

verhältnis zeigten, daß, wie zu vermuten war, durch die fortfortschreitende Koagulation ein Anstieg der zeitlich später gemessenen Viskositätswerte eintritt. Also auch hier verläuft die Koagulation von Alphaltropfen mit meßbarer Gefehwindigkeit.

Ähnliche Verhältnisse, wie in Abbildung 7 dargestellt, liegen auch für das in Abbildung 8 und Zahlentafel 10 beschriebene Mischungspar Heizöl G mit Heizöl C vor. Wie man erkennen kann, befindet sich für dieses System die Mischungsücke beim Verhältnis 10 G zu 90 C. Von 30 Gewichts-prozenten Heizöl G an aufwärts sind alle anderen Mischungsverhältnisse homogen und völlig ausfüllungsfrei.

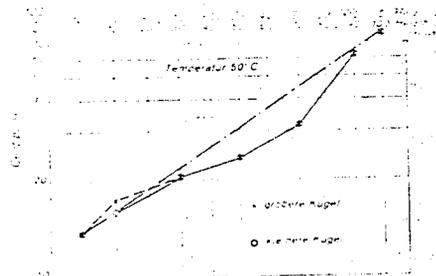


Abbildung 8. Öl-mischungen Heizöl G mit Heizöl C.

Zahlentafel 10.

Gewichts-% Heizöl G	Gewichts-% Heizöl C	Spezifisches Gewicht bei 50°C	Viskosität in Cp bei 50°C (kleinere Kugel)	Viskosität in Cp bei 50°C (größere Kugel)	ρ_{Cp} in %
100	0	0,957	77,56	78,28	0,92
90	10	0,969	61,24	61,51	0,51
70	30	0,973	30,81	31,12	0,39
50	50	0,995	23,76	23,93	0,71
30	70	1,001	20,13	20,19	0,29
10	90	1,009	15,57	16,98	8,42
0	100	1,016	13,32	13,48	1,18

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Verfahren zur Bestimmung der Mischbarkeit von Heizölen beschrieben. Es beruht auf einer Viskositätsmessung im Höppler-Viskosimeter, wobei die Zähigkeitsmessung nicht wie gewöhnlich mit einer, sondern mit zwei sich in ihren Meßbereichen überdeckenden Kugeln durchgeführt wird. Die bei diesem Vorgehen sich ergebenden Abweichungen zwischen den mit in ihrem Durchmesser verschiedenen Kugeln gefundenen Visko-

litätswerten werden in Zusammenhang mit dem Inhomogenitätsgrad der vorliegenden Öl-mischung gebracht. An Hand von zahlreichen Beispielen wird nachgewiesen, daß sowohl der Beginn als auch der Endzustand einer Koagulation einwandfrei erkennbar ist. Das Verfahren besitzt gegenüber den bisher bekannten, trotzdem es nur qualitativer Natur ist, den Vorteil einer größeren Empfindlichkeit, verbunden mit einer erheblichen Zeiterparnis.

Die Bestimmung der Pumpfähigkeit von Heizölen

Von H. R. Asbach und J. Tegethoff

Zur Kennzeichnung des Temperaturverhaltens von Ölen, insbesondere von Heizölen, wird hauptsächlich die Bestimmung des Stockpunktes herangezogen. Obgleich es in Fachkreisen bekannt ist, daß die Stockpunktbestimmung ein durchaus empirisches Verfahren darstellt, dessen Reproduzierbarkeit und Genauigkeit sehr viel zu wünschen übrig läßt, konnte doch bislang auf diese Meßgröße für die Kennzeichnung des Kaltverhaltens von Heizölen nicht verzichtet werden, da eben keine andere bekannte Maßzahl — wie beispielsweise die Viskosität oder die Dichte — Aufschluß über das Temperaturverhalten von Heizölen gibt. Die normale Bestimmung des Stockpunktes beruht bekanntlich auf der Ermittlung derjenigen Temperatur,

