saugversuche mit Achsenölen, Oel u. Kohle 37, 503 [1941].

³⁾ D. Holde, Kohlenwasserstoffe u. Fette, 7. Aufl., Berlin 1933, S. 171.

Um die Auswirkung verschieden hoher Zusätze von Gasöl kennenzulernen, wurden weitere Mischungen mit einer Beigabe von 7 und 8% Gasöl angefertigt. Die Eigen-

Zahlentafel 3. Verbesserung der Kältebeständigkeit durch den Zusatz von synthetischem Verdünnungsöl.

Ölmischung	Aufstieg im U-Rohr in mm		Viscosität °E bei 50° C	Flamm-punkt
	-30°	-25°		
Ohne Zusatz von synthet. Verdünnungsöl	fest	fest	5,12	181°
Mit Zusatz von 12% synthet. Verdünnungsöl	fest	12	4,00	183°
Mit 10% Gasölzusatz	fest	20	3,30	150°

schaften dieser Mischungen sind in Zahlentafel 4 zusammengestellt. Zum Vergleich ist auch das Gemisch mit 5 und 10% Gasölzusatz und das mit 12% synthetischem Verdünnungsöl nochmals angegeben.

Zahlentafel 4. Verbesserung der Kältebeständigkeit durch Zusatz von Gasöl und synthetischem Verdünnungsöl

Ölmischung mit	Kälteverhalten im U-Rohr		Viscosität °E bei		Flamm-punkt °C
	Temp. °C	Steighöhe mm	+20°	+50°	
5% Gasöl	-25	11	19,5	4,10	155
7% Gasöl	-25	14	16,9	3,77	150
8% Gasöl	-25	15	15,8	3,58	150
10% Gasöl	-25	20	14,3	3,30	150
12% synth. Verd.-Öl.	-25	12	18,1	4,00	183

Wie aus den Werten der Zahlentafel 4 ersichtlich ist, verhält sich das Ölgemisch mit 5% Gasölzusatz in der Kälte fast ebenso, wie die Mischung mit 12% synthetischem Verdünnungsöl. Lediglich der Flammpunkt liegt niedriger; immerhin entspricht er noch den Lieferbedingungen der Deutschen Reichsbahn für Winterachsenöl.

Die aufgeführten Versuche dienten dazu, die Wirkung des Zusatzes von synthetischem Verdünnungsöl und Gasöl zu der Achsenölmischung in groben Umrissen festzustellen. Die Prüfung im U-Rohr läßt wohl erkennen, bei welcher Temperatur sich ein Öl unter einem bestimmten Druck nicht mehr bewegt bzw. wie hoch es noch ansteigt; irgendwelche Schlüsse hinsichtlich des Flüssigkeitsgrades des Öles bei tiefen Temperaturen können daraus jedoch nicht gezogen werden.

Zur Ermittlung des Flüssigkeitsgrades wurden in der Chemischen Versuchsanstalt der Reichsbahn in München sämtliche Öle und die oben beschriebene Mischung im Höppler-Viscosimeter bei -20° und bei -30° geprüft. Bekanntlich wird bei derartigen Prüfungen das Ergebnis durch die Vorbehandlung des Öles und durch die Geschwindigkeit der Abkühlung beeinflusst. Wir arbeiteten nach folgender Methode:

Das zu prüfende Öl wird 1 h im Vakuum zwecks Entfernung aller Luftblasen und der geringen Feuchtigkeit auf 50° erwärmt. Dann läßt man im Vakuum langsam, am besten über Nacht, auf Raumtemperatur abkühlen. Nach Einfüllen in das Höppler-Viscosimeter wird das Öl innerhalb 1½ h unter ständigem Drehen des Gerätes auf -20° abgekühlt. Nun werden mehrere Messungen bei

dieser Temperatur durchgeführt. Sodann wird während 1 h unter ständigem Drehen weiter auf -30° abgekühlt; bei dieser Temperatur werden wiederum mehrere Messungen vorgenommen.

