

# WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE U. FACHARBEITER  
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. H. HAAKE VDI

Jedes Heft 50—70 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen

Preis: RM 2.— oder, wenn vor dem 1. Juli 1931 erschienen, RM 1.80 (10% Notnachlaß)

Bei Bezug von wenigstens 25 beliebigen Heften je RM 1.50

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstatttechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen. Die Werkstattbücher stehen wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe, sind dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich, so daß alle im Betrieb und auch im Büro Tätigen, vom vorwärtstrebenden Facharbeiter bis zum leitenden Ingenieur, Nutzen aus ihnen ziehen können. Indem die Sammlung so den einzelnen zu fördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

## Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten

### **I. Werkstoffe, Hilfsstoffe, Hilfsverfahren**

	Heft
Das Gußeisen. 2. Aufl. Von Chr. Gilles . . . . .	19
Einwandfreier Formguß. 2. Aufl. Von E. Kothny . . . . .	30
Stahl- und Temperguß. 2. Aufl. Von E. Kothny . . . . .	24
Die Baustähle für den Maschinen- und Fahrzeugbau. Von K. Krekeler . . . . .	75
Die Werkzeugstähle. Von H. Herbers . . . . .	50
Nichteisenmetalle I (Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß). 2. Aufl. Von R. Hinzmann . . . . .	45
Nichteisenmetalle II (Leichtmetalle). 2. Aufl. Von R. Hinzmann . . . . .	53
Härten und Vergüten des Stahles. 5. Aufl. Von H. Herbers. (Im Druck) . . . . .	7
Die Praxis der Warmbehandlung des Stahles. 5. Aufl. Von P. Klostermann. (Im Druck) . . . . .	8
Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. Von O. Wundram . . . . .	69
Brennhärten. 2. Aufl. Von H. W. Grönegreß. (Im Druck) . . . . .	89
Die Brennstoffe. Von E. Kothny . . . . .	32
Öl im Betrieb. 2. Aufl. Von K. Krekeler . . . . .	48
Farbspritzen. Von R. Klose . . . . .	49
Rezepte für die Werkstatt. 4. Aufl. Von F. Spitzer . . . . .	9
Furniere — Sperrholz — Schichtholz I. Von J. Bittner . . . . .	76
Furniere — Sperrholz — Schichtholz II. Von L. Klotz . . . . .	77

### **II. Spangebende Formung**

Die Zerspanbarkeit der Werkstoffe. 2. Aufl. Von K. Krekeler . . . . .	61
Hartmetalle in der Werkstatt. Von F. W. Leier . . . . .	62
Gewindeschneiden. 3. Aufl. Von O. M. Müller . . . . .	1
Wechselräderberechnung für Drehbänke. 5. Aufl. Von E. Mayer. (Im Druck) . . . . .	4
Bohren. 3. Aufl. Von J. Dinnebier . . . . .	15
Senken und Reiben. 3. Aufl. Von J. Dinnebier. (Im Druck) . . . . .	16
Innenräumen. 2. Aufl. Von L. Knoll . . . . .	26
Außenräumen. Von A. Schatz . . . . .	80
Das Sägen der Metalle. Von H. Hollaender . . . . .	40
Die Fräser. 3. Aufl. Von E. Brödner . . . . .	22
Das Fräsen. Von Dipl.-Ing. H. H. Klein . . . . .	88
Das Einrichten von Automaten I (Die Automaten System Spencer und Brown & Sharpe). Von K. Sachse. (Vergriffen) . . . . .	21
Das Einrichten von Automaten II (Die Automaten System Gridley [Einspindel] und Cleveland und die Offenbacher Automaten). Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil . . . . .	23
Das Einrichten von Automaten III (Die Mehrspindel-Automaten, Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe). Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil . . . . .	27
Das Einrichten von Halbautomaten. Von J. v. Himbergen, A. Bleckmann, A. Wassmuth . . . . .	36
Die wirtschaftliche Verwendung von Einspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg . . . . .	81
Die wirtschaftliche Verwendung von Mehrspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg . . . . .	71
Werkzeugeinrichtungen auf Einspindelautomaten. Von F. Petzoldt . . . . .	83
Maschinen und Werkzeuge für die spangebende Holzbearbeitung. Von H. Wichmann . . . . .	78

### **III. Spanlose Formung**

Freiformschmiede I (Grundlagen, Werkstoff der Schmiede, Technologie des Schmiedens). 3. Aufl. Von F. W. Duesing und A. Stodt. (Im Druck) . . . . .	11
Freiformschmiede II (Schmiedebeispiele). 2. Aufl. Von B. Preuss und A. Stodt . . . . .	12
Freiformschmiede III (Einrichtung und Werkzeuge der Schmiede). 2. Aufl. Von A. Stodt . . . . .	56

