

**Mittheilungen**  
aus den  
**Königlichen technischen Versuchsanstalten**  
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

---

**Ergänzungsheft I.**

**1895.**

---

**Bericht**

über

vergleichende Schmieröluntersuchungen, ausgeführt in den  
Jahren 1889—1894.

Von

**Dr. D. Holde,**  
Vorsteher der Abtheilung für Oelprüfung.



**Berlin.**

Verlag von Julius Springer.

1895.

ISBN-13: 978-3-642-89872-3

e-ISBN-13: 978-3-642-91729-5

DOI: 10.1007/978-3-642-91729-5

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1895

**Mittheilungen**  
aus den  
**Königlichen technischen Versuchsanstalten**  
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

**Ergänzungsheft I.**

**1895.**

**Bericht über vergleichende Schmieröluntersuchungen ausgeführt in den  
Jahren 1889—1894.**

Von Dr. D. Golde, Vorsteher der Abtheilung für Delprüfung.

Durch die Erlasse vom 13. November 1889 und 16. März 1890 hatte der Herr Minister für Handel und Gewerbe angeordnet, daß die im „Ergänzungsheft V der Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchs-Anstalten“ 1889 veröffentlichten vergleichenden Schmieröluntersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Einflüsse minderwerthiger Beimischungen auf die Brauchbarkeit von Schmierölen fortgeführt werden. Hierbei sollte eine schärfer begrenzte Kennzeichnung der wirklich brauchbaren Schmiermittel herbeigeführt werden.

Im Verlauf der Untersuchungen stellte sich die Nothwendigkeit heraus, die bereits früher eingeleitete Ausbildung der Prüfungsverfahren in weitgehender Weise fortzuführen, um die Einflüsse bestimmter Beimischungen, wie Paraffin, Asphalttheile, Kautschuk u. bis in die Details verfolgen zu können. Zum Theil, speciell in Bezug auf Fragen physikalischer Prüfung — z. B. die Bestimmung der Viskosität, die Konsistenz der Dele in der Kälte, das Ausdehnungsvermögen der Dele u. — sind die Untersuchungen zu einem befriedigenden Abschluß gelangt, so daß eine sichere Grundlage auf diesem Gebiete für die Zukunft geschaffen ist.

Wie in dem vorangegangenen umfassenden Bericht vom Jahre 1889, möge daher auch hier zunächst eine gedrängte Uebersicht über die Entwicklung der Prüfungsverfahren unter Angabe der früheren Veröffentlichungen gegeben werden. Hierbei hat es sich, um den organischen Zusammenhang der einzelnen Gebiete zu wahren, nicht vermeiden lassen, theilweise Versuchsreihen aufzunehmen, welche eigentlich in die unter B später behandelte vergleichende Untersuchung der Schmierfähigkeit verschiedener Dele gehören. Es wird daher in dem Abschnitt B an den betreffenden Stellen nur kurz auf diese unter A aufgeführten Versuchsreihen zurückverwiesen werden.

**A. Untersuchungen zur Ausbildung der Versuchsverfahren.**

**I. Physikalische Eigenschaften der Schmiermittel.**

a) Englerscher Apparat.

1. Konstruktive Verbesserungen.

Der von der Versuchs-Anstalt benutzte Englersche Apparat hat vor etwa 4 Jahren, natürlich unter Beibehaltung der Hauptabmessungen, die nebenan gezeichnete Form erhalten, welche ein bequemeres und sichereres Arbeiten mit dem Apparat als früher gestattet. Durch die Erhöhung des Ausflußgefäßes wird ein Ueberspritzen des Wassers aus dem Bade B in den Delbehälter A beim Rühren mit dem Kontrollthermometer des Bades vermieden. Die Durchführung des Verschlusstiftes durch den Deckel ermöglicht es, den Versuch in Gang zu setzen, ohne den Deckel zu lüften. Der Kranzbrenner d soll eine gleichmäßigeren Erwärmung

des Bades gestatten. Diese kleinen konstruktiven Aenderungen haben sich im Laufe der letzten Jahre gut bewährt, und auch Professor Engler hat die vorstehende Form des Apparates nach vorangegangenen Verhandlungen zwischen der Großherzoglich chemisch-technischen Versuchs-Anstalt und dem hiesigen Institut seinen neuesten vorläufigen Veröffentlichungen über die von ihm gewünschte Handhabung des Apparates zu Grunde gelegt.

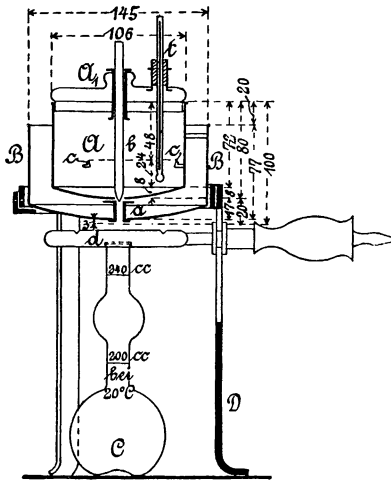


Fig. 1.

Sehr gut bewährt hat sich bei gleichzeitiger Untersuchung mehrerer Oele die nach dem Entwurf von A. Martens, unter Beibehaltung der Hauptabmessungen, ausgeführte Vereinigung von 4 Zähigkeitsmessern in einem einzigen Bade (Fig. 2). Der Apparat gestattet eine erhebliche Zeitersparniß dadurch, daß man mit einem Wasserbade (W) gleichzeitig die Wärme von 4 Oelproben in je einem Viskosimetergefäß regeln und die Oele somit bequem gleichzeitig nebeneinander ausfließen lassen kann.

Die Zeitablesungen können an einer einzigen Uhr für alle 4 Proben vorgenommen werden, indem man nach erfolgter Wärmeregulung des Bades und der Oelproben in den einzelnen Ausflußgefäßen jedesmal bei Ablauf einer vollen oder halben

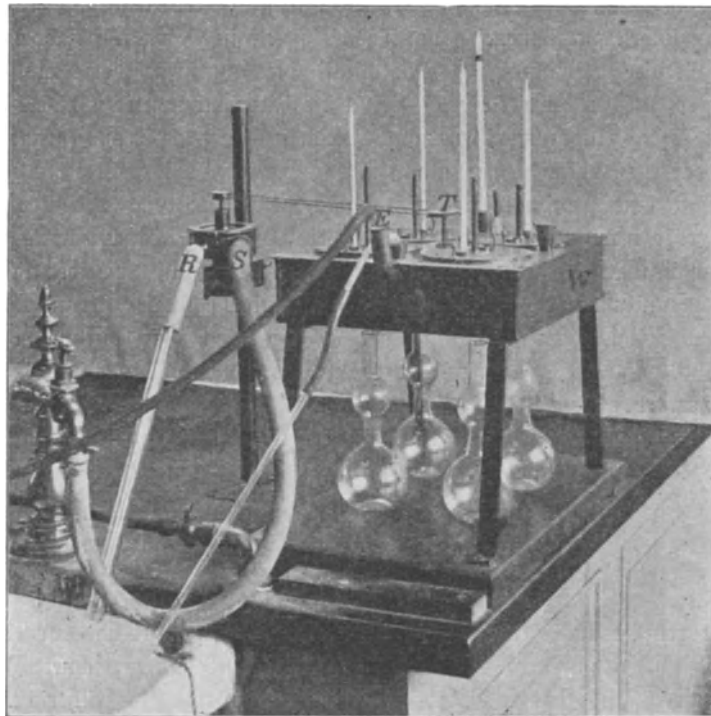


Fig. 2.

Minute den Stift lüftet und so die Oele kurz hintereinander auslaufen läßt. Während des Ausfließens wird die Badwärme durch das Rührwerk T, welches durch die Turbine R-S getrieben wird, und nöthigenfalls durch Zufließenlassen von kaltem Wasser durch E oder Erwärmung des

Bades durch eine kleine Gasflamme geregelt. Bei höheren Wärmegraden 28 bis 80° C kann man eine kleine durch ein Drahtnetz gemäßigte Flamme eines Bunsenbrenners während des ganzen Versuches unter dem Wasserbade verbleiben lassen, um das Sinken der Badwärme zu vermeiden. Bei etwa 100° C lassen sich mit Genauigkeit und schneller Erzielung der vorgeschriebenen Wärme die Versuche ausführen, wenn man auf eine der Tüllen ein langes Dephlegmatorrohr aufsetzt und das im Bade nur mäßig hoch aufgefüllte Wasser beständig im Sieden erhält.<sup>1)</sup> Die Benutzung des Apparates dürfte sich überall dort, wo viele Flüssigkeitgradbestimmungen auszuführen sind, z. B. in größeren Fabrikbetrieben u. empfehlen.

## 2. Verbesserung der Versuchsausführung.

Bei den im Laufe der letzten Jahre mit dem Englerschen Apparat gesammelten Erfahrungen ergab sich, daß die zuweilen bei Flüssigkeitgradbestimmungen eines Deles auf verschiedenen Apparaten beobachteten Differenzen hauptsächlich auf Abweichungen in folgenden Punkten zurückzuführen sind:

- 1., Die Weite des Ausflußröhrchens<sup>2)</sup>
- 2., die Auffüllhöhe bis zu den Markenspitzen
- 3., die Bestimmung der als Einheit geltenden Ausflußzeit für Wasser, welche letztere Schwankungen bis zu 4 % auf demselben Apparat ausgesetzt war.

Daher wurde zunächst die völlige Klarlegung der vorstehenden Fehlerquellen des Apparates erstrebt. Die Tabelle 1 behandelt den Einfluß der Auffüllhöhe.

Zu den Versuchen in Tab. 2 bis 3, welche den Einfluß erheblicher Unterschiede in der Röhrchenweite behandeln, ist zu bemerken, daß hier noch nicht die später (Tab. 5) erzielte Genauigkeit in der Ausmessung der Röhrchenweite erreicht war, und die betreffenden Angaben noch mit einem Fehler von  $\pm 0,03$  mm behaftet sind. Der jetzige Fehler bei derartigen Messungen beträgt nur  $\pm 0,01$  mm.

Nichtsdestoweniger ist die Mittheilung der unter den erwähnten Umständen erhaltenen Ergebnisse als werthvoll angesehen worden, weil der Einfluß erheblicher Abweichungen in den Röhrchenweiten (bis zu 0,05 mm) auf die in erster Linie in Frage kommenden Ausflußzeiten der Öle in genügender Weise aufgeklärt wurde.

Im Einzelnen ist zu den Versuchen in den Tab. 1—3 noch Folgendes zu bemerken:

Zur Bestimmung des Einflusses der verschiedenen Auffüllhöhen (Tab. 1) wurden von mehreren verschieden zähflüssigen Oelen verschiedene Raummengen unter Abwägung des Deles in die Apparate eingefüllt und die Ausflußzeiten festgestellt. Unter Berücksichtigung der Weite des cylindrischen Ausflußgefäßes entsprechen etwa 8 ccm Del einer Höhe von 1 mm. Die Versuche zeigen, daß sich bereits ein Fehler von 5 ccm = 0,5 mm Höhenunterschied in ziemlich erheblicher Weise bemerkbar macht. Die Fehler der Auffüllung bei der üblichen Einfüllungsweise bis zu den Spitzen schwanken, wie aus den Versuchen in Tab. 2 zu er-

<sup>1)</sup> Die Versuchsanstalt hat auch an einem ihrer einfachen Englerschen Apparate das äußere Bad zu einem Dampfmantel umgewandelt, um Cylinderoöle bei sehr hohen Wärmegraden (180° C) bequem prüfen zu können. Als Siedeflüssigkeit dient Anilin. Auf den Mantel wird ein Allihn'scher Kühler aufgesetzt. Apparate für derartige Versuche müssen hart gelötet sein.

Eine größere Reihe von Vorversuchen ergab, daß man auf die angegebene Weise ohne Belästigung des Experimentirenden durch Dämpfe und unter Erzielung sehr zuverlässiger Werthe arbeitet.

<sup>2)</sup> Bezüglich der Fehler der Längenabmessungen sind zwar keine systematischen Untersuchungen ausgeführt worden, doch haben die bisherigen Versuche keinen Anhalt dafür gegeben, daß die gewöhnlichen Abweichungen der Länge der Röhrchen  $\pm 0,1$  mm gegen die vorgeschriebene Länge nennenswerthe Abweichung in den Ausflußzeiten veranlassen.

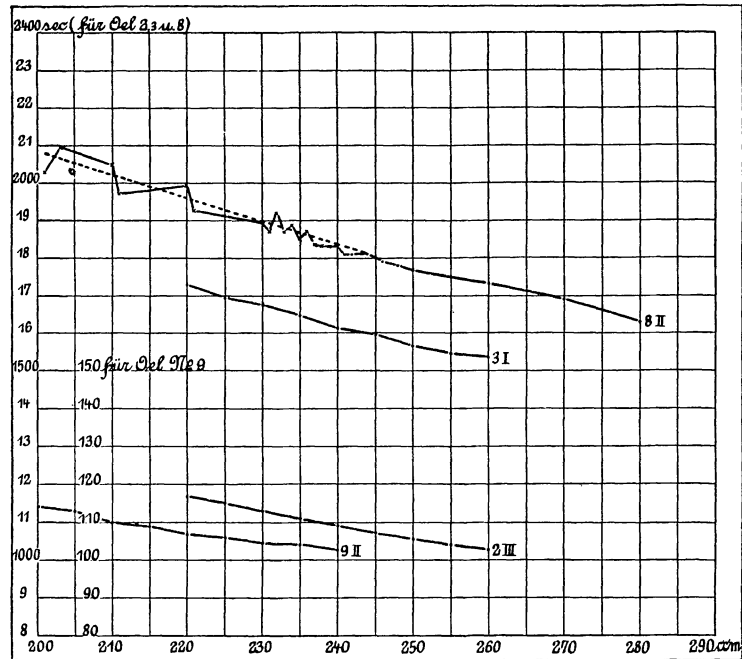


Fig. 3. Einfluß der Auffüllhöhe des Deles auf die Ausflußzeiten der Dele. Ausflußzeiten geordnet nach wachsenden Auffüllhöhen (durch cem ausgedrückt) 2, 3, 8 u. 9 Mineralöle; I, II und III Zeichen der Apparate. Die Sterne in der Schaulinie von Del Nr. 8 bezeichnen Einzelversuche.

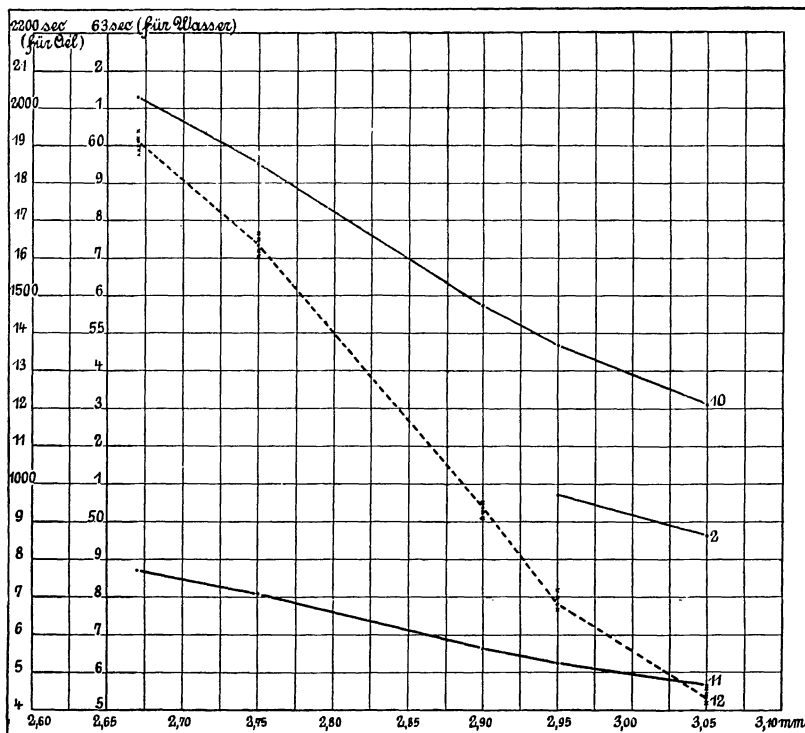


Fig. 4. Einfluß der Röhrenweite auf die Ausflußzeiten von Wasser und Del. Ausflußzeiten geordnet nach wachsenden Röhrenweiten 2, 10 und 11 Mineralöle; 12 destill. Wasser. Die Sterne bei den Schaulinien für Wasser bedeuten die Einzelbestimmungen.

sehen ist, und sich auch bei den laufenden Untersuchungen zeigte, meistens nur zwischen 0 und  $\pm 3$  ccm, in ganz vereinzelt Fällen bis zu  $\pm 5$  und  $\pm 6$  ccm. Die Ergebnisse in Tab. 1 sowie eine Reihe von Beobachtungen, welche bei den laufenden Antragsprüfungen mit dünnflüssigen und dickflüssigen Ölen gemacht wurden und in den Protokollen verzeichnet sind, zeigen, daß für je 5 min. Gesamtausflußzeit des Öles, ein Auffüllungsfehler von 1 ccm etwa 1 sec. Fehler in der Ausflußzeit bedingt. Da man nun bei den üblichen Flüssigkeitsgradbestimmungen den Unterschied der wirklich eingefüllten Ölmenge gegenüber der vorgeschriebenen Auffüllungsmenge durch Messung des ausgeflossenen Öles im Kolben unter Schätzung der im Apparate zurückbleibenden Ölmenge berechnen kann, so ist man auch auf Grund der obigen Ergebnisse in der Lage, die Fehler der Auffüllung durch Anbringung der erwähnten Zeitkorrektur pro ccm und je 5 min. Ausflußzeit des Öles auf das kleinste Maß herabzumindern.

Die in Tab. 1 und 2 mitgetheilten Ergebnisse sind in den Fig. 3 und 4 in Schaulinien dargestellt.

Tabelle 1.

## Einfluß der Auffüllhöhen auf die Ausflußzeiten im Englerschen Apparat.

Nr. des Öles	Laufende Nr. des Versuchs	Gewicht und Menge des Öles im Viskosimeter	Abwei- chung der Auffüllung gegen 240 ccm	Ausflußzeit in sec.		Abweichungen der einzelnen Bestimmungen gegen das Mittel		Flüssigkeit- grad (fe) (Rüböl 20 C° = 1, Rüböl bezogen auf Wasser von 20 C° = 15)	Abwei- chungen des fe vom fe bei 240 ccm Auffüllung in %
				Einzel- werthe	Mittel	in sec.	in %		
1. Apparat Nr. III Wasser- werth 52,7	1	221,5 g	0	1093	1092	1	0,1	1,38	—
	2	=		1090		2	0,2		
	3	240 ccm		1092		0	0		
	4	216,9 g	— 5	1100	1110	10	0,9	1,40	1,5
	5	=		1116		6	0,5		
	6	235 ccm		1114		4	0,4		
	7	212,3 g	— 10	1125	1128	3	0,3	1,43	3,6
	8	=		1130		2	0,2		
	9	230 ccm		1130		2	0,2		
	10	207,7 g	— 15	1149	1145	4	0,3	1,45	5,1
	11	=		1143		2	0,2		
	12	225 ccm		1142		3	0,3		
	13	203,1 g	— 20	1165	1168	3	0,3	1,48	7,2
	14	=		1171		3	0,3		
	15	220 ccm		1168		0	0		
	16	226,1 g	+ 5	1074	1072	2	0,2	1,36	1,5
	17	=		1071		1	0,1		
	18	245 ccm		1071		1	0,1		
	19	230,7 g	+ 10	1064 <sup>1)</sup>	1054	10	0,9	1,33	3,6
	20	=		1046		8	0,8		
	21	250 ccm		1052		2	0,2		
	22	235,3 g	+ 15	1038	1040	2	0,2	1,32	4,3
	23	=		1041		1	0,1		
	24	255 ccm		1040		0	0		
	25	239,9 g	+ 20	1019	1023	4	0,4	1,29	6,5
	26	=		1026		3	0,3		
	27	260 ccm		1024		1	0,1		

Bemerkungen: 1) Wärme ein wenig zu niedrig.

Tabelle 1. (Fortsetzung.)

Nr. des Dles	Laufende Nr. des Versuchs	Gewicht und Menge des Dles im Viskosimeter	Abwei- chung der Auffüllung gegen 240 ccm ccm	Ausflußzeit in sec.		Abweichungen der einzelnen Bestimmungen gegen das Mittel		Flüßigkeit- grad (fe) (Rüböl 20 C° = 1, Rüböl bezogen auf Wasser von 20 C° = 15)	Abwei- chungen des fe vom fe bet 240 ccm Auffüllung in %
				Einzel- werte	Mittel	in sec.	in %		
2. Apparat Nr. I Wasser- wert <sup>h</sup> 51,6	1	222,4 g	0	1619	1616	3	0,2	2,09	—
	2	=		1611		5	0,3		
	3	240 ccm		1617		1	0,1		
	4	217,8 g	— 5	1619 <sup>1)</sup>	1644	25	1,5	2,12	1,4
	5	=		1653		9	0,5		
	6	235 ccm		1659		15	0,9		
	7	213,1 g	— 10	1668	1678	10	0,6	2,17	3,8
	8	=		1683		5	0,3		
	9	230 ccm		1684		6	0,4		
	10	208,5 g	— 15	1697	1698	1	0,1	2,19	4,8
	11	=		1699		1	0,1		
	12	225 ccm		1697		1	0,1		
	13	203,85 g	— 20	1725	1728	3	0,2	2,23	6,7
	14	=		1724		4	0,2		
	15	220 ccm		1736		8	0,5		
	16	227,0 g	+ 5	1589	1599	10	0,6	2,07	1,0
	17	=		1602		3	0,2		
	18	245 ccm		1606		7	0,4		
	19	231,7 g	+ 10	1568	1564	4	0,3	2,02	3,3
	20	=		1556		8	0,5		
	21	250 ccm		1567		3	0,2		
	22	236,3 g	+ 15	1548	1543	5	0,3	1,99	4,8
	23	=		1535		8	0,5		
	24	255 ccm		1545		2	0,1		
	25	240,9 g	+ 20	1518	1516	2	0,1	1,96	6,2
	26	=		1511		5	0,3		
	27	260 ccm		1519		3	0,2		
3. Apparat Nr. II Wasser- wert <sup>h</sup> 51,6	1	217,9 g	0	1826	1830	4	0,2	2,36	—
	2	= 240 ccm		1835		5	0,3		
	3	217,0 g = 239 ccm	— 1	1828	1828	—	—	2,36	0
	4	215,2 g = 237 ccm	— 3	1836	1836	—	—	2,37	0,4
	5	213,3 g = 235 ccm	— 5	1846	1846	—	—	2,39	1,3
	6	211,5 g = 233 ccm	— 7	1864	1864	—	—	2,41	2,1
	7	209,7 g = 231 ccm	— 9	1870	1870	—	—	2,42	2,5
	8	200,6 g = 221 ccm	— 19	1924	1924	—	—	2,49	5,5

1) Wärme ein wenig zu hoch.



**Tabelle 1.** (Fortsetzung.)

Nr. des Dles	Laufende Nr. des Versuchs	Gewicht und Menge des Dles im Viskosimeter	Abwei- chung der Auffüllung gegen 240 ccm ccm	Ausflußzeit in sec.		Abweichungen der einzelnen Bestimmungen gegen das Mittel		Flüßigkeits- grad (fe) (Rüßöl 20 C° = 1, Rüßöl bezogen auf Wasser von 20 C° = 15)	Abwei- chungen des fe vom fe bei 240 ccm Auffüllung in %
				Einzel- werthe	Mittel	in sec.	in %		
	9	191,6 g = 211 ccm	- 29	1977	1977	—	—	2,55	8,1
	10	182,6 g = 201 ccm	- 39	2033	2033	—	—	2,63	11,4
	11 12	219,7 g = 242 ccm	+ 2	1810 1800	1805	5 5	0,3 0,3	2,33	1,3
	13 14	221,5 g = 244 ccm	+ 4	1803 1810	1807	4 3	0,2 0,2	2,33	1,3
	15 16	223,4 g = 246 ccm	+ 6	1790 1795	1793	3 2	0,2 0,1	2,32	1,7
	17 18	225,2 g = 248 ccm	+ 8	1780 1780	1780	0 0	0 0	2,30	2,5
	19 20	227,0 g = 250 ccm	+ 10	1772 1760	1766	6 6	0,3 0,3	2,28	3,4
	21 22 23	236,1 g = 260 ccm	+ 20	1732 1740 1735	1736	4 4 1	0,2 0,2 0,1	2,24	5,1
	24 25 26	245,2 g = 270 ccm	+ 30	1685 1680 1705	1690	5 10 15	0,3 0,6 0,9	2,18	7,6
	27 28 29	254,2 g = 280 ccm	+ 40	1648 1615 1610	1624	24 9 14	1,5 0,6 0,9	2,10	11,0
	30	216,1 g = 238 ccm	- 2	1830	1830	—	—	2,36	0
	31	214,3 g = 236 ccm	- 4	1870	1870	—	—	2,42	2,5
	32	212,5 g = 234 ccm	- 6	1882	1882	—	—	2,43	3,0
	33	210,7 g = 232 ccm	- 8	1920	1920	—	—	2,48	5,1
	34 35	208,8 g = 230 ccm	- 10	1890 1905	1898	8 7	0,4 0,4	2,45	3,8
	36 37	199,8 g = 220 ccm	- 20	2010 1980	1995	15 15	0,8 0,8	2,53	9,3
	38 39	190,7 g = 210 ccm	- 30	2060 2045	2053	7 8	0,3 0,4	2,65	12,3
	40 41	184,3 g = 203 ccm	- 37	2095 2100	2098	3 2	0,1 0,1	2,71	14,8

3.  
Apparat  
Nr. II  
Wasser-  
werth  
51,6

Tabelle 1. (Fortsetzung.)

Nr. des Dieß	Laufende Nr. des Versuchs	Gewicht und Menge des Dieß im Viskosimeter	Abwei- chung der Auffüllung gegen 240 ccm ccm	Ausflußzeit in sec.		Abweichungen der einzelnen Bestimmungen gegen das Mittel		Flüchtigkeits- grad (fe) (Rüböl 20 C° = 1, Rüböl bezogen auf Wasser von 20 C° = 15)	Abwei- chungen des fe vom fe bei 240 ccm Auffüllung in %
				Einzel- werthe	Mittel	in sec.	in %		
4. Apparat Nr. II Wasser- werth 51,4	1	208,5 g	0	103	103	0	0	0,13	—
	2	= 240 ccm		102		1	1		
	3	204,2 g	— 5	104	104	0	0	0,13	0
	4	= 235 ccm		104		0	0		
	5	109,9 g	— 10	105	105	0	0	0,14	0,8
	6	= 230 ccm		105		0	0		
	7	195,6 g	— 15	106	106	0	0	0,14	0,8
	8	= 225 ccm		106		0	0		
	9	191,3 g	— 20	107	107	0	0	0,14	0,8
	10	= 220 ccm		107		0	0		
	11	187,0 g	— 25	109	109	0	0	0,14	0,8
	12	= 215 ccm		108		1	0,9		
	13	182,7 g	— 30	110	110	0	0	0,14	0,8
	14	= 210 ccm		110		0	0		
	15	178,4 g	— 35	113	113	0	0	0,15	1,5
	16	= 205 ccm		113		0	0		
	17	174,1 g	— 40	115	115	0	0	0,15	1,5
	18	= 200 ccm		114		1	0,9		

(Siehe Tab. 2 u. 3 S. 9—11.)

Eine Reihe von Umständen hatte nun dazu geführt, die oben unter 3. angeführten Fehler der Michtung der Apparate mit Wasser zu studiren.

(Siehe Tab. 4 S. 12 u. 13.)

Wie die Zusammenstellung einer Zahl von Michtungen der Apparate mit Wasser (siehe Versuchsreihengruppe I und III in Tab. 4) gezeigt hatte, waren die Unterschiede der an einem Tage auf einem Apparate ausgeführten Bestimmungen der Ausflußzeiten von Wasser gegen die früheren Fehler der Michtungen (siehe „Mittheilungen“ 1888 Ergänzungsheft 3 S. 16) im Allgemeinen erheblich zurückgegangen. Dieser Fortschritt war durch schärfere Berücksichtigung der Wärme, der Reinheit und der Benetzung des Röhrchens, der Ruhe des Wassers vor dem Ausfließenlassen erreicht worden. Indessen wurden doch in einzelnen Fällen auch am gleichen Tage größere Unterschiede in der Ausflußzeit auf dem gleichen Apparate bemerkt, besonders aber schien der Wasserwerth des Apparates im Laufe der Zeit erheblichen (bis zu 4%) betragenden Aenderungen unterworfen zu sein, wie aus Tab. 4 zu ersehen ist, während bei wiederholten Untersuchungen von gut verschlossen aufbewahrten Delen auf demselben Apparate zu verschiedenen Zeiten fast völlig gleiche Werthe erhalten wurden. Die letztere Wahrnehmung hatte dazu geführt, die Apparate wiederholten Vergleichen mit Mineralölen, die gegen Luftinflüsse geschützt waren, zu unterziehen, und auch bei der Michtung eines neuen Apparates die mit ihm erhaltenen Ausflußzeiten von Mineralölen mit dem Normal-Apparat der Versuchs-Anstalt zu vergleichen. Wie die neueren Versuche in der Tab. 5 zeigen, ist die Versuchs-Anstalt nun durch eine Reihe weiterer Versuche an im Ganzen 8 Viskosimetern der Erklärung der erheblichen Abweichungen der Michtung mit Wasser näher gekommen.

(Siehe Tab. 5 S. 14 u. 15.)

**Tabelle 2.**  
**Änderungen der Ausfluszeiten von Wasser und Ölen im Englerschen Viskosimeter bei veränderter Weite der Ausflusröhre.**  
 Die neben den Ausfluszeiten der Öle angegebenen und eingeklammerten Zahlen geben die Auffüllungsfehler in sec, die edig eingeklammerten Zahlen die entsprechenden Korrekturen in sec. an.

Abmessungen der Platinröhren in mm.		Ausfluszeit des Wassers in Sekunden		Ausfluszeit des Mineralöls 11 in Sekunden			Ausfluszeit des Mineralöls 10 in Sekunden			Ausfluszeit des Mineralöls 2 in Sekunden				
Länge	Weite oben	Differenz zwischen oben und unten	Einzelbestimmungen	Mittel	Einzelbestimmung	Mittel	Einzelbestimmung	Mittel	Einzelbestimmung	Mittel	Einzelbestimmung	Mittel	Einzelbestimmung	Fließigkeitsgrad bezogen auf Wasser von 20 C°
20	2,73	2,60	60,4 60,0 60,4 59,8 60,2	60,10	789 (-6) [-18] 769 (+1) [+3]	772	12,85	2023 (0) 2031 (0)	33,73	—	—	—	—	—
	Mittel 2,67		59,9											
20	2,8	2,7	57,2 57,1 57,2 57,3 57,6	57,38	717 (+1) [+3] 709 (-1) [-3] 704 (+1 1/2) [+5]	712	12,41	1867 (-2 1/2) [-15] 1839 (+2 1/2) [+15]	32,29	—	—	—	—	—
	Mittel 2,75		57,5											
20	2,86	2,83	50,5 50,5 50,5	50,40	564 (+1) [+3] 561 (+1) [+3]	566	11,23	1484 (-2) [-10] 1478 (+1) [+5]	29,35	—	—	—	—	—
	Mittel 2,90		50,4											
20	3,0	2,89	48,3 48,0 47,9	48,05	523 (+1 1/2) [+5] 528 (0)	528	10,99	1362 (+1) [+4] 1387 (-5) [-20]	28,45	972 (+1) [+3] 973 (0)	974	20,27	—	—
	Mittel 2,95		48,0											
20	3,1	3,0	45,2 45,4 45,4	45,36	464 (+1) [+2] 467 (0)	467	10,80	1207 (+1/2) 1214 (-1/2)	26,70	858 (+1) [+3] 865 (-1 1/2) [-5]	861	18,98	—	—
	Mittel 3,05		45,4											

Tabelle 3.