Dieses Prüfverfahren wurde gewählt, weil bekannt ist, daß manche Öle bei langsamer, ruhiger Abkühlung höhere Flüssigkeitsgrade zeigen als bei Prüfung nach dem beschriebenen Verfahren.

Im vorliegenden Falle wurden auch die Flüssigkeitsgrade der Öle II und III, also der Öle mit höchstem und niedrigstem Paraffingehalt, nach Abkühlen ohne Drehung des Höppler-Viscosimeters bei -30° gemessen. Die Flüssigkeitsgrade unterschieden sich jedoch nicht wesentlich von jenen, die nach dem oben angegebenen Prüfverfahren bei -30° ermittelt wurden.

In Zahlentafel 5 sind die so gemessenen Flüssigkeitsgrade der einzelnen Öle sowie der Mischung angegeben. Es wurden jeweils zwei Bestimmungen durchgeführt.

Zahlentafel 5. Viscosität der Achsenöle bei -20° und -30°

Öl	Viscosität °E bei -20° C		Viscosität °E bei -30° C	
	I. Versuch	II. Versuch	I. Versuch	II. Versuch
I	1375	1285	6680	6480
II	1605	1595	13210	14000
III	1530	1550	7810	7790
IV	2910	2929	17720	17800
V	1790	1780	18050	18690
Mischung der 5 Öle	1720	1767	10015	10100

Aus den Werten der Zahlentafel 5 ist ersichtlich, daß sich der Unterschied zwischen den Kontrollversuchen in Anbetracht der Dickflüssigkeit der Öle bei -20° und -30° in erträglichen Grenzen bewegt.

Bei -20° ist der Flüssigkeitsgrad der Öle II, III und V und der Mischung nicht allzu verschieden. Das Öl I ist am dünnsten, das Öl IV, das schon bei +20° und +50° die größte Viscosität zeigt, ist am zähflüssigsten. Das Öl II, das den größten Paraffingehalt und im U-Rohr das mangelhafteste Kälteverhalten hatte, zeigt eine mittlere Zähflüssigkeit; fast die gleiche Viscosität ergibt sich bei dem Öl III, obwohl bei der Prüfung im U-Rohr erhebliche Unterschiede auftreten und das Öl II den vierfachen Paraffingehalt zeigt wie das Öl III.

Ein anderes Bild des Kälteverhaltens ergibt sich bei der Temperatur von -30°. Ähnlich wie bei -20° verhält sich das Öl I am besten. Das Öl V, welches wie das Öl I im U-Rohr bei -22° noch 9 mm Steighöhe hatte, zeigt nahezu die dreifache Zähflüssigkeit. Annähernd gleiche Zähflüssigkeit hat das Öl IV, das im U-Rohr bei -25° noch 9 mm anstieg.

Während bei -20° die Flüssigkeitsgrade der Öle II und III annähernd gleich waren, beträgt bei -30° der Flüssigkeitsgrad des Öles II nahezu das Doppelte von dem des Öles III.

Die hohe Zähflüssigkeit der Öle IV und V ist auf die chemische Zusammensetzung der Öle zurückzuführen. Wie erwähnt, liegt der Paraffingehalt gegenüber dem Öl II wesentlich niedriger.

Sowohl bei -20° als auch bei -30° wirkt sich das Zusammenmischen der fünf Öle günstig aus. Obwohl der Anteil der hochviscosen Öle II, IV und V in der Mischung

rund 78% beträgt, wird durch die Beimischung der beiden anderen Öle eine wesentliche Verringerung der Zähflüssigkeit bewirkt.

Die Flüssigkeitsgrade der in *Zahlentafel 4* aufgeführten Mischungen haben wir ebenfalls bei -20° und bei -30° im *Höppler-Viscosimeter* gemessen. Die Vorbehandlung war die gleiche wie oben beschrieben. Die Ergebnisse sind in *Zahlentafel 6* aufgeführt.