bei der das Öl unter Einwirkung der Schwerkraft bei einer Neigung des Meßgefäßes von 30° nicht mehr beweglich oder gerade wieder fließfähig wird. Es handelt sich also hier um die Bestimmung zweier Grenztemperaturen, d. h. entweder um die Temperatur, bei der das zu untersuchende Öl gerade nicht mehr fließt, oder um die Temperatur, bei der es gerade wieder zu fließen beginnt. Beide Temperaturgrößen werden zur Kennzeichnung des Kaltverhaltens verwendet, meistens aber ohne die nähere Angabe, welche von beiden Grenztemperaturen zur Bestimmung herangezogen wurde. Ergeben sich hieraus schon beträchtliche Abweichungen zwischen den Temperaturangaben verschiedener Prüfungsstellen, so bleibt auch bei

abfragegemäßer Befchränkung auf die Bestimmung der einen oder anderen Grenztemperatur immer noch ein weiter Spielraum von ± 5 , der als zulässige Fehlergrenze anerkannt wird. Diese Temperaturspanne von ± 5 könnte noch hingenommen werden, würde sie sich in der Praxis nicht fühlend bemerkbar machen. Klagen verschiedener Heizölverbraucher haben jedoch gezeigt, daß diese Annahme nicht zutrifft. Dies wird um so leichter verständlich, wenn man die Gründe unterfucht, die zur Heranziehung einer das Kälteverhalten von Ölen kennzeichnenden Größe führen. In den meisten Fällen wird das zu verbrauchende Heizöl in beweglichen oder ortsfesten Vorratsbehältern gelagert, aus denen es dann, seinem jeweiligen Zweck entsprechend, durch Pumpen den Verbrauchern zugeführt wird. Die Verbraucher interessieren nun neben den eigentlichen bräuntechnischen Eigenschaften eines Heizöls besonders sein Verhalten hinsichtlich der Temperatur, bei der es durch Förderanlagen nicht mehr zur gewünschten Stelle hin oder von der gewünschten Stelle weg bewegt werden kann. Ein Heizöl, das bei normal vorkommenden Temperaturen einen Arbeitsaufwand zum Umpumpen erfordert, der mit gebräuchlichen Pumpeinrichtungen kaum zu bewältigen ist, kann trotz seiner vielleicht sonst vorzüglichen Verbrennungseigenschaften in der Praxis keine Verwendung finden.

Aus dem Vorhergehenden wird klar, daß eine normale Stockpunktbestimmung zur Festlegung der genannten Temperatur, bei der das Öl nicht mehr zu fördern ist, versagen muß, da eine Fehlerspanne von ± 5 viel zu groß für den vorliegenden Zweck erscheint. Weiterhin gibt der Stockpunkt nur Aufschluß über das Verhalten des Öles bei der jeweiligen Grenztemperatur, sagt dagegen nichts über sein Verhalten vor Erreichung dieser Temperatur aus. Auf Grund dieser Verhältnisse, die zu Klagen von Seiten der Heizölverbraucher führten, regte Herr Dr. F. Müller an, ein neues Untersuchungsverfahren auszuarbeiten, das die bei Temperaturfall auftretenden Schwierigkeiten von vornherein zu erkennen gibt und das gestattet, einen genauen Wert für die Temperatur zu ermitteln, bei der ein Heizöl durch Pumpen nicht mehr gefördert werden kann. Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe wurde ein Meßgerät entwickelt, mit dem eine für die Technik ausreichend genaue Vorausbestimmung des Kälteverhaltens von Heizölen — von uns mit „Pumpfähigkeit“ bezeichnet — durchführbar ist.