## Vergleichung Englerscher Viskosimeter mit verschiedener Röhrchenweite.

Bemerkung: Diejenigen Versuche, bei denen keine besonderen Angaben über die Zeit der Versuchsausführung gemacht sind, wurden zwischen 7. und 22. März 1892 ausgeführt.

Apparat Nr.	Abmessungen des Ausflußröhrchens			Nr. des Öles	Wärme- grad beim Ver- such	Waf- fer- werth sec	Ausflußzeiten sec.		Abwei- chung der Einzel- werthe gegen Mittel sec.	$\Delta$ m sec. %	fe Flüssig- keitgrad bezogen auf $\text{Nüßöl}$ von 20° ( $\text{Nüßöl}$ zu Wasser = 15 : 1)	% Abweichung gegen die Be- stimmung im Apparat III. (März 1892)		Bemer- kungen	
	Weite mm		Län- ge mm				Einzel- werthe	Mittel				Ausfluß- zeiten	fe		
	oben	unten													
III	2,9	2,8	20,0	— 4	1	20	52,5	1859 1852	1856	+ 3 — 4	0,2	2,36	—	0	
					1	50	"	326 328	327	— 1 + 1	0,3	0,42	—	0	
					2	20	"	1094 1097	1096	— 2 + 1	0,2	1,39	—	0	
					3	"	"	1673 1673	1673	0 0	0	2,12	—	0	
					4	"	"	1638 1630	1634	+ 4 — 4	0,2	2,07	—	0	
					4	"	52,7	1621 1610 1617	1616	+ 5 — 6 + 1	0,3	2,04	—	(1,4)	Alte Bestim- mung Ende Oktob. 1891.
					5	"	52,5	322 323	323	— 1 0	0,2	0,41	—	0	
					6	"	"	3828 3808	3818	+ 10 — 10	0,3	4,45	—	0	
					6	"	52,3	3802	3802	0	0	4,80	—	(1,0)	Alte Bestim- mung Aufg. Dez. 1891.
					7	"	52,5	5477 5533	5505	+ 28 — 28	0,5	6,99	—	0	
7	"	52,7	5481 5505	5493	— 12 + 12	0,2	6,95	—	(0,7)	Alte Bestim- mung Ende Oktob. 1891.					
I	2,9	2,8	20	— 4	2	20	51,6	1083 1078	1081	+ 2 — 3	0,2	1,39	1,4	0	
					2	"	"	1067 1075	1071	— 4 + 4	0,4	1,39	2,3	0	Alte Bestim- mung Ende Oktob. 1891.
					3	"	"	1648 1639	1644	+ 4 — 5	0,3	2,13	1,7	0,5	
					3	"	"	1594 1600	1597	— 3 + 3	0,2	2,06	4,5	(2,8)	Alte Bestim- mung Ende Oktob. 1891.
					4	"	"	1604 1616	1610	— 6 + 6	0,4	2,07	1,5	0	
					5	"	"	317 316	317	— 0 — 1	0,2	0,41	1,9	0	
					5	"	"	314 314	314	0	0	0,41	2,8	0	Alte Bestim- mung Ende Oktob. 1891.
					6	"	"	3792 3724	3758	+ 34 — 34	0,9	4,85	1,6	0,1	
7	"	"	5382 5405	5394	— 12 + 11	0,2	6,97	2,0	0,3						

Tabelle 3 (Fortsetzung).

Apparat Nr.	Abmessungen des Ausflußröhrchens			Abweich. d. höchst. Ausfüll. v. 240 cem geg. d. tiefen. b. norm. Ausfüllhöhe com.	Nr. des Dles	Wär- me- grad des Ver- fu- ches	Waf- fer- werth sec.	Ausflußzeiten sec.		Abwei- chung der Einzel- werthe gegen Mittel sec.	$\Delta$ m sec. ‰	fe Flüssig- keitgrad bezogen auf Rüböl von 20° Rüböl zu Wasser = 15: 1)	% Abweichung gegen die Be- stimmung im Apparat III. (März 1892)	
	Weite mm		Län- ge mm					Einzel- werthe	Mittel				Ausfluß- zeiten	fe
	oben	unten												
V	3,0	2,8	20,0	+ 2	1	20	49,9	1675 1668	1672	+ 3 - 4	0,2	2,23	9,9	5,8
					2	"	"	988 981	985	+ 3 - 4	0,3	1,31	10,1	5,8
					6	"	"	(3657) (3608)	(3633)	+ 24 - 25	0,7	4,85	(4,8)	(0)
					6	"	"	3446 3430	3438	+ 8 - 8	0,2	4,59	10,0	5,4
VI	3,0	2,8	20,0	+ 1,5	2	20	50,8	1001 990	996	+ 5 - 6	0,6	1,31	9,1	5,8
					3	"	"	1515 1513	1514	+ 1 - 1	0,1	1,99	9,5	6,1
					4	"	"	1480 1455	1468	+ 12 - 13	0,8	1,93	10,2	6,7
					6	"	"	3607 3543	3575	+ 32 - 32	0,9	4,69	6,4	3,3
VII	3,0	2,8	19,9	+ 4	3	20	50,7	1554 1580	1567	- 13 + 13	0,8	2,06	6,3	2,8
					5	"	"	297 301 299	299	- 2 + 2 0	0,4	0,39	7,4	4,9
					7	"	"	5115 5070	5093	+ 22 - 23	0,4	6,69	7,5	4,3
VIII	3,0	2,8	19,7	+ 1	1	20	50	1680 1677	1679	+ 1 - 2	0,1	2,24	9,5	5,1
					1	50	"	292 296	294	- 2 + 2	0,7	0,39	10,1	7,1
					2	20	"	1013 998	1006	+ 7 - 8	0,7	1,34	8,2	3,6
					4	"	"	1470 1469	1470	0 - 1	0	1,96	10,0	5,3
					7	"	"	5037 5015	5026	+ 11 - 11	0,2	6,67	(8,7)	3,2

**Tabelle**  
**Überficht über die früheren Mischungen der**

Apparat Nr.		III							
Wasser von 20 C°	Versuchsreihe Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
	Datum	6./IV. 91	20./V. 91	9./VI. 91	20./VII. 91	11./IX. 91	17./IX. 91	30./X. 91	2./XII. 91
	Ausflußzeiten Einzelwerthe sec. (Bei den rund einge- klammerten Versuchen war der ausfließende Strahl unruhig.)	51,0	51,2	51,2	51,6	51,0	51,6	52,7	52,7
		51,0	51,0	51,0	51,3	52,8	52,0	52,9	52,8
		51,0	51,1	51,4	51,5	52,6	52,2	52,9	52,5
		51,2	51,5	51,0	52,5	52,9	52,0	53,3	52,3
		51,0	51,4	51,2	51,4	52,3	52,3	53,6	52,2
		51,0	51,8	51,4	51,7	52,3	52,4	53,4	(53,2)
		50,8	51,8	52,0	51,6	52,7	52,8	53,3	52,8
		51,0	51,9	51,8	51,8	52,3	52,8	53,0	53,0
51,0		51,9	52,0	51,7	52,3	52,9	53,4	52,9	
51,0		51,8	51,6	52,0	52,0	52,2	53,2	53,1	
					52,0	(53,6)		52,5	
						(53,6)		(53,3)	
						(53,8)			
Mittel	51,0	51,5	51,4	51,7	52,3	52,3	53,2	52,8	

Öle	Art des Öles	a. Rohes Rüböl			b. helles Mineral.			
	Wärmegrad C°	49,8			19,9			20
	Versuchsreihe	1	2	3	1	2	3	4
	Datum	29./XI. 91	17./V. 92	3./VI. 92	Mitte I. 92	18./V. 92	21./X. 92	20./X. 92
	Ausflußzeiten Einzelwerthe sec.	235	234	235	1588	1583	1588	1567
		235	234	233		1574		1567
	Mittel	235	234	234	1588	1579	1588	1567

Bei wiederholten Feststellungen der Ausflußzeiten von Wasser zeigte sich nämlich, daß die bisher zuweilen beobachteten Unterschiede von 1—2 sec. in den Einzelbestimmungen oder in den Mitteln aus zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Versuchen auf dem gleichen Apparat, bis auf wenige Zehntel Secunden herabgemindert werden können, wenn man der Benetzung des Ausflußröhrchens und Reinigung von etwa vorhandenen Fettschichten noch höhere Sorgfalt widmet, als es bisher für nothwendig erachtet wurde.

Um den vollständigsten Benetzungszustand für Wasser im Ausflußröhrchen zu erreichen, ist es erforderlich, nach gehöriger Reinigung des Apparates mit Aether, Alkohol und Fliesspapier vor jeder Versuchsreihe einen blinden Ausflußversuch mit Wasser vorzunehmen, diesen vor jedem Einzelversuch durch nur kurzes Auslaufenlassen des Wassers zu wiederholen und außerdem noch unmittelbar vor Beginn eines jeden Versuches das Röhrchen durch ganz kurzes Lüften des Stiftes soweit mit Wasser zu füllen, daß letzteres an der unteren Mündung des Ausflußröhrchens hervortritt.

Zuweilen genügt der einmalige blinde Versuch vor Beginn einer Versuchsreihe noch nicht völlig, um schon bei dem nächsten Versuch, auch nach Innehaltung der oben angegebenen besonderen Benetzungsvorschriften, genügende Benetzung herbeizuführen. Es zeigt sich dies,

4.

Englischen Apparate mit Wasser und Olen.

III							I						
9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7
25./I. 92	31./III. 92	8./VI. 92	22./VIII. 92	20./X. 92	14./XII. 92	11./II. 93	28./VIII. 91	5./IV. 92	2./VI. 92	22./VIII. 92	20./X. 92	14./XII. 92	11./II. 93
52,4	52,0	51,8	51,4	51,9	51,6		51,2	51,0	51,8	50,6	51,0	51,2	
52,0	52,0	51,8	51,4	51,2	51,4	52,8	51,2	51,2	51,0	50,8	51,0	50,8	51,3
52,6	51,8	52,0	51,6	51,2	52,0	51,8	51,0	51,4	51,3	51,4	51,4	51,8	51,5
52,4	51,8	51,8	51,7	51,3	51,4	51,6	51,2	51,2	51,3	50,7	50,5	51,2	50,9
52,4	51,6	52,0	51,4	51,6	51,3	51,5	50,8	51,4	51,8	51,2	51,5	51,6	51,1
52,2	52,0	52,0	52,0	51,9	51,3	52,2		51,0	51,8	51,1	50,4	50,7	51,1
52,0	52,2	52,2	51,6	51,4	52,0	51,6		51,6	51,4	51,2	51,1	50,9	50,9
52,2	52,4	52,4	51,4	51,6	51,7	51,3		51,4	51,2	51,3	50,9	51,4	51,4
52,2	51,8	52,4	51,3	51,6	51,4	51,5		51,6	51,2	51,1	50,9	51,0	51,0
52,0	52,9	52,4	51,7	51,6	51,6	51,3		51,8	51,4	51,4	50,7	51,6	51,6
				51,2		51,6		52,0*)					
52,2	52,0	52,1	51,6	51,5	51,6	51,7	51,1	51,3	51,5	51,1	50,9	51,2	51,2
51 I	b. helles Mineralöl II					a. Rohes Rüböl			b. helles Mineralöl I				
20	19,9				20	49,8		50	19,9		20		
5	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3		
II. 93	15./III. 92	17./V. 92	3./VI. 92	21./X. 92	II. 93.	25./VIII. 91	17./V. 92	20./X. 92	3./VIII. 92	21./X. 92	5./II. 93		
1580	605	610	612	605	613	234	231	230	1564	1546	1550		
1583	605	610	607	605	611	230	231	230	1558	1546	1555		
1582	605	610	610	605	612	232	231	230	1561	1546	1553		

wie aus den Ergebnissen der beifolgenden Tabelle hervorgeht, darin, daß der erste Versuch zuweilen etwas höhere Ausflußzeit ergibt als die folgenden. Man ist natürlich berechtigt, diesen ersten zu hoch ausfallenden Versuch auszuschalten. Auch ist sorgfältig zu vermeiden, daß der ausfließende Strahl in Folge vorhergehender Bewegung des Wassers im Apparat irgendwie unruhig wird. Ferner ist es nothwendig, zu den Mischungen mit Wasser stets einen besonderen Verschlusßstift anzuwenden, weil nach Benutzung der Stifte mit Del die letzten Theile des Deles auch nach wiederholter Reinigung mit Aether zc. nicht zu entfernen sind.

Hat man nun auf die vorgeschriebene Weise eine Versuchsreihe von etwa 3—4 bis auf 0,4 sec. übereinstimmenden Versuchen ausgeführt, so ist es erforderlich, den Apparat noch einmal sorgfältig mit Alkohol und Aether zc. zu reinigen, und dann eine gleiche Versuchsreihe, wie die oben beschriebene, auszuführen. Ergeben sich hierbei dieselben Zahlen, wie bei der ersten Versuchsreihe, so ist man sicher, daß das Röhrchen vollständig rein von Fetthäutchen war, und der so gefundene Werth kann alsdann späteren Untersuchungen als der richtige Wasserwerth zu Grunde gelegt werden. Das Gleichbleiben der Ausflußzeit

\*) Bei dieser Bestimmung war etwas Öl in das Wasser gelangt.

**Tabelle**

**Ausflußzeiten von Wasser und Ölen bei 20 C° in den hiesigen Viskosi-**

B. N. Nr. des Appara- tes	Abmessungen der Ausflußröhr. mm			Destill. Wasser von 20 C° sec.				SI I		
	Weite		Länge	Datum	Einzelwerthe	Mittel	Datum	Einzelwerthe	Mittel	Stützfingertag (Wasser d. 20 C° = 1)
	oben	un- ten								
IX	2,936 2,933(2) 2,934	2,826 2,826 2,828	19,90	3.-4./VIII. 1893	49,4. 49,1. 49,0. 49,3. 49,0.	49,2	3./VIII. 1893	570 569	570	11,6
				19./VIII. 1893	(51,6) 49,2. 49,2. 50,2. 49,4. 49,4.	49,5				
				7./XII. 1893	49,4. 49,4. 49,1. 49,4	49,3	22./XII. 1893	569 564	567	11,5
				21./XII. 1893	49,5. 49,4. 49,1. 48,9. 49,2. 49,0.	49,2				
X	2,935 2,934	2,826 2,826	20,00 19,95	4./VIII. 1893	49,5. 49,0. 49,5. 49,4. 49,4	49,4	4./VIII. 1893	568 572	570	11,5
				22./XII. 1893	(51,3. 51,0. 51,2. 51,3. 50,8)	(51,1)				
				22./XII. 1893	nach nochmaliger Reinigung: (49,8) (49,7) 49,3. 49,6. 49,6. 49,3. 49,6.	49,5	22./XII. 1893	568 564	566	11,4
				22./XII. 1893	nachmals gereinigt: (50,0) 49,6. 49,5. 49,6. 49,5.	49,55				
I völlig normale Höhr- weite	2,896 2,896	2,813 2,811	19,90	13.-14./X. 1893	50,6. 50,3. 50,4. 51,2. 50,5. 50,4.	50,6	22./XII. 1893	583 585	584	11,6
				5./XII. 1893	50,6. 51,0. 51,0. 50,8	50,8				
				21./XII. 1893	50,2. 50,7. 50,4. 50,5. 50,7. 50,7.	50,5				
III	2,899 2,896 2,891	2,805 2,804 2,801	20,00	6./XI. 1893	50,9. 51,2. 51,2. 51,4. 51,0.	51,1	19./XII. 1893	594 600	597	11,7
				5./XII. 1893	(52,1. 52,1. 52,5. 51,8. 51,8)	(52,1)				
				20./XII. 1893	50,9. 50,9. 50,9. 50,9.	50,9				
				21./II. 1894	51,3. 51,0. 50,9. 50,6. 51,0. 51,1. 51,1. 51,1. 51,1.	51,0				
VII	2,861 2,861	2,790 2,788	19,95	16./XII. 1893	51,5. 52,1. 51,9.	51,8	18./XII. 1893	623 621	622	12,0
				21./XII. 1893	51,8. 52,0. 51,8.	51,9				
				10./I. 1894	51,9. 51,5. 52,1. 51,8. 51,7. 52,1. 52,0.	51,87				
VIII	2,855 2,855	2,785 2,785	20,00	16./XII. 1893	52,2. 51,7. 52,2. 51,7.	51,9	18./XII. 1893	624 628	626	12,0
				19./XII. 1893	52,5. 52,2.	52,35				
				20./XII. 1893	52,2. 52,3. 52,2.	52,2				
				10./I. 1894	52,4. 52,3. 52,4. 52,4.	52,4				
				27./VI. 1894	52,0. 53,0. 52,0. 52,1. 52,4. 52,5. 52,6. 52,6. 52,65.	52,4				
VI	2,856 2,856	2,781 2,783	20,00	16./XII. 1893	(55,0)(55,0)53,0. 52,6. 52,8. 53,6. 53,5. 53,3.	53,1	16./XII. 1893	624 628	626	11,9
				19./XII. 1893	52,4. 53,5. 52,4. 54,4. 54,6 ***	53,46				
				20./XII. 1893	(54,4) (54,8) 52,5. 52,5. 52,4. 52,3. 52,3.	52,4				
				10./I. 1894	52,3. 52,3. 52,5	52,4				
				27./VI. 1894	52,8. 52,8. 52,7. 52,5. 52,45. 52,8. 52,9. 52,9.	52,7				
V	2,851 2,851	2,784 2,781	20,00	18./XII. 1893	52,8. 52,4. 52,8	52,7	18.-19./XII. 1893	635 632	634	12,0
				21./XII. 1893	52,4. 52,5. 52,8. 52,7. 52,8.	52,6				
				10./I. 1894	(53,1.) 52,6. 52,7. 52,8.	52,7				



5.

metern, geordnet nach fallenden Weiten der Ausflußröhrchen.

SI II.				SI III				Bemerkungen	
Datum	Einzelwerthe	Mittel	Flüssigkeitsgrad (Wasser von 20 C° = 1)	Datum	Einzelwerthe	Mittel	Flüssigkeitsgrad (Wasser von 20 C° = 1)	zu den einzelnen Apparaten	allgemeine
3./VIII. 1893	1487 1486	1487	30,2	—	—	—	—		Bei den Mischungen mit Wasser wurde die zu der normalen Auffüllhöhe nöthige Menge Wasser aus den Meßgefäßen in den Apparat eingegossen. Bei den mit Spitzen versehenen Apparaten IX, X, I und III wurde das SI bis zu den Spitzen, bei den noch nicht mit Spitzen versehenen Apparaten V, VI, VII und VIII wurde nach Feststellung der zur normalen Auffüllhöhe nöthigen Flüssigkeitsmenge das SI aus Meßgefäßen eingefüllt. Die nach den Versuchen festgestellten Auffüllungsfehler schwankten fast durchweg höchstens um ± 3 cem gegen die normale Auffüllhöhe. Bei den in der Tabelle angegebenen Ausflußzeiten der Sie sind bereits die Korrekturen für die Auffüllungsfehler angebracht.
22./XII. 1893	1493 1495	1494	30,4	29.—30. XII. 1893	2349 2338	2344	47,6		
4./VIII. 1893	1500 1498 1496	1498	30,3	—	—	—	—		
22./XII. 1893.	1503 1505	1504	30,4	29.—30. XII. 1893	2345 2346	2346	47,4		
21./XII. 1893	1546 1547	1547	30,6	29.—30. XII. 1893	2437 2425	2431	48,1	—	
19./XII. 1893	1582 1582	1582	31,1	30./XII. 1893	(2523) * (2446) ** 2476 2474	2475	48,8	*) Hier ist ein Ablesungsfehl. anzunehmen. **) Wiederholte Temperaturschwankungen nach oben und unten von etwa 0,1°.	
10./XII. 1893	1652 1647	1650	31,9	29./XII. 1893	2585 2592	2589	50,0	—	
20./XII. 1893	1662 1665	1664	31,9	29./XII. 1893	2608 2606	2607	49,9	—	
16./XII. 1893	1663 1671	1668	31,8	29./XII. 1893	2605 2615	2610	49,8	***) Nach Schluß dieser Versuchsreihe wurden Spuren von Si-häutchen im Apparat bemerkt.	
20.—21. XII. 1893	1682 1683	1683	31,9	29./XII. 1893	2614 2622	2618	49,7	—	

von Wasser nach wiederholter Reinigung der Apparate ist also erst der zuverlässige Maßstab für die völlige Entfernung aller Fetttheilchen aus dem Röhrchen. Einen treffenden Beweis für die Richtigkeit dieses Vorgehens lieferte eine der kürzlich ausgeführten Mischungen des Apparates 710, bei welchem nach Benutzung mit Del trotz darauffolgender gehöriger Reinigung ein um fast 2 sec. höherer Wasserwerth als früher gefunden wurde. Erst nach wiederholter Reinigung wurde der frühere niedere Wasserwerth wieder gefunden, der sich schließlich nach nochmaliger Reinigung in gleicher Höhe ergab. Je vollständiger der Apparat gereinigt ist, um so kleiner und gleichzeitig um so besser übereinstimmend werden die Ausflußzeiten von Wasser.

Auch das Verhalten des Apparates VI spricht für die Nothwendigkeit der Bestimmung der Ausflußzeit nach wiederholter Reinigung.

Wie die Versuche zeigen, waren bei Apparat VI, dessen Röhrchen ebenso wie bei Apparat V, VII und VIII erst kürzlich frisch aufgeschliffen worden war, die meisten Einzelversuche und Reinigungen erforderlich, um einen gleichmäßigen Zustand der Röhrchenflächen und völlige Benetzung mit Wasser zu erreichen, während dieser Zustand bei allen anderen Apparaten bedeutend früher eintrat.

Im Allgemeinen werden zur Feststellung eines höchstens  $\pm 0,2$  Secunden Fehler in sich schließenden Wasserwerthes eines Zähigkeitmessers 2 aus je 3 Einzelversuchen bestehende, nach obigen Gesichtspunkten auszuführende Versuchsreihen genügen.

Alle Versuche seit dem 20. Dezember 1893 wurden in der beschriebenen Weise ausgeführt.

In der Tab. 5 sind die Ergebnisse der Fließversuche mit den einzelnen Apparaten nach fallender Röhrchenweite geordnet. Die Röhrchenweiten bewegen sich um die vorgeschriebenen normalen Weiten (2,90 mm oben und 2,80 mm unten) herum zwischen 2,93 mm oben und 2,83 mm unten einerseits und 2,86 mm oben und 2,78 mm unten andererseits. Trotzdem aber die Unterschiede in den Röhrchen-Abmessungen der Apparate höchstens 0,07 mm und gegen die normale Weite nur 0,04 mm betragen, läßt sich noch genau beobachten, daß die Ausflußzeiten sowohl von Wasser wie von Del durchgängig mit fallenden Weiten der Röhrchen wachsen.

Bei den Apparaten V, VI, VII, VIII, welche in der Versuchsanstalt mit gleicher Reibahle auf die fast genaue gleiche Weite aufgerieben waren, differiren die Ausflußzeiten von Wasser höchstens um 1,5 ‰, die Ausflußzeiten der gleichen Oele um 2 ‰. Versuche mit diesen vier Apparaten ergaben einen höchsten Unterschied in den Flüssigkeitgraden von nur 0,8 ‰.

Nach den mitgetheilten Ergebnissen könnten 50 bis 52 Secunden als äußerste Grenzwerte für Apparate von genau normaler Röhrchenweite angenommen werden, eine Annahme, welche bei der hier inzwischen erfolgten Aufreibung der Apparate V, VI, VII und VIII auf thunlichst normale Röhrchenweite in der entsprechenden Veränderung der Ausflußzeiten für Wasser ihre Bestätigung gefunden hat.

Aus den vorangehend festgestellten Beziehungen der Ausflußzeiten von Wasser und Oelen zu geringen, jedoch noch gut meßbaren Abweichungen der Röhrchenweiten sind die folgenden Schlußfolgerungen für die Festsetzung der Abmessung der Röhren gezogen.

Die Röhrchenweite ist auf 2,90 mm oben und 2,80 mm unten festzusetzen und durch Mittelbildung aus 3 Versuchen zu bestimmen. Als zulässiger Fehler wäre  $\pm 0,01$  anzunehmen. Die Kontrolle für die dem Normalapparate entsprechende Beschaffenheit der Röhrchenwandungen kann in ausreichender Weise durch die Vergleichung der Ausflußzeit von Wasser in der oben erläuterten Weise und von zähflüssigem Mineralöl erbracht werden, da sich bei sämmtlichen hier befindlichen 8 Apparaten das völlige Parallelgehen der Ausflußzeiten der

verschieden zähflüssigen Öle und des Wassers ergeben hat. Die Mischung mit Wasser kann dem Interessenten jederzeit als Kontrolle für den Apparat dienen. Es steht zu erwarten, daß wenn alle Englerschen Apparate mit gleicher Reibhahle aufgerieben und wie vorstehend kontrollirt werden, der bisher etwa  $\pm 1,5\%$  betragende Maximalfehler der Flüssigkeitsgradbestimmung auf  $\pm 0,5\%$  herabgemindert werden wird.

Auf Grund der vorstehenden Untersuchungen über die Fehlerquellen des Englerschen Apparates, deren Ergebnisse der Großherzoglichen Versuchs-Anstalt zu Karlsruhe inzwischen behufs Vereinbarung über die Mischung der Zähigkeitsmesser mitgetheilt worden sind, hat die Versuchs-Anstalt nun Vorschriften für die Zähigkeitsbestimmungen, insbesondere für die Mischungen und Kontrolle der Zähigkeitsmesser bei den laufenden amtlichen Untersuchungen ausgearbeitet. Diese Vorschriften sind in der Anlage 1 niedergelegt.

Soweit die erzielte Verschärfung der Genauigkeit der Flüssigkeitsgradbestimmungen von Nutzen für die Behandlung wissenschaftlicher Fragen gewesen ist, wird sich bei den später zu besprechenden vergleichenden Untersuchungen über den Einfluß minderwerthiger Zusätze auf die Eigenschaften von Schmierölen zeigen.<sup>1)</sup>

#### b) Die Prüfung der Konsistenz der Öle in der Kälte.

In den früheren Veröffentlichungen<sup>2)</sup> und in den Tabellen 6 und 7 sind Versuche mitgetheilt, welche zur Ermittlung der Fehlerquellen bei der Konsistenzbestimmung der dunklen Mineralschmieröle in der Kälte gedient haben. Bei diesen Versuchen sind, wie aus obigen Veröffentlichungen und den Tabellen 6 und 7 hervorgeht, gleichzeitig die verschiedenen Verfahren zur Bestimmung der Konsistenz in der Kälte einer vergleichenden Untersuchung unterzogen worden, wobei auch auf die Prüfung verschiedener Mischöle, aus deutschen und russischen Fabrikaten bestehend, Rücksicht genommen wurde.

(Siehe Tab. 6 u. 7 S. 18—20.)

Die Ergebnisse der gesammten Versuche lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Zur Prüfung der Konsistenz der Öle in der Kälte bedarf man einer länger andauernden Abkühlung des Materials, wenn man zuverlässige Ergebnisse erhalten will. Bei Mineralölen wird daher das Öl wenigstens eine Stunde, bei fetten Ölen wenigstens vier Stunden abgekühlt<sup>3)</sup>; bei ersteren darf das Material während der Abkühlung nicht bewegt werden, bei letzteren wird man zweckmäßig eine Probe unter zeitweiliger Bewegung eine andere, ohne Bewegung im Öl zu verursachen, abkühlen, weil sich nämlich bei einigen fetten Ölen z. B. Rüböl, Senfösaatöl schnelleres Erstarren zeigte, wenn die Proben bewegt wurden.<sup>4)</sup>

Das von den Eisenbahnen vorgeschriebene Verfahren zur Prüfung des Gefriervermögens der Mineralschmieröle (Beobachtung des Aufstiegs der Öle im 6 mm weitem U-Rohr unter Einwirkung eines Luftdrucks = 50 mm Wassersäule) giebt ebenso wie das früher allein in der Versuchs-Anstalt benutzte Verfahren (Beobachtung des Fließvermögens im 15 mm weiten Reagensglas) im Allgemeinen befriedigende Resultate. Wurden die Öle freilich

<sup>1)</sup> Während der Bearbeitung dieses Berichtes wurden Versuche darüber ausgeführt, inwieweit die Ausflußzeiten kleiner Flüssigkeitsmengen, z. B. 50 oder 100 ccm bei verschiedenen Ölen in gesetzlicher Beziehung zu den Ausflußzeiten von 200 ccm Öl standen. Die Versuche ergaben bei Ölen, von welchen 200 ccm im Englerschen Apparat 5 min. und darüber flossen, daß die Ausflußmenge proportional der Ausflußzeit war. Die Versuche wurden im Uebrigen wie gewöhnlich vorbereitet.

<sup>2)</sup> „Mittheilungen“ 1890, S. 53 und 1892, S. 126.

<sup>3)</sup> Siehe indessen noch neuere Versuche unter 5 bis 8 stündiger Abkühlung „Mittheilungen“ 1895 S. 7.

<sup>4)</sup> Siehe „Mittheilungen“ 1889, S. 119.

gerade in der Nähe des Uebergangspunktes aus dem flüssigen in den starren Zustand geprüft, so wurde in vereinzelt Fällen bei dunklen Ölen, sowohl nach der einen als auch nach der anderen Methode Abweichungen gefunden, als deren Ursache einerseits geringe ungleichartige Besch- oder Paraffinabscheidungen, andererseits Wärmeeinflüsse vor der Abkühlung bei Prüfungen zu verschiedenen Zeiten angesehen werden können. Der letztere Punkt ist inzwischen einer eingehenden Prüfung unterzogen worden. Ueber die hierbei gefundenen Ergebnisse wird

Tabelle 6.

Vergleichende Untersuchungen über Mischungen von russischen und deutschen Mineralölen bei den Kälteproben im Reagensglas und im U-Rohr.

Folde. Nr. der Mischungs- gruppe	Ursprung des zur Mischung benutzten deutschen Öles	Angaben über den Zusatz an russischem Öl		Verhalten im 6 mm U-Rohr 50 mm Druck		Verhalten im 15 mm weiten Reagensglas		Bemerkungen
		Öl- Nr.	% Ge- halt	Wärme C°	Aufstieg mm	Wärme C°	Konfistenz	
1	Eisäffisch	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—	Die mit † bezeichneten Proben wurden in 13 bis 14 mm weiten Gläsern geprüft.  Diejenigen U-Rohr- Proben, bei denen als Anstieg > 10 angegeben ist, waren nur 1/2 Min. dem Drucke von 50 mm Wassersäule ausgesetzt.
			65		7		—	
			70		> 10		fließend	
			80		22		—	
			80		23		—	
		B	50	0	— 5,0 bis — 5,1 — 4,8 bis — 5,2	nicht fließend Desgl. †		
C	50	0	— 5,0 bis — 5,1 — 4,8 bis — 5,2	nicht fließend Desgl. †				
2	Eisäffisch	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—	Die Öle A, B und C waren bei — 15 C° im Reagensglas leicht flie- ßend.
			65		0		—	
			70		> 10		sehr langsam fließend	
			80		8		—	
			80		11		—	
		B	50	0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend		
C	50	0	— 5,0 bis — 5,1	1) nicht fließend 2) Desgl. †				
3	Ölheim	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—	sehr schwer fließend
			65		0		—	
			70		> 10		—	
			80		10		—	
			80		15		—	
		B	50	0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend		
C	50	0	— 5,0 bis — 5,1 — 4,8 bis — 5,2	nicht fließend Desgl. †				

Tabelle 6. (Fortsetzung.)