Zahlentafel 6. Viscosität der Achsenöl-Mischung mit Zusatz von Gasöl und synthetischem Verdünnungsöl

Ölmischung mit	Viscosität $^{\circ}$ E bei -20° C		Viscosität $^{\circ}$ E bei -30° C	
	I. Versuch	II. Versuch	I. Versuch	II. Versuch
5% Gasöl ...	921	897	6070	6279
7% Gasöl ...	710	710	3990	3951
8% Gasöl ...	628	618	3440	3300
10% Gasöl ...	524	511	2235	2200
12% synthet. Verdünnungsöl	790	752	3830	4060

Bei einem Vergleich der Werte der *Zahlentafel 6* zeigt sich, daß das Ölgemisch mit 7% Gasölzusatz nahezu die gleiche Zähflüssigkeit bei -20° und -30° zeigt wie das Ölgemisch mit 12% Zusatz von synthetischem Verdünnungsöl.

Bei der Beurteilung des Kälteverhaltens nach dem U-Rohr-Verfahren ist die Mischung mit 5% Gasölzusatz der mit einem Zusatz von 12% synthetischem Verdünnungsöl schon gleichwertig (*Zahlentafel 2* und *3*), die Flüssigkeitsgrade ergeben jedoch bereits bei -20° beachtliche und bei -30° starke Unterschiede.

Ein Vergleich der Werte der *Zahlentafel 5* und *6* ergibt, daß schon ein Zusatz von 5% Gasöl die Zähflüssigkeit der Ölmischung bei -30° C von 10 000 $^{\circ}$ E auf rd. 6200 $^{\circ}$ E und ein 7%iger Gasölzusatz auf 3990 $^{\circ}$ E herabmindern.

Es trat nun die Frage auf, ob und in welchem Maße die beiden Zusätze das Saugvermögen der Schmierpolster beeinflussen. Zu diesem Zweck wurden Saugversuche durchgeführt; dabei war die Versuchsanordnung die gleiche wie früher beschrieben²⁾.

Um die Versuche abzukürzen, wurde nur eine Art Saugfäden verwendet, und zwar solche aus $\frac{1}{3}$ Wolle und $\frac{2}{3}$ Floxalan. Als Zusätze wurden 12% synthetisches Verdünnungsöl und 10% Gasöl gewählt.

Zahlentafel 7. Saugversuche (Temperatur $+20^{\circ}$)

Öl	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	5. Woche	6. Woche	Gesamtmenge (in g)
I	128,4	132,2	130,5	125,2	124,0	119,8	760,1
II	20,0	2,7	1,3	0,9	0,8	0,6	26,3
III	126,4	132,9	129,8	125,3	122,8	118,6	755,8
IV	90,2	96,7	90,3	87,4	84,2	80,6	529,4
V	122,3	129,8	127,0	124,1	120,7	117,4	741,3
Mischung der 5 Öle	80,6	46,7	39,8	29,4	26,5	21,9	244,9
Mischung mit 12% synthet. Verdünnungsöl	120,6	83,2	78,8	65,6	60,0	52,4	460,6
Mischung mit 10% Gasöl...	152,4	164,2	158,2	144,9	140,6	140,5	900,8

Wie bei den früheren Versuchen bereits festgestellt wurde, wirkt sich ein höherer Paraffingehalt gegenüber

dem Saugvermögen der Saugfäden ungünstig aus (Öl II). Bei dem Gemisch der fünf Öle fällt die geringe Ölförderung auf. Hier macht sich die störende Wirkung des Öls II bemerkbar. Durch das synthetische Verdünnungsöl wird die Ölförderung des Gemisches begünstigt, wesentlich mehr noch durch den Gasölzusatz.