Bestimmt man bei veränderlichen Öltemperaturen die Arbeit, die eine Pumpe aufbringen muß, um ein zu untersuchendes Heizöl durch einen genau bestimmten Querschnitt zu fördern, so läßt dieser Wert unmittelbare Schlussfolgerungen auf das Temperaturverhalten oder die sogenannte Pumpfähigkeit des umzupumpenden Öles zu. Da bei einer Pumpe der beim Herausgehen des Kolbens auf das zu fördernde Öl ausgeübte Druck wegen des Gesetzes der Allseitigkeit des Druckes an jeder Stelle des Pumpenzylinders gleich ist, so kann dieser Druck an einer beliebigen Stelle im Pumpenzylinder gemessen werden. Aus der Multiplikation dieses gemessenen Druckes mit der konstruktionsgemäß bekannten Stempelfläche ergibt sich dann die gesamte an der Stempelfläche angreifende Kraft. Eine weitere Multiplikation dieser Kraft mit dem Halbweg des Kolbens liefert die gesuchte Arbeit. Ein an

Pumpenzylinder angebrachtes Manometer kann unmittelbar in Arbeitseinheiten geeicht werden. Bei Verwendung eines technischen Manometers muß, falls die Anzeige richtig erfaßt werden soll, die Einwirkdauer des Manometers Berücksichtigung finden. Diese Einschränkung begrenzt die Zahl der Kolbenhübe je Minute. Als ausreichender Wert würden 10 Hübe je Minute ermittelt. Diese geringe Hubzahl hat gleichzeitig den Vorteil, daß die temperaturabhängige Druckanzeige bequem abgelesen werden kann.

Die Ausführung des Meßgerätes.

Den schematischen Aufbau der Einrichtung zur Bestimmung der Pumpfähigkeit zeigt die Abbildung 1. Die Kolbenpumpe 1 steht durch eine Aufangleitung 2 und die Druckleitung 3 mit dem das zu untersuchende Öl enthaltenden Vorratsbehälter 4 in Verbindung. In der Druckleitung 3 befindet sich eine Meßdüse 5, mit der

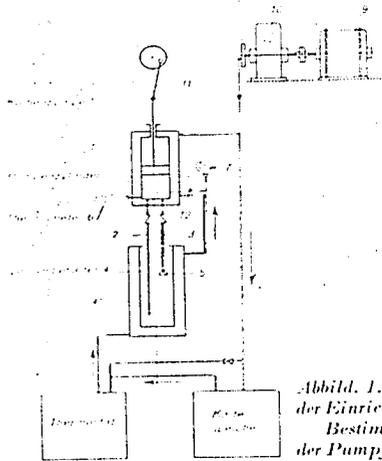


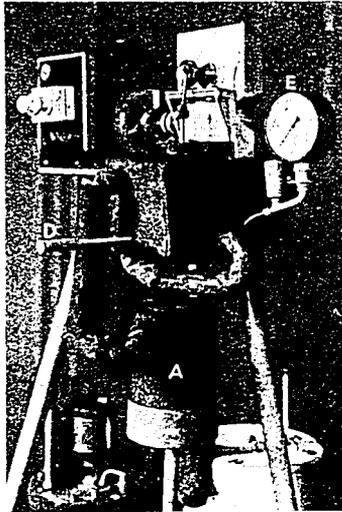
Abbildung 1. Aufbau der Einrichtung zur Bestimmung der Pumpfähigkeit.

die Pumpfähigkeit bei veränderlichem Rohrquerschnitt bestimmt werden kann. Sowohl der Pumpenzylinder als auch der Vorratsbehälter sind mit einem Kühlmantel 1' bzw. 4' versehen, durch den das zuvor in einem Thermostaten auf eine bestimmte Temperatur gebrachte Kühlmittel geleitet wird. Die Temperatur des zu prüfenden Öles wird im unteren Teil des Pumpenzylinders durch ein Thermometer 6, der Druck im Pumpenzylinder durch ein Manometer 7 gemessen. Zur Verhütung von Wärmeein- bzw. Wärmeabstrahlung sind alle von Öl durchflossenen Teile mit einer guten Isolierschicht umgeben. Angetrieben wird die Pumpe 1 durch den Motor 9 über das Getriebe 10 und den Kurbeltrieb 11. Zur Dämpfung der durch den Gang der Pumpe bedingten harten Ausschläge ist in die Manometerleitung ein Windkessel 12 eingefaltet.