Efte. Nr. der Mi- schungs- gruppe	Ursprung des zur Mischung benutzten deutschen Öles	Angaben über den Zusatz an russischem Öl		Verhalten im 6 mm U-Rohr 50 mm Druck		Verhalten im 15 mm weiten Reagenzglas		Bemerkungen	
		Nr.	% Ge- halt	Wärme Co	Auftieg mm	Wärme Co	Konstistenz		
4	Ölheim	—	0		0		nicht fließend	* Probe 2 wurde 4 Tage später als Probe 1 geprüft.  Die mit † bezeichneten Proben wurden in 13 bis 14 mm weiten Gläsern geprüft.  an 2 aufeinander fol- genden Tagen bestimmt.	
		A	25	— 5,0 bis — 5,1	} > 10	0	— 5,0 bis — 5,1		—
			30			schwer fließend			
			30			—			
			40			—			
			40			—			
			50			—			
		50	1) 18 2) 20*	—					
		50	— 14,8 bis	0	—				
		75	— 15,2	2	—				
B	50	— 5,0 bis — 5,1	16	— 5,0 bis — 5,1	fließend				
C	50	— 5,0 bis — 5,1	11	— 5,0 bis — 5,1 — 4,8 bis — 5,2	fließend sehr schwer fließend†				
5	Ölheim	A	50	— 5,0 bis — 5,1	0	— 5,0 bis — 5,1	—		
			65		0		schwer fließend.		
			70		> 10		—		
			80		12		—		
			80		13		—		
		B	50	0	— 5,0 bis — 5,1	nicht fließend			
		C	50	0	— 5,0 bis — 5,1 — 4,8 bis — 5,2	nicht fließend Desgl.†			

später ausführlich berichtet werden. In einigen Fällen konnten die Ursachen für die Abweichungen bei Wiederholungsversuchen nicht mit Sicherheit ermittelt werden. Die Undurchsichtigkeit des Materials setzt der sicheren Beobachtung hier erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Der Einfluß von Wärmeänderungen auf die Abscheidungen fester Kohlenwasserstoffe in dunklen Ölen ist ziemlich verwickelt, und bei den Prüfungen der Konstistenz der Öle in der Kälte nur schwierig ganz zu berücksichtigen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Bei Aufstiegen der Öle im U-Rohr, welche 20 mm erheblich überschreiten, kann die Vergleichbarkeit der Einzelversuche nicht immer erwartet werden, weil in solchen Fällen durch die 2,3 bis 2,5 cm unter der Auffüllmarke befindliche Biegungsstelle Luft in das Öl gelangen und dieses hochschleudern kann. Diesem Mangel des Apparates ist zwar durch Benutzung einer höheren Ölsäule zu begegnen, doch werden alsdann bei den einzelnen Ölen wesentlich niedrigere Werthe als bisher erhalten werden, weshalb dann auch die Lieferungs-Bedingungen eine entsprechende Aenderung erfahren müßten.

Tabelle 7.

## Vergleichung der Ergebnisse der Kälteprobe im U-Rohr und im Reagensglas von 15 mm Weite.

Versuche Ende 1893—1894.

Vfd. Nr.	Wärme-grad Co	Aufstieg im U-Rohr mm	Reagensglas		Bemer-kun-gen	Vfd. Nr.	Wärme-grad Co	Aufstieg im U-Rohr mm	Reagensglas		Bemer-kun-gen	
			Zahl der Proben	Con-sistenz					Zahl der Proben	Con-sistenz		
1	— 3	—	2	flüssig	* Schon bei — 12° ge-prüft, dann auf Zimmer-wärme ge-bracht.	7	— 9 bis — 9,5 10 Min.—8	10 10	—	—	* Schon bei — 12° geprüft, dann auf Zimmer-wärme ge-bracht.	
	— 5	0 2	2	erstarrt			— 10	8,5 9	1*	erstarrt		
	— 8,5	0 0	2	bezgl.			— 12	4 1	1	bezgl.		
2	— 5	17 21	2	flüssig		8	— 13,8	2 1,5	1	bezgl.	} 4./XII. 93. 8./XII. 93.	
	— 8,5	11 12		erstarrt			— 15	0 0	—	—		
3	— 5	13 14	2	flüssig		9	— 15	5 2	—	—	} 11./XII. 93.	
	— 8	—	2	erstarrt			— 15	—	1	nichtfließend bis eben fließend		
	— 8,5	6 6	2	bezgl.			— 5	12 14	2	flüssig		
4	— 9	9 12	—	—		* Schon bei — 12° ge-prüft, dann auf Zimmer-wärme ge-bracht.	10	— 5	4 5	2	1. Probe nicht fließend bis eben fließend 2. Probe eben fließend	} 1./XII. 93.
	— 10	7 8,5	1*	erstarrt				— 10	6 6	2	1. Probe fraglich; 2. Probe eben fließend	
	— 12	1 2	1	bezgl.				"	— —	2	eben fließend	
	— 13,8	2 2,5	—	—				0	0,5 2,0	2	sehr schwer fließend	
5	— 15	0 5	—	—		} 4./XII. 93. 8./XII. 93.	12	"	—	2	schwer fließend	} 17./IV. 94. 9./IV. 94. "
	— 15	5	—	—	— 5			0 0	2	erstarrt		
	— 15	—	1	nicht fließend bis eben fließend	11./XII. 93.			"	0 0	2	bezgl.	
6	— 15	10 12	—	—	} 4./XII. 93. 11./XII. 93.	13	— 15	9 9	2	nichtfließend bis eben fließend		
	— 15	—	1	schwer fließend								

Wenn auch die Versuchsausführung bei der Prüfung im U-Rohr, wie sie f. Z. von den preussischen Bahnen auf Grund von Vorschlägen der Versuchs-Anstalt für die Lieferungsbedingungen vorgeschrieben wurde, ein wenig umständlicher ist als die früher von der Versuchs-Anstalt befolgte Prüfung der Oele im Reagensglas, so hat es die Versuchs-Anstalt doch im Interesse der Einheitlichkeit des Verfahrens und in Anbetracht der im Allgemeinen nicht ungünstigen Erfahrungen mit der U-Röhrchenprobe für zweckmäßig erachtet, auch ihrerseits die Prüfung im U-Rohr allgemein für die amtlichen Untersuchungen der Mineral-schmieröle anzuwenden.

In den meisten Fällen liefern beide Kälteproben, d. h. im U-Rohr und im Reagensglas, untereinander übereinstimmende Ergebnisse, soweit die Beurtheilung des Fließvermögens bei einem bestimmten Wärmegrad in Frage kommt. In einzelnen Fällen (Nr. 2, 3, 4, 7 in Tab. 7) indessen finden sich Abweichungen, wobei sich die Oele im U-Rohr in Folge des wesentlich höheren Druckes bei der Prüfung trotz geringerer Rohrweite günstiger verhalten als im Reagensglas; es sind dies wiederum solche Proben, welche sich bei der Prüfungswärme auch im U-Rohr in der Nähe des Erstarrungspunktes befinden, wie der meist nur geringe Anstieg ergibt. Ein Wassergehalt der Proben bis zu mehreren Zehntel Prozent beeinflusste den Anstieg der Oele im U-Rohr in den meisten Fällen nicht in ungünstiger Weise.<sup>1)</sup>

Geringe Abweichungen der Rohrweite bis  $\pm 0,3$  mm haben keinen Einfluß auf das Ergebnis der U-Röhrchenprobe gehabt.

Die Tabelle 6 zeigt den günstigen Einfluß des Zusatzes russischer Fabrikate auf den Kältepunkt deutscher Oele.

#### c) Das Ausdehnungsvermögen der Mineralschmieröle verschiedener Herkunft und fetter Oele.

In einer früheren Abhandlung<sup>2)</sup> sind umfassende Untersuchungen über das bis dahin noch wenig geprüfte Ausdehnungsvermögen der Mineralschmieröle mitgetheilt. Abgesehen von der dort bereits erörterten Bedeutung der gewonnenen Zahlen dürften die letzteren noch ein weiteres geeignetes Material bei Identitätsbestimmungen von Oelen darbieten. Die Untersuchungen sind nun inzwischen, und zwar z. T. in der Richtung, wie sie schon am genannten Orte bezeichnet wurde, fortgesetzt worden, so daß jetzt ein recht ausgiebiges Material über die Ausdehnungszahlen bei den meisten der in Frage kommenden Oele vorliegt. Die neueren Untersuchungen sind in der Tab. 8 mitgetheilt; über ihre Ergebnisse ist in Ergänzung der früheren Versuche Folgendes zu sagen:

Unter den bei Zimmerwärme völlig flüssigen Mineralschmierölen zeigen die leichten Spindelöle die höchsten Ausdehnungszahlen. Bei kleineren Unterschieden in den spezifischen Gewichten der Mineralöle sind keine gesetzmäßigen Beziehungen zu den Ausdehnungszahlen zu beobachten. Wesentlich höhere Ausdehnungszahlen als die völlig flüssigen Mineralschmieröle zeigen alle diejenigen Oele, welche Paraffintheile in geringerer oder größerer Menge

<sup>1)</sup> In einigen Fällen hat sich sogar, wie in einer späteren Veröffentlichung noch ausführlicher dargelegt werden wird, durch Beimischung von Wasser zu Oelen bei tiefen Wärmegraden ein besseres Fließvermögen als bei den reinen Oelen ergeben. Zur näheren Beleuchtung dieser an sich auffallenden Erscheinung sei an die Versuche Dufours (Arch. des sciences phys. et nat. durch Müller-Pouillet Lehrbuch der Physik) erinnert, welcher durch Emulgiren von Wasser mit einer gleichschweren Mischung von Mandelöl und Chloroform das Wasser bis auf  $-20$  C<sup>o</sup> abkühlte, ohne daß Erstarren eintrat.

<sup>2)</sup> „Mittheilungen“ 1893 S. 45.

Tabelle

## Vergleichende Übersicht über neuerdings bestimmte Ausdehnungs-

Laufende Nr. der Öle		1	2	3	4	5	
Klassifizierung der Öle	Allgemeine	Leichtflüssige Mineralöle von hoher Entflammbarkeit		Zähflüssige Mineralschmieröle russischer Abkunft			
	Spezielle	Sicherheits- petroleum	Spindelöl, fog. Paraffinöl	rein	Nr. 3 Tabelle 9 Anlage 5 + 1% Paraffin	Nr. 3 dieser Tabelle + 1 1/2 % Paraffin	
Äußere Erscheinungen		fast wasser- klar, dünn- flüssig	wasserklar, leichtflüssig, geruchlos	bräunlichgelb, klar, fluoreszi- rend mit blau- em Schimmer	wie 3	wie 3	
Spez. Gewicht × 1000	Wasser von 4 C° = 1	20 C°	826	866	924	905	921
		15 C°	829	869	927	908	924
Flüssigkeitsgrad nach Engler bezogen auf Rüböl = 1, Rüböl zu Wasser von 20 C° = 15 : 1 bei den Wärmegraden C°	20	0,11	0,38	2,36	2,59	2,16	
	30	—	0,24	1,12	1,26	1,06	
	40	—	0,17	0,59	0,88	0,55	
	50	—	0,14	0,35	0,40	0,34	
Konsistenz in der Kälte		Bei — 3 C° nicht fließend, dünnfalsbig	Bei — 10° leicht fließend, klar	Bei — 5 C° leicht-, bei — 15 C° sehr schwer fließend	0° nicht flie- ßend. Fängt bei + 11 C° an sich zu trüben	0° nicht fließend. Fängt bei + 15 C° an sich zu trüben	
Mittlere Ausdehnungs- zahlen × 1000000 bestimmt zwischen den Wärmegraden C° (siehe sonstige Bemerkungen)	20 und 34	820	745	712	701	716	
	34 und 46	832	750	704	704	715	
	46 und 61	—	—	704	701	709	
	61 und 78	—	(782)	712	714	717	
	Die oben angegebenen Ausdehnungszahlen sind Ergebnisse Einheit betragenden Fehler in						
Sonstige Bemerkungen und Beobachtungen	Allgemeine						
	Spezielle	—	Das Öl hat denselben Flüssigkeitsgrad und gleiche Ausdehnungszahl wie das Öl Nr. 16 Tab. 7 der Anlage Nr. 5.	—	—	—	



8. Zahlen und weitere physikalische Eigenschaften verschiedener Öle.

6	7	8	9	10	11
Salbenartige Zylinderöle		Verseifbare vegetabilische Öle			
russisch	amerikanisch	Olivenöl	Erdnußöl	Wohnöl	Sonnenblumenöl
blaugrün im auffallenden Lichte, braunroth im durchfallenden Lichte, im Reagensglas undurchsichtig bis schwach durchscheinend	grün im auffallenden, braunroth im durchfallenden Lichte, im Reagensglas durchscheinend	schwach gelblichgrün, klar reiner Geruch	hellgelb, klar, reiner Geruch	hellgelb, klar, reiner Geruch	hellgelb, klar, reiner Geruch
907 910	—	—	916 919	921 924	920 923
—	—	—	0,69	0,54	0,55
—	—	—	—	—	0,37
—	—	—	—	—	0,26
0,62	—	—	—	—	0,21
—	—	—	Bei 0° nicht fließend, schmalzartig	Bei — 15 C° klar fließend	Bei — 5° klar fließend, bei — 10° getrübt fließend, — 18° schwer fließend, stark getrübt
777	876	763	772	744	746
—	776	749	746	746	742
—	—	745	751	748	—
714	716	754	756	754	763

je einer Bestimmung und können daher mit größeren in der 6. bezw. mit geringem, eine der 5. Dezimalstelle behaftet sein.

—	über Thierkohle filtrirtes Öl	Zodzahl 80,8 Verseifungszahl 195	Zodzahl 101. Arachinsäure wurde nachgewiesen	Zodzahl 101. Das Wohnöl zeigt dieselben physikalischen Eigenschaften wie Sonnenblumenöl, dem es chemisch auch völlig gleich	Zodzahl 134. Das Öl wurde in der Versuchsanstalt selbst aus Samen extrahirt
---	-------------------------------	-------------------------------------	---	--	--

schwebend enthalten, weil das Paraffin beim Schmelzen in den Oelen eine erhebliche Ausdehnung erleidet. Die beiden Cylinderöle 6 und 7 erschienen freilich zwischen 20 und 60 C°, wo der starke Abfall der Ausdehnungszahlen stattfand, im Dilatometerrohr klar durchsichtig, so daß äußerlich ein Gehalt an schwebendem Paraffin nicht zu erkennen war. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß sich das Paraffin anfänglich in diesen Oelen nicht nur im schwebenden, sondern auch im kolloidal-gallertartigen Zustande vorfindet, und daß der fragliche Abfall in der Ausdehnungszahl der Oele auf dem Uebergang der letzteren aus dem kolloidalen Zustand in denjenigen einer Lösung beruht.

(Siehe Tab. 8 S. 22 u. 23.)

#### d) Das Brechungsvermögen der Oele bestimmt mit dem Abbé'schen Refraktometer.

Nach den Ergebnissen früherer Versuche hat sich gezeigt, daß sich die Brechungszahl in mehreren Fällen als geeignetes Unterscheidungsmittel zwischen verschiedenen Oelarten heranziehen läßt. Nachdem nun neuerdings mit dem von Jean und Amagat konstruirten Oleorefraktometer noch schärfere Unterscheidungsmerkmale zwischen Olivenölen und Samenölen von Jean<sup>1)</sup> und später von Oliveri<sup>2)</sup> festgestellt worden sind und die Möglichkeit vorhanden ist, daß mit Hilfe dieses Apparates die sonst üblichen umständlicheren chemischen Untersuchungen in einzelnen Fällen werden entbehrt werden können, ist in Aussicht genommen, ein ähnliches Instrument für die Zwecke der Versuchs-Anstalt zu beschaffen.

### II. Die mechanische Prüfung der Schmiermittel.

Bei den laufenden in den letzten Jahren zu Anträgen und zum vorliegenden Bericht ausgeführten Prüfungen der Oele auf der Oelprobiermaschine wurde die früher<sup>3)</sup> beschriebene Versuchsausführung innegehalten. Hierbei fanden die zwischen den Flüssigkeitsgraden und den Reibungszahlen der Oele früher festgestellten Beziehungen in der Regel ihre Bestätigung. Durch diese umfassenden Vergleiche wurde es in vielen Fällen erst möglich, aus der physikalischen und chemischen Untersuchung der Oele unter gleichzeitiger Berücksichtigung der inzwischen gesammelten allgemeinen Betriebserfahrungen ein Urtheil über die Leistungsfähigkeit der Oele abzuleiten. Die fortgesetzte Hinzuziehung des Reibungsversuches erwies sich dann als nothwendig, wenn die zu untersuchenden Produkte in ihrer chemischen Natur erheblich von den bis dahin geprüften Produkten abwichen oder, wie z. B. manche kautschukhaltigen Oele und ähnliche Produkte, besondere physikalische Eigenthümlichkeiten zeigten, welche augenscheinlich durch den Flüssigkeitsgrad allein nicht zahlenmäßig ausgedrückt wurden und auf anderem Wege nicht meßbar waren. Auch in den Kreisen der Interessenten scheint sich diese Auffassung von dem Nutzen des Reibungsversuches weiteren Eingang verschafft zu haben, da besonders häufig neue Fabrikationsprodukte oder bisher noch nicht erprobte Oelmischungen zu Anträgen auf der Oelprobiermaschine zur Untersuchung gelangten.

Bei den zum vorliegenden Bericht ausgeführten vergleichenden Schmieröluntersuchungen wurden die Reibungsversuche, wie die späteren Kapitel zeigen werden, hinzugezogen, um den Einfluß

1. von verharzenden Oelen auf die Schmiereigenschaften nicht veränderlicher Oele,
2. von gelösten Asphaltstoffen,
3. von gelöstem Paraffin,

<sup>1)</sup> „Chimie analytique des matières grasses“ 1892.

<sup>2)</sup> „Chem. Zeitung“ 1893, 17, 180.

<sup>3)</sup> „Mitttheilungen“ 1889, Ergänzungsheft 5, S. 12.

auf die Schmiereigenschaften reiner Oele zu ermitteln. Die Ergebnisse der Reibungsversuche entsprechen hier den Erwartungen, welche man an sie auf Grund der vorangegangenen physikalischen und chemischen Untersuchung der Mischungen geknüpft hatte.

Es war ferner nothwendig geworden, auch für die Dampfzylinderöle, deren meist salbenartige oder sehr dickflüssige Konsistenz bei Zimmerwärme die Prüfung auf der Maschine unter den üblichen Bedingungen nicht gestattete, eine geeignete Versuchsausführung festzustellen. Nach einigen Vorversuchen wurde schließlich ein Wärmezustand von annähernd 80 C° im Zapfen und in den Lagerschalen zur Feststellung der Reibungszahlen für zweckmäßig erachtet. Zu wesentlich höheren Wärmegraden überzugehen war wegen der Schwierigkeit der Versuchsausführung und in Rücksicht auf die gute Erhaltung des Versuchszapfens nicht angängig. Die Wärme von 80 C° wurde durch fast beständiges Einleiten von Wasserdampf in den Hohlraum des Versuchszapfens auf gleicher Höhe erhalten. Als Einheit für die Beurtheilung wurden die in gleicher Weise bei 80 C° ermittelten Reibungszahlen von Rübböl gewählt.

Die für die Bedürfnisse der Praxis vor einigen Jahren vom Direktor der Anstalt, Professor A. Martens konstruirte kleinere Oelprobirmaschine<sup>1)</sup> hat sich, wie eine Reihe von Aufträgen zur Prüfung derartiger Maschinen in der Versuchs-Anstalt zeigt, in weiteren Kreisen Eingang verschafft.

Die Prüfung der Maschine erstreckte sich auf

1. Prüfung der Hauptabmessungen und Konstanten,
2. Einlaufenlassen des Zapfens mit Polirroth und Normalrübböl,
3. Ermittlung der Reibungszahlen für Normalrübböl.

Weiterhin hat sich das Bedürfnis herausgestellt, die hiesige Maschine zur Prüfung konsistenter Fette einzurichten. Eine Reihe von Aufträgen für derartige Untersuchungen sind bereits erledigt worden. Eine Beschreibung der Einrichtung für diese Versuche und die erzielten Ergebnisse werden später veröffentlicht werden.

### III. Chemische Zusammensetzung der Schmiermittel.

#### a. Untersuchung zur Erkennung leichtflüchtiger Bestandtheile durch Ermittlung des Flammpunktes.

Die Verfahren der Flammpunktbestimmung von Mineralölschmierölen sind wiederholt vergleichenden Prüfungen unterzogen worden,<sup>2)</sup> so daß jetzt eine genügende Bekanntheit mit allen Fehlerquellen erzielt ist. Da der Gegenstand in den herangezogenen Arbeiten ausreichend besprochen ist, mag hier nur noch darauf hingewiesen werden, daß der von der Versuchs-Anstalt benutzte verbesserte Pensky'sche Flammpunktprüfer in den letzten Jahren in eine Reihe technischer Verwaltungsbetriebe aufgenommen worden ist. In der neueren Fachliteratur ist der Apparat wiederholt für genauere Bestimmungen empfohlen worden. Einige Verbesserungsvorschläge in der Konstruktion und Handhabung des Apparates werden demnächst in den „Mittheilungen“ veröffentlicht werden.

#### b. Der Säuregehalt der Oele.

Bei Bestimmung der freien Säure im Oel hat sich die im Laufe der letzten Jahre regelmäßig benutzte vereinfachte Vorrichtung<sup>3)</sup> sehr gut bewährt und eine erhebliche Ersparniß

<sup>1)</sup> „Mittheilungen“ 1890, S. 1.

<sup>2)</sup> „Mittheilungen“ 1889, S. 153, 1890, S. 53. — „Glaser's Ann. für Gew. u. Baum.“ 1894, Nr. 409, S. 21. — „Dingler's polyt. Journ.“ 1895, 295, S. 189.

<sup>3)</sup> „Mittheilungen“ 1890, S. 78.

an Zeit durch die Vermeidung jeglicher Berechnung dargeboten. Eine umfassende Uebersicht über den Säuregehalt pflanzlicher Oele ist in den „Mittheilungen“ 1890, S. 78 gegeben. Hiernach sollte man bei Abnahmebedingungen für rohes Rüböl nicht völlige Säurefreiheit vorschreiben, sondern einen gewissen Gehalt an freier Säure, 0,20 %, zulassen.

Auf eine neuerdings wiederholt verfolgte Fehlerquelle ist hier noch aufmerksam zu machen:

Bei einigen Oelen und Fetten, und zwar ausschließlich solchen pflanzlichen und thierischen Ursprungs, zeigte sich beim Titriren der alkoholisch-ätherischen Lösung der Oele mit  $\frac{1}{10}$  Normalnatronlauge unter Zusatz von Phenolphthalein, daß nach eingetretener Rothfärbung der ganzen Flüssigkeit nach kurzem Stehen der Lösung wieder Entfärbung eintrat. Wurde dann weiter Natronlauge bis zur Rothfärbung zugefetzt, so trat wiederum nach kurzem Stehen Entfärbung ein; dieser Vorgang konnte beliebig oft wiederholt werden. Mit anderen Worten — es läßt sich auf die vorstehend geschilderte Art jeder beliebige Säuregehalt heraustitriren, wenn man nicht — wie es ja in der Regel auch wohl geschehen wird — die erste über die ganze Flüssigkeit beim Schütteln sich verbreitende Rothfärbung als Endpunkt der Neutralisation der freien Säuren betrachtet. Das Verschwinden der Rothfärbung ist nun, wie mehrere Versuche mit Talg und einem anderen thierischen Fett z. B. gezeigt haben, auf eine beim Stehen der ätherischen Dillösung in Berührung mit dem Ueberschuß an Lauge allmählig und beim Schütteln der Lösungen noch schneller vor sich gehende Verseifung zurückzuführen. Dagegen ist es nicht etwa die Absorption von Kohlenensäure aus der Luft, welche die völlige Neutralisation des Alkaliüberschusses und Entfärbung des Phenolphthaleins bewirkt, da sonst Oele, welche nur unverseifbare Bestandtheile enthalten, z. B. Mineralöle, ähnliche Erscheinungen wie die oben geschilderten zeigen müßten, was aber nicht der Fall ist. Bei Versuchen mit einem thierischen Fett ging z. B. die Absorption von Natronlauge auch bei gut verschlossenen Gefäßen in der ätherisch-alkoholischen Lösung des Fettes nach Eintritt der ersten Rothfärbung vor sich, ferner blieb die Rothfärbung bestehen, wenn man den Säuregehalt durch heißes Ausziehen des Fettes mit Alkohol bestimmte und den nach Abkühlung der Lösung filtrirten oder defantirten alkoholischen Auszug titrirte. Der Alkohol löst bekanntlich in der Kälte die freien Fettsäuren leicht, jedoch nur wenig von den Fettsäureestern. Die bei der Titration des alkoholischen Auszuges verbrauchte Menge Natronlauge entsprach stets derjenigen Menge Natronlauge, welche in der ätherisch-alkoholischen Lösung des Fettes bis zur ersten vollständigen Rothfärbung der Flüssigkeit zugefetzt wurde — ein weiterer indirekter Beweis dafür, daß beim Stehen der ätherisch-alkoholischen Fettlösung mit überschüssiger Natronlauge Fett verseift wird, nachdem die freie Säure neutralisirt ist. Da jene eigenthümliche und bisher in der Literatur kaum erwähnte Verseifung mit verdünnter Lauge besonders bei stark säurehaltigen und oxydirten resp. polymerisirten Oelen wiederholt beobachtet wurde, so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß gerade die Veränderungen, welche die Ester der Fettsäuren in derartigen Oelen erlitten haben, deren leichte Verseifbarkeit bedingt. Die Untersuchung dieser Fragen ist in Aussicht genommen.

### c. Der Wassergehalt der Oele.

Nachdem in einer früheren Veröffentlichung die qualitative Prüfung der Oele auf Wasser beschrieben worden ist,<sup>1)</sup> ist auch kürzlich die quantitative Bestimmung des Wassers in den Schmierölen mit befriedigendem Erfolg in Angriff genommen worden. Die hauptsächlichsten bisherigen Angaben in der Literatur auf diesem Gebiete lassen sich wie folgt zusammenfassen:

<sup>1)</sup> „Mittheilungen“ 1889, S. 74.

Das zu untersuchende Produkt wird zur quantitativen Bestimmung des Wassers gewöhnlich in möglichst zweckentsprechender Art bis zur völligen Austreibung des Wassers erhitzt. Hierauf wird der Gehalt an Wasser entweder aus dem Gewichtsverlust der Substanz oder dem Gewicht des in geeigneter Weise aufgefangenen Wassers berechnet. Ueber die Art und Weise, wie das Erhitzen bezw. das Auffangen des Wassers vorgenommen werden soll, finden sich folgende Angaben:<sup>1)</sup>

1. Nach Benedikt bringt man circa 5 g des Fettes in ein mit einem hineingestellten Glasstab gewogenes kleines Becherglas oder in eine Glasschale und trocknet unter öfterem Umrühren bei circa 100° bis zur Gewichtskonstanz.

2. Sonnenschein trocknet die Fette in einem mit einem doppelt durchbohrten Pfropfen verschlossenen Kölbchen. Durch die eine Bohrung geht ein gerades Glasrohr bis zum Gefäßboden, durch die andere ein rechtwinklig gebogenes, welches unter dem Pfropfen endet. Man verbindet nun das gerade Rohr mit einem Chlorkalciumrohr und saugt mittelst der Pumpe, welche man mit dem anderen Röhrchen verbindet, einen Strom getrockneter Luft hindurch, während man das Kölbchen auf dem kochenden Wasserbade erhitzt. Da flüssige Fette und Fettsäuren sich unter diesen Bedingungen rasch oxydiren, ist es zweckmäßiger, einen Strom getrockneter Kohlenäure durch den Apparat hindurchzutreiben.

3. Henzold empfiehlt, namentlich zur Bestimmung des Wassergehaltes in der Kuhbutter 20 g frisch ausgeglühten, im Exsiccator erkalteten Bimstein in einer flachen Schale abzuwägen, 10—12 g Fett hinzuzufügen, umzurühren, bis das Fett geschmolzen ist und 2 Stunden, aber nicht länger, auf 100° zu erhizen.

4. Künkler<sup>2)</sup> entwässert zunächst, um ganz geringe Mengen Wasser zu bestimmen, eine Probe des Fettes oder Deles, indem er diese mit Chlorkalcium schüttelt, 24 Stunden stehen läßt und schließlich filtrirt. Von dem entwässerten wie dem wasserhaltigen Material wird je eine gleich große Probe in gleich großen Bechergläsern bei 100 bis 110° im Trockenschrank erhitzt, bis die wasserhaltige Probe nicht mehr schäumt, und hierauf gewogen. Der Unterschied des Gewichtsverlustes beider Proben ist der Gehalt an Wasser.

Sind außer Wasser zugleich hygroskopische Substanzen, z. B. Pottasche zugegen, ein Umstand, welcher freilich nur bei konsistenten Fetten eintreten dürfte, so kann man durch Trocknen bei 100 C° das Wasser nicht völlig austreiben. Man bestimmt alsdann nach Benedikt<sup>3)</sup> den Gehalt an Fettsubstanz, Verunreinigungen und Pottasche und findet den Wassergehalt aus der Differenz.

Wie schon aus vorstehenden Angaben der Literatur zu ersehen ist, werden die Bestimmungen des Wassers je nach den Eigenschaften der zu untersuchenden Fettmaterialien manchen Abänderungen unterworfen. — In der Versuchs-Anstalt interessirte besonders die quantitative Bestimmung des Wassergehaltes in den dunklen Mineralschmierölen, weil hier das bloße Ansehen des Probedeles, ein etwaiger Bodensatz u. in Verbindung mit der qualitativen Prüfung nicht so leicht wie bei hellen Delen ein Urtheil über die vorhandenen Wassermengen zu bilden gestattete. Gleichzeitig interessirte die Frage, inwieweit es bei den dunklen dickflüssigen Produkten möglich ist, eine genaue Durchschnittsprobe zur quantitativen Wasserbestimmung zu erhalten, und bis zu welchem Prozentsatz sich ein Gehalt an Wasser qualitativ noch bemerkbar macht. Diese Gesichtspunkte wurden daher bei den nachfolgend beschriebenen in Tab. 9 mitgetheilten Versuchen besonders berücksichtigt.

<sup>1)</sup> „Analyse der Fette und Wacharten“ von Benedikt, 1892, S. 47.

<sup>2)</sup> „Die Maschinenschmierung, die Schmiermittel und ihre Untersuchung“, Mannheim 1893.

<sup>3)</sup> „Analyse der Fette und Wacharten“ 1892, S. 47.

**Tabelle**  
**Quantitative Wasser-**

Die eingeklammerten Zahlen sind Prozentmengen an Wasser, wie sie ohne Rücksicht auf

Ffde. Nr. des Dies	Äußere Erscheinungen des Dies, Flammpunkt		% Gehalt an Wasser zugefetzt	Art der Probenentnahme	Angewendete Substanzmenge in g
1	Leicht-bis schwerflüssig, braun, durchscheinend; schlammiger Bodensatz. Flammpunkt im offenen Tiegel etwa 193 C <sup>0</sup> .	Ursprüngliches Öl.	—	Öl in Probeflasche kräftig durchgeschüttelt, dann Probe abgegossen.	15,5699
	Leicht-bis schwerflüssig; rothbraun; klar.	Entwässert durch Filtrieren bei Zimmerwärme.	1,04 0,96 0,48	Öl und Wasser im kleinen Meßcylinder gut durchgeschüttelt und dann sofort Proben abgegossen.	16,3654 9,0095 16,7593
2	Dickflüssig, schwarzbraun, wasserfrei. Flammpunkt im offenen Tiegel 183 C <sup>0</sup> .		1,09	1 Liter Öl in 2 Liter-Flasche mit Wasser kräftig durchgeschüttelt und dann sofort Proben entnommen, und zwar: Probe 1 von oben, Probe 2 aus der Mitte, Probe 3 vom Boden.	13,9360
			1,09		16,1757
			1,09		16,2288
3	Wie bei 2. Flammpunkt im offenen Tiegel 181 C <sup>0</sup> .		0,54	2 Liter Öl in einer 2 1/8 Liter-Flasche mit Wasser durchgeschüttelt und einen Tag stehen gelassen*); dann Probe 1 nach einmaligem Umkehren der Flasche von oben, Probe 2 und 4 nach starkem Schütteln von oben, Probe 3 nach starkem Schütteln von unten entnommen.	15,2447
			0,54		15,9142
			0,54		15,1584
			0,54		22,5588
4	Wie bei 2. Flammpunkt im offenen Tiegel 182 C <sup>0</sup> .		0,11	Öl und Wasser im kleinen Meßcylinder gut durchgeschüttelt und dann sofort Probe abgegossen.	46,4430
5	Leicht- bis schwerflüssig, braun, durchscheinend; schlammiger Bodensatz. Flammpunkt im offenen Tiegel etwa 193 C <sup>0</sup> .		—	Öl in Probeflasche gut durchgeschüttelt; dann sofort Probe abgegossen.	9,3534
6	Sehr schwerflüssig, schwarzbraun.		—	Öl in Probeflasche gut durchgeschüttelt; dann sofort Probe abgegossen.	30,1228
7	Sehr schwerfließendes, graugrünes, durchscheinendes Cylinderöl. Flammpunkt über 250 <sup>0</sup> im Pensky'schen Apparat.		—	Öl in Probeflasche gut durchgeschüttelt; dann sofort Probe abgegossen.	18,7495

## 9.

## Bestimmung in Olen.

das mitverdampfende Öl durch den Gewichtsverlust beim Erhitzen festgestellt wurden.