(Fortsetzung 3. Umschlagseite)

**WERKSTATTBÜCHER**  
FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE UND FACH-  
ARBEITER. HERAUSGEBER DR.-ING. H. HAAKE VDI

HEFT 48

# Öl im Betrieb

Von

**Dr.-Ing. habil Karl Krekeler VDI**

a. pl. Professor an der Technischen Hochschule Aachen

Zweite, verbesserte Auflage

(7. bis 12. Tausend)

Mit 46 Abbildungen im Text



**Berlin**  
**Springer-Verlag**  
1943

ISBN 978-3-642-98472-3  
DOI 10.1007/978-3-642-99286-5

ISBN 978-3-642-99286-5 (eBook)

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	3
<b>I. Einteilung der Öle und Fette . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>A. Erdöle . . . . .</b>	<b>3</b>
1. Allgemeines S. 3. — 2. Verarbeitung des Erdöles S. 3. — 3. Erzeugnisse der Verarbeitung und ihre Verwendung S. 6.	
<b>B. Pflanzliche und tierische Öle und Fette . . . . .</b>	<b>7</b>
4. Pflanzliche Öle S. 7 — 5. Tierische Öle S. 8. — 6. Pflanzliche und tierische Fette S. 9.	
<b>C. Zusammengesetzte Öle und Öle mit Zusätzen . . . . .</b>	<b>9</b>
7. Mischöle S. 9. — 8. Gefettete Öle S. 9. — 9. Elektrisch behandelte Öle S. 9. — 10. Öle mit Zusätzen (legierte Öle) S. 10. — 11. Graphitschmiermittel S. 10.	
<b>D. Maschinenfette . . . . .</b>	<b>11</b>
12. Kalkverseifte Fette S. 11. — 13. Natronverseifte Fette S. 11. — 14. Sonderfette S. 11. — 15. Vaseline (Petrolatum) S. 11.	
<b>E. Schmierstoffemulsionen und emulgierbare Schmierstoffe . . . . .</b>	<b>11</b>
16. Emulsionsöle S. 11. — 17. Emulsionsfette S. 12. — 18. Emulgierbare Öle und Fette (a) Bohröle, b) Bohrfette) S. 12.	
<b>II. Prüfung und Untersuchung der Schmierstoffe . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>A. Untersuchung der Öle . . . . .</b>	<b>13</b>
19. Probenentnahme S. 13. — 20. Prüfung der äußeren Beschaffenheit und Farbe S. 13. — 21. Wichte (Spezifisches Gewicht) S. 13. — 22. Zähflüssigkeit (Viskosität) S. 13. — 23. Stockpunkt S. 15. — 24. Flammpunkt S. 15. — 25. Neutralisationszahl (Nz) S. 15. — 26. Verseifungszahl (Vz) S. 15. — 27. Aschengehalt S. 16.	
<b>B. Untersuchung der Fette . . . . .</b>	<b>16</b>
28. Konsistenz S. 16. — 29. Tropfpunkt S. 16.	
<b>III. Schmierung der Maschinen im Betrieb . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>A. Wirkungsweise des Schmierstoffes und Regeln für die Auswahl . . . . .</b>	<b>17</b>
30. Arten der Reibung S. 17. — 31. Bewegung und Reibung im Maschinenbau S. 17.	
<b>B. Schmiervorrichtungen . . . . .</b>	<b>21</b>
32. Zufuhr von Hand S. 21. — 33. Selbsttätige Schmierung S. 22. — 34. Schmierung der Zahnrad- und Schneckengetriebe S. 25. — 35. Schmierung der Wälzlager S. 25. — 36. Flüssigkeitsgetriebe für Arbeitsmaschinen S. 27. — 37. Schmierung sonstiger Maschinen S. 28.	
<b>C. Schmierstoffverbrauch . . . . .</b>	<b>28</b>
38. Erfassung des Verbrauchs S. 28. — 39. Größe des Verbrauchs S. 29.	
<b>IV. Bearbeitungsöle . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>A. Kühlen und Schmieren . . . . .</b>	<b>29</b>
40. Bedeutung S. 29. — 41. Leistungssteigerung S. 30. — 42. Einteilung S. 30.	
<b>B. Schneidöle . . . . .</b>	<b>30</b>
43. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen S. 30. — 44. Besondere Anwendungsgebiete: Zerspannung von Bronze, Rotguß, Messing und Kupfer S. 32.	
<b>C. Bohröle . . . . .</b>	<b>34</b>
45. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen S. 34. — 46. Besondere Anwendungsgebiete: Temperguß- und Gußeisenbearbeitung S. 36.	
<b>D. Öle für die spanlose Formung . . . . .</b>	<b>38</b>
47. Öle statt Fett S. 38. — 48. Schmierstoffe zum Ziehen S. 39.	
<b>E. Erfahrungen über Leistungssteigerungen bei Anwendung eines Kühlmittels . . . . .</b>	<b>39</b>
49. Art des Gewinns durch Kühlmittel S. 39. — 50. Gewinn bei einzelnen Arten der Bearbeitung S. 39. — 51. Zusammenstellung der für die verschiedenen Arbeitsverfahren und Werkstoffe zu verwendenden Kühl- und Schmierstoffe S. 41.	
<b>F. Versorgung der Werkzeugmaschinen mit Kühlflüssigkeit . . . . .</b>	<b>41</b>
52. Einzel-, Gruppen- und Zentralversorgung S. 43. — 53. Pumpen für die Kühlflüssigkeit S. 43. — 54. Zuführung der Flüssigkeit an der Bearbeitungsstelle S. 44. — 55. Veränderlichkeit der Kühlmittelmenge S. 45. — 56. Bestimmung der richtigen Kühlmittelmenge S. 46.	
<b>G. Wiedergewinnung des Öles und Reinigung der Werkstücke . . . . .</b>	<b>47</b>
57. Wiedergewinnung durch mechanische Trennung S. 47. — 58. Wiedergewinnung und Reinigung durch chemische Verfahren S. 48.	
<b>V. Öle für die Härterei . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>A. Allgemeines . . . . .</b>	<b>49</b>
59. Wechsel in der Ansicht S. 49. — 60. Einteilung S. 49.	
<b>B. Härteöle . . . . .</b>	<b>49</b>
61. Gewöhnliche Härteöle S. 49. — 62. Blankhärteöle S. 51.	
<b>C. Anlaßöle . . . . .</b>	<b>52</b>
63. Anforderungen S. 52. — 64. Auswahl S. 53.	
<b>D. Öle zum Schwärzen von Schrauben und sonstigen Teilen . . . . .</b>	<b>53</b>
65. Zweck der Öle S. 53. — 66. Anwendung der Öle S. 53. — 67. Auswahl der Öle S. 53.	
<b>E. Öle zur Verwendung in Rückkühlanlagen . . . . .</b>	<b>53</b>
68. Rückkühlöle und ihre Arbeitsweise S. 53. — 69. Anforderungen an die Öle S. 54.	
<b>VI. Ölpflege im Betrieb . . . . .</b>	<b>54</b>