Die zur Unterkühlung der zu untersuchenden Öle benötigte Einrichtung besteht aus einem Thermostaten (Fabrikat: Gebr. Haake, Medingen) und einem Kältespeicher der gleichen Firma. Als Thermostatenfülligkeit wird Methanol und als Kältemittel Trockeneis verwendet. Den Anschluß des Meßgerätes an die Kühleinrichtung zeigt ebenfalls Abbildung 1.

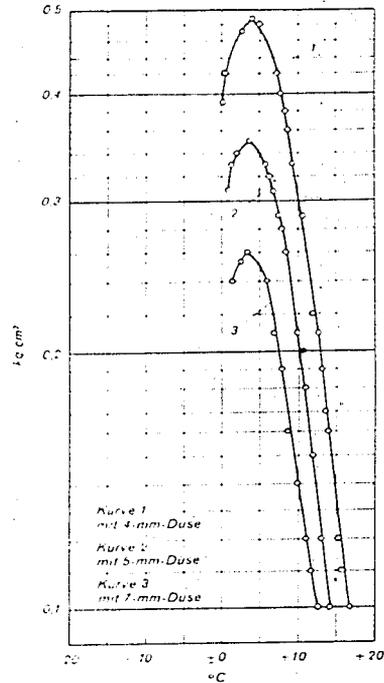
Die Durchführung der Messung.

Das auf seine Pumpfähigkeit zu untersuchende Öl wurde vor Beginn der Messung von faserigen und grobkörnigen Verunreinigungen durch Filtration oder Abfüßenlassen befreit. Von diesem so gereinigten Öl wurden etwa 400 cm³ in den Vorratsbehälter A (Abbild. 2) eingefüllt. Nach Anschließen der Kühl-



Abbild. 2.

leitungen an das Meßgerät wurde die Kälteinrichtung in Tätigkeit gesetzt und die Kühlung so eingestellt, daß der Temperaturabfall am Thermometer D etwa 5° je 30 Minuten betrug. Die am Thermometer D und am Manometer E angezeigten Temperaturen bzw. Drucke wurden auf halblogarithmischem Millimeterpapier kurvenmäßig aufgetragen. Als Abszisse diente die Temperatur und als Ordinate der zugehörige Druck. Die Kurven zeigten, wie Abbildung 3 zeigt, anfänglich einen geradlinigen Verlauf auf, neigen sich dann nach links und fallen nach Erreichung eines Maximums wieder ab. Dieses Maximum dient neben der temperaturabhängigen Druckanzeige als Charakteristikum für das gepumpte Öl. Die zu diesem Druckmaximum gehörende Temperatur ist die Temperaturgrenze, bei der das Öl eine derartige Konsistenz aufweist, daß es unter normalen Bedingungen nicht mehr durch Pumpen gefördert werden kann. Wie umfangreiche Meßreihen zeigten, ist die dem Druckmaximum zugeordnete Temperatur unabhängig vom Durchmesser der verwendeten Meßdüfen. Eine Veränderung des Förderquerschnittes durch Verwendung verschiedener besserer Düfen vermehrt oder vermindert, je nachdem die Düfenquersehnitte vergrößert oder verkleinert werden, nur die zum Umpumpen des Öles benötigte Arbeit. Die Abbildungen 3 bis 6, die die Pumpfähigkeitskurven verschiedener Heizöle zeigen, lassen erkennen, daß die Abweichung für die „kritische“ Temperatur für die ersten drei Öle 0,5 und für das Öl D nicht mehr als 1 ausmacht. Auffallend ist bei den Pumpfähigkeitskurven von Heizöl C und D (Abbild. 5 und 6) der äußerst spitze Verlauf der Kurven. Der Grund für dieses Verhalten findet u. E. seine Erklärung darin, daß derartige Öle beim Unterkühlen plötzlich ihre Konsistenz ändern und somit in diesem Temperaturbereich nicht mehr als homogen angesprochen werden dürfen. Bei Erreichung dieser Temperaturchwelle beginnen die Druckanzeigen am Manometer (bei Verwendung von Düfen unter 8 mm Durchmesser) unregelmäßig zu werden. Zur Kennzeichnung dieses Zustandes sind die Kurven von