Zeit und Art des Erhitzens bis zum Verschwinden des Schaums	Gewichtsverlust beim Erhitzen in g	Verdampfte Ölmenge in g	% Gehalt an Wasser, berechnet aus dem Gesamtgewicht, verluft unter Abzug der verdampften Ölmenge	Qualitative Prüfung auf Wasser	Sonstige Bemerkungen und Beobachtungen
2 Stunden auf Wasserbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1650	0,0606	0,67 (1,06)	—	
2 Stunden auf Wasserbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,2317	0,0606	1,05		
1/4 Stunde auf Wasserbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1139	0,0343	0,88	—	
2 Stunden auf Wasserbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1370	0,0606	0,46		
1 Stunde auf Wasserbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,2454	0,0830	1,17 (1,76)		
"	0,2799	0,0913	1,16	—	
"	0,2754	0,0913	1,13		
1/2 Stunde auf dem Wasserbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,1376	0,0594	0,51 (0,90)	Bildet starke Emulsion; schäumt völlig aus dem Reagensglas heraus; stößt. Nach ruhigem Stehen etwa 3 Wochen später Probe von oben. Bildet starke Emulsion; schäumt sehr stark; stößt.	*) Nach 1 tägigem Stehen waren im Öl beim Bewegen des letzteren in der Flasche insbesondere auch am Boden kein Wasser zu erkennen. **) Versuchsausführung siehe Künftler, die Maschinenschmierung, die Schmiermittel und ihre Untersuchung, 1893, S. 186.
"	0,1427	0,0622	0,51		
"	0,1292	0,0594	0,46		
Im Becherglase 4 Stunden im Luftbad auf 105 bis 110 °C erhitzt; dann im Luftbad erkalten gelassen und am nächsten Tage nochmals 1/2 Stunde auf 105 bis 110 °C erhitzt.	0,2158	0,0850	0,58**)		
25 Minuten auf Wasserbad erhitzt.	0,1310	0,0700	0,13 (0,28)	Bildet Emulsion; schäumt mäßig stark; stößt schwach.	
5/4 Stunden auf dem Wasserbad und 1/4 Stunde im Luftbad.	0,0824	0,0362	0,49	—	
1/2 Stunde auf Wasserbad und 10 Minuten im Luftbad.	0,0850	0,0544	0,10	Bildet schwache Emulsion; schäumt schwach; stößt nicht.	
35 Minuten auf Wasserbad und 10 Minuten im Luftbad.	0,0190	0,0033	0,08	Bildet Emulsion; schäumt sehr stark; stößt sehr stark.	

Wie schon Vorversuche nach den unter 1, 2 und 3 angeführten in der Versuchsanstalt noch wenig abgeänderten Methoden ergaben, ist bei der Bestimmung des Wassergehaltes in Mineralschmierölen ganz besonders darauf Rücksicht zu nehmen, daß sich beim Erhitzen der Öle nicht nur Wasser, sondern auch Ölsubstanz in erheblicher Menge verflüchtigt. Diese Fehlerquelle ist bei dem oben erwähnten Künkler'schen Verfahren in Rechnung gezogen. Es wurde daher schließlich die von Künkler vorgeschlagene Versuchsausführung gewählt, jedoch mit der Maßgabe, daß die Öle unter wiederholtem Rühren mit Glasstab in cylindrischen Glasschalen auf dem Wasserbade erhitzt wurden. Das von Künkler befolgte ruhige Erhitzen ohne Bewegung der Proben im Trockenschranke bei 100 bis 110 C° würde, wie schon Versuch 4 mit Öl 3 in der Tab. 9 zeigt, bedeutend zu lange Zeit in Anspruch nehmen; z. B. dauert die Entfernung von 0,5 % Wasser im Luftbade ohne Rühren 6mal so lange wie auf dem Wasserbade unter Rühren. Das Rühren wird zweckmäßig in der wasserfreien und wasserhaltigen Probe, um thunlichst gleiche Verdunstungsverhältnisse herbeizuführen, möglichst gleich häufig vorgenommen. Der in der wasserhaltigen Probe sich bildende Schaum wird vermitteltst des Glasstabes, welcher mit der Schale zusammen abgewogen wird, an den Wandungen der Schale etwas emporgezogen und dort zerdrückt. Ist der Schaum an der Oberfläche verschwunden, so wird das ganze Öl nochmals so lange durchgerührt, bis schließlich auch nach mehreren Minuten kein Schaum mehr auftritt.

(Siehe Tab. 9 S. 28 u. 29.)

Wie die Tab. 9 zeigt, ist die Genauigkeit der Bestimmungen bei dem gewählten Verfahren eine recht befriedigende. Ferner zeigt sich bei den Versuchen unter laufender Nr. 2 und 3, daß sich auch bei dickflüssigen Ölen durch kräftiges Durchschütteln mit Wasser genügende Durchschnittsproben erlangen lassen. Der erste Versuch bei Öl 3 ergibt, daß sich auch nach eintägigem Stehen des Öles und nur geringer Bewegung desselben vor der Probeentnahme der Wassergehalt einer aus dem oberen Theil der Probeflasche entnommenen Probe nicht geändert hat. Auch bei der qualitativen Prüfung konnte in einer nach dreiwöchentlichem ruhigen Stehen des Öles von oben entnommenen Probe noch Wasser nachgewiesen werden.

Die qualitativen Versuche ließen einen Wassergehalt bis zu 0,1 % herab erkennen; es sollen aber auch über diese Frage noch weitergehende Versuche mit verschiedenen Materialien angestellt werden.

Schließlich sei bemerkt, daß man bei hoch entflammenden, also schwer verdampfenden Cylinderölen, wie zu erwarten war und sich auch bei Öl Nr. 7 bestätigte, die Korrektur für die verdampfende Ölmenge vernachlässigen kann. Das Gleiche dürfte für die Wasserbestimmung in fetten Ölen gelten, jedoch werden über diesen Punkt noch, ebenso wie über die sonstigen der Ergänzung bedürftigen Fragen der Wasserbestimmung bei Mineralölen besondere Untersuchungen ausgeführt werden.

Bei allen Mineralwagen- und Maschinenschmierölen, welche im geschlossenen Pensky'schen Apparat gewöhnlich unter 190 C°, im Tiegel unter 210 C° entflammen, werden in Zukunft die Wasserbestimmungen nach dem oben beschriebenen Verfahren unter Anbringung der Korrektur für das verdampfende Öl ausgeführt werden. Wie die eingeklammerten Werthe in Tab. 9 zeigen, würde man bei derartigen Ölen durch Außerachtlassung der durch den blinden Versuch ermittelten Korrektur erhebliche Fehler begehen.



#### d. Die Gegenwart von Harzöl in Schmierölen.

Ueber den qualitativen Nachweis von Harzöl in Schmierölen ist eine Reihe von vergleichenden Untersuchungen ausgeführt worden, deren Ergebnisse in den Mittheilungen veröffentlicht worden sind.<sup>1)</sup> Wie aus diesen Arbeiten zu ersehen ist, läßt sich der qualitative Nachweis von Harzöl bis zur Beimischung von wenigen Prozenten dieses Deles in anderen Oelen bequem mittelst der Farbenreaktionen des Deles und Beobachtung seiner physikalischen Konstanten durchführen. Bei den amtlichen Prüfungen haben sich nur in seltenen Fällen Verfälschungen mit Harzöl in den eingelieferten Oelen gezeigt. Die bisher noch wegen mangelnden unmittelbaren Bedürfnisses nicht in Angriff genommene quantitative Prüfung auf Harzöl wird den Gegenstand weiterer vergleichender Untersuchungen bilden.

#### e. Nachweis von Kautschuk in Schmiermitteln.

An einem zur amtlichen Prüfung eingereichten Produkt, einer Mischung von Mineralöl und Kautschuk, ist früher der qualitative und quantitative Nachweis von Kautschuk in Oelen erläutert worden.<sup>2)</sup> Bei später eingegangenen kautschukhaltigen Mineralölen ist auf die gleiche Weise, d. h. durch Zusatz von Alkohol zur ätherischen Lösung der Oele, der zugesetzte Kautschuk ausgefällt worden.

#### f. Untersuchungen über die Reinheit fetter Oele.

Eine zusammenfassende, im Auftrage des Herrn Ministers für geistliche, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten ausgeführte Arbeit über diesen Gegenstand ist im 1. Heft der „Mittheilungen“ 1895, S. 1 veröffentlicht worden. Die sonstigen Veröffentlichungen der Versuchs-Anstalt über den gleichen Gegenstand finden sich in den „Mittheilungen“ 1891 und 1892.

#### g. Specielle Untersuchung über die Reinheit von Mineralölen.

Die früheren Abhandlungen in den Mittheilungen 1892 S. 306; 1893 S. 261 und 1894 S. 31 behandeln den Nachweis von 1) verseifbaren Oelen, 2) Asphaltstoffen, 3) Entschleunungsmitteln in Mineralölen und zeigen, daß die Erkennung dieser Stoffe nunmehr selbst bei Anwesenheit geringer Mengen der genannten Stoffe in befriedigender Weise von statten geht.

#### 4) Der Nachweis von Seifen in Mineralölen.

Nach neueren Mittheilungen in der Literatur sollen amerikanische Mineralöle zur Erhöhung ihrer Consistenz bisweilen einen Zusatz von Thonerdesoifen erhalten.<sup>3)</sup> Daß auch andere Metallsoifen, z. B. Natronsoife, wenigstens in geringer Menge (bei dunklen Oelen bis 2 %) in Mineralölen gelöst sein können, geht aus den früher mitgetheilten Versuchsergebnissen hervor. Irgendwie erhebliche Mengen von Soifen werden sich bereits beim Lösen der Oele in Benzin abscheiden. Da indessen unsere Kenntniß über die Löslichkeit der verschiedenen Soifen in Benzin oder ähnlichen Lösungsmitteln noch nicht genügend zahlen-

1) 1890 S. 19; 1891 S. 51.

2) „Mittheilungen“ 1890, S. 308.

3) D. N. Witt, die chem. Industrie auf der columbischen Weltausstellung im Jahre 1893 „Chem. Industrie“ 1894.



an Seife nachgewiesen hat, verseift man in einer zweiten Probe des Deles in üblicher Weise das zu untersuchende Del mit alkoholischer Kalilauge, zerlegt nach Verdampfung des Alkohols etwa entstandene Seife und die schon im ursprünglichen Del vorhandene Seife mit verdünnter Salzsäure, wäscht, wie schon oben beschrieben, das Del mit Wasser völlig aus und bestimmt in dem von Mineralsäure ganz befreiten Del den Gehalt an Fettsäure. Ergiebt sich hier ein höherer Gehalt an Fettsäure als in dem mit Salzsäure zerlegten und dann ausgewaschenen ursprünglichen Del, so ist neben Seife noch fettes Del zugegen gewesen, da letzteres durch die Verseifung mit Kalilauge und darauf folgende Behandlung mit Salzsäure in wasserlösliches Glycerin und wasserunlösliche Fettsäuren übergeführt werden muß.

Auf 1 % Fettsäure, berechnet als  $\text{SO}_3$ , kommen:

$$\left. \begin{array}{l} 18,0 \% \text{ Del niedrigster Verseifungszahl} \\ 17,0 \% \text{ Del höchster Verseifungszahl} \end{array} \right\} = 7,5 \% \text{ Del mittlerer Verseifungszahl.}$$

Unter Benützung des zuletzt festgestellten Mittelwerthes beträgt der Fehler der Bestimmung bei einem Zusatz von 50 % fettem Del erst 3 %, bezogen auf die gesammte angewandte Stoffmenge und ist je nach der Menge des vorhandenen Deles entsprechend geringer oder größer.<sup>1)</sup>

### 5. Der Nachweis von Erdwachs.

Um Mineralölen, welche zur Schmierung von Dampfzylindern benützt werden, eine bei Zimmerwärme feste Konsistenz zu geben, wie sie eigenthümlicherweise von manchen Konsumenten bei derartigen Deles gewünscht wird, versehen Fabrikanten die Dele mit wenigen Prozenten Ceresin (Erdwachs). Bei einigen in der Versuchsanstalt vorgenommenen Versuchen ließen sich in zwei Fällen Ceresin nachweisen und zwar dadurch, daß es in ätherischer Lösung des Deles durch absoluten Alkohol (3 Theile Alkohol auf 4 Theile Aether) ausgefällt und durch Schmelzpunkt 68—71 °C gekennzeichnet wurde. Das eine Del war nach der Angabe des Einsenders und seiner äußeren Erscheinung nach russisches Del, das andere war amerikanischer Herkunft, soweit sich dies aus den äußeren Erscheinungen des Deles beurtheilen ließ. Eine Angabe über die Herkunft des letzteren Deles war vom Einsender nicht gemacht worden. Bei dem amerikanischen Del wurde der in ätherischer Lösung des Deles durch Alkohol ausgefallte flockige Niederschlag gesammelt und gewogen. Er betrug 2 % vom Gewichte des ursprünglichen Deles. Zur Festsetzung einer zuverlässigen auf die Schwerlöslichkeit des Erdwachses in Alkohol-Aether gegründeten quantitativen Abscheidungsmethode bedarf es noch weiterer Versuche. Es ist z. B. daran zu erinnern, daß bei Zimmerwärme nicht immer alles vorhandene Erdwachs durch Alkohol aus ätherischer Lösung gefällt wird, und daß auch in Benzin lösliches Pech durch Alkohol gefällt wird. Bei Gegenwart des letzteren ist also das Verfahren nicht zu benutzen.

Bei dieser Gelegenheit sei übrigens auch darauf hingewiesen, daß Kast und Seidner<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Die beschriebenen Verfahren, Seife und fettes Del in geringen Mengen in Mineralölen und konsistenten Fetten nachzuweisen, sind inzwischen wiederholt bei derartigen Produkten mit befriedigendem Erfolge angewendet worden. Sämmtliche zu den Versuchen nöthigen Operationen, wie Abwiegen der Fettproben, Verseifen mit Lauge, Zerlegen der Seifen mit Salzsäure und Auswaschen der letzteren mit Wasser wurden in einem und demselben Erkenntniserfolben vorgenommen. Zur schließlichen Trennung der wässrigen und öligen Schicht diente die in Fresenius's Zeitschr. f. anal. Chemie 1894, Heft 6 beschriebene, aber schon früher von Herles benützte Vorrichtung.

<sup>2)</sup> „Dinglers Polyt. Journal“ 1892, 284, 153 und „Rep. Chem. Zeitung“ 1892, 17, 193.

aus amerikanischen Cylinderölen auf einem anderen Wege wie dem hier befolgten eine dem natürlichen Erdwachs sehr ähnliche Masse isolirten und daraus geschlossen haben, daß das Erdwachs ein beim Verdunsten leichterer Bestandtheile hinterbliebener Erdölrückstand sei. Rißling hat in den meisten amerikanischen Hohölen dieses sog. amorphe Paraffin gefunden. Es ist mithin möglich, daß das hier in dem amerikanischen Cylinderöl gefundene Erdwachs sich schon ursprünglich in dem zu seiner Herstellung benutzten reinen Rohprodukt vorgefunden hat. Bei dem russischen Cylinderöl ist dies weniger wahrscheinlich. Im Gegensatz zu Kist und Seidner meint Baloziecki, daß Erdwachs das erste Zerlegungsprodukt des Thierfettes sei und Erdöl erst aus dem Erdwachs durch weitere Zerlegung entstanden ist. Nach dieser Anschauung würde sich freilich, wie Kist und Seidner meinen, das Vorkommen von Erdwachs im Erdöl nicht ohne Weiteres erklären lassen.

## B. Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß der als minderwerthig geltenden Beimischungen auf die Schmiereigenschaften reiner Schmieröle.

### I. Flüssige Zusätze.

#### a. Veränderung der Dele bei Einwirkung der Luft.

In dem im Jahre 1889 an den Herrn Minister für Handel und Gewerbe erstatteten Bericht über vergleichende Schmieröluntersuchungen war die Nothwendigkeit hervorgehoben worden, die Veränderungen der Dele bei Luftzutritt näher zu verfolgen, weil die Schmierversuche mit den frischen der Luft noch nicht längere Zeit ausgesetzten Delen naturgemäß kein erschöpfendes Urtheil über den Schmierwerth der Dele zuließen.

Wenn es nun auch nahe lag, über diese Frage direkt Dauerversuche auf einer Delprobirmaschine anzustellen, so standen doch der Ausführung derartiger Versuche gewichtige technische Bedenken und die vor auszusehenden großen Unkosten entgegen. Dagegen bot sich ein anderer, verhältnißmäßig einfacher Weg zur Untersuchung der aufgeworfenen Frage dar, bei dem nur ein begrenztes Hinzuziehen der Reibungsversuche nöthig wurde. Die früheren vergleichenden Untersuchungen hatten ergeben, daß man für praktische Verhältnisse durch Beobachtung des Flüssigkeitsgrades und der übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Dele schon einen guten Einblick in die Brauchbarkeit der Dele gewinnt.

Man brauchte also nur eine Anzahl verschiedener Dele und Mischungen unter möglichst gleichen Verhältnissen dem Zutritt der Luft auszusetzen und die Veränderungen ihrer hauptsächlich für Beurtheilung der Schmierfähigkeit in Betracht kommenden physikalischen und chemischen Eigenschaften von Zeit zu Zeit festzustellen. Hierzu erwies sich das Aufbewahren der Dele in flachen Schalen, welche eine lose Bedeckung zur Abhaltung von Staub hatten, als geeignet. Wenn auch die Art der Ausbreitung des Deles an der Luft und die Wärmeverhältnisse, sowie auch andere Umstände nicht ganz die gleichen waren, wie sie in der Praxis bei der Schmierung der Maschinen vorkommen, so mußten die auf obige Weise ausgeführten Versuche immerhin die Erlangung einer vergleichenden Uebersicht über die Veränderungen des Schmierwerthes der Dele bei Luftzutritt gestatten. Als Maßstab für die Veränderungen der Konsistenz der Dele bei Zimmerwärme wurde die Ausflußzeit auf dem Englerschen Apparat gewählt. Von einer Berechnung der Flüssigkeitsgrade wurde abgesehen, da fast durchweg alle Versuche mit je einem Del auf ein und demselben Englerschen Apparat, meistens Apparat III, einzelne auf Apparat I ausgeführt wurden und die Ausflußzeiten der Dele nach den im Abschnitt A I a mitgetheilten Beobachtungen bei

den älteren Versuchen meistens einen noch schärferen Vergleichswerth darstellen dürften als die unter Hinzuziehung des Wasserwerthes berechneten Flüssigkeitsgrade.

Ueber die ersten auf vorstehende Weise ausgeführten Versuche ist bereits früher in den „Mittheilungen“ berichtet worden<sup>1)</sup>, es hat sich indessen als nothwendig erwiesen, eine größere Reihe von Oelen verschiedener Gattung in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen und die Versuche mit den bereits geprüften Oelen auf eine größere Zeitdauer der Aufbewahrung auszudehnen. Es sind daher in den neueren Untersuchungsreihen folgende Oelarten berücksichtigt worden:

1. Pflanzliche Oele: Olivenöl, raffiniertes Rüböl, rohes Rüböl, Erdnußöl, Sesamöl, Mohnöl.

2. Thierische Oele: Knochenöl.

3. Harzöle, raffiniert und nicht raffiniert.

4. Mineralöle, deutscher, russischer, amerikanischer und schottischer Herkunft.

5. Mischungen von Mineralölen und Harzöl, sowie von Rüböl und Mineralölen.

Die Ergebnisse der mit vorstehenden Oelen ausgeführten Versuche sind in den Tabellen 10 bis 12 mitgetheilt und mögen im Nachstehenden kurz besprochen werden.<sup>2)</sup>

(Siehe Tab. 10—12 S. 36—42.)

Von den zu Schmierzwecken benutzten pflanzlichen Oelen zeigen die raffinierten Rüböle die stärkste Veränderung; schon nach  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  jährigem Stehen zeigen sie ganz erhebliche Verdickungen. Bei denjenigen Oelen, wo sich in den Schalen erhebliche Veränderungen zeigten, ließen sich auch meistens bei den in Flaschen aufbewahrten Proben geringe Veränderungen erkennen. Der verdickende Einfluß der Luft zeigte sich auch bei Vergleichung der Reibungszahlen der in der Flasche aufbewahrten Probe Normalrüböl I und des gleichen in der Schale aufbewahrten Oeles. Gegenüber den starken Veränderungen der raffinierten Rüböle bleibt die verhältnißmäßig geringe Veränderung des rohen Rüböls auffällig, und es werden ergänzende Versuche mit anderen rohen Rübölen zur Aufklärung der Frage vorgenommen werden. Bei sehr langem Stehen (11 Monate) ergaben sich freilich auch bei diesem Oel erhebliche Aenderungen der Konsistenz. Der hohe Gehalt an Oxy Säuren in dem 18 Monate offen aufbewahrten Oel läßt auch auf noch weitergehende starke Verdickung des Oeles schließen, leider war nicht mehr genügend Material zur Feststellung dieser Verdickung durch Bestimmung des Flüssigkeitsgrades vorhanden.

Ein sehr günstiges Verhalten beim Lagern unter reichlichem Luftzutritt zeigen die Olivenöle, welche nach  $\frac{3}{4}$  Jahren, in offener Schale aufbewahrt, kaum nachweisbare Veränderungen ihrer Konsistenz zeigen.

Der Säuregehalt hatte bei diesen Oelen wie bei den raffinierten Rübölen nur um wenige hundertstel Procent zugenommen. In dem Gemisch Nr. 8 (Tab. 10), welches neben Olivenöl in großer Menge raffiniertes Rüböl enthält, zeigt sich der stark verharzende Charakter des letzteren. Die in der Praxis verbreitete Ansicht, daß die Olivenöle mit nicht zu hohem Säuregehalt als Schmiermittel wegen ihres geringen Verharzungsvermögens höherwerthig sind als Rüböl, erhält durch obige Versuche eine experimentelle Bestätigung. Wie das Beispiel Nr. 7 in Tabelle 10 zeigt, lassen sich auch Olivenöle mit ziemlich niedrigem Säuregehalt gewinnen.

<sup>1)</sup> 1892, S. 85.

<sup>2)</sup> Die specifischen Gewichte sind im Anschluß an die früheren Versuche über die Veränderungen der Oele beim Lagern bei 15 C° angegeben.

Tabelle

## Vergleichende Übersicht über die Verän-

Erläuterungen zur Tabelle: Im Kopfe bedeutet F Aufbewahrung in Flaschen, S Aufbewahrung in Monate, welche das Öl bis zu dem betreffenden

Zfd. Nr.	Art des Öles. Äußere Er- scheinungen	Spez. Gewicht bei 15 C° × 1000		Ausflußzeiten im Englerschen Apparat bei 20 C° sec.		Säuregehalt % (ber. als SO <sub>2</sub> )		Zobzahl	
		F	S	F	S	F	S	F	S
1	Normal-Rüböl von Dr. Wieder- hold in Cassel Nr. I.	914	914	704	704	0,08	0,09	—	—
		918 (6)	919 (3)	705 (1)	738 (1)	0,09 (27)	0,13 (6,5)	98,3	90,8 (5,5)
		—	925 (6)	693 (4)	754 (1,5)	—	—	—	88,4 (7)
		—	—	†693 (23)	851 (3)	—	—	—	—
		—	—	—	1190 (6,5)	—	—	—	—
2	Normal-Rüböl von Dr. Wieder- hold in Cassel Nr. II.	914	914	672	672	0,04	0,04	102,4	—
		—	919 (10)	692 (5,5)	700 (3,0)	0,10	0,05 (5,5)	—	—
		—	—	—	—	—	0,06 (10)	—	—
3	Reines raffi- niertes Rüböl (bezeichnet als feinstes raffin.)	915	915	707	707	0,01	0,01	100	—
		—	921 (5)	713 (4)	878 (4)	0,01 (7,5)	0,05 (5,5)	—	—
		—	923 (6)	742 (11)	1463 (10)	—	0,11 (10)	—	—
		—	929 (10)	—	—	—	—	—	—
4	Rohes Rüböl (rein)	916	916	703	722	0,11	0,11	—	—
		916 (11)	918 (3)	722 (19)	723 (1)	—	0,13 (6)	98,9	98,9
		—	917 (6)	749 (31,0)	739 (1,5)	—	0,18 (12)	—	—
		—	922 (12)	—	743 (3,5)	—	0,28 (17)	—	—
		—	924 (17)	—	764 (6,5)	—	—	—	—
		—	—	—	876 (11)	—	—	—	—
5	Olivenöl (rein)	916	916	585	592	0,49	0,49	80,7	80,7
		916 (4)	916 (4)	598 (4)	605 (3)	0,52 (9)	0,48 (6)	—	80,7 (3)
		—	917 (7)	—	603 (5)	0,53 (17,5)	0,51 (12)	—	—
		—	920 (5,5)	—	614 (9,5)	—	0,51 (16,5)	—	—
		—	—	—	686 (15,5)	—	—	—	—
6	Olivenöl (rein)	914	914	563	588	1,29	1,36	85,1	—
		916 (21)	916 (10)	588 (19)	588 (3,5)	1,36 (21)	1,40 (5,5)	81,0 (19)	—
		—	—	—	595 (8,0)	1,40 (26,5)	1,40	—	—
7	Olivenöl (rein)	917	917 (0)	589	589	0,16	0,16	83,3	—
		—	917 (10)	—	592 (4)	—	0,16 (7,5)	—	—
		—	—	—	597 (10)	—	0,17 (10)	—	—
8	Gemisch von Olivenöl und Rüböl	915	916	603	624	0,76	0,78	95	—
		917 (16)	923 (7,5)	632 (1,5)	826 (6,5)	0,80 (16)	0,80 (7,5)	—	76 (14)
		—	933 (13,5)	624 (4,5)	972 (8,5)	0,86 (19)	0,82 (13,5)	—	—
		—	—	638 (11)	1525 (13,5)	—	—	—	—
9	Gemisch von Rüböl mit trocknendem Öl	919	920	561	586	0,24	0,36	120,2	—
		—	921 (4,5)	586 (12)	617 (4,5)	0,36 (12)	0,34	—	—
		—	—	577 (18)	694 (9)	—	—	—	—

## 10.

## Veränderungen der fetten Öle beim Lagern.

Schalen. Die den Zahlen in Klammern beigelegten kleineren Zahlen bedeuten die Anzahl der Versuch seit dem ersten Versuch aufbewahrt worden war.

Verseifungszahl		Gehalt an Drysäuren %		Sonstige Untersuchungen und Bemerkungen
F	S	F	S	
176	—	3,8 (42)	3,2 (19)	Brechungscoefficient bei 18 C° F S Reibungsversuche siehe Tab. 19, Nr. 3. 1,4729 (12) 1,4750 (7) † Das 23 Monate in Flaschen aufbewahrte Öl ergab nach 10 stündigem Durchleiten von Luft die Ausflußzeit von 726 sec. im Engler'schen Apparat.
—	184 (12)	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
171	—	—	—	—
—	—	—	—	—
177	—	—	—	—
—	—	—	—	—
180	—	0,47 (39)	5,1 (18,5)	Nach 6 monatlichem Aufbewahren des Oles in der Schale war der charakteristische ursprüngliche Geruch des Oles nach rohem Rüböl fast völlig verschwunden.
—	—	—	—	
—	—	—	—	
—	—	—	—	
193	—	0,1 (19)	0,5 (18)	—
—	—	—	—	—
194	—	0,2 (32)	0,2 (12)	—
—	—	—	—	—
196	—	—	—	—
—	—	—	—	—
186	—	—	—	Das Öl war als reines Olivenöl geliefert worden.
189 (16)	190 (8)	—	—	
189 (28)	—	—	—	
—	—	—	—	
182,0	—	—	0,68 (5,5)	Sollte angeblich reines Rüböl sein. Nach 16 monatlichem Stehen in einer Schale hat sich das Öl mit einer Haut überzogen, welche beim Neigen der Schale den flüssigen Theil des Oles nicht mehr durchläßt.
184,8 (11)	—	—	—	
—	—	—	—	

Tabelle 10

Zfd. Nr.	Art des Dies Äußere Er- scheinungen	Spez. Gewicht bei 15 C° × 100)		Ausflußzeiten im Eng- lerischen Apparat bei 20 C° sec.		Säuregehalt % (ber. als SO <sub>3</sub> )		Zobzahl	
		F	S	F	S	F	S	F	S
10	Erdnußöl hellgelb, klar	916	917	595	606	0,17	0,17	87,1	—
		917 (7 <sub>s</sub> )	917 (10)	606 (7 <sub>s</sub> )	609 (4)	0,16 (4 <sub>s</sub> )	0,18 (5 <sub>s</sub> )	—	—
		—	—	—	614 (10)	0,17 (7 <sub>s</sub> )	0,18 (10)	—	—
11	Erdnußöl farblos	922	922	630 *)	630	0,90	0,90	94,1	—
		—	923 (10)	—	640 (4)	0,96 (5 <sub>s</sub> )	0,95 (5 <sub>s</sub> )	—	—
		—	—	—	651 (10)	—	0,94 (10)	—	—
12	Sesamöl klar, hellgelb	920	921	549	549	0,39	0,41	101,9	—
		921 (23)	921 (10)	560 (14 <sub>s</sub> )	558 (4)	0,41 (21 <sub>s</sub> )	0,45 (5 <sub>s</sub> )	102,7 (23)	—
		—	—	—	557 (10)	0,44 (27)	0,45 (10)	—	—
13	Knochenöl gelb, wird beim Lagern farblos	915	915	714	714	0,00	—	73,3	—
		—	927 (6)	720 (1)	750 (1)	—	0,06 (6)	—	—
		—	—	—	1002 (6)	—	—	—	—
14	Mohnöl hellgelb, klar	924	925	413	432	0,36	0,38	141	—
		925 (13)	933 (7 <sub>s</sub> )	436 (2)	565 (6 <sub>s</sub> )	0,39 (14)	0,40 (8 <sub>s</sub> )	—	94,2 (14)
		—	963 (14)	438 (2 <sub>s</sub> )	761 (8 <sub>s</sub> )	—	0,40 (9 <sub>s</sub> )	—	—
		—	—	432 (5 <sub>s</sub> )	—	—	0,50 (14)	—	—
		—	—	440 (12 <sub>s</sub> )	—	—	—	—	—

Auffällig erscheint die erhebliche Verdickung des Knochenöls 13 (Tabelle 10), da derartige Produkte im Allgemeinen als besonders gute Schmieröle gelten. Auch die geringe Veränderlichkeit der untersuchten Proben Erdnußöl und Sesamöl ist bemerkenswerth; noch nach  $\frac{3}{4}$  jährigem Stehen in Schalen zeigen diese Oele keine nennenswerthe Verdickung. Der Flüssigkeitsgrad dieser in raffiniertem Zustande eingereichten Oele steht demjenigen der Olivenöle sehr nahe und ist wesentlich niedriger als der Flüssigkeitsgrad der Rüböle. Der Verwendung derartiger Oele zu Schmierzwecken dürfte meistens der Umstand entgegenstehen, daß sie schon bei mäßig niedriger Wärme Abscheidungen geben. Bei Schmierölen, die jedoch nur mittlerer Wärme ausgesetzt sind, scheint die Benutzung eines Zusatzes jener Oele, z. B. zu Olivenöl, immerhin des Versuches werth zu sein.