Zahlentafel 8. Saugversuche (Temperatur $+50^{\circ}$)

Öl	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	5. Woche	6. Woche	Gesamtmenge (in g)
I	379,6	350,6	326,6	302,7	287,1	265,4	1912,0
II	299,3	207,6	179,5	143,8	119,1	100,7	1050,0
III	389,1	363,2	360,8	352,8	332,3	324,8	2123,0
IV	354,9	284,8	260,7	234,8	200,7	180,9	1516,8
V	408,5	380,7	373,2	359,9	360,7	348,5	2231,5
Mischung der 5 Öle	378,0	338,1	311,8	281,8	254,0	243,1	1806,8
Mischung mit 12% synthet. Verdünnungsöl	510,7	458,9	423,0	411,6	362,0	359,1	2525,3
Mischung mit 10% Gasöl...	432,5	411,0	342,9	283,8	269,9	240,1	1980,2

Bei $+50^{\circ}$ wirkt sich der Paraffingehalt nicht mehr so störend aus wie bei $+20^{\circ}$, denn das Paraffin befindet sich bereits in flüssigem Zustande. Immerhin wird von dem Öl II die geringste Menge übergesaugt; durch dieses Öl wird auch die Menge der Ölmischung ungünstig beeinflusst. Auffallend ist hier bei der Mischung der Einfluß des synthetischen Verdünnungsöls, während der des Gasöls nur unbedeutend ist gegenüber dem Versuch bei $+20^{\circ}$.

Durch Versuche wurde festgestellt, daß das synthetische Verdünnungsöl Paraffin (2 bis 3%) bei 50° leicht löst, daß sich dieses jedoch bei $+20^{\circ}$ wieder abscheidet. Das Gasöl hingegen löst das Paraffin leicht und hält es auch in Lösung.

Zahlentafel 9. Saugversuche (Temperatur -10°)

Öl	1. Woche	2. Woche	3. Woche	4. Woche	5. Woche	6. Woche	Gesamtmenge (in g)
I	1 Tropfen	5,3	6,0	4,8	4,8	4,3	25,2
II	—	—	—	3 Tropfen	0,4	0,5	0,9
III	3,8	9,6	10,3	9,9	9,6	8,9	52,1
IV	—	—	5 Tropfen	1,7	1,5	1,3	4,5
V	4 Tropfen	4,3	4,9	4,8	4,4	4,4	22,8
Mischung der 5 Öle	1 Tropfen	2,7	2,9	2,3	2,2	1,9	12,0
Mischung mit 12% synthet. Verdünnungsöl	0,8	4,5	4,4	4,2	4,2	3,4	21,5
Mischung mit 10% Gasöl...	10,7	21,0	22,5	21,0	20,3	18,1	113,6

Die früher gemachte Erfahrung, daß das Paraffin in der Kälte besonders ungünstig wirkt, wird hier bestätigt. Von Öl II mit dem höchsten Gehalt an Paraffin wird

am wenigsten gefördert, von Öl III mit dem geringsten Paraffingehalt am meisten. Auch bei der Ölmischung ist die Förderung gering; sie wird durch die Zugabe von synthetischem Verdünnungsöl verbessert. Hervorragend ist wieder die Wirkung des Gasölszusatzes.

Bei der Prüfung des Kälteverhaltens des für die Versuche verwendeten Gasöls zeigte sich, daß dieses außerordentlich kältebeständig war. Im U-Rohr ist es bei -40° noch flüssig; das synthetische Verdünnungsöl ist bei -60° noch flüssig. Die Flüssigkeitsgrade der beiden Zusätze sind aus *Zahlentafel 10* ersichtlich.

Zahlentafel 10. Viscosität der Zusätze

Zusatz	Viscosität °E bei			
	+20° C	+50° C	-20° C	-30° C
Synthetisches Verdünnungsöl	2,90	1,57	31,50	85,60
Gasöl	1,23	1,10	1,43	2,37

Da des öfteren auch Gasöle mit weniger guter Kältebeständigkeit angeliefert worden sind, ist die Befürchtung aufgetreten, daß durch die Beimischung solchen Öls keine so gute Verbesserung des Kälteverhaltens des Achsenölgemisches erzielt wird. Es wurden darum einige derartige Gasöle ausgewählt und Mischungen mit diesen ebenfalls geprüft.

Das Verhalten im U-Rohr war folgendes:

Gasöl Nr. 349 = -15° fest;
Gasöl Nr. 408 = -13° fest;
Gasöl Nr. 877 = -20° fest.