Abbild. 3. Heizöl A.

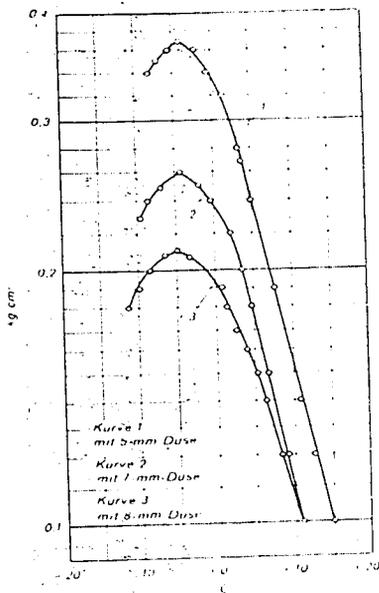
diesem Punkt an gestrichelt gezeichnet. Das Druckmaximum ist aber unabhängig von diesen Vorgängen mit Sicherheit feststellbar.

Interessant in diesem Zusammenhang ist eine Gegenüberstellung der mit dem vorbeschriebenen Neigungsverfahren ermittelten Stockpunkte (die Temperaturangaben beziehen sich auf den Zustand, bei dem das Öl gerade wieder zu fließen beginnt) mit den in dem Meßgerät ermittelten „kritischen“ Temperaturen. Diese Gegenüberstellung ist in Zahlentafel 1 vorgenommen.

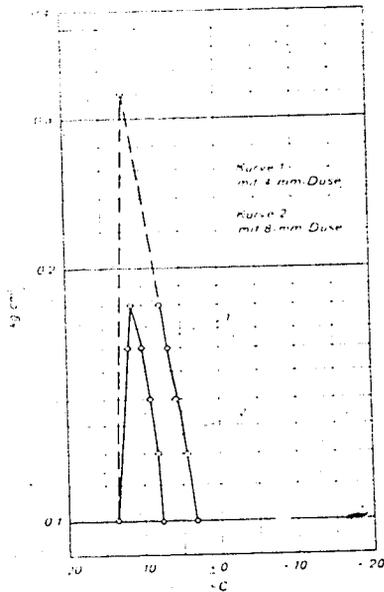
Zahlentafel 1.

Heizöl	Viskosität in Cp bei 20 °C	Spezifisches Gewicht bei 20 °C	Stockpunkt °C	„Kritische“ Temperatur °C
A	76,33	1,036	13	+ 4
B	639,36	1,007	20	- 4,5
C	37,20	0,951	13,5	- 11
D	12,75	1,074	16	- 9,5

Die Tafel zeigt, daß kein erkennbarer Zusammenhang zwischen den Stocktemperaturen und den „kritischen“ Temperaturen besteht. Stellt man sich einmal vor, welche unliebsamen Überraschungen ein Heizölverbraucher erleben kann, wenn er nach Angaben der Stocktemperatur sein Heizöl noch förderbar wähnt und plötzlich feststellen muß, daß beispielsweise bei



Abbild. 4. Heizöl B.



Abbild. 5. Heizöl C.

± 0° die Brennstoffpumpen ihre Tätigkeit eingestellt haben. Zu welchen Folgerungen das führen kann, ist unfehrer einzusehen. Jedenfalls wird man nach diesen Zusammenhängen verstehen, daß in diesem Punkte schon Klagen von Seiten der Heizölverbraucher auftreten konnten.