Das schon früher untersuchte Harzöl Nr. 22 (Tabelle 11) zeigt auch bei weiterer Beobachtung eine fortgesetzte Verdickung. Um den Einfluß des in ihm enthaltenen freien Harzes, welches wahrscheinlich beim Destilliren des Oeles aus Fichtenharz mechanisch mit übergerissen wurde, auf das Eindickungsvermögen des Oeles genauer zu ermitteln, wurde die saure Harzmasse durch Natronlauge aus dem Oel abgeschieden (in dem alkalischen Auszug wurde durch Ausfällung mit Mineralsäure das Harz nachgewiesen). Hierauf wurde das entharzte Oel ebenfalls hinsichtlich seines Verharzungsvermögens bei Luftzutritt untersucht, wobei sich immerhin noch erhebliche, wenn auch nicht so weitgehende Verdickung wie bei dem ursprünglichen harzhaltigen Oel zeigte. Wesentlich günstiger als das hier raffinierte Oel



(Fortsetzung)

Versetzungs- zahl		Gehalt an Dry- säuren %		Sonstige Untersuchungen und Bemerkungen
F	S	F	S	
192,3 — —	— — —	— — —	— — —	—
196,6 — —	— — —	0,6 (12)	0,2 (12)	*) Das zunächst trübe Öl wird durch Erwärmen bis auf 30 C° geklärt und bleibt auch nachher klar bei 20 C°.
199 — —	— — —	— — —	— — —	—
194,6 — —	— — —	0,4 (26)	2,2 (18)	Brechungscoefficient bei 18 C° F S 1,4707 1,4703 (6,6)
196,8 — — — —	— 198,1 (7,5) — — —	— — — — —	— — — — —	Brechungscoefficient bei 18 C° F 1,4743 1,4756 (13) Das Öl bildete beim Stehen in der Schale Bodensatz und Krusten, für die Versuche wurde nur klar abgegegossenes Öl benutzt.

verhält sich das von Krämer und Flammer in Heilbronn eingelieferte doppelt raffinierte Harzöl; nach  $\frac{3}{4}$  jährigem Stehen an der Luft zeigt es kaum nennenswerthe Verdickungen; auch das spezifische Gewicht hatte sich nach  $1\frac{1}{2}$  jähriger Aufbewahrung nicht verändert. Daß das Del einer besonders gründlichen Raffination unterworfen war, beweist der Umstand, daß es kaum noch Geruch oder Geschmack nach Harzöl zeigte. Seine Beständigkeit und Viskosität lassen es als Zusatz zu anderen Oelen als geeignet erscheinen.

Von den untersuchten Mineralschmierölen haben sich am günstigsten die hellen Produkte amerikanischer und schottischer Herkunft und das sehr dickflüssige dunkle russische Del 17 (Tabelle 11) verhalten; es zeigten sich bei diesen Oelen nach etwa  $\frac{3}{4}$  jährigem Stehen entweder gar keine oder ganz geringe Aenderungen (bis 3 %) in den Ausflußzeiten auf dem Englerschen Apparat. Eine etwas größere Veränderung (4 %) zeigte nach gleich langem Stehen das russische Del 18 (Tabelle 11). Wie bei dem stark veränderten raffinierten Rüböl, so bestätigte auch bei dem amerikanischen Mineralöl 1 (Tabelle 12) der Reibungsversuch das durch Beobachtung der Flüssigkeitsgrade hinsichtlich des Veränderungsvermögens des Oeles gewonnene Ergebnis. Bedeutend stärkere Verdickung als alle übrigen Mineralöle zeigen nach  $\frac{3}{4}$  jährigem Stehen in den Schalen die unter Zusatz deutscher Mineralöle hergestellten Delheimer Produkte Nr. 15 und 16, welche, wie alle bisher untersuchten deutschen Oele, einen erheblichen Gehalt an schon oxydirten asphaltartigen Kohlenwasserstoffen besitzen.

**Tabelle 11.**  
**Vergleichende Übersicht über die Veränderungen von Mineralölen und Harzölen beim Lagern.**

Erläuterungen wie bei Tab. 10.

Zfd. Nr.	Art des Öles. Äußere Erscheinungen	Spez. Gew. bei 15 C° × 1000		Ausflußzeit im Engler'schen Apparat bei 20 C°		Säuregehalt in % (ber. als SO <sub>2</sub> )		Bemerkungen und sonstige Untersuchungen
		F	S	F	S	F	S	
15	Ölheimer Mineral-schmieröl, braun-schwarz undurch-sichtig.	926 — — —	— 930 — —	2102 2093 (5) 2070 (7) 2058* (18,5) 2122 (33)	2070 2278 (8,5) 2278 (10,5) 2283 (14) —	0,03 — — — —	— 0,02 (10) — — —	Für die Flüssigkeitsgradbestimmung des in Schalen aufbewahrten Öles wurden die Proben filtrirt. Qualitative Reaktion auf Schwefel mit Nitroprussidna-trium ergab starke Rothfärbung. * Filtrirtes Öl. Flamm-punkt C° { mehrere Jahre : 141,5 } Mittel aus je 2 Einzel-ver-suchen. { in Flasche { 14 Mo-nate in : 158 } Schale
16	Ölheimer Mineral-schmieröl, braun-schwarz undurch-sichtig.	918 — — —	— 920 (5,5) 920 (10) 921 (14)	1750 1748 (3) 1787 (7) 1819 (14)	1748 1880 (7) 1874* (7) 1951 (10)	0,06 — — —	0,06 0,06 (10) 0,05 (14) —	Flamm-punkt C° { mehrere Jahre : 159 } Mittel aus je 3 Einzel-ver-suchen. { in Flasche { 14 Mo-nate in : 161 } Schale * Öl wurde filtrirt, da in der Schale ein Bodensatz bemerkt wurde.
17	Russisches Mineral-schmieröl, braun-schwarz undurch-sichtig.	909 — —	909 910 (5,5) 910 (10)	2138 — —	2140 2142 (4) 2130 (10)	0,08 — —	0,08 0,08 (10) —	Flamm-punkt C° { mehrere Jahre : 188 } Je 2 Einzel-ver-suchen. { in Flasche { 14 Monate : 189,5 } in Schale
18	Russisches Mineral-schmieröl, braun undurch-sichtig.	911 911 — —	911 912 (8) 912 (14) —	1736 1718 (6) 1775 (8,5) 1781 (16)	1775 1826 (7) 1846 (8,5) 1847 (14)	0,03 0,00 (15,5) — —	— 0,01 (7,5) 0,02 (14) —	Qualitative Reaktion auf Schwefel mit Nitroprussidnatrium ergab helle Violettrothfärbung. { Das zu den Flüssigkeitsgradbestimmungen benutzte Öl aus der Schale wurde filtrirt, da etwas Wasser in die Schale gelangt war.
19	Amerikanisches Mineralöl, gelb, fluorescirend.	906 906 (16) — —	906 906 (9) 906 (14) —	[605] 575 (5) 582 (8) 598 (15)	582 581 (6,5) 584 (8,5) 602 (14)	0,02 0,02 (15,5) — —	0,02 0,01 (8,5) 0,01 (9,5) 0,01 (14)	Brechungscoefficient bei etwa 18 C° F S 1,5071 1,5066 (14) Qualitative Reaktion auf Schwefel mit Nitroprussidnatrium ergab schwache Violettrothfärbung.
20	Schottisches Mineralöl	869 —	— —	101 102 (7)	101 103 (7)	0,01 —	— —	—

Tabelle 11. (Fortsetzung.)

Sfde. Nr.	Art des Oles äußere Er- scheinungen	Spez. Gew. bei 15 C° × 1000		Ausflußzeit im Engler'schen Appa- rat bei 20 C°		Säuregehalt in % (ber. als SO <sub>3</sub> )		Bemerkungen und sonstige Untersuchungen
		F	S	F	S	F	S	
21	Ameri- kanisches Mineralöl	906 906 (0,6) —	906 906 (10) —	838 842 (0,7) —	842 841 (4) 837 (10)	0,004 0,005 (0,7) —	0,003 0,003 (10) —	—
22	Harzöl	981 *983 (11) 982 (15) 984 (22) —	982 992 (8) 997 (13,6) — —	934 947 (5) 1015 (8) 1045 (15) 1112 (23)	1015 2296 (6,5) 2419 (7) — —	1,10 1,19 (15) — — —	1,13 1,03 (6) — — —	* Kräometer. Brechungscoefficient bei etwa 18 C° F S 1,5390 1,5395 1,5374 (15,5) 1,5401 (6)
23 (Nr. 22 ent- harzt)	Harzöl, entharzt	—	978 983 (5) 986 (12,5)	— — —	823 1062 (3,5) 1348 (9,5)	— — —	0,01 0,02 (5) 0,03 (9,5)	Die Entharzung des Oles geschah durch Behandeln von Nr. 22 mit Na- tronlauge und Auswaschen des zurück- bleibenden Oles mit Wasser. Der geringe Säuregehalt des Oles zeigt, daß die Entharzung eine recht voll- ständige war.
24	doppelt raffiniertes Harzöl, hellgelb	— — — —	981 (6) 981 (12) 981 (17) —	751 788 (5,5) 848 (24) —	769 784 (1) 792 (4) 795 (7)	0,00 0,00 (13) — —	0,00 0,005 (6) 0,007 (12) 0,010 (17)	Der alkalische Auszug des Oles gab mit Mineralsäure keinen Niederschlag von Harz. Das Öl nimmt bei längerem Stehen in der Flasche unter Zutritt des Lichtes rötlichbraune Färbung an. Dieses Verhalten ist auf die Gegenwart von Nitronaphthalin zu- rückzuführen, mit welchem das Öl entscheidet worden ist.

Nach dem Eindickungsvermögen innerhalb eines Zeitraumes von  $\frac{3}{4}$  Jahren geordnet, würden sich die verschiedenen der oben genannten Delarten etwa wie folgt gruppieren lassen:

1. Helle Mineralöle und dunkle Mineralöle russischen Ursprungs, Olivenöl, Erdnußöl, Sesamöl, doppelt raffiniertes Harzöl.

2. Rohes Rüböl, Delheimer Mineralöl.

3. Raffiniertes Rüböl, entharztes Harzöl.

4. Harzhaltiges Harzöl, Mohnöl.

Es erübrigt noch über die Natur der Veränderungen, welche die Oele bei den beobachteten Eindickungen erlitten haben, einige Bemerkungen hinzuzufügen. Nach den bisherigen experimentellen und theoretischen Untersuchungen, welche über die chemischen Veränderungen fetter Oele und Mineralöle bei Einwirkung der Luft angestellt wurden, sind es einerseits die Oxydation, andererseits die Polymerisation, welche die Veränderungen der Oele herbeiführen können. Fahrion hat für Leinöle, Thrane u. s. w. nachgewiesen, daß das Sinken der Iodzahl beim Stehen oder Erhitzen derartiger Oele, z. Th. auf Oxydation, z. Th. auf Polymerisation zurückzuführen ist. Dieselben Vorgänge dürften auch bei den hier beobachteten Veränderungen der Rüböle u. s. w. Hand in Hand gehen. Die fast durchgängig beobachtete erheblich größere Zunahme des Gehaltes an Oxyssäuren der in offenen Schalen aufbewahrten fetten Oele gegenüber den in Flaschen aufbewahrten Proben weist

Tabelle 12.

## Vergleichende Übersicht über Veränderungen gemischter Öle und ihrer Einzelbestandteile.

Erläuterungen wie bei Tab. 10.

Sfde. Nr.	Art des Öles	Spez. Gew. bei 15 C° × 1000		Ausflußzeit im Engler'schen Apparat		Bemerkungen und sonstige Untersuchungen				
		F	S	F	S					
1 = Nr. 19 in Tab. 11	Amerikanisches Mineralöl, gelb fluoreszierend	906	906	[605]	582	Reibungsversuch auf der Ölprobirmaschine bei 1,0 m/sec.  Mittlere Lager-schalens-wärme C°   23,5   26,8   30,0   33,2 Druck auf die Lager-schalen kg/qcm   10   25   40   53 Reibungscoefficienten $\mu \times 1000000$   F   824   590   581   557   S   794   482   584   551				
		906 (16)	906 (19)	575 (5)	581 (6,5)					
		—	906 (14)	582 (8)	584 (8,5)					
		—	—	598 (15)	602 (14)					
2	Mischung von 1 Theil amerikanischem Öl Nr. 1 und 1 Theil Rüböl (Nr. 3 dieser Tabelle)	—	911 (3)	—	636	Mittlere Lager-schalens-wärme C°   23,5   26,8   30,0   33,2 Druck auf die Lager-schalen kg/qcm   10   25   40   53 Reibungscoefficienten $\mu \times 1000000$   F   809   452   451   479   S   824   512   565   588 Berechnetes spez. Gew. für die frische Mischung: 0,910				
		—	914 (6,5)	—	653 (1,5)					
		—	—	—	670 (3)					
		—	—	—	735 (6,5)					
3 = Nr. 1 in Tab. 10	Normal-Rüböl von Dr. Wiederhold in Cassel Nr. I	914	914	704	704	Mittlere Lager-schalens-wärme C°   23,5   26,8   30,0   33,2 Druck auf die Lager-schalen kg/qcm   10   25   40   53 Reibungscoefficienten $\mu \times 1000000$   F   839   433   359   301   S   1175   514   573   646				
		918 (6)	919 (3)	705 (1)	738 (1)					
		—	925 (6)	693 (4)	754 (1,5)					
		—	—	693 (23)	851 (3)					
4	Mischung von 1 Theil amerikan. Öl Nr. 1 und 1 Theil Harzöl Nr. 5	—	950 (7)	—	679	Berechnetes spez. Gew. für die frische Mischung: 0,944.				
		—	—	—	720 (1)					
		—	—	—	784 (3)					
		—	—	—	947 (6,5)					
5 = Nr. 22 in Tab. 11	Harzöl	981	982	934	1015	* Mit Aräometer bestimmt, ungenau in der 3. Stelle.				
		983*(11)	992 (8)	947 (5)	2296 (6,5)					
		982 (15)	997 (13,5)	1015 (8)	2419 (7)					
		984 (22)	—	1045 (15)	—					
—	—	1112 (23)	—							

auf eine Oxidation hin, der Vergleich der Iodzahl und des Gehaltes an Oxy Säuren bei den in Schalen aufbewahrten Oelen 1 und 6 (Tabelle 10) hingegen weist auf gleichzeitig eingetretene Polymerisation hin.

Bei den Mineralölen ist es erwünscht, über die Ursachen der stattgehabten Änderungen in der Konsistenz der deutschen Oele noch weitere Beobachtungen zu sammeln. Immerhin weist der erhebliche Anstieg des Flammpunktes von Del 15 und die noch bemerkbare, wenn auch geringfügige Erhöhung des Flammpunktes von Del 16 in Tabelle 11 beim Lagern der Oele an der Luft darauf hin, daß hier neben Oxidationen und Polymerisationen auch Verdunstungen im Spiele sein dürften. Auch unterstützen diese Versuche die Ansicht, daß ein hochliegender Flammpunkt bei Mineralölen eine Gewähr für nur geringe Veränderungen durch Verdunstung beim Gebrauche des Oeles darbietet.

Eine Ergänzung der vorstehend beschriebenen Untersuchungen über die Veränderungen der Oele bei Zutritt der Luft mögen die in der Tabelle 12 a im Einzelnen und in Tabelle 12 b zusammenfassend mitgetheilten Versuche über das Eintrocknungsvermögen verschiedener Oele in dünner Schicht darbieten. Von jedem der geprüften Oele wurde zu diesen Versuchen 1 Tropfen auf einer Glasplatte verrieben und bei 50 C° der Einwirkung des Luftsaurestoffes in einem Luftbade ausgesetzt. Die Wärme von 50 C° wurde gewählt, um den hohen Durchschnittswärmen mancher Gleitflächen an Maschinen u. s. w. zur warmen Jahreszeit möglichst nahe zu kommen. Von einer Hinzuziehung der Mineralöle zu diesen Versuchen wurde Abstand genommen, nachdem schon die früheren Versuche die Unveränderlichkeit asphaltfreier Mineralöle bei 100 C° nach 10 stündiger Erhitzung ergeben hatten.<sup>1)</sup>

Die Versuchsergebnisse in Tabelle 12 a und b schließen sich im Allgemeinen an die in den Tabellen 10 bis 12 gefundenen Ergebnisse an. Das günstige Verhalten der Olivenöle, Spermacetiöle, Ricinusöle ist besonders hervorzuheben, weil es der Beliebtheit dieser Oele als Schmiermittel entspricht. Einen gewissen Widerspruch zu den Ergebnissen in Tabelle 10 zeigt das Verhalten der Erdnußöl- und Sesamölproben in Tabelle 12 a, doch ist anzunehmen, daß diese Oele nach längerer Aufbewahrung in offenen Schalen ebenfalls größere Veränderungen gezeigt haben würden. Entsprechend den Versuchen in Tabelle 11 verhält sich auch das raffinierte Harzöl Nr. 41 günstiger wie die übrigen Harzöle, die raffinierten Rüböle sind schon nach 18 stündigem Erhitzen klebrig bis fest geworden und zwar auch in kürzerer Zeit als die rohen Rüböle, welche nach 24 Stunden noch eine z. Th. flüssige Beschaffenheit zeigen. Der ungünstige Einfluß des Rübölzusatzes auf das Eintrocknungsvermögen des Olivenöls zeigt sich bei Nr. 6 und 7. Die Versuche zeigen auch, daß die Thrane sehr zu den trocknenden Oelen neigen, ebenso die sogenannten Fischöle, während Spermacetiöle noch nach 18 stündigem Erhitzen in dünner Schicht flüssig bleiben.

(Siehe Tab. 12a—b S. 44—47.)

b. Ueber die Zerfälligkeit von Oelen und Fetten durch hochgespannten Dampf und das Angriffsvermögen der mit gespanntem Dampf behandelten Oele auf Gußeisen (Dampfzylindermetall) sind in neuerer Zeit eine Reihe vergleichender Untersuchungen mit Rübölen, Talg, Mineralölen und Mischungen von Mineralölen und Rübölen ausgeführt worden, deren Ergebnisse in Tabelle 12 c und 12 d zusammengestellt sind und zur Läuterung mancher in der Praxis bestehenden Meinungsverschiedenheiten in dieser Frage dienen dürften.

<sup>1)</sup> Eine umfangreichere Abhandlung über den Harzgehalt und die Verharzungsfähigkeit von Mineralölen wird in Heft 5 der „Mittheilungen“ veröffentlicht werden.

**Tabelle 12a.**  
**Konfistenz der Öle beim Erhitzen in dünner Schicht auf 50 C°.**

Zfb. Nr.	Art der Öle	Zeitdauer der Erhitzung in Stunden							
		6	12	18	24	30	35	40	60
1	Reine Olivendöle	—	—	—	—	—	unver- ändert	—	—
2		—	—	—	—	—	unver- ändert	—	—
3		—	—	unver- ändert	wenig dick- flüssiger	merklich dickflüssi- ger	merklich dickflüssi- ger	—	—
4		—	—	unver- ändert	wenig dick- flüssiger	—	wenig dick- flüssiger	—	—
5		—	—	unver- ändert	wenig dick- flüssiger	—	wenig dick- flüssiger	—	—
6	Gemisch von Olivendöl und viel Rübböl	—	wenig dick- flüssiger	dickflüssig bis schwach klebrig	stark klebrig	klebrig, z. Th. fest	fest	—	—
7	Gemisch von etwa gleichen Theilen Oli- vendöl und Rübböl	—	unver- ändert	wenig dick- flüssiger	merklich dickflüssi- ger	—	—	—	—
8	Reines Mandeldöl	unver- ändert	wenig dick- flüssiger	merklich dickflüssi- ger	—	—	—	dickflüssig bis schwach klebrig	—
9	Gemisch von Olivendöl mit Erbsenöl	—	—	—	unver- ändert	wenig dick- flüssiger	merklich dickflüssi- ger	—	merklich dickflüssi- ger
10	Reine Ricinusöle	—	—	—	—	—	unver- ändert	—	—
11		—	—	—	—	—	unver- ändert	—	—
12	Reines Sper- macetiöl	—	—	—	—	—	unver- ändert	—	—
13	Sperma- cetiöl	—	—	—	—	—	unver- ändert	—	—
14	Reine rohe Rübböle	—	unver- ändert	merklich dickflüssi- ger	dickflüssig bis klebrig	—	—	klebrig, z. Th. fest	klebrig, z. Th. fest
15		—	—	wenig dick- flüssiger	merklich dickflüssi- ger	—	—	merklich dickflüssi- ger, schwach klebrig	merklich dickflüssi- ger, schwach klebrig
16	Rohees Rübböl mit erheb- lichem Zusatz von Baum- wollsaatöl	merklich dickflüssi- ger	dickflüssig bis klebrig	fest	—	—	—	—	—
17	Raffiniertes Rübböl	merklich dickflüssi- ger, schwach klebrig	dickflüssig bis klebrig	klebrig, z. Th. fest	fast ganz fest	fest	—	—	—



Tabelle 12a (Fortsetzung).

Zfd. Nr.	Art der Öle	Zeitdauer der Erhitzung in Stunden								
		5	6	10	12	18	24	30	35	45
35	Fischöl unver- dächtig	—	klebrig, 3. Zh. fest	—	fest	—	—	—	—	—
36	Unver- dächtige Walöle	—	wenig dick- flüssiger	—	merklich dick- flüssiger	dickflüssig bis klebrig	—	—	—	dickflüssig bis klebrig
37		—	wenig dick- flüssiger	—	merklich dick- flüssiger	dickflüssig bis klebrig	—	—	—	dickflüssig bis klebrig
38	Unver- dächtige Schmier- thranen	—	klebrig, 3. Zh. fest	—	fest	—	—	—	—	—
39		—	klebrig, 3. Zh. fest	—	fest	—	—	—	—	—
40	Reiner Leberthran (Schering)	—	fest	—	—	—	—	—	—	—
41	Staffi- nirtes Harzöl	—	—	—	—	unver- ändert	—	merklich dick- flüssiger	—	merklich dick- flüssiger
42	Harzöle	merklich dick- flüssiger	—	—	—	dickflüssig	—	dickflüssig bis klebrig, 3. Zh. fest	fest	—
43		wenig dick- flüssiger	—	merklich dick- flüssiger	—	klebrig, 3. Zh. fest	fest	—	—	—
44		wenig dick- flüssiger	—	merklich dick- flüssiger	—	klebrig, 3. Zh. fest	fest	—	—	—
45		unver- ändert	—	wenig dick- flüssiger	—	—	wenig dick- flüssiger, 3. Zh. klebrig	—	fest	—
46		—	unver- ändert	—	wenig dick- flüssiger	dickflüssig bis klebrig	fest	—	—	—
47		—	wenig dick- flüssiger	—	—	—	merklich dick- flüssiger	klebrig, 3. Zh. fest	fest	—
48		—	dick- flüssiger, sehr schwach klebrig	—	klebrig, 3. Zh. fest	—	fest	—	—	—



**Tabelle 12b.**  
Veränderung der Öle beim Erhitzen in dünner Schicht auf 50 C°.

Art des Oles	Konfistenz nach 24stündigem Erhitzen	Art des Oles	Konfistenz nach 24stündigem Erhitzen
Olivenöl	unverändert oder wenig dickflüssiger	Mohnöl	fest
Ricinusöl	unverändert	Fischöl	fest
Spermacetidöl	unverändert	Leberthran	fest
Mandelöl	merklich dickflüssiger	Schmierthran	fest
Rohes Rübböl	merklich dickflüssiger bis klebrig	Walöl	dickflüssig bis klebrig
Raffiniertes Rübböl	klebrig bis fest	Harzöl raffiniert	wenig dickflüssiger, nach 18 Stunden unverändert
Erdnußöl	klebrig bis fest	Sonstige Harzöle	meistens fest oder dickflüssiger bis klebrig
Sesamöl	fest	Gemisch von Olivenöl mit Rübböl	merklich dickflüssiger bis stark klebrig
Baumwollsaatöl	fest	Gemisch von Olivenöl mit Erdnußöl	unverändert
Senfsaatöl	klebrig bis fest	Rohes Rübböl mit Baumwollsaatöl	fest
Sonnenblumenöl	fest	Knochenöl	unverändert

**Tabelle 12c.**  
Vorversuche über die Zerfälligkeit von Schmierölen durch gespannten Wasserdampf.

Nr. des Oles	Art des Materials	Ursprüngliches Öl	Säuregehalt in % Dlsäure					
			Mit Wasserdampf erhitztes Öl Dampfspannung in Atmosphären drucken					
			etwa 1	etwa 6	etwa 10			
			Erhitzungsdauer Stunden					
1			1		1	2	4	6
Öl nur mit Dampf in Berührung			Öl mit Dampf und Gusselzen in Berührung					
1	Talg	1,57	1,57	2,64	3,86	9,98	38,5	70,9
2	Mischung von 2 Theilen dunklem Mineralöl und 1 Theil Rübböl	1,44	1,58	1,83	2,45	—	—	11,8

Tabelle 12 d.

## Angriffsvermögen von Ölen auf Gußeisen unter Einwirkung von auf 10 Atmosphären gespanntem Wasserdampf.

Nr. des Oeles	Art des Oeles	—	Gewichtsveränderungen der Gußeisenplatten mg Erhitzungsdauer Stunden			Säuregehalt ‰, berechnet als H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Sonstige Beobachtungen und Bemerkungen
			2	4	6	Ursprüngliches Öl	mit Dampf und Gußeisen 6 Stunden erhitztes Öl	
1	Schottisches leichtflüssiges Mineralöl	—	— 3	— 3	— 4	0,05	0,06	—
2	Schwerflüssiges undurchsichtiges braunschwarzes Mineralöl	—	— 4	— 4	— 4	1,42	1,42	—
3	Rohes Rüßöl	Einzelwerthe	0 0	— 4,5 — 5,2	(— 30)* — 41	0,85	37	* Viel Wasser in das Öl gelangt, so daß die Platte nicht genügend mit dem Öl in Berührung war.
		Mittel	0	— 5	— 41 nach 8 Stunden — 137			
4	Raffinirtes Rüßöl	—	— 15	— 66	— 205*	1,34	wegen der dunklen Färbung des erhitzten Oeles nicht bestimmbar (siehe Text)	* Die Flamme wurde während des Versuchs kurze Zeit ausgelöscht, wodurch der Druck bis auf 4 Atmosphären gesunken war; Flamme wurde dann wieder angezündet und der Druck auf 10 Atmosphären gebracht.
5	Raffinirtes Rüßöl	—	— 0,9 — 8,1	(— 12,5)* — 49	(— 118)**	0,35	—	* Viel Wasser in das Öl gelangt, so daß die Platte nicht genügend mit Öl in Berührung war. ** Platte nicht volle 6 Stunden mit dem Öl in gehöriger Berührung.
6	Talg	Einzelwerthe	0 0 — 1	— 20 (— 28) — 21	— 168	1,57	71 nach 4 Stunden 39 ‰ nach 2 Stunden 10 ‰	—
		Mittel	0	— 21	— 168			
7	2 Theile dunkles Mineralöl und 1 Theil raffinirtes Rüßöl	Einzelwerthe	— 0,8 — 3,2 — 3,2	— 7,4 — 8,5	— 13,6 — 14,2	1,44	11,8	—
		Mittel	— 3	— 8	— 14			

Die Ausführung der Versuche geschah in folgender Weise, wenn es sich nur darum handelte, die Zersetzung in freie Säuren festzustellen:

Von dem zu prüfenden Del wurde eine bestimmte Menge, 8—10 g, in eine Nutschale gebracht und eine Stunde in einem Autoklaven von 18 cm Höhe und 15 cm Durchmesser der Einwirkung gespannten Wasserdampfes ausgesetzt.<sup>1)</sup> Die Schale ruhte im Autoklaven auf einem kupfernen Dreifuß und wurde mit einem Kupferblech lose bedeckt, so daß der Wasserdampf bequem hinzutreten konnte, jedoch vom Deckel herabtropfendes flüssiges Wasser von dem Innern der Schale möglichst abgehalten wurde. Nachdem der Dampf eine Stunde auf das Fett eingewirkt hatte, wurde der Säuregehalt des letzteren bestimmt. Einige Versuche bei einer Atmosphäre Druck wurden durch Erhitzen des Fettes im geschlossenen Glasrohr mit Wasser bei 100 C° ausgeführt.

Um das Angriffsvermögen der Oele auf Cylindermetall bei Einwirkung des gespannten Dampfes zu bestimmen, wurde eine etwas größere nicht abgewogene Menge Del (etwa 20—30 g) in der gleichen Weise, wie soeben beschrieben, in den Autoklaven gebracht und eine quadratische blank geschmirgelte Gußeisenplatte von 30 mm Breite und 4 mm Höhe in das Del gelegt. Nach je 2-, 4- und 6-stündiger Erhitzung der Platte mit dem Del im Autoklaven wurden die Platten mit Filzpapier und dann mit Aether gereinigt. Wo ein erheblicher Angriff der Platten stattgefunden hatte, ließ sich schon mit Filzpapier viel schwarze flockige Substanz von der Oberfläche abnehmen; durch Wägung der gereinigten Platten wurden die Veränderungen resp. Zerstörungen der Platten festgestellt. Gleichzeitig wurde noch in einem Theil des mit der Platte in Berührung gewesenen Oeles der Säuregehalt bestimmt, sofern die Farbe des zurückgebliebenen Oeles noch diese Bestimmung gestattete.<sup>2)</sup> Rüböl 4 (Tab. 12d) z. B. hatte das Eisen derartig nach 6-stündiger Einwirkung bei 10 Atmosphären angegriffen, daß sich sehr viele dunkle Eisenverbindungen (fettsaures Eisen) im Del aufgeschlämmt hatten. Bei längerem Stehen des so behandelten Oeles wurde dieses eine dunkelgrünliche schmalzartige feste Masse, in welcher die erwähnten festen schwarzen Theilchen sich zu Boden gesetzt hatten. Das Erstarren des Oeles dürfte auf den außerordentlich großen Gehalt an Fettsäuren zurückzuführen sein, welche sich bei der Behandlung des Oeles mit gespanntem Dampf gebildet hatten. Auch das 6 Stunden auf 10 Atmosphären erhitzte Del 5 wurde beim Stehen schmalzartig.

Die Ergebnisse zeigen, in wie erheblicher Weise die fetten Oele durch Einwirkung von hoch gespanntem Dampf zersetzt werden und welche starken Zerstörungen sie in Folge dessen auf Gußeisen hervorrufen. Eigenthümlich ist das verschiedene Verhalten des rohen und der raffinierten Rüböle bei kürzerer Einwirkungsdauer des gespannten Wasserdampfes und der überaus günstige über die theoretische Zahl hinausgehende Einfluß, welchen der Zusatz von Mineralöl zum Rüböl hat. Es wird erwünscht sein, den Ursachen für diese Erscheinungen noch durch weitere Untersuchungen nachzuspüren; so soll beispielsweise, falls sich bei weiteren Untersuchungen von rohen und raffinierten Rübölen der erwähnte Unterschied zwischen diesen beiden Oelen wiederholt zeigen sollte, geprüft werden, inwieweit der Einfluß der Raffination z. B. der Zusatz von konz. Schwefelsäure zum Del die Einleitung einer Zersetzung

<sup>1)</sup> In neuerer Zeit wird zur Gleichhaltung des Druckes ein Manometer mit selbstthätiger Regulierung des Dampfdruckes, bezogen von Dr. Robert Muencke in Berlin, mit Vortheil benutzt.