Die Ölmischungen mit Zusätzen solcher Gasöle wurden wie oben beschrieben vorbehandelt und im Höppler-Viscosimeter gemessen (*Zahlentafel 11*).

Zahlentafel 11. Viscosität der Achsenölmischung mit Zusätzen aus verschiedenen Gasöllieferungen

Ölmischung mit	Viscosität °E bei			
	+50° C	+20° C	-20° C	-30° C
10% Gasöl Nr. 349	3,44	14,68	575	3415
10% Gasöl Nr. 408	3,78	17,09	754	4060
10% Gasöl Nr. 877	3,35	14,37	544	2780

Zahlentafel 11 zeigt, daß sich verschiedene Gasöle in der Ölmischung in der Kälte verschieden auswirken. Die mit den weniger kältebeständigen Gasölen Nr. 349 und 408 hergestellten Gemische besitzen bei -20° eine höhere Zähflüssigkeit als die mit dem kältebeständigeren Gasöl Nr. 877 hergestellte Mischung und als die ursprüngliche (*Zahlentafel 6*). Bei -30° treten die Unterschiede besonders deutlich hervor.

Bereits bei $+20^{\circ}$ und $+50^{\circ}$ zeigen die Mischungen verschiedene Flüssigkeitsgrade, ein Beweis, daß Gasöle verschiedener Beschaffenheit verschieden auf das Achsenöl einwirken. Es handelte sich bei den verwendeten Gasölen um solche mineralischer Herkunft.

Es war noch von Interesse zu erfahren, welche Zähflüssigkeit diejenigen Öle, die sich schon lange Zeit in den Achsbüchsen befinden und mit Staub, Schmutz und Wasser durchsetzt sind, aufweisen. Zu diesem Zweck wurden Öle aus Achsbüchsen entnommen und die Viscosität wie oben beschrieben festgestellt. Wenn es sich hier auch nicht um eine Ölmischung in dem oben angegebenen Verhältnis handelt, so liegt doch eine Mischung

verschiedener Achsenöle vor, da immer wieder Achsenöl an den verschiedensten Orten in die Achsbüchsen nachgefüllt wird.

Das Ergebnis ist in *Zahlentafel 12* aufgeführt. Zum Vergleich haben wir die Vergleichswerte der Ölmischung beigefügt.

Zahlentafel 12. Analysendaten zweier Achsenaltöle und der Frischölmischung

	Achsenaltöl Nr. 46	Achsenaltöl Nr. 48	Ölmischung
Viscosität $+50^{\circ}$ C . . .	11,17° E	11,68° E	5,12° E
Viscosität $+20^{\circ}$ C . . .	107,60° E	111,10° E	27,9° E
Viscosität -20° C . . .	21890° E	17250° E	1744° E
Viscosität -30° C . . .	fest	fest	10058° E
Kälteverhalten nach dem U-Rohr-Verfahren	-7° C fest	-8° C fest	-25° C fest
Hartasphaltgehalt . . .	0,69%	0,72%	0,21%
Wasser	3,30%	6,50%	Spuren
Fremdstoffe	1,37%	0,51%	frei

Die aus dem Betriebe entnommenen Achsenöle zeigen gegenüber dem ungebrauchten Öl einen außerordentlichen Anstieg der Zähflüssigkeit, besonders bei tiefen Temperaturen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß das in die Achsbüchsen eingedrungene Wasser sich mit dem Öl infolge der ständigen Rüttelung beim Lauf der Wagen und unter der stabilisierenden Wirkung des Staubes emulgiert hat. Die Emulsion kommt in der Kälte zum Erstarren.

Daraus ergibt sich, daß mangelhafte Schmierung bei tiefen Temperaturen weniger auf das Öl zurückzuführen, sondern vor allem ein Problem der Abdichtung der Achsbüchsen ist.

In *Zahlentafel 13* sind die Kennzahlen der Öle sowie deren Mischung mit und ohne Zusätze noch einmal zusammengestellt. Als Ergänzung ist hier der Stockpunkt noch eingefügt.