Auffeblbreich im Verlauf der durchgeführten Versuchsreihen war die Untersuchung zweier Heizöle fast gleicher Viskosität und brenntechnischer Eigenschaften zwecks Vergleich ihrer Eignung in bezug auf das Kälteverhalten für einen Verbraucher. Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Abbildung 7 (Seite 56) dargestellt. Während das Heizöl U eine „kritische“ Temperatur von +2,5° aufweist, liegt diese für das Heizöl V bei -1,5°. Danach war das Heizöl V für den vorliegenden Zweck geeigneter als das sonst gleichwertige Heizöl U.

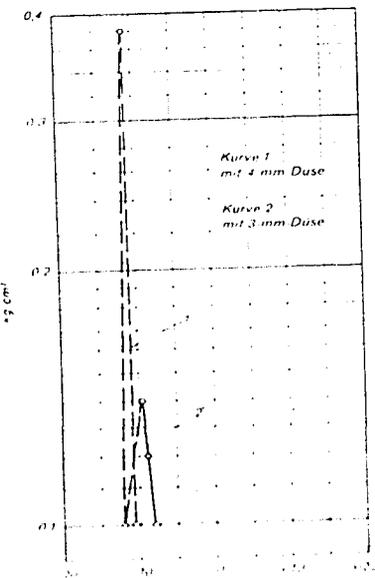
Oft tritt auch die Notwendigkeit auf, ein anfallendes Heizöl mit schlechtem Kälteverhalten mit einem anderen kältetechnisch guten Heizöl so zu mischen, daß die Mischung beider ein Heizöl ergibt, dessen Temperaturverhalten den gewünschten Anforderungen entspricht. Voraussetzung für die

Herstellung einer derartigen Mischung ist natürlich die Bedingung, daß die zu mischenden Öle sich gegenseitig vertragen, d. h. nicht zu Alphal- ausflockungen neigen. Diese Voraussetzung traf bei den im folgenden aufgeführten Ölmischungen zu. In der Zahlentafel 2 (Seite 56) sind die in diesem Zusammenhang interessierenden Daten der Mischungen M bis Q zusammengestellt.

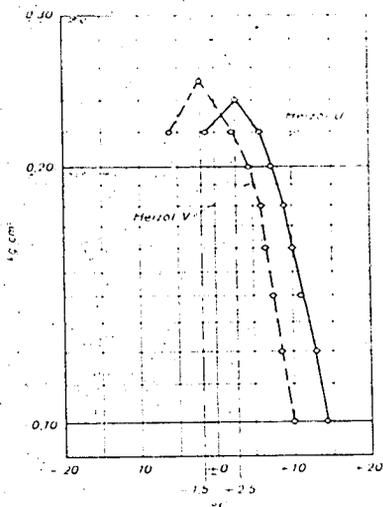
Die zugehörigen Pumpfähigkeitskurven zeigt die Abbildung 8 (Seite 56). Diese Versuchsreihe läßt erkennen, daß dem Heizöl M mindestens 40% vom Heizöl Q zugesetzt werden mußten, um die „kritische“ Temperatur in die gewünschte Grenze unter -5° zu bringen.

In einem weiteren Falle sollte ein zur Befehückung eines Scheibengameters dienendes Öl auf sein Kälteverhalten untersucht werden.

Wie Zahlentafel 3 (Seite 56) ergibt, liegt die „kritische“ Temperatur dieses Öles bei -10° gegenüber der Stockpunkttemperatur von -29°. Wie die Erfahrungen des letzten strengen Winters gezeigt haben, gibt der Stockpunkt keine befriedigende Auskunft über das Kälteverhalten derartigen Galometeröle. Die in der Zahlentafel 3 in Gegenüberstellung von Stock-



Abbild. 6. Heizöl D.