<sup>2)</sup> Diese Bestimmungen des Säuregehaltes konnten nur zur ungefähren Beurtheilung dienen, da ein Theil der auftretenden Säure ja das Metall selbst angegriffen hatte und damit neutrale Verbindungen eingegangen war.

des Deles durch gespannten Dampf begünstigt.<sup>1)</sup> Immerhin dürften schon die obigen Versuche zur Genüge darthun, daß das ungünstige Urtheil, welches in der Praxis wiederholt über die Verwendung von Talg, Rüböl zc. zur Dampfzylinderschmierung gefällt wird, nicht unberechtigt ist, sofern keine erheblichen Beimischungen von Mineralölen zu diesen Materialien stattfinden.<sup>2)</sup>

Es mag bei dieser Gelegenheit daran erinnert sein, daß die ausgiebige Zerseßlichkeit von Talg und fettem Del durch gespannten Dampf schon seit vielen Jahren in der Praxis direkt zur Herstellung der Fettsäuren als Kerzengrundlage benutzt wird. Dieser sogenannte Zerseßungsprozeß wird freilich in jenen Fabriken gewöhnlich durch Zusatz geringer Mengen Kalk oder Magnesia unterstützt, im Uebrigen wird wie bei obigen Versuchen das Fett im Autoklaven 6 bis 10 Stunden mit auf etwa 10 Atmosphären gespanntem Dampf erhitzt.

<sup>1)</sup> Während der Drucklegung dieser Arbeit ausgeführte Versuche ergaben für ein raffiniertes Normalrüböl von Dr. Wiederhold in Cassel eine geringere Zerseßlichkeit durch gespannten Dampf, als sie selbst bei rohen Rübölen bemerkt wurde. Umfangreichere Untersuchungen zur Aufklärung dieser anscheinend widerspruchsvollen Beobachtung sind eingeleitet worden. Über die festgestellten Ergebnisse wird später berichtet werden.

<sup>2)</sup> Die Prüfung der Zerseßlichkeit von Cylinderölen durch gespannten Wasserdampf ist inzwischen wiederholt von der Versuchsanstalt im Auftrage von Interessenten ausgeführt worden und hat sich hierbei als sehr geeignete Materialprüfungsmethode erwiesen.

**Tabelle**  
**Vergleichende Untersuchungen über**

Sfd. Nr.	Art und Nr. des Oeles	Spez. Gewicht bei 20 C° (Wasser von 4 C°=1) × 10000	fe Flüssigkeitsgrad nach Engler, bezogen auf Rüböl von 20 C°=100 (Rüböl zu Wasser von 20 C°=15) bei den Wärmegraden				
			12	20	30	40	50
1	Filtrirtes helles russisches Mineralöl I	9236	—	236	112	59	35
2	Mineralöl I + 1½ % Paraffin	9214	—	216	106	55	34
3	Filtrirtes helles russisches Mineralöl II	9059	552	281	130	74	42
4	Mineralöl II + 1½ % Paraffin	9043	mindestens 662	251	121	67	39
5	Öl II + 1 % Paraffin	9048	—	259	126	68	40

Natürlich kommen auch je nach den vorhandenen Materialien und Bedürfnissen andere Dampfdrucke und längere Erhitzungsdauer vor. Das Autoklavenmaterial, sowie alle Behälter und Röhren, welche in den Stearinfabriken längere Zeit mit den Fettsäuren in Berührung kommen, unterliegen im hohen Maße dem zerstörenden Einfluß der Säuren und müssen daher von Zeit zu Zeit erneuert oder ausgebeffert werden.

### c. Ueber den Einfluß eines Zusatzes von Wasser auf den Kältepunkt von Mineralölen.

Es hat sich gezeigt, daß in den Oelen emulgierte geringe Mengen von Wasser das Fließvermögen der Oele in der Kälte durchaus nicht derartig ungünstig beeinflussen, wie man nach der Höhe des Erstarrungspunktes von Wasser anzunehmen geneigt ist. Auf die Einzelheiten der Versuchsergebnisse wird bei der in Aussicht genommenen Veröffentlichung in den Mittheilungen eingegangen werden.

## II. Feste Zusätze in gelöster und ungelöster Form.

### a. Beimischung von Paraffin.

Der Einfluß eines Gehaltes an Paraffin auf die physikalischen Eigenschaften von

### 13.

#### Mischungen von Mineralölen mit Paraffin.

Kältebeständigkeit (nicht filtrirte Öle)	Reibungskoeffizienten $\mu \times 10^5$ bei 200 m/sec Umdrehungsgeschwindigkeit des Zapfens bei $p = \text{kg/qcm}$				Mittlerer Ausdehnungskoeffizient $\alpha \times 1000000$ bei	
	10	25	40	53	C°	$\times 1000000$
— 5 C° leicht fließend — 15 C° sehr schwer fließend	1671	765	860	968	27	712
	Pendel während des ganzen Versuches bis $p = 145 \text{ kg/qcm}$ schwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
0° nicht fließend	1465	747	795	898	27	716
	Pendel während des ganzen Versuches bis $p = 145 \text{ kg/qcm}$ schwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
— 5 C° klar fließend — 15 C° klar, sehr schwer fließend	1755	789	665	683	30	698
	Pendel während des ganzen Versuches bis $p = 145 \text{ kg/qcm}$ schwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
0° nicht fließend	1587	728	646	560	30	701
	Pendel während des ganzen Versuches bis $p = 145 \text{ kg/qcm}$ schwach unruhig. Schmierung bleibt vollkommen.					
0° nicht fließend	—	—	—	—	—	—

Schmierölen ist schon z. Th. früher<sup>1)</sup> gelegentlich der Untersuchung über die Ausdehnungszahl von Mineralölen berührt worden. Zur Ergänzung der dort mitgetheilten Versuche mit paraffinfreien und paraffinhaltigen russischen Mineralölen wurden noch Reibungsversuche mit den betreffenden reinen Oelen und deren Mischungen mit Paraffin und physikalische Untersuchungen einer späterhin hergestellten Mischung des einen russischen Oeles mit nur 1% Paraffin ausgeführt. Die gesammten Ergebnisse der so ausgeführten Vergleichsversuche sind in der Tab. 13 (S. 50 u. 51) mitgetheilt. Die beiden paraffinfreien russischen Oele N<sup>o</sup>. 1 und 3 konnten höchstens 1½% Paraffin aufnehmen, wenn sie noch bei + 20 C<sup>o</sup> klar bleiben sollten; schon bei 12—15 C<sup>o</sup> zeigten die warm hergestellten Mischungen mit je 1½% Paraffin feine feste Abscheidungen. Höhere Procentfäße an beigemischtem Paraffin zu den Versuchen zu nehmen, hatte kein Interesse, weil Schmieröle, welche schon bei Zimmerwärme feste Abscheidungen zeigen, abgesehen von den bei hohen Wärmegraden benutzten Dampfcylinderölen, von vornherein als ungeeignet zum Schmieren von Maschinen bezeichnet werden müssen.

Die mit den Mischungen angestellten Versuche hatten zum Gegenstand:

1. Die Flüssigkeitgrade zwischen 20 und 50 C<sup>o</sup>,
2. Das Verhalten beim Reibungsversuch,
3. Das Verhalten in der Kälte,
4. Das spezifische Gewicht und Ausdehnungsvermögen.

Während man von vornherein anzunehmen geneigt ist, daß die Auflösung des festen Paraffins in den flüssigen Mineralölen eine Verdickung der Oele hervorrufen wird, tritt wie früher gezeigt wurde, das Gegentheil ein: Die Oele werden nicht unerheblich, nämlich um 10—15% dünnflüssiger; ungefähr entsprechend den Flüssigkeitgraden sind auch die Reibungszahlen der paraffinhaltigen Oele niedriger als diejenigen der paraffinfreien Oele. Dieses Verhältniß würde sich freilich voraussichtlich umkehren, wenn die Bestimmung der Reibungszahlen bei niederen Wärmegraden (0 bis + 5 C<sup>o</sup>) vorgenommen würde, wo sich bereits erhebliche Mengen des vorhandenen Paraffins ausscheiden. Wie die Bestimmungen des Flüssigkeitgrades der paraffinhaltigen Oele bei + 12 C<sup>o</sup><sup>2)</sup> zeigen, sind die Flüssigkeitgrade der paraffinhaltigen Oele, sobald sich die feinen Paraffinausscheidungen einstellen, erheblich größer als bei den paraffinfreien Oelen. Bei 0<sup>o</sup> sind die paraffinhaltigen Oele völlig erstarrt. Wegen der leichten Abscheidung des Paraffins bei geringer Abkühlung der paraffinhaltigen Oele muß deshalb an Orten, wo die Maschinen der Kälte ausgesetzt sein können, Gehalt an Paraffin in den Oelen als nachtheilig erachtet werden, auch wenn das Paraffin bei normaler Wärme im Oel gelöst ist. Bei leichten und sehr schnell laufenden Maschinen wie Spindeln, ferner bei Gasmotoren und einigen anderen Maschinenarten, welche nicht größeren Wärmeschwankungen ausgesetzt sind, werden paraffinhaltige leichtflüssige amerikanische und schottische Produkte vielfach benutzt. Bei dem größten Theile der Maschinen, insbesondere den schwer belasteten, den kalt gehenden Theilen von Dampfmaschinen, bei Transmissionen, Schiffsmaschinen zc. gelangen die schwer erstarrenden, meist zähflüssigeren russischen Oele zur Anwendung. Von den russischen Oelen werden aber auch ganz leichtflüssige Produkte (Viskosität bei 20 C<sup>o</sup> nach Engler auf Wasser bezogen 5:1) mit unter — 18 C<sup>o</sup> liegendem Erstarrungspunkt hergestellt, welche für Spindeln, Kompressormaschinen zc. Verwendung finden. Der Umstand, daß die russischen Mineralöle

<sup>1)</sup> „Mittheilungen“ 1893, S. 61.

<sup>2)</sup> „Mittheilungen“ 1893, S. 61.

für schwere und leichte Maschinen in den Schmiervorrichtungen und Aufbewahrungsgefäßen nicht erstarren, auch wenn die Maschinenräume starker Abkühlung ausgesetzt sind, dürfte in erster Linie zu der günstigen Ansicht beigetragen haben, die in der Praxis über die russischen Maschinenöle fast allgemein vorherrschend ist.

Es erübrigt noch auf einige neuere von Dr. Ruhemann ausgeführte Versuche einzugehen, welche in Ergänzung früherer Untersuchungen<sup>1)</sup> das eigenthümliche Verhalten der in dunklen Oelen zuweilen suspendirten Pech- und Paraffintheilchen beleuchten sollen. Die letztgenannten Untersuchungen waren s. B. auf Anregung des Herrn Dr. W. G. Lepenau in Salzbergen ausgeführt worden und bezweckten, den Einfluß des Abkühlens und Erhitzens dunkler Mineralschmieröle auf den Flüssigkeitsgrad der letzteren bei 20 C° festzustellen. Hierbei hatte sich ergeben, daß der Flüssigkeitsgrad einiger dunkler in dünner Schicht feste Theilchen zeigender Oele bei 20 C°, nachdem dieselben längere Zeit großer Kälte ausgesetzt gewesen waren, sich in einigen Fällen erheblich erhöhte. Nach der Erwärmung der Oele auf 50 bzw. 100 C° erlangten die Oele annähernd oder vollständig die frühere Zähflüssigkeit wieder, während nach nochmaliger Abkühlung die Flüssigkeitsgrade wiederum anstiegen. Als Ursache dieser Erscheinung wurde angenommen, daß sich bei niederen Wärmegraden paraffinartige oder asphaltartige Stoffe abschieden, deren vollständige Lösung bei höheren Wärmegraden in den Oelen nicht immer festzustellen war, deren Anwesenheit im schwebenden Zustande aber den Flüssigkeitsgrad der Oele erhöhte.

Auch neuerdings waren wieder bei leicht erstarrenden dunklen Mineralölen, welche schon in dünner Schicht an den Wandungen der Probeflaschen ungelöste Theilchen erkennen ließen, und einem bei — 15 C° noch fließenden dunklen Oel ähnliche Veränderungen des Flüssigkeitsgrades, wie oben erwähnt, bemerkt worden. Es hatte sich gezeigt, daß die Viskosität bei 20 C° z. Th. schon nach kurzer Abkühlung einiger Proben auf 0° oder nach dem Stehen bei niedriger Zimmerwärme erheblich anstieg. Diese Oele wurden daher der näheren Untersuchung bezüglich des Einflusses der Abkühlung und der Erwärmung auf ihren Flüssigkeitsgrad von 20 C° unterzogen. Die Veränderungen der Flüssigkeitsgrade traten durch die inzwischen erfolgte, bereits Eingang erläuterte Verschärfung der Genauigkeit der Flüssigkeitsgradbestimmungen, noch deutlicher als bei den früheren Versuchen hervor. Den in der Tabelle 14 mitgetheilten Versuchsergebnissen seien bezüglich der befolgten Versuchsausführung folgende Bemerkungen vorausgeschickt:

(Siehe Tab. 14 S. 54 bis 59.)

1. Die Oele wurden wiederholt künstlich abgekühlt und auf höhere Wärmegrade erhitzt. Nach jeder Abkühlung oder Erwärmung wurde der Flüssigkeitsgrad bestimmt. Einer derartigen Behandlung wurden aber nicht nur, wie bei den früheren Versuchen, unfiltrirte, sondern auch heiß filtrirte Oele unterzogen, um den Einfluß jeglicher etwa schwebenden Verunreinigungen von vornherein auszuschließen.

2. Sämmtliche vor der Flüssigkeitsgradbestimmung künstlich abgekühlte oder erhitzte Proben wurden allmählig unter wiederholtem Rühren, um Erhitzung über resp. Abkühlung unter die Versuchstemperatur hinaus zu vermeiden, auf 20 C° gebracht und alsdann sogleich geprüft. Es war anzunehmen, daß bei einem derartigen Vorgehen die zuvor abgekühlten Oele bei 20 C° noch reichlich ungelöste Bestandtheile enthielten, und andererseits die zuvor erhitzten Oele weniger oder gar keine ungelösten Bestandtheile wieder abgeschieden hatten. Nach der ersten so vorgenommenen Bestimmung wurden meist einer oder mehrere Kontrollversuche ausgeführt, bis man zu gleichbleibender Ausflußzeit im Engler'schen Apparat gelangte.

<sup>1)</sup> Bender, „Mittheilungen“ 1890, S. 100.

Tabelle

**Der Einfluß von Abkühlung und starker Erhitzung auf den**

Pfd. Nr. und Art des Dies	Einteilung der zu den Versuchen benutzten Mengen	Nr. der Ausflußversuche	Datum	Bemerkungen über die Zeitlage der einzelnen Versuche und besondere Behandlung der Proben vor dem Versuch.
1	1. Menge; bei 80—90 C <sup>o</sup> filtrirt.	1	23./XI. 93	Gleich nach dem heißen Filtriren.
		2	"	Gleich nach Versuch 1 geprüft.
		3	"	Nochmals 1½ Stunde auf 80—90 C <sup>o</sup> erwärmt.
		4	25./XI. 93	Nach 1½stündigem Stehen im Eis.
		5	27./XI. 93	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter 13 C <sup>o</sup> .
		6	"	Nochmals 1½ Stunde auf 80—90 C <sup>o</sup> erwärmt.
		7	28./XI. 93	Nach 1tägigem Stehen im Eis.
		8	"	Gleich nach Versuch 7 geprüft.
		9	"	Nochmals 1½ Stunde auf 80—90 C <sup>o</sup> erwärmt.
	2. Menge; bei 80—90 C <sup>o</sup> filtrirt.	1 und 2	21./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 30—50 C <sup>o</sup> .
		3 „ 4	"	Gleich nach Versuch 1 und 2 geprüft.
		5 „ 6	"	Gleich nach Versuch 3 und 4 geprüft. <sup>1)</sup>
		7 „ 8	22./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 15—20 C <sup>o</sup> und ¾stündigem Erwärmen vor dem Versuche auf 50 C <sup>o</sup> . <sup>2)</sup> und <sup>3)</sup> .
		9 „ 10	23./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei etwa — 5 C <sup>o</sup> . <sup>3)</sup>
		11 „ 12	"	1 Stunde später nochmals geprüft.
		13 „ 14	24./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei 10—15 C <sup>o</sup> ; Proben bei 15 C <sup>o</sup> in den Apparat gefüllt, dessen äußeres Bad etwa 1½ Stunde bis zum Beginn des Versuchs auf 20 C <sup>o</sup> erhalten wurde. <sup>3)</sup>
	3. Menge; unfiltrirt.	1 „ 2	15./II. 94	Nach längerem Stehen im kalten Keller und darauf im Zimmer bei theils warmer, theils kalter Zimmerwärme.
		3 „ 4	"	Gleich nach Versuch 1 und 2 geprüft.
		5 „ 6	"	Nach 1¾stündigem Stehen in Kältemischung von Salz und Eis, wobei das Öl fast völlig erstarrte. <sup>1)</sup>
		7 „ 8	16./II. 94	Nach 2½stündigem Stehen in bedeckten Bechergläsern im Luftbade bei 105—110 C <sup>o</sup> . <sup>2)</sup>
		9 „ 10	17./II. 94	Nach 1tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C <sup>o</sup> .
		11 „ 12	19./II. 94	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C <sup>o</sup> . <sup>2)</sup>
		13 „ 14	"	Gleich nach Versuch 11 und 12 geprüft.



## 14.

## Flüßigkeitsgrad dunkler Mineralöle bei Zimmerwärme.

Ausflußzeit in Sekunden		Flüßigkeitsgrad (fe) bezogen auf Wasser von 20 C°		Mittlerer fe bezogen auf Apparat Nr. I.	Bemerkungen	Kurz zusammengefaßtes Ergebnis für jede Probe
Apparat Nr. III Wasserwerth 51,3		Apparat Nr. III				
2000		39,0		38,6		fe steigt bei wiederholten Abkühlungen im Eis erheblich (12—13%) und geht durch Erwärmen auf 80—90 C° jedesmal wieder auf den anfänglichen Werth zurück.
2022		39,4		39,0		
2009		39,2		38,8		
2255		44,0		43,6		
2230		43,5		43,1		
2032		39,6		39,2		
2297		44,8		44,4		
2281		44,5		44,1		
2044		39,8		39,4		
Apparat V Wasserwerth 52,7	Apparat VII Wasserwerth 51,85	Apparat V	Apparat VII			
2124	2110	40,3	40,7	38,9	1) Apparat V vor dem Versuch gereinigt; Apparat VII nicht.	fe erhöht sich nach 1tägiger Abkühlung auf —5 C° erheblich (6 1/2%).
2273	2102	(43,1) <sup>4)</sup>	40,5	38,9	2) Proben von Versuch 5 jetzt in Apparat VII und Proben von Versuch 6 in Apparat V gefüllt.	
2195	2107	(41,7) <sup>4)</sup>	40,6	39,0	3) Apparate beide gereinigt.	
2115	2103	40,1	40,6	38,8	4) Diese beiden Werthe nicht zur Mittelbildung benutzt, da sie weit höher als die Werthe der entsprechenden Kontrollbestimmungen wie auch die der vorhergehenden und folgenden Versuche. Eine Aufklärung hierfür hat sich nicht finden lassen.	
2245	2251	42,6	43,4	41,3		
2223	2231	42,2	43,0	40,9		
2239	2236	42,5	43,1	41,1		
2162	2142	41,0	41,3	39,6		
2160	2137	41,0	41,2	39,5		
2166	2158	41,1	41,6	39,7		
2048	2051	38,9	39,5	37,6	1) Apparat V gereinigt; Apparat VII nicht.	fe der Probe, welche längere Zeit theils in der Winterkälte, theils bei Zimmerwärme gestanden, ändert sich auch nicht nach 2stündiger Abkühlung im Gemisch von Salz und Eis. Nach mehrstündigem Erwärmen auf 105—110 C° fällt fe erheblich (5%) und geht erst nach mehrtägigem Stehen bei 10 bis 15 C° allmählich wieder etwa auf den ursprünglichen Werth zurück.
2122	2099	40,3	40,5	38,8	2) Apparate beide gereinigt.	
2158	2127	40,9	41,0	39,4		
2158	2114	40,9	40,8	39,3		

Tabelle 14

Sfd. Nr. und äußere Erscheinungen und Verhalten in der Kälte	Einteilung der zu den Versuchen benutzten Mengen	Nr. der Ausflußversuche	Datum	Bemerkungen über die Zeitlage der einzelnen Versuche und besondere Behandlung der Proben vor dem Versuch
<p>2. Schwarzbraun, undurchsichtig, in dünner Schicht keine ungelösten Bestandtheile erkennbar; steigt bei <math>-15^{\circ}\text{C}</math> im 6 mm weiten U-Rohr unter einem Druck von 50 mm Wasserfülle etwa 10 mm an.</p>	<p>Bei <math>80-90^{\circ}\text{C}</math> filtrirt.</p>	1	16./XI. 93	Gleich nach dem heißen Filtriren.
		2	17./XI. 93	Nach dem Stehen über Nacht bei ziemlich kalter Zimmerwärme.
		3	„	Gleich nach Versuch 2 geprüft.
		4	„	Gleich nach Versuch 3 geprüft.
		5	8./XI. 93	Nach $1\frac{1}{2}$ stündigem Erwärmen auf $80-90^{\circ}\text{C}$ .
		6	„	Gleich nach Versuch 5 geprüft.
		7	20./XI. 93	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter $14^{\circ}\text{C}$ .
		8	21./XI. 93	Nach 1tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter $14^{\circ}\text{C}$ .
		9	25./XI. 93	Nach 4tägigem Stehen bei theils lauer, theils mäßig kalter Zimmerwärme und 1stündigem Erwärmen auf $20^{\circ}\text{C}$ .
		10	„	Nach $1\frac{1}{2}$ stündigem Stehen im Eis.
		11	27./XI. 93	Nach 2tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme unter $13^{\circ}\text{C}$ .
		12	„	Nach 2stündigem Stehen im Eis.
		13	28./XI. 93	Nach dem Stehen über Nacht im Eis.
		14	„	Nach 2stündiger Abkühlung im Gemisch von Eis und Salz bis $-17^{\circ}\text{C}$ .
		15	„	Gleich nach Versuch 14 geprüft.

3. Die Viskosimeter V, VI, VII und VIII waren gemeinsam in einem Wasserbad angebracht, dessen Wärme durch eine Rabe'sche Turbine geregelt wurde (Beschreibung und Figur dieses Apparates siehe S. 5). Es wurden so meist je 4 Versuche, und zwar je zwei von einem Del, gleichzeitig unter genau gleichen Bedingungen ausgeführt. In der Tabelle sind außer den Einzelwerthen der Versuche noch die Mittel aus zwei nebeneinander ausgeführten Versuchen angegeben.

4. Die in dem Viskosimeter Nr. III bestimmten Flüssigkeitgrade wurden um  $1\%$ , die in den Viskosimetern V, VI, VII und VIII bestimmten Flüssigkeitgrade um  $4\%$  erniedrigt, weil in Folge geringer Abweichungen in der Weite der Ausflußröhrchen die

(Fortsetzung).

Ausflußzeit in Sekunden	Flüssigkeitsgrad (fo) bezogen auf Wasser von 20 C°	Mittlerer fo bezogen auf Apparat Nr. I	Bemerkungen	Kurz zusammengefaßtes Ergebniß für jede Probe
Apparat Nr. I Wasserwerth 50,8				
2147	—	42,3		
2277	—	44,8		
2254	—	44,4		
2248	—	44,3		
2126	—	41,9		
2137	—	42,1		
2177	—	42,9		
2180	—	42,9		
2165	—	42,6		
2147	—	42,3		
2129	—	41,9		
2150	—	42,3		
2136	—	42,0		
2176	—	42,8		
2160	—	42,5		

fo steigt nach dem Stehen über Nacht bei kalter Zimmerwärme erheblich (5—6%) und fällt nach der Erwärmung auf 80—90 C° wieder bis auf 1% unter den früheren Werth. Bei wiederholten Abkühlungen indessen, im Eis wie im Gemisch von Eis und Salz erhöht sich der fo indessen gar nicht wieder oder wenig (höchstens um etwa 2%).

Ausflußzeiten in jenen Apparaten gegenüber denjenigen der gleichen Flüssigkeiten im Normalapparat I um die entsprechenden Größen zu hoch waren.

5. Die in der Tabelle angegebenen Ausflußzeiten sind die unter Berücksichtigung der Auffüllungsfehler korrigirten Werthe (siehe Vorschriften für Benutzung des Engler'schen Apparates, Anlage 1).

Die Ergebnisse der gesammten Versuche in Tabelle 14 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Bei manchen dunklen Mineralschmierölen, seien es warm filtrirte oder nicht filtrirte Proben, können durch mehr oder weniger starkes Abkühlen unter + 20 C°

Tabelle 14

Sfd. Nr. und äußere Erscheinungen und Verhalten in der Kälte	Einteilung der zu den Versuchen benutzten Mengen	Nr. der Ausfluß-Versuche	Datum	Bemerkungen über die Zeitlage der einzelnen Versuche und besondere Behandlung der Proben vor dem Versuch
3. Schwarz- braun, un- durchsichtig; in dünner Schicht unge- löste, paraffin- artige Bestand- theile erkenn- bar.	1. Menge, im Luftbade bei etwa 100 C° filtrirt.	1 und 2	21./II. 94	Nach 1 tägigem Stehen bei 30—50 C°.
		3 " 4	"	Gleich nach Versuch 1 und 2 geprüft.
		5	"	Gleich nach Versuch 3 geprüft.
		6 und 7	23./II. 94	Nach 1 tägigem Stehen bei etwa — 5 C°. <sup>1)</sup>
		8 " 9	"	1 Stunde später nochmals geprüft.
		10	24./II. 94	Nach 1 tägigem Stehen bei 10—15 C°; Proben bei 15 C° in den Apparat gefüllt, dessen äußeres Bad etwa 1 1/2 Stunde bis zum Beginn des Versuchs konstant auf 20 C° erhalten wurde. <sup>1)</sup>
	2. Menge unfiltrirt.	1 und 2	14./II. 94	Nach längerem Stehen im kalten Keller und darauf im Zimmer bei theils warmer, theils kalter Zimmerwärme.
		3 " 4	15./II. 94	Am nächsten Tage nochmals geprüft.
		5 " 6	"	Nach 1 3/4 stündigem Stehen in Kältemischung von Eis und Salz, wobei das Öl fast völlig erstarrte.
		7 " 8	16./II. 94	Nach 2 1/2 stündigem Stehen in bedeckten Bechergläsern im Luftbade bei 105—110 C°. <sup>1)</sup>
9 " 10		17./II. 94	Nach 1 tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C°.	
11 " 12		19./II. 94	Nach 2 tägigem Stehen bei einer Zimmerwärme von 10—15 C°. <sup>1)</sup>	
13 " 14	"	Gleich nach Versuch 11 und 12 geprüft.		
4. Braunroth, klar, bei 0 C° im Reagens- glase nicht fließend.	1. Menge unfiltrirt.	1 und 2	Anfang Mai 94	Im ursprünglichen Zustande.
		3 " 4	"	Nach 3 stündigem Abkühlen in Bechergläsern auf — 10 bis — 18 C°. <sup>1)</sup>
	2. Menge mit Chlor- calcium bei 30—40 C° filtrirt.	1	29./V. 94	—
		2 und 3	"	Nach 2 stündigem Abkühlen auf — 10 bis — 15 C° im verschlossenen Kolben.
4 " 5	"	Nach 2 stündigem Erhitzen im Luftbade auf 80—100 C°.		

(Fortsetzung).

Ausflußzeit in Sekunden		Fließföigkeitgrad (fe) bezogen auf Wasser von 20 C°		Mittlerer fe bezogen auf Appa- rat Nr. I	Bemerkungen	Kurz zusammengefaßtes Ergebniß für jede Probe
Apparat VI Wasserwerth 52,4	Apparat VIII Wasserwerth 52,3	Apparat VI	Apparat VIII			
4202	4214	80,2	80,6	77,2	1) Beide Apparate VI und VIII vor dem Ver- such gereinigt.	fe steigt nach 1tägigem Stehen bei - 5 C° mäßig (etwa 2 1/2 %) und fällt bereits nach 1stündigem Stehen bei Zimmerwärme wieder um 0,8 %.
4209	4218	80,3	80,7	77,3		
4223	—	80,6	—	77,4		
4220	4334	82,4	82,9	79,4		
4289	4299	81,9	82,2	78,8		
4314	4317	82,3	82,5	70,1		
4274	4268	81,6	81,6	78,3	1) Apparate beide gereinigt. 2) Dieser Werth, welcher um vieles (etwa 10%) höher als sämtliche übrigen mit der Probe erhaltenen Zahlen, zur Mittelbildung nicht mit benutzt. Die Abweichung ist wohl entweder auf einen Versuchsfehler oder auf im Öl vorhandene klumpige Bestandtheile zurückzuführen.	fe der Probe, welche längere Zeit theils in der Winterkälte, theils bei Zimmerwärme ge- standen, erhöht sich auch nach der Abkühlung in Eis und Salz nicht. Nach mehrstündigem Er- wärmen auf 105—110 C° fällt fe um 3% und geht nach mehrtägigem Stehen bei - 10 bis - 15 C° allmählich etwa wieder auf den früheren Werth zurück.
4251	4244	81,1	81,3	78,0		
4252	4251	81,1	81,3	78,0		
4130	4113	78,8	78,6	75,6		
4206	4209	80,3	80,5	77,2		
4649	4278	(88,7) <sup>2)</sup>	81,8	78,5		
4196	4237	80,1	81,0	77,4		
1526	1528	29,1	29,2	29,2	1) Das Öl war auch nach der Erwärmung auf 20C° getrübt, da beim Ab- kühlen etwas Wasser ins Öl gekommen war.	fe der Probe verän- dert sich nicht wesentlich nach starker Abkühlung.
1511	1517	28,8	29,0	28,9		
—	1505	—	28,8	28,8	—	fe der Probe verän- dert sich weder nach starker Abkühlung noch nach der Erwärmung auf 80—100 C°.
1508	1508	28,8	28,8	28,8		
1507	1504	28,8	28,8	28,8		

oder durch starkes Erhitzen, z. B. auf 80—100 C°, die unter gewöhnlichen Umständen bei 20 C° festgestellten Flüssigkeitsgrade um 2 bis 13 % verändert werden. Diese Veränderung kann noch bestehen, auch wenn die Oele nach erfolgtem Wärmewechsel mehr oder weniger lange die Versuchswärme von 20 C° wieder angenommen haben.

Die Versuchsergebnisse weisen darauf hin, daß die durch Abkühlen hervorgerufenen Steigerungen des Flüssigkeitsgrades bei 20 C° auf der Ausscheidung und bei 20 C° nicht wieder völlig stattgefundenen Lösung fester Theilchen beruhen, während die durch Erhitzen hervorgerufenen Aenderungen des Flüssigkeitsgrades bei 20 C° in der reichlichen Lösung von vorher schwebenden und bei 20 C° nicht wieder völlig ausgeschiedenen festen Theilchen ihre Ursache haben. Da die Gegenwart von schwebenden Asphalttheilchen nach den neuerdings ausgeführten Versuchen<sup>1)</sup> und der theilweisen Prüfung der vorliegenden Proben als äußerst selten angesehen werden kann, so dürften die fraglichen schwebenden Körper im Allgemeinen nur aus leicht schmelzbaren Pechtheilchen oder Paraffintheilchen bzw. Gemischen von diesen beiden bestehen. Von Interesse ist noch die schon oben erwähnte Feststellung, daß auch ein bei — 15 C° noch fließendes Oel (wahrscheinlich russischer Herkunft) eine erhebliche Erhöhung des Flüssigkeitsgrades nach dem Abkühlen zeigt. Die Gegenwart von Paraffin in einem derartigen Oel läßt sich an der Hand einer kürzlich von Schestopal mitgetheilten Beobachtung erklären, wonach bei der Destillation von paraffinfreien Erdölen durch Dissociation von Kohlenwasserstoffen an dem heißen Kesselboden unter Umständen sich feste Paraffinkohlenwasserstoffe bilden können.<sup>2)</sup>

Werden die vorher erhitzten oder abgekühlten Oele längere Zeit der Versuchswärme von 20 C° wieder ausgesetzt, z. B. bei mehrfach hintereinander ausgeführten Flüssigkeitsgradbestimmungen, so kann natürlich eine allmähliche Annäherung an den ursprünglichen Zustand wieder stattfinden. Ein derartiger Vorgang zeigt sich z. B. deutlich bei dem sehr paraffinreichen Oele 3 und bei den früher veröffentlichten Versuchen.<sup>3)</sup> Bezüglich der letzteren sei insbesondere auf das stark abgekühlte und sich ganz allmählich verändernde Oel A hingewiesen.