Zahlentafel 13. Kennzahlen der verschiedenen Öle

Bezeichnung	Viscosität °E bei				Aufstieg im U-Rohr in mm	Stockpunkt
	+20° C	+50° C	-20° C	-30° C		
Achsenöl I	25,2	4,94	1330	6580	-22° C = 9	-43° C
Achsenöl II	24,4	4,83	1600	13605	-20° C = 3	-38° C
Achsenöl III	24,2	4,71	1540	7800	-25° C = 10	-42° C
Achsenöl IV	34,8	5,84	2918	17760	-25° C = 9	-40° C
Achsenöl V	26,3	4,87	1785	18370	-22° C = 9	-36° C
Ölmischung	27,9	5,12	1744	10058	-23° C = 6	-41° C
mit 5% Gasöl	19,5	4,10	909	6175	-25° C = 11	-42° C
mit 7% Gasöl	16,9	3,77	710	3970	-25° C = 14	-42° C
mit 8% Gasöl	15,8	3,58	623	3370	-25° C = 15	-42° C
mit 10% Gasöl	14,3	3,30	518	2218	-25° C = 20	-42° C
mit 12% synthet. Verd.-Öl	18,1	4,00	771	3945	-25° C = 12	-46° C
Synth. Verd.-Öl	2,90	1,57	31,50	85,60	—	-74° C
Gasöl	1,23	1,10	1,43	2,37	—	-42° C
Achsenaltöl Nr. 46	107,6	11,17	21890	fest	-7° fest	-21° C
Achsenaltöl Nr. 48	111,1	11,68	17250	fest	-8° fest	-24° C

Bei den Viscositäten in der Kälte wurden jeweils die Mittelwerte aus den beiden Bestimmungen eingesetzt.

Den höchsten Stockpunkt zeigen die Öle II und V, obwohl der Paraffingehalt bei beiden um 100% auseinander liegt. Die Öle I und V, die bei -22° den gleichen

00706

Aufstieg im U-Rohr zeigen, liegen sowohl hinsichtlich des Stockpunktes als auch hinsichtlich der Viscosität in der Kälte weit auseinander. Ähnlich verhalten sich die Öle III und IV.

Während das Gasöl in der Ölmischung sich sowohl im U-Rohr als auch bei der Zähflüssigkeit in der Kälte entsprechend der Höhe seines Zusatzes verbessernd auswirkt, macht sich dies beim Stockpunkt nicht mehr bemerkbar, da es selbst bei -42° bereits stockt; dagegen bewirkt der Zusatz von synthetischem Verdünnungsöl eine Erniedrigung des Stockpunktes.

Die Beimischung von Wasser zu den Achsenölen beeinflusst die Zähflüssigkeit und den Stockpunkt sehr ungünstig.

Zusammenfassung

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus der Arbeit ziehen:

1. Durch Zusammenmischen verschiedener Achsenöle kann eine Verbesserung des Kälteverhaltens einzelner Öle erzielt werden.

2. Ein Zusatz von 12% synthetischem Verdünnungsöl bewirkt eine merkliche Verbesserung des Kälteverhaltens von Achsenölen, wobei die Viscosität bei 50° nicht merklich beeinflusst wird.
3. Durch einen Zusatz von 5 bis 10% besonders kältebeständigem Gasöl wird die Zähigkeit des Achsenöls in der Kälte beträchtlich herabgemindert. Je nach der Höhe des Gasölsatzes sinkt die Viscosität bei $+50^{\circ}$ ab.
4. Die Kälteprüfung nach dem U-Rohr-Verfahren sowie die Bestimmung des Stockpunktes lassen keine Schlüsse auf die Flüssigkeitsgrade der Öle bei tiefen Temperaturen zu.
5. Das Saugvermögen der Schmierpolster bei tieferen Temperaturen wird durch Gasölsatz zum Achsenöl günstig beeinflusst.
6. Eine gute Abdichtung der Achsbüchsen gegen Eindringen von Wasser und Schmutz wirkt günstig auf das Kälteverhalten des Achsenöls ein und verlängert dessen Laufleistung.