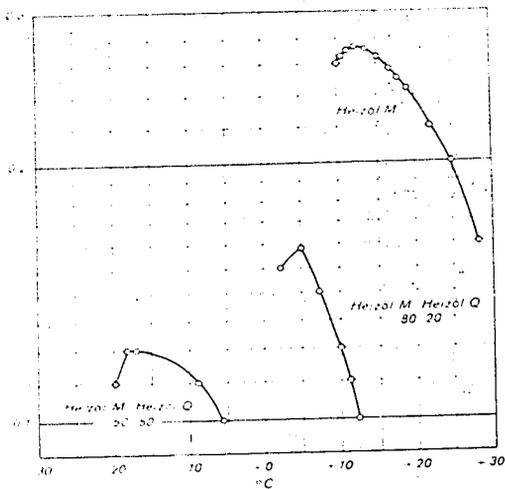


Abbild. 7.

Zahlentafel 2.

Mischung		Stockpunkt	„Kritische“ Temperatur
Heizöl M	Heizöl Q	t	t
100		27	13
80	20	12	5
50	50	0	18

punkt und „kritische“ Temperatur sich ergebenden Unterschiede lassen deutlich erkennen, welche Gefahren eine absolute Bewertung des Kälteverhaltens von Gafometerölen auf Grund einer Stockpunktbestimmung in sich birgt. Temperaturen von -16 in den Behältertaffen und vor allem an den Behälterwänden sind von uns gemessen worden. Gemäß der Höhe des Stockpunktes dürften bei dieser Temperatur noch keine Schwierigkeiten auftreten, was jedoch, wie die Praxis zeigte, leider nicht zutraf. Im Gegenteil, bei -16 wies das verwendete Gafometeröl eine Konfizienz auf, die eine sofortige Stilllegung des Gafometers erzwang. Versuche, das Gafometeröl mit



Abbild. 8.

Zahlentafel 3.

Bezeichnung	Viskosität in Cp bei 40°C	Stockpunkt t	Pumpfähigkeit t
Zufatzöl	11,63	67	19
Gafometeröl	55,30	29	10
30% Zufatzöl	31,66	36	13
50% Zufatzöl	23,25	19	16
50% Gafometeröl			
70% Zufatzöl	17,13	58	17,5
30% Gafometeröl			

einem anderen Öl besseren Kälteverhaltens zu mischen, ergaben gemäß Zahlentafel 3, daß oft bei einem Mischungsverhältnis 50:50 eine „kritische“ Temperatur von -16 erreicht wird und somit eine Verwendung dieser Mischung in einer längeren Frostperiode daher nur dann zufällig sein wird, wenn durch zusätzliche Beheizung ein Abkühlen der Temperatur unter -15 in Taße und Behälter verhindert werden kann.

Zusammenfassung.

Es wird eine Meßvorrichtung beschrieben, die in enger Anlehnung an die praktischen Verhältnisse die Bestimmung einer das Kälteverhalten von Heizölen umfassenderen Kenngröße zu ermitteln gestattet, als die übliche Stockpunktbestimmung erlaubt. Diese Kenngröße wurde auf Vorschlag von Herrn Dr. F. Müller als Pumpfähigkeit bezeichnet und stellt den Ausdruck für die Arbeit dar, die zum Umpumpen eines Öles bei einer bestimmten Temperatur aufzuwenden ist. Die sich bei fortgeschreitender Unterkühlung des

Öles einstellende Temperaturgrenze, bei der das zu untersuchende Öl sich nicht mehr als pumpfähig erweist, wird graphisch ermittelt und als „kritische“ Temperatur bezeichnet. Diese sogenannte „kritische“ Temperatur erwies sich nach unseren Erfahrungen besser zur Kennzeichnung des Kälteverhaltens von Heizölen geeignet als jede andere bisher ermittelte Meßgröße*).

*) Herrn Dr. Dehmann für auch an dieser Stelle für die Förderung und die Übermittlung freundlicher Anregungen dankend.