Daß die genannten Einflüsse sich nicht bei allen paraffinhaltigen Oelen zahlenmäßig in gleicher Weise geltend machen, ist bei der Verschiedenartigkeit des Materials nicht zu verwundern. Zudem gestattete es auch die für die Versuche zur Verfügung stehende Zeit nicht immer, genau gleiche Versuchsbedingungen in Bezug auf Stärke und Zeitdauer der Abkühlung anzuwenden; die letzterwähnten Faktoren fallen aber bei derartig zähflüssigen und völlig undurchsichtigen Erzeugnissen, wie es die vorliegenden Oele sind, erheblich ins Gewicht. Auch muß es vorläufig dahingestellt bleiben, ob sich das Paraffin in den verschiedenen Schmierölen der Form nach gleichartig oder verschiedenartig ausscheidet.

Bei hellen paraffinfreien Mineralölen liegt natürlich für das Eintreten der geschilderten Veränderungen des Flüssigkeitsgrades keine Veranlassung vor; dies bestätigen außer einem neueren Kontrollversuch (Oel 4 in Tab. 14) die älteren Versuche, welche mit hellen Oelen ausgeführt wurden.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> „Mittheilungen“ 1893, S. 261.

<sup>2)</sup> Durch neuere Versuche ist die Gegenwart von schwebenden Pechtheilen in einem von sonstigen Zusätzen freien und auch nach Angabe des Fabrikanten reinen russischen Mineralölschmieröl wie auch in anderen reinen dunklen Mineralölen durch Ausfällen mit Alkohol-Aether (4 : 3) nachgewiesen worden. In den Mittheilungen 1895 S. 174 ist über diese Versuche berichtet worden.

<sup>3)</sup> „Mittheilungen“ 1890, S. 102.

<sup>3)</sup> Die geringen Erhöhungen der Flüssigkeitsgrade heller Oele, welche sich bei jenen älteren Bestimmungen nach dem Abkühlen der Oele auf tiefe Wärmegrade in einigen Fällen zeigten, sind theils auf die früher noch bestehenden Fehler des Verfahrens der Flüssigkeitsgradbestimmung, theils darauf zurück-

Da bei dunklen Oelen, von welchen ein bestimmter Flüssigkeitsgrad verlangt wird, in der Regel auch ein günstiges Verhalten in der Kälte gefordert wird, so wird bei Abnahmeprüfungen in seltenen Fällen der Flüssigkeitsgrad dunkler paraffinhaltiger Oele bestimmt werden müssen. In einzelnen Fällen, wie sie bei Abnahme von Lieferungen nach bestimmten Grenzvorschriften für den Flüssigkeitsgrad zc. eintreten können, wird es zweckmäßig sein, auf die geschilderten Verhältnisse Rücksicht zu nehmen und das Öl nöthigenfalls nach dem Erhitzen und nach dem Abkühlen der Probe auf den Flüssigkeitsgrad zu untersuchen.

#### b. Beimischungen von Asphaltstoffen.

Der Einfluß gelöster Asphaltstoffe auf die Schmiereigenschaften von Mineralschmierölen ist gelegentlich der Besprechung des Nachweises der Asphaltbestandtheile in jenen Oelen erörtert worden.<sup>1)</sup> Die Versuche ergaben, daß ein mäßig hoher Gehalt an gelöstem Asphalt (bis zu 2,0 %, bestimmt mit bis 50 C° siedendem Scheringschem Benzin) keinen nachtheiligen Einfluß auf die hier untersuchten Schmiereigenschaften der Oele ergab. Die Versuche sollen sich weiter dahin ausdehnen, ein Verfahren festzusetzen, mittelst welcher es gelingt, den Gehalt an Asphalt an verschiedenen Prüfungsstellen mit Erzielung des gleichen Ergebnisses bei denselben Oelen zu bestimmen. Hierzu wird es in erster Linie zu erstreben sein, ein stets gleich zusammengesetztes, niedrig siedendes und käuflich zu gewinnendes Benzin zu erhalten, dessen Zusammensetzung von Jedermann leicht zu kontrolliren ist.

#### c. Beimischung von Kautschuk.

In den Mittheilungen 1890, S. 308 ist gezeigt worden, daß die Schmierfähigkeit eines Oeles durch einen beträchtlichen Zusatz von Kautschuk (2 % Kautschuk konnten nachgewiesen werden) eine ganz erhebliche Einbuße erlitten hatte. Neuerdings hergestellte und in der Versuchs-Anstalt auf ihre Reibungszahlen untersuchte kautschukhaltige Oele ließen jedoch erkennen, daß sich durch geeignete Beimischung von Kautschuk auch schmierfähigere, d. h. homogen flüssige und gut abhärrende Produkte erzielen lassen. Ueber die Ergebnisse dieser Versuche wird später ausführlicher berichtet werden.

### C. Specielle vergleichende Versuchsreihen.

Auf einige vergleichende Versuchsreihen betreffend

I. den Säuregehalt verschiedener pflanzlicher Oele,

II. den Einfluß des Zusatzes russischer Oele auf den Kältepunkt von deutschen Mineralölen,

III. den Reinheitsgrad der handelsüblichen Rüböle, Baumöle und Knochenöle zc.

ist bereits in den Abschnitten A Ib, IIIb und IIIf eingegangen worden, sodas hier nur auf die entsprechenden Kapitel jener Abschnitte zurückverwiesen werden soll.

---

zuföhren, daß zwischen den Bestimmungen vor und nach der Abkühlung ein Zeitraum von  $\frac{1}{2}$  bis  $1\frac{3}{4}$  Jahren elegen hatte. Während dieser Zeit konnten die Oele leicht geringe Verdickung erfahren haben, wie die neueren Versuche über die Veränderung der Oele gelehrt haben.

<sup>1)</sup> „Mittheilungen“ 1893, S. 261.

#### IV. Ueber die Zusammensetzung handelsüblicher konsistenter Schmiermittel und Einsetzungstoffe.

In den „Mittheilungen“ 1891, S. 186, war an einer Reihe von Beispielen das Herstellungsprinzip einiger konsistenter Maschinenfette und eines Wagenfettes gezeigt worden. In Ergänzung dieser Untersuchungen seien im Nachfolgenden die Ergebnisse der Prüfung eines neuerdings der Versuchs-Anstalt eingereichten Huf- und Lederfettes mitgetheilt, welches in seiner Zusammensetzung erheblich von den oben erwähnten abwich und eines eigenartigen Untersuchungsangeses zur Ermittlung seiner Zusammensetzung bedurfte.

Das untersuchte „Huf- und Lederfett“ war von schmalzartiger Konsistenz, schwarzer Farbe, besaß keine Fluorescenz und roch schwach nach Knochenfett. Das mit Schwefeläther und zum Schluß mit Petroläther extrahirte Fett hatte grünliche Farbe und schmalzartige Konsistenz. Der in Aether unlösliche, auf einem Filter gesammelte Rückstand betrug 0,21 %, war rußartig schwarz, leicht verbrennlich und in Alkohol, Säuren und Alkalien unlöslich; der Rückstand wurde daher als fein vertheiltes zur Färbung des Fettes benutztes Kohlenstoffpulver (Ruß) angesehen.

Das extrahirte Fett war in Petroläther schwer löslich. Feste flockige Bestandtheile blieben im Petroläther schwebend, und die Lösung ließ in der Kälte ein dickes gelbliches Del niederfallen, welches sich schon in 90 % igem Alkohol leicht löste. Die schwerlöslichen festen Bestandtheile wiesen auf die Gegenwart von Baseline, die niederfallende ölige Masse auf die Gegenwart von Ricinusöl hin. Der im Petroläther schwer lösliche feste Bestandtheil hatte paraffinartige Consistenz und war völlig weiß. Auch durch heißen Alkohol ließ sich das von dem Ruß befreite Fett in einen weißen schwer schmelzbaren Körper und ein weiches Fett trennen. Das in der Petrolätherlösung des Fettes niederfallende Del erschien nach dem völligen Auswaschen mit Petroläther gelb gefärbt, völlig verseifbar und verhielt sich Lösungsmitteln gegenüber genau wie Ricinusöl. Die Verseifungszahl 171 und die Beschaffenheit der Fettsäuren des mit Petroläther abgetriebenen Deles entsprachen ebenfalls denjenigen des Ricinusöls.

Der nach Spitz und König<sup>1)</sup> abgetriebene unverseifbare Bestandtheil des Fettes (48,2 %) hatte vaselineartige Consistenz und war gelb gefärbt. Mit Alkohol ließ sich eine geringe Menge ölicher braungelber Substanz ausziehen, welche mit concentrirter alkoholischer Kalilauge Violettfärbung (Nitronaphthalinreaktion) gab. Die Gegenwart von Cholesterin bezw. von Wollfett im ursprünglichen Fett wurde auf Grund der geringen Menge und Beschaffenheit des öligen alkoholischen Auszugs der nicht verseifbaren Substanz als ausgeschlossen erachtet. Da jedoch dem Geruche des ursprünglichen Fettes nach zu urtheilen an verseifbarem Del neben Ricinusöl noch ein Zusatz animalischen Deles vermuthet wurde, so wurde zur näheren Kennzeichnung des letzteren zunächst das Ricinusöl aus dem Gesamtfett entfernt. Hierzu wurden 5 g des mit Aether extrahirten Hufettes mehrfach mit 90 % igem Alkohol (im Ganzen mit etwa 30 ccm) ausgeschüttelt, wobei etwa 1,2 g, also  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  des Hufettes, alkohollösliches Del erhalten wurden. Der nach der Extraktion mit Alkohol verbleibende Rückstand wurde zur Verseifung des in ihm etwa enthaltenen fetten Deles mit concentrirter alkoholischer Kalilauge gekocht. Die aus der Seife nach Entfernung der nicht verseifbaren Bestandtheile abgetriebenen Fettsäuren schmolzen bei 38° und rochen nach Knochenfett.

Schließlich wurde in dem ursprünglichen Fett und im alkoholischen Auszuge noch

<sup>1)</sup> „Zeitschrift für angewandte Chemie“ 1891, S. 477.



die Gegenwart von Nitronaphthalin durch Ueberführung in Naphthylamin und dessen Verhalten zu Eisenchlorid erkannt.

Demnach war das eingereichte Fett ein mit sehr wenig rußartigem Kohlenstoffpulver gefärbtes schmalzartiges Fett, welches zur Hälfte aus unverseifbarem vaselineartigen Fett, zur Hälfte aus verseifbarem Fett bestand. Letzteres setzte sich zusammen aus einem Del von der gleichen Beschaffenheit wie Ricinusöl und einem an festen Glyceriden reichen Fett, welches, dem Geruch der Fettsäuren und demjenigen des ursprünglichen Fettes nach zu urtheilen, thierischen Ursprungs sein dürfte. Außer den genannten Bestandtheilen enthielt das Fett noch Nitronaphthalin; letzterer im Handel gewöhnlich als Entschleunigungsmittel benutzter Stoff dürfte die Scheinfreiheit des Fettes bedingen. Schädliche oder minderwerthige Zusätze wie Harz, Harzöl, Wasser, feste Stoffe u. s. w. waren nicht zugegen. Auch Mineralsäuren waren nicht vorhanden, sondern nur 0,26 % freie Fettsäure, berechnet als Schwefelsäureanhydrid; dieser Betrag entspricht, unter Berücksichtigung der im vorliegenden Fett enthaltenen Menge verseifbaren Fettes, dem in manchen natürlichen verseifbaren Fetten vorkommenden Betrag an freier Fettsäure.

Das untersuchte Huf Fett war mithin, abgesehen von den geringfügigen Mengen feinvertheilter färbender Substanz und der geringen Menge Entschleunigungsmittel als ein von fremden Stoffen und trocknendem Del freies Schmierfett für Huf- und Lederschmierung zu betrachten.

#### V. Ueber die tarifarische Unterscheidung Bechelbronner Erdölrückstände von anderen Mineralschmierölen.

Ueber die tarifarische Unterscheidung Bechelbronner Erdölrückstände von anderen Mineralschmierölen ist von der Versuchs-Anstalt im Auftrage der Königlichen Kommission zur Berichterstattung an die Königliche Eisenbahndirektion Frankfurt a./M. eine umfangreiche Untersuchung ausgeführt worden. Die Versuche enthalten ein interessantes Material zur Kennzeichnung der untersuchten Materialien unter Berücksichtigung der hauptsächlichsten Fabrikationsgebiete der verschiedenen Mineralschmieröle.

#### D. Zusammenfassung der Ergebnisse.<sup>1)</sup>

Es erübrigt noch, auf die gewonnenen Ergebnisse der vergleichenden Schmieröluntersuchungen einen kurzen Rückblick zu werfen.

Durch eine weiter vervollkommnete Ausbildung der physikalischen und chemischen Prüfungsmethoden ist die Kennzeichnung der Oele erheblich verschärft worden. Die vergleichende Untersuchung der einzelnen Oele und Mischungen konnte manche unbestimmten und widersprechenden Anschauungen über den Werth des einen und anderen Schmiermittels in der Praxis aufklären und hatte zum Ergebnis, daß die Mineralöle den handelsüblichen pflanzlichen und thierischen Oelen wesentlich überlegen sind:

1. in Folge ihrer geringen Veränderlichkeit beim Stehen in dicken und dünnen Schichten
2. in Folge ihres tief liegenden Gefrierpunktes, wenigstens soweit russische Oele in Betracht kommen
3. in Folge ihrer Unzerseßlichkeit bei Einwirkung gespannten Wasserdampfes.

Hierzu kommt der Umstand, daß die Mineralöle meistens zu billigerem Preise erhältlich sind als die pflanzlichen und thierischen Oele und fernerhin die Möglichkeit, daß sie in jedem beliebigen Flüssigkeitgrad, allen Bedürfnissen entsprechend, hergestellt werden

<sup>1)</sup> Die gesammten vorstehenden Untersuchungsreihen wurden in der Hauptsache vom Verfasser dieses Berichtes in Gemeinschaft mit Dr. Ruhemann ausgeführt.

fönnen. Welcher Vortheil gerade in dem letzterwähnten Umftande liegt, geht aus den im Anhang E mitgetheilten reichhaltigen Betriebserfahrungen aus der Praxis hervor.

Von den pflanzlichen Oelen verhielten fich die Rüböle und zwar in erfter Linie die raffinierten Oele erheblich ungünstiger als Olivenöle, Spermacetiöl, Ricinusöl. Die letzteren nähern fich bezüglich ihrer geringen Veränderlichkeit den Mineralölen. Durch Beimifchung von Mineralölen zu Rübölen werden die ungenügenden Eigenschaften der letzteren in fehr günstiger Weife beeinflusst; hieraus erklärt fich die weitverbreitete Anwendung, welche diese Mifchungen z. Th. noch befitzen. Der Zufatz des Rüböls kann aber auch auf gewisse ungünstige Eigenschaften z. B. leichtere Entflammbarkeit, des Mineralöls verbessernd wirken (fiche E. Anhang Betriebserfahrungen).

Die Gegenwart von Asphalt, Kautschuk und Paraffin in den flüffigen Mineralölen giebt zu Beanftandungen keinen Anlaß, wenn diese Stoffe völlig gelöst sind und fich bei den in Frage kommenden Gebrauchswärmen der Oele nicht abfcheiden. In der That find auch Mifchungen mit diesen drei Stoffen vielfach in großen Betrieben mit Erfolg angewendet worden. Bedingung ist fernerhin, daß diese Oele je nach dem vorliegenden Verwendungszweck den im Anhang dargelegten allgemeinen und besonderen Anforderungen an Schmiermittel genügen.

Nach diesen Bedingungen wird also der Fabrikant den Gehalt und die Art des Zufazes an jenen Stoffen regeln. In zweifelhaften Fällen ist es geboten, den Reibungsversuch auf der Delprobirmaschine hinzuzuziehen.

Andererseits ergibt fich aus den Versuchen mit jenen Mifchungen, daß das Vorhandensein beträchtlicher Mengen jener Zufäge zu Unzuträglichkeiten Veranlassung geben kann. Insbesondere dürfen die Zufäge nicht in solchen Mengen vorhanden sein, daß dadurch die homogenflüffige Beschaffenheit des Materials Einbuße erleidet.

Von den bislang als minderwerthig betrachteten Oelen: Baumwollfaatöl, Erdnußöl, Sesamöl, Harzöl u. f. w. käme auch nach den vorstehenden Untersuchungen höchstens gutes raffiniertes Harzöl als Zufatz zu Mineralölen in Betracht, doch ist vor Verwendung des Oeles stets eine vorangehende Untersuchung seiner Veränderlichkeit erforderlich.

### **E. Betriebserfahrungen mit Schmierölen bei Eisenbahnen, Dampfschiffen und in Fabrikbetrieben.**

Als eine wünschenswerth erscheinende Ergänzung der vorstehenden vergleichenden Untersuchungen von Schmierölen sind wie bei dem 1889 erstatteten Bericht des Professors A. Martens auch dem vorliegenden Bericht die bei den preussischen Bahnen gesammelten Betriebserfahrungen, welche der Versuchs-Anstalt bereitwilligst zur Verfügung gestellt worden sind, beigegeben (Tab. 15). Ferner ist es als zweckmäßig erachtet worden, an dieser Stelle eine gedrängte Uebersicht über die von dem Oberingenieur der Oesterreichischen Nordwestbahn S. Großmann in seinem neuesten Werke<sup>1)</sup> mitgetheilten Betriebserfahrungen österreichischer und deutscher Bahnverwaltungen (Tab. 16) und die ebendasselbst besprochenen praktischen Erfahrungen in anderen Betrieben, z. B. bei Dampfschiffen, Fabriken u. f. w. zu geben. Die Mittheilungen Großmanns beanspruchen darum ein besonderes Interesse, weil ihnen ein reichhaltiges Beobachtungsmaterial aus der Praxis zu Grunde gelegt ist. In einer von Großmann mitgetheilten Berichterstattung über Betriebserfahrungen mit Schmierölen seitens der K. K. General-Direktion der Oesterreichischen Staats-

<sup>1)</sup> „Die Schmiermittel“, Wiesbaden, C. W. Kreibels Verlag 1894, S. 134.

bahnen wird die folgende allgemeine Schlussfolgerung bezüglich der Verwendung der Mineralöle zur Dampfcylinder-Schmierung gezogen.

(Siehe Tab. 15–17 S. 66–73.)

„Bessere Mineralöle und auch halbfeste Mineralfette (Baseline) können in reinem und ungemischtem Zustande mit bestem Erfolge und ohne Schädigung der Maschinenteile zum Schmieren der Kolben und Schieber verwendet werden. Die Anwendung dieser Schmiermaterialien erfordert im Vergleiche zu vegetabilischen Schmiermaterialien eine größere Aufmerksamkeit von Seiten des Personals in Beziehung auf die Instandhaltung der Schmiervorrichtungen, der Zuführungskanäle und der Dochte, das öftere Reinigen der Dampfausströmungskanäle von den entstehenden Rückständen. Für diese Materialien sind nach den bisherigen Erfahrungen gegenüber den gewöhnlichen Mineralölen strenge Vorschriften für den Flüssigkeitsgrad und ein hoher Entflammungspunkt, der über 250 C° liegen soll, erforderlich. Mischungen von mineralischen und vegetabilischen, bezw. thierischen Oelen oder Fetten werden bei mehreren Verwaltungen in verschiedenen Mischungsverhältnissen gleichfalls mit gutem Erfolge verwendet.“

Großmann zieht aus der Thatfache, daß reines Mineralöl nur verwendet wird, wenn es einen über 220 C° liegenden Flammpunkt hat, den bemerkenswerthen Schluß, daß das gewöhnliche weit niedriger entflammbare dunkle Mineralöl nur wegen seiner leichten Verdampfbarkeit ungeeignet ist. Wird es jedoch mit Rüböl gemischt, so wird es dadurch höher entflammbar und eher zum Schmieren der Kolben geeignet. Diese Anschauung ist recht einleuchtend, zumal wenn man sich die gesteigerte Verdampfung des Deles vorstellt, welche im Dampfcylinder durch den Wasserdampf naturgemäß herbeigeführt wird und eine mangelhafte Schmierung der Cylinderwandung zur Folge haben kann. Aus dem Umstand, daß durch den Rübölzusatz die Zähflüssigkeit verringert wird, folgert Großmann weiterhin, daß ein hoher Flüssigkeitsgrad kein unbedingtes Erforderniß eines guten Cylinderöles sei.

Andererseits zeigen die von ihm mitgetheilten Erfahrungen der deutsch-österreichischen Bahnen, daß die bestehenden Schmiervorrichtungen bei den Lokomotivcylindern, besonders die Einzelöler, nur dann zum Schmieren der Cylinder und Lokomotiven benutzt werden konnten, wenn das Mineralöl nicht zu dickflüssig war.

Für die Handhabung des Deles, Verabfolgung an die Führer u. s. w. ist es erwünscht, daß es wenigstens bis 0° flüssig sei. Endlich ging aus den Berichten der erwähnten Bahnverwaltungen hervor, daß es zur Vermeidung der bei dickflüssigem Mineralöl öfter beobachteten Verstopfung der Schmierkanäle bei den Centralölern durchaus nothwendig ist, ein von festen ungelösten Stoffen freies Del zu verwenden.

Auch die weiteren Ausführungen Großmanns zeigen, daß die Arten der Schmiervorrichtung sehr die Anforderungen an die Konsistenz des Deles bei gewöhnlicher Wärme bestimmen. Dele, welche bei hohen Wärmegraden (100 C°) wenigstens den Flüssigkeitsgrad des Rüböls besitzen, sind gewöhnlich bei niederen Wärmegraden so dickflüssig, daß sie bei Einzelölern nicht mehr durch die feinen Kapillarröhren der Schmiervorrichtungen angezogen werden. Nach den Erfahrungen Großmanns soll die Viskosität der Cylinderöle bei 20 C° das 105 fache des Wassers nicht überschreiten, wenn es durch die feinen 0,5 bis 0,6 mm weiten Kapillaren noch angezogen werden soll. Bei nur etwas höherem Flüssigkeitsgrade tritt schon öfter Versagen der Schmiervorrichtungen ein. Für solche Zwecke empfiehlt sich ein Zusatz von 5–10 % fettem Del, da Mineralöl mit dem gewünschten hohen Flammpunkt und dem mäßig hohen Flüssigkeitsgrade bei Zimmerwärme nicht erhältlich ist. Bei

Tabelle

## Zusammenstellung der Äußerungen von Eisenbahnverwaltungen über

Eisenbahndirektion		Altona	Berlin
Umfang der Verwendung von Mineralölschmieröl und Rüböl		Bei Wagen mit Ausnahmen der Schnellzüge nur Mineralöl, Lokomotiven $\frac{2}{3}$ Mineralöl, $\frac{1}{3}$ Rüböl. Bei Dampfschindern vorwiegend Rüböl.	Mineralöl bei allen Wagen und fast gehenden Lokomotivtheilen. Für Cylinder und Schieber Gemisch mit Rüböl (1:1).
Erfahrungen mit den Submissionsbedingungen (Anlage 4) hinsichtlich der	Bestimmungen über Flüssigkeitgrad	Im normalen Betriebe günstige nur bei großer Hitze wird Mineralöl bei schnell fahrenden Zügen zu dünn, hier daher ausschließlich Rüböl benutzt.	Im normalen Betriebe günstige.
	des Kältepunktes	Im normalen Betriebe günstige. Bei großer Kälte zeigten schnellfahrende Züge (80—85 km pro Stunde) mehr Heißläufer, daher hier bis 50% Rüböl benutzt.	Desgl.
	Erhaltung der Lagerflächen	Günstige.	Desgl.
Vergleichende Angaben über Verbrauch an Schmiermaterial früher (bei Rüböl) und jetzt (bei Mineralölschmierung)		Nicht näher ermittelt worden.	Im Allgemeinen Verbrauch bei den Mineralölschmierölen größer als bei Rüböl. Bei der Wagenschmierung Gebrauch im Verhältnis zu Leistungen bei Mineralöl weit größer als bei Rüböl.
Kosten der heutigen und früheren Schmierung		Kosten in den letzten 10 Jahren für 1000 km bei Lokomotiven von 8 auf 6 M. „ Wagen „ 0,25 „ 0,15 „ gesunken, doch konnte hierbei die vor 10 Jahren verwendete Menge Mineralöl nicht festgestellt werden.	Heutige Schmierung mit Mineralöl trotz erhöhten Verbrauchs wesentlich billiger als früher, wo zumeist Rüböl benutzt wurde.
Sonstige Bemerkungen zur Mineralölschmierung		—	Siehe angeschlossene statistische Übersicht über den Verbrauch an Schmieröl und Kosten, Tab. 17.

1) In der Versuchs-Anstalt eingegangen vom März bis April 1893.

## 15.

die mit den Mineralschmierölen gemachten Betriebserfahrungen.<sup>1)</sup>

Breslau	Bromberg	Eiberfeld	Erfurt
Mineralöl bei allen Wagen und Lokomotiven, Rüßöl nur bei Probefahrten, bei Lokomotiven für Schieber und Cylinder (3 Theile Rüßöl auf 1 Theil Mineralöl).	Schnellfahrende Züge 1 Theil Rüßöl 1 Theil Mineralöl, die unter Dampf gehenden Lokomotivtheile, alle Güterzugsachsen nur Mineralöl.	Rüßöl für Kolben und Schieber bei Lokomotiven und stationären Maschinen benutzt, sonst Mineralöl.	Lokomotiven erhalten bei Güterzügen $\frac{1}{4}$ , bei den übrigen Zügen $\frac{1}{3}$ Rüßöl. Für Dampfcylinder nur Rüßöl, für Achslager der Personenzugs- u. Schnellzugslokomotiven Mischung von Rüßöl und Talg, sonst Mineralöle.
Bei Lokomotiven wird dickeres Öl bevorzugt, als den Bedingungen entspricht, da in Folge der größeren Erwärmung leichter Verluste durch Abtropfen und Wegschleudern eintreten.	Flüssigkeitgrad bei hohen Wärmegraden zu hoch, bei niederen Wärmegraden zu klein.	Günstige.	Günstige bei normalen Verhältnissen. Sommeröl wird jedoch bei zu großer Hitze zu dünnflüssig.
Günstige.	Günstige.	Dezgl.	Bei $-20^{\circ}$ und darunter wird das Öl zu dick und nicht mehr genügend in den Dichten aufgesaugt. Kannen müssen warm gehalten werden.
Keine Unterschiede gegenüber der Rüßölschmierung.	Dezgl.	Dezgl.	Günstige.
1883/84 angestellte Vergleichsversuche über den Verbrauch von Rüßöl und Mineralöl ergaben für letzteres günstigere Zahlen; doch wird die richtige Berücksichtigung aller Versuchsbedingungen bezweifelt.	Konnten nicht näher ermittelt werden, da neben Rüßöl früher noch andere Öle erprobt wurden, und Mineralöl häufig mit Rüßöl gemischt wurde.	1882/83 Verbrauch an Rüßöl größer als 1891/92 Verbrauch an Mineralöl, doch sind die Zahlen wegen Veränderung der Lager-schalen, Verbesserung der Achsbüchsen etc. nicht maßgebend.	pro 1000 Lokomotivkilometer: 1885/86 (Rüßöl) 11,9 kg. 1891/92 (Mineralöl) 15,8 kg.
1890/91 gegen 1880/81 bei Lokomotiven, Güter-, Arbeits- und Materialzügen billiger um etwa $\frac{1}{3}$ ; bei Schnell-, Personen- und gemischten Zügen um $\frac{1}{5}$ theurer. Die Statistik des Reichseisenbahnamtes gab auch für die letztgenannten Züge günstigere Werthe 1890/91.	Konnten aus den oben angeführten Gründen nicht ermittelt werden.	Wegen der unter Verbrauch angeführten Einschränkungen nicht genau festzustellen. Rüßölpreis 0,52 M., Mineralöl 0,24 M. pro kg.	Für 1000 Lokomotivkilometer sind die Kosten 1891/92 um circa 1 M. billiger als 1885/86.
Werth des verbrauchten Brennmaterials seit 1880 u. 81 bis 1890/91 erheblich gestiegen; jedoch ist dies auf Preissteigerungen und veränderte Betriebsverhältnisse zurückzuführen.	Bei strengem Winter ist das Anziehen der Wagen und Abstoßen erschwert, ebenso bei Rüßöl. Die dort vermuthete geringere Saugfähigkeit des Mineralöls gegenüber dem Rüßöl sollen die beobachteten Heizläufer verursachen.	—	Kohlenverbrauch in den letzten Jahren gestiegen; jedoch dürfte dies weniger auf das veränderte Schmiermaterial, als auf schnelleres Fahren und Belasten der Züge etc. zurückzuführen sein.

Tabelle 15

Eisenbahndirektion		Frankfurt a. M.	Hannover
Umfang der Verwendung von Mineralölschmieröl und Rüböl		Reines Rüböl nur für Lokomotiven mit Centraldampfschmierapparaten und die Lokomotiven der Blizzüge benutzt; andere Lokomotiven und die stationären Maschinen für die unter Dampf gehenden Theile 80% Mineralöl und 20% Rüböl. Reines Rüböl wegen der Verfezung in freie Säure und der Beschädigung der Cylinder nicht verwendbar.	Kolben und Schieber der Lokomotiven fast durchgängig mit denat. Rüböl geschmiert. Für Achsen und Saugwert Mineralöl. Für die unter Dampf gehenden Theile hat sich das dunkle Mineralöl nicht bewährt.
Erfahrungen mit den Submissionsbedingungen (Anlage 4) hinsichtlich der	Bestimmungen über Flüssigkeitsgrad	Günstige, jedoch werden Versuche mit Sommer- und Winteröl gemacht, da das Öl bisher im Winter oft zu steif, im Sommer zu dünnflüssig wurde.	Keine ausreichenden Erfahrungen.
	des Kältepunktes	Günstige, doch siehe oben.	Bei starker Kälte (unter $-15^{\circ}\text{C}$ ) trat zuweilen Erstarren des Dies ein.
	Erhaltung der Lagerflächen	Günstige.	Keine ausreichenden Erfahrungen.
Vergleichende Angaben über Verbrauch an Schmiermaterial früher (bei Rüböl) und jetzt (bei Mineralölschmierung)		Verbrauch früher geringer wie jetzt.	Es haben sich nicht genügende vergleichende Anhaltspunkte ergeben.
Kosten der heutigen und früheren Schmierung		Bei Lokomotiven für 100 km heute 3,74 Pf. weniger als früher, bei Wagen 5,8 Pf. weniger als früher.	Hierüber können keine Angaben gemacht werden, da die Verwendung des Mineralöls jetzt unter anderen Verhältnissen als früher stattfindet (z. B. größere Tragfähigkeit der Wagen).
Sonstige Bemerkungen zur Mineralölschmierung		Es besteht die Ansicht, daß bei Rübölschmierung Fahrzeuge leichter laufen und weniger Zugkraft beanspruchen. Ziffermäßige Belege liegen nicht vor.	Bei den unter Dampf gehenden Theilen werden jetzt Versuche mit dickem über $250^{\circ}\text{C}$ entflammendem Mineralöl gemacht.

den Centralölkern, wo das Del mittelst Dampf zu den Verbrauchsstellen getrieben wird, kann der Flüssigkeitsgrad erheblich höher sein.

Es erübrigt noch, an der Hand der mit den hiesigen Anschauungen und Wahrnehmungen zumeist übereinstimmenden Großmannschen Mittheilungen eine gedrängte Uebersicht über diejenigen Betriebserfahrungen zu geben, welche mit Schmierölen für Schiffsmaschinen, stehende Dampfmaschinen, Wellenleitungen und Spindeln bei Spinnmaschinen gemacht worden sind.

Nach Großmann und Lobry de Bruyn verwenden die Seedampfer heutzutage bei den äußeren Theilen der Schiffsmaschinen überwiegend fettes Del (Rüböl, Olivenöl, Ricinusöl, Wallratöl u. s. w.), weil einerseits Mineralöle wegen der Feuergefährlichkeit auf

(Fortsetzung).

Köln (rechtsch.)	Köln (linksch.)	Magdeburg
Kübölschmierung nur bei den Schnellzügen Berlin-Köln, die Wagen der Köln-Hamburger Schnellzüge und alle Lokomotiven mit Küböl und Mineralöl (1:1), alle übrigen Wagen mit reinem Mineralölschmieröl.	Für alle Wagen jetzt und früher reines Mineralöl, für die unter Dampf gehenden Theile $\frac{1}{4}$ Küböl und $\frac{3}{4}$ Mineralöl.	Für die Gewertheile der Personenzuglokomotiven reines Küböl, für Güter- und Rangirlokomotiven Mischung von Küböl und Mineralöl. Für Dampfsylinder theils Mischung, theils reines Küböl.
Günstige, Winteröl müßte jedoch noch etwas dünner sein oder tiefer liegenden Kältepunkt ( $-20\text{ C}^0$ ) haben.	Im Allgemeinen günstige, doch erwünscht, daß die oberen Grenzzahlen 45, 20, 12, 10 als untere Grenze ohne Festsetzung einer oberen vorgeschrieben werden, um die Lieferung unbrauchbarer schlechter Öle völlig auszuschließen.	Günstige.
Günstige, doch siehe oben.	Günstige.	Desgl.
Günstige.	Desgl.	Desgl.
Es kann angenommen werden, daß der Verbrauch bei beiden Schmierungen dem Gewichte nach gleich ist.	Konnte nicht näher ermittelt werden, da auch früher Küböl nicht allein verwendet wurde.	Konnten nicht ermittelt werden.
Bei der oben gegebenen Voraussetzung und unter der Annahme, daß der Schmierwerth des Mineralöls $0,8$ des Schmierwerthes des Küböls beträgt, ist die Mineralölschmierung $\frac{1}{2}$ so theuer als Kübölschmierung.	Konnten aus den oben gegebenen Gründen nicht festgestellt werden.	Heute im Allgemeinen niedriger als früher.
Kohlenverbrauch ist bei Mineralölschmierung ein relativ größerer.	—	—

Seeschiffen entweder gar nicht oder nur in geringer Menge geführt werden dürfen und andererseits der Umstand, daß sie nicht immer in gleichbleibender Qualität geliefert wurden<sup>1)</sup>, von schwerwiegenden Folgen begleitet sein kann. Nach den von der Versuchsanstalt eingezogenen Erkundigungen gebrauchen der Norddeutsche Lloyd und die Hamburg-Amerikanische Packetfahrtgesellschaft für die unter Dampf gehenden Theile ihrer Maschinen reines Mineralöl, für die nicht unter Dampf gehenden Theile Mischungen von Mineralöl und fetten Oelen.

<sup>1)</sup> Dem letzteren Uebelstand kann leicht durch eine wirklich zuverlässige Bezugsquelle, bezw. durch genaue Vereinbarung und eine Prüfung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Oeles, begegnet werden. Ähnlich spricht sich auch Großmann aus.

**Tabelle**  
**Betriebserfahrungen österreichischer und**

—		Die unter Dampf gehenden Lokomotivtheile
Verwendetes Schmiermaterial		Bei 20 Verwaltungen reines flüssiges oder konsistentes Mineralöl, 16 Verwaltungen Mineralöl mit Rüböl gemischt, 9 Verwaltungen nur Rüböl, 1 Verwaltung Unschlitt (Tal). Bei 2 Verwaltungen sind die Versuche noch nicht abgeschlossen.
Betriebserfahrungen	Im Allgemeinen	Bei den 20 Verwaltungen, welche reines Mineralöl zum Schmieren der Lokomotiven verwenden, dieses gut bewährt und zur allgemeinen Einführung empfohlen; als am besten geeignet werden im Allgemeinen hoch entflammbare Mineralöle oder Fette bezeichnet. Die 16 Verwaltungen, welche mit Rüböl mischen, haben besonders mit diesen Mischungen gute Erfahrungen gemacht, die übrigen haben mit Mineralölzusatz keine guten Erfahrungen gemacht. Kosten der Mineralölschmierung 15–40% billiger als Rübölschmierung.
	Auf langen Gebirgstrecken	Die Verwaltungen, die reines Mineralöl verwenden, geben an, daß es sich anstandslos bewährt hat. Bei denjenigen, welche Mischungen mit Rüböl benutzen, ebenfalls keine Anstände zu bemerken.
	Bei Dampfspannungen von 12 Atmosphären und darüber	Bei denjenigen Verwaltungen, die reines Mineralöl verwenden, hat sich dieses bewährt; wo gemischte Schmierung benutzt wurde, mußte bei hohem Druck der Rübölzusatz erhöht werden.

Die Kaiserliche Marine verwendet für die Dampfzylinder Mineralöle, für die nicht unter Dampf gehenden Theile reine raffinierte Rüböle.

Nach Großmann werden die inneren Theile (Cylinder, Schieber u. s. w.) der Schiffsmaschinen allgemein mit hochsiedendem Mineralöl geschmiert. Bei den Dampfmaschinen der Binnenschiffe und der Flußdampfer wird für die äußeren Maschinentheile schon vielfach Mineralöl verwendet. Die Anforderungen für das letztere entsprechen zumeist dem für die kalten Theile der Lokomotive benutzten Del, nur kann der Flüssigkeitsgrad bei den Delen für Schiffsmaschinen etwas höher gewählt werden, weil diese in geschlossenen Räumen aufgestellt und weniger Wärmeschwankungen ausgesetzt sind. Die italienische Marine verwendet nur Ricinusöl; auch hier tritt Großmann für Benutzung raffinirter, sorgfältig geprüfter Mineralöle ein. Es sei an dieser Stelle auf eine Veröffentlichung Lobjy de Bruyns<sup>1)</sup>, des Direktors des Niederländischen Staats-Marinelaboratoriums, hingewiesen, welcher ebenfalls die Benutzung von Mineralölen auf transatlantischen Schiffen statt der bisherigen vielfachen Anwendung der theuren fetten Oele empfiehlt.

Die kalten Theile der stehenden Dampfmaschinen werden meistens mit raffinirtem Mineralöl geschmiert, und zwar werden hierzu gewöhnlich helle Oele angeboten. Großmann tritt für Benutzung der dunklen billigeren Oele ein und hält die klare Durchsicht für überflüssig. Kunze<sup>2)</sup> hingegen hat in seiner Maschinen-Praxis die entgegengesetzte Er-

<sup>1)</sup> „Chem. Ztg.“ 1893, 17, 1412.

<sup>2)</sup> „Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen“ 1894.



## 16.

## deutscher Bahnen mit Lokomotivschmierölen.

## Kalt gehende Lokomotivtheile.

11 von den 20 Verwaltungen, welche reines besseres Mineralöl für die unter Dampf gehenden Theile verwenden, benutzen dasselbe auch für die kalten Lokomotivtheile, 9 gebrauchen minderwerthiges Mineralöl. Von den 22 Verwaltungen, die Rüböl und Mineralöl gemischt für Cylinder und Schieber verwenden, benutzen 11 gewöhnliches Mineralöl, die übrigen ein Gemisch von Mineralöl mit Rüböl oder mit Talg, 4 stellen noch Versuche an.

Sowohl Mineralöle wie Mischungen von Mineralöl und Rüböl haben sich bewährt.

Desgl.

Desgl.

fahrung gemacht; er hält es für einen Vortheil der hellen Oele, daß man bei ihnen in den Schmiergefäßen u. s. w. alle Verunreinigungen leicht erkennen kann. Bei kleinen Dampfmaschinen soll nach Großmann der Flüssigkeitsgrad des Mineralöls bei 20° das 22,5- bis 37,5 fache, bei Maschinen mit schwer belasteten Lagern das 60 fache des Wassers von 20 C° betragen. Noch höher mit dem Flüssigkeitsgrade zu gehen, ist nicht vernunftgemäß, da zu dicke Oele bei geringem Wärmetausch ihren Flüssigkeitsgrad zu sehr ändern und den Gang der Maschine dadurch ungünstig beeinflussen. Für den Rältepunkt ist — 5 C° ausreichend. Für die Cylinder der stehenden Dampfmaschinen soll ebenfalls ein hochsiedendes Mineralöl benutzt werden. Bezüglich der Konsistenz bei Zimmerwärme und niedrigen Wärmegraden sind weniger strenge Anforderungen zu stellen als bei Lokomotivölen.

Für schwere Triebwerks-Wellen empfiehlt sich die Verwendung des gleichen Oeles wie für die äußeren Theile der Betriebsdampfmaschinen, und dasselbe Del ist auch bei leicht belasteten Hänge- und Mauerlagern anzuwenden. Bei großen Fabrikanlagen mit weit verzweigten Triebwerken ist die Verwendung desselben Oeles aus dem Grunde nicht rathsam, weil hierbei leicht ein merkbarer Verlust an nützlicher Arbeit eintreten kann. In manchen großen Fabriken, bei welchen sich nach Einführung von Mineralöl ein fühlbarer Mehrbedarf an Betriebskraft eingestellt hatte, dürfte dieser Uebelstand hauptsächlich auf die Wahl eines zu dickflüssigen Mineralöls zurückzuführen sein. Für den in Rede stehenden Zweck ist ein Del von der 19- bis 30 fachen Zähflüssigkeit des destillirten Wassers bei 20 C° zu empfehlen. „An dem erprobten Flüssigkeitsgrade muß aber strenge festgehalten

Tabelle 17.

Nachweisung des Verbrauchs an Rüböl bezw. Mineralöl für Lokomotiven und Wagen vom 1. April 1880 bis Ende Dezember 1892 bei der Königl. Eisenbahndirektion Berlin.

Staats- jahr	Leistungen		Verbrauch an			
	der	an Lokomotiv- bezw. Wagenachs- kilometern	Rüböl		Mineralöl	
			Menge kg	Kosten M.	Menge kg	Kosten M.
1880/81	Lokomotiven	10 990 618	203 964	113 164	—	—
	Wagen	438 832 540	33 832	17 533	10 210	5 156
1881/82	Lokomotiven	15 776 625	263 709	142 388	2 876	2 277
	Wagen	568 011 794	69 477	35 433	2 315	799
1882/83	Lokomotiven	18 075 152	269 558	160 575	24 852	14 005
	Wagen	647 977 235	54 734	34 248	20 000	5 360
1883/84	Lokomotiven	23 082 928	205 634	171 521	129 522	56 413
	Wagen	717 217 806	37 720	25 509	65 125	21 800
1884/85	Lokomotiven	24 366 923	177 646	99 217	168 588	56 581
	Wagen	748 591 645	3 454	1 900	110 587	24 467
1885/86	Lokomotiven	28 782 843	180 190	77 563	208 561	51 568
	Wagen	817 704 397	1 550	606	131 100	23 764
1886/87	Lokomotiven	29 443 008	183 175	75 026	234 877	59 840
	Wagen	853 279 354	909	311	144 854	36 213
1887/88	Lokomotiven	30 502 769	188 631	82 997	253 909	66 898
	Wagen	903 949 381	141	62	151 087	39 125
1888/89	Lokomotiven	32 338 837	204 279	99 059	282 420	66 257
	Wagen	978 462 694	321	156	171 115	39 356

Tabelle 17 (Fortsetzung).

Staats- jahr	Leistungen		Verbrauch an			
	der	an Lokomotiv- bezw. Wagenachs- Kilometern	Rüböl		Mineralöl	
			Menge kg	Kosten M.	Menge kg	Kosten M.
1889/90	Lokomotiven	36 213 639	237 744	140 269	323 700	80 238
	Wagen	1 112 681 323	548	323	198 614	47 799
1890/91	Lokomotiven	39 093 232	250 183	180 945	363 236	96 058
	Wagen	1 101 167 734	568	397	201 044	52 336
1891/92	Lokomotiven	41 894 041	261 992	163 147	397 289	107 268
	Wagen	1 141 954 979	475	296	234 691	63 366
1892 (v. I./IV. bis ult. Dezbr.)	Lokomotiven	31 938 413	220 036	121 019	363 374	87 209
	Wagen	867 207 000	361	198	193 412	46 419

werden, weil sonst die Vortheile leicht verloren gehen oder gar Nachtheile zum Vorschein kommen.“

„Bezüglich der Schmieröle für die Spindeln der Spinnereimaschinen läßt sich sagen, daß diese Öle so dünnflüssig sein sollen, als die Umstände es zulassen, und dieser Satz läßt sich auch für viele andere der Textilindustrie dienende Maschinen zur nützlichen Anwendung bringen. Wie weit mit dem Flüssigkeitsgrade des Schmieröls gegangen werden kann, damit es bei einer Maschine von bekannter Bauart die besten Dienste leistet, läßt sich nicht bestimmen, wenn die besonderen Verhältnisse nicht bekannt sind, unter welchen die Maschine arbeitet. Die Bequemlichkeit, nur eine oder zwei Ölsorten vorrätzig zu halten, wird der Fabrikleiter hier opfern müssen, denn die Bedingungen, unter welchen die zahlreichen Lager der Dampfmaschine, der Triebwerke, der Vorbereitungs- und Feinspinnmaschinen arbeiten, sind so unendlich verschieden, daß es einem vollständigen Verkennen dieser Bedingungen gleichkommen würde, wenn alle diese reibenden Theile mit ein und demselben Schmieröl geschmiert werden sollten. Der Erfolg tritt am raschesten dort zu Tage, wo es sich um eine große Anzahl gleichartiger Theile handelt, wie es bei den Spindeln der Fall ist. Neue und in gutem Zustande befindliche Spindeln können ein um so dünnflüssigeres Schmieröl vertragen, je größer ihre Umdrehungsgeschwindigkeit und je geringer die Bandspannung ist.“ Die Flüssigkeitsgrade einer Reihe in verschiedenen Spinnereien befindlicher Spindelöle liegen zwischen 6,0 und 12,0 bei 20 C° auf Wasser bezogen, jedoch können dünnflüssigere Öle noch bequem benutzt werden. Nach den Mittheilungen Groß-

manns hat bei einschlägigen Betriebsversuchen auf Spindelmaschinen reines Petroleum vom Flüssigkeitsgrad 1,2, bezogen auf Wasser, bezüglich seiner reibungsvermindernden Kraft völlig befriedigt, jedoch wegen seiner Feuergefährlichkeit weiter keine Anwendung gefunden. In Ergänzung dieser Angaben ist vielleicht darauf hinzuweisen, daß amerikanische und schottische Öle vom Flammpunkt 126—140 und der Viskosität 1,7 bis 2,1 auf Wasser bezogen, in den Handel gelangen, welche gewiß recht weitgehenden an den Flüssigkeitsgrad und die Entflammbarkeit zu stellenden Anforderungen entsprechen.

Daß nach den vorangehend entwickelten Anschauungen Großmanns dieser der allgemeinen Verwendung der konsistenten Fette zur Schmierung von Transmissionen u. wenig Vertrauen entgegenbringt, ist nicht zu verwundern, zumal ihm direkt ungünstige Betriebserfahrungen mit konsistenten Fetten bekannt geworden sind.<sup>1)</sup> Die Ergebnisse der Versuche mit konsistenten Fetten bei den Lokomotiven haben nicht befriedigt, und es ist Großmann kein Fall bekannt geworden, wo eine Verwaltung die Versuche auf eine größere Zahl von Lokomotiven ausgedehnt hätte. Dagegen ist das konsistente Fett ein bequemes Aushilfsmittel für besondere Fälle, z. B. bei den Leerscheiben der Triebwerke, ferner bei schwer belasteten Kreuzkopf- und Kurbelzapfen, bei gewissen schnell laufenden Maschinen, wo die flüssige Schmiere leicht verschleudert wird und überall, wo die Zuführung und Erhaltung des Schmieröls auf den Gleitflächen mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

### F. Schlußbetrachtungen.

Zieht man einen Vergleich zwischen den oben mitgetheilten Ergebnissen der Schmieröluntersuchungen und den in den letzten Jahren in der Praxis gemachten Betriebserfahrungen, so zeigt sich insofern eine gewisse Uebereinstimmung in den Schlußfolgerungen, als auf beiden Gebieten eine Reihe von Umständen zu Gunsten einer thunlichst ausgiebigen Verwendung von Mineralölschmierölen sprechen. Hervorzuheben sind besonders die wesentlich billigeren Kosten, welche sich nach dem Urtheil einer Reihe von Eisenbahnverwaltungen mit der Einführung der Mineralölschmierung haben erzielen lassen. Andererseits darf nicht verkannt werden, daß den fetten Ölen, wie rohem und raffiniertem Rüböl, insbesondere dem rohen Rüböl in der Beimischung zu billigeren Mineralölen ein großes Verwendungsgebiet offen steht. In welchem Maße hier die fetten Öle verdrängt werden, dürfte in erster Linie davon abhängen, inwieweit die theureren und besseren Mineralöle im Preise herabgehen. Einzelne Arten von fetten Ölen, wie die recht beständigen Spermacetiöle, nicht zu saure Olivenöle u. werden auch in reinem Zustande, insbesondere theuren Mineralölen gegenüber, noch eine ausgedehnte Verwendung finden, wenn nicht die beständig vor sich gehenden Fortschritte in der Fabrikation der Mineralöle noch weitere einschneidende Erfolge hinsichtlich ihres Preises und der Qualität der Öle erzielen lassen.

Für die Versuchs-Anstalt ergibt sich aus dem vorstehenden Bericht eine Reihe von praktischen Aufgaben, deren experimentelle Behandlung von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Beurtheilung der Schmiermittelfrage sein dürfte. Die Anstalt wird daher, soweit ihr die Mittel für das Eingehen auf die vorliegenden Fragen zur Verfügung stehen, bei ihren späteren Untersuchungen auch die angeregten Aufgaben in den Kreis ihrer Thätigkeit ziehen.

<sup>1)</sup> „C. J. H. Woodbury, Measurements of the Friction of Lubricating Oils New-York“ 1885.

## G. Anhang.

## Vorschriften über Bestimmungen des Flüssigkeitsgrades mit dem Engler'schen Viskosimeter.

### I. Die vorgeschriebenen Abmessungen des Apparates:

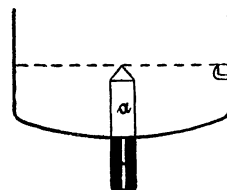
(sind nur bei der Einlieferung des Apparates und etwaigen Störungen zu kontrollieren)

- a. Rohrweite oben 2,90, unten 2,80 mm ( $\pm 0,01$  mm Fehlergrenze),
- b. Rohrlänge 20 mm ( $\pm 0,1$  mm Fehlergrenze),
- c. Höhe der Markenspitzen über der oberen Ausflußöffnung 32 mm ( $\pm 0,3$  mm Fehlergrenze),
- d. Weite des Gefäßes 106 mm ( $\pm 1$  mm Fehlergrenze),
- e. Höhe des zylindrischen Theiles des Gefäßes 24 mm ( $\pm 1$  mm Fehlergrenze),
- f. Inhalt bis zu den Markenspitzen 240 ccm ( $\pm 4$  ccm Fehlergrenze),
- g. Die Meßkolben müssen bei 200 und 240 ccm je eine Marke haben,
- h. Das Viskosimeter-Gefäß muß innen stark vergoldet sein, das Ausflußröhrchen muß aus Platin bestehen und glatte Innenwand zeigen.

### II. Die Kontrolle der Abmessungen.

Die Kontrolle der wichtigeren vorstehenden Abmessungen und Einrichtung geschieht in folgender Weise:

- a. Röhrchenweite mittelst Meßkegel vom Mechaniker Behm in Karlsruhe, ebenso
- b. Rohrlänge, nachdem die Fehler des Meßinstrumentes festgestellt worden sind.
- c. Die Höhe der Markenspitzen wird kontrollirt, indem man nach nebenstehender Skizze mit dem aus Messing bestehenden Normalstift *a* das Ausflußröhrchen verschließt, bis zu den Spitzen Wasser in den Apparat einfüllt und die Differenz zwischen dem Niveau des Wassers bei Einfüllung bis zu den Markenspitzen und bis zur Spitze des Stiftes durch Zufüllen oder Abfüllen von Wasser feststellt. Aus dem zu- oder abgefüllten Volumen läßt sich die Höhendifferenz berechnen.
- d. Wird mit gewöhnlichem Taßzirkel oben und unten bestimmt.



Die Ergebnisse der Messungen sind in ein zur Niederschreibung der Mischungs-ergebnisse der Engler'schen Apparate angelegtes Protokoll einzutragen, in welches auch die weiterhin beschriebenen Versuche zur Kontrolle der Ausflußzeit von Wasser und Delem einzutragen sind.

### III. Die Kontrolle des Apparates durch Bestimmung der Ausflußzeiten von Wasser und Delem:

Bei Einlieferung des Apparates werden die in nachstehender Weise bestimmten Ausflußzeiten eines dickflüssigen Mineralöles und von Wasser mit den Ausflußzeiten auf dem Normalapparat verglichen.<sup>1)</sup> Nachdem dies geschehen und hierbei nicht größere Differenzen als  $\pm 1,0$  % gegenüber dem Normalapparat bei den gleichen Flüssigkeiten gefunden wurden, wird die Mischung mit destillirtem Wasser wenigstens alle 2 Monate in folgender Weise wiederholt:

<sup>1)</sup> Die Vergleichung der Ausflußzeit eines Deles auf dem eingelieferten Apparat ist bei der neuerdings erzielten Genauigkeit der Mischung mit Wasser nicht mehr durchaus nothwendig, sie giebt immerhin eine zusammenfassende Kontrolle für die Zuverlässigkeit des Apparates und die Richtigkeit der vorgenommenen Messungen zc.

### a. Mischung mit Wasser.

Der Apparat wird zunächst mit Alkohol und Aether und einer Gänsefeder gereinigt, bis keine Spur einer Verunreinigung, weder im Gefäß noch im Ausflußröhrchen mehr zu beobachten ist. Alsdann wird nach Einfügung eines absolut reinen, vorher nie mit Del benetzten Verschlusstiftes sorgfältig filtrirtes destillirtes Wasser von annähernd 20 C° in den Apparat genau bis zu den Markenspitzen (am bequemsten durch Einmessung mittelst Meßkolbens) gebracht und durch Regelung der Badwärme auf genau 20 C° erhalten. Als Badflüssigkeit wählt man reines ungefärbtes Leitungswasser. Hierauf wird der Stift gelüftet, bis das ganze Wasser ausgeflossen ist. Letzteres wird sofort wieder in das Gefäß zurückgegossen, worauf die Wärme nochmals geregelt wird. Dann läßt man nach wiederholter Lüftung des Stiftes einige ccm (5—10) Wasser ausfließen, giebt sie sofort in den Apparat zurück, füllt nach Herausnahme des Thermometers durch kurzes schwaches Lüften des Stiftes das Ausflußröhrchen so weit mit Wasser, daß unten ein Tropfen hängt, und bestimmt alsdann nach völliger Beruhigung der Wasseroberfläche unter gänzlicher Lüftung des Stiftes die Ausflußzeit von 200 ccm Wasser. Den Versuch wiederholt man mehrfach in gleicher Weise, indem man stets vorher zweimal, wie beschrieben, durch Lüftung des Stiftes wenig Wasser ausfließen läßt, in das Gefäß zurückgießt und das Röhrchen nochmals mit Wasser füllt. Sobald wenigstens 3 bis auf höchstens 0,4 sec. abweichende Ergebnisse vorliegen und die Werthe nicht in fortschreitender Abnahme begriffen sind, kann die Versuchsreihe abgeschlossen werden. Dieselben Versuchsreihen werden nach jedesmaliger vorhergehender Reinigung des Apparates solange wiederholt, bis ein völliges Gleichwerden der Ausflußzeit des Wassers eintritt. Dies wird in den überaus meisten Fällen, wenn die erste Reinigung sehr sorgfältig war, schon bei der ersten Wiederholungsreihe geschehen.

Zur Bildung des Mittelwerthes der Ausflußzeit werden die letzten bis auf höchstens 0,4 sec. unter einander abweichenden 3 Werthe der letzten Versuchsreihe verwendet.

### b. Mischung mit Delen.

Die Versuchsausführung geschieht wie bei den unter IV beschriebenen Versuchen bei Zimmertwärme.

## IV. Bestimmung des Flüssigkeitsgrades.

### A. Einfaches Viskosimeter zur Prüfung eines Deles.

#### a. Einfüllung des Deles.

Nach sorgfältiger Reinigung des Apparates und Einfügung des Verschlusstiftes wird das Del genau bis zu den Spitzen eingefüllt, nachdem man sich über deren Stellung zum Delniveau bei der normalen der Auffüllhöhe von 52 mm entsprechenden Auffüllmenge vorher vergewissert hat. Beim Einfüllen des Deles für Versuche bei höheren Wärmegraden ist auf die Volumenausdehnung Rücksicht zu nehmen. Bei je 10 C° Erwärmung dehnen sich 240 ccm Del um 1,7 ccm aus.

#### b. Regelung der Wärme vor dem Ausfließen des Deles.

Vor Einfüllung des Deles ist das Bad auf eine Wärme zu bringen, welche unter Berücksichtigung der ursprünglichen Wärme des Deles und der Zimmertwärme am ehesten einen Ausgleich bis auf die gewünschte Versuchswärme verspricht. Dieser Ausgleich wird durch Rühren des Deles und des Wassers im Bade mit Thermometern unterstützt. Je nachdem noch eine direkte unbehinderte Einwirkung der äußeren Luft auf die Oberfläche

des Deles zur Regelung der Wärme erforderlich erscheint, wird der Deckel gelüftet oder nicht. Bei dem Rühren mit dem Thermometer ist darauf zu achten, daß das Instrument nicht zu sehr die Bodenfläche des Gefäßes schleift.

### c. Das Ausfließenlassen des Deles.

Nachdem so die Wärme des Deles schließlich gleichbleibend geworden ist, sorgt man für Abschluß des Apparates durch den Deckel, beläßt das in der Deckelöffnung befestigte Thermometer im Del, setzt den Meßkolben unter die Ausflußöffnung und lüftet nunmehr den Verschlusstift unter gleichzeitiger Beobachtung einer genauen Uhr. Das Del muß frei in den Kolben hineinfließen, darf also nicht an dessen Wandungen entlang laufen. Während des Ausfließens des Deles sorgt man entweder durch geeignetes kürzeres oder längeres Erwärmen mit dem Kranzbrenner oder durch Hinzufügung von kaltem Wasser zum Bade für Gleichbleiben der Wärme im Del. Ist die Bestimmung bei 20 C° auszuführen, so wird man bei wesentlich höherer Zimmerwärme die Badwärme meist ein wenig niedriger zu halten suchen, um den erwärmenden Einfluß der Zimmerluft aufzuheben. Bei tieferer Zimmerwärme wird man umgekehrt verfahren. 0,05 bis 0,15 Grad ständige Differenz der Badwärme gegenüber der Delwärme sind hier je nach der Höhe der Zimmerwärme zulässig. Ganz kurze Zeit kann die Badwärme auch um größere Beträge nach oben und unten schwanken.

Bei höheren Versuchswärmegraden hält man die Wärme des Bades überhaupt stets einige Zehntel, bei 30 etwa 0,2, bei 40 etwa 0,4, bei 50 etwa 0,6 Grad höher, als es der Versuchswärme entspricht. Dieser Unterschied steigert sich bis auf etwa 4—5 Grad bei 150°, wobei natürlich außen Delbad benutzt wird.

Sobald das ausfließende Del die Marke 200 ccm am Meßkolben erreicht hat, wird die Ausflußzeit an der Uhr abgelesen. Man läßt schließlich völlig auslaufen, indem man inzwischen schon für den etwaigen nächsten bei einem höheren Wärmegrade auszuführenden Versuch das Bad höher erwärmt. Nachdem das Del aus dem Apparat ausgelaufen ist, stellt man unter schätzungsweise Hinzuziehung der im Apparat zurückgebliebenen Delmenge durch Kontrollirung der ausgeflossenen Delmenge den Auffüllungsfehler gegenüber der normalen Auffüllungsmenge fest. Hierbei ist noch auf die Veränderung des Volumens Rücksicht zu nehmen, welche das ausfließende Del etwa durch Abkühlung erlitten hat. Man bringt alsdann eine Korrektur für die Zeit an, welche auf je 5 min. Ausflußzeit für 1 ccm Auffüllungsfehler  $\pm 1$  sec. beträgt.<sup>1)</sup>

Ist die Bestimmung nur bei einem oder zwei Wärmegraden gewünscht, so werden für jeden Grad je zwei Bestimmungen ausgeführt, aus welchen das Mittel gebildet wird. Sonst werden zwischen 20 und 50 C° wenigstens 5, zwischen 20 und 150 C° wenigstens 8 Bestimmungen bei geeigneten Punkten ausgeführt, deren Ergebnisse zu einer Schaulinie vereinigt werden, aus welcher die Ausflußzeiten für die gewünschten Wärmegrade entnommen werden können. Durch Division des Wasserwerthes des Apparates in die Ausflußzeit des Deles erhält man alsdann die Flüssigkeitsgrade.

<sup>1)</sup> Bei Apparaten mit sauber gearbeiteten Einfüllspitzen kann man es bei einiger Uebung erreichen, daß die eingefüllte Delmenge nur mit einem Maximalfehler von  $\pm 2$  ccm gegenüber der vorgeschriebenen Auffüllung behaftet ist. Unter dieser Bedingung kann man von der Anbringung der Zeit-Korrektur für die Auffüllung absehen, weil die entstandenen Fehler zu gering sind. In anderen Fällen ist aber die Berücksichtigung der oben gekennzeichneten Korrektur nothwendig.

## d. Versuche unter Anwendung eines Delbades.

Für Wärmegrade von 80—150° wird außen ein Bad von einem sehr hoch entflammaren Mineralöl benutzt. Sonst wird in derselben Weise, wie unter A entwickelt, gearbeitet. (Doch siehe Fußnote 1 im Text S. 3.)

## B. 4faches Viskosimeter zur gleichzeitigen Prüfung von 4 Oelen.

Hier wird auch ähnlich, wie unter A entwickelt, gearbeitet, nur werden, wegen vorläufigen Mangels an Einfüllungsstippen, die Oelmengen aus den Meßkolben unter Berücksichtigung der in letzteren zurückbleibenden Oelmengen eingefüllt. Die Badwärme wird durch Zufließenlassen von kaltem Wasser oder vorsichtiges Erwärmen mittelst Einbrenner, welcher unter die Mitte des Bodens des Apparates gestellt wird, geregelt. Das im Bade angebrachte Schaufelrad muß hierbei beständig durch die Turbine gedreht werden. Man bringt die Oele unmittelbar nach einander in die 4 Apparate und läßt sie gleichzeitig nebeneinander fließen, nachdem man hintereinander unter Aufzeichnung der Anfangszeiten die Verschlussstifte geöffnet hat. Hat man in diesem Apparat eine größere Reihe von Oelen zu untersuchen, so sind zur gleichzeitigen Prüfung natürlich am zweckmäßigsten diejenigen zu verwenden, deren Konsistenz der äußeren Erscheinung nach am wenigsten verschieden ist, da der Vortheil der Zeitausnutzung des Apparates dann am größten ist.

Der Apparat wird nur für Prüfungen zwischen 20 und 100° benutzt. Für Versuche bei 100 C° wird auf eine Tülle des äußeren Gefäßes ein Dephlegmatorrohr aufgesetzt und das mäßig hoch aufgefüllte Wasser zum Kochen erhitzt.

## Berichtigung.

- Es ist zu lesen S. 16, Zeile 4 von oben: X statt 710.  
 „ S. 17, Zeile 11 von oben: „im Anhang“ statt „in der Anlage 1“.  
 „ S. 32, Zeile 5 und 6 der Fußnote: „Kalkseife“ statt „Kalkseife“.