---

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

## Vorwort.

Bei allen Maschinenanlagen, in denen durch Reibung Betriebsschwierigkeiten, Energieverluste und Verschleiß eintreten können, ist die Schmierstofffrage so wichtig, daß ihr immer mehr Beachtung geschenkt wird. Deshalb wurde keine Mühe gescheut, dieses bereits in erster Auflage<sup>1</sup> freundlich aufgenommene Büchlein, auf den heutigen Stand der Erfahrungen verbessert und erweitert, trotz Mangel an Zeit neu herauszubringen. Der Verfasser ist neben den Fachfirmen insbesondere den Herren Chef-Ing. ERICH THELSEN, Dipl.-Ing. PAUL BEUERLEIN und Regierungsbaumeister NESTOR KUCKHOFF für ihre freundliche Beratung und Unterstützung zu Dank verpflichtet. Möge diese zweite Auflage dem Konstrukteur und dem Betriebsmann ein treuer Helfer sein.

## I. Einteilung der Öle und Fette.

### A. Erdöle.

1. Allgemeines. Nach der Theorie von ENGLER-HÖFER, die vor allen anderen die größere Wahrscheinlichkeit für sich hat, ist das Erdöl durch Druckdestillation aus ungeheuren Massen tierischer und pflanzlicher Stoffe des Meeres entstanden. Es ist in Sandsteinschichten eingelagert, die meist durch Bohrungen erschlossen werden. In Deutschland sind erdölführende Schichten durchweg an sog. Salzstöcke gebunden. Die Bohrtiefe ist sehr verschieden und reicht im Reich bis zu etwa 1500 m, im Auslande (Amerika) bis zu etwa 3000 m. Nicht produzierende Bohrungen sind im In- und Auslande bis über 3500 m durchgeführt. Bei einem Springer tritt das Öl durch eigenen Gasdruck selbsttätig zutage. Ist dieser zu schwach, wird es gepumpt und nötigenfalls durch ein zweites Bohrloch Gas in die erdölführende Sandsteinschicht eingedrückt, das dann das Öl in Bläschen durch die Steinschicht an das Saugrohr führt (Abb. 1).

Deutschland war 1938 mit 0,16% an der Welterzeugung beteiligt<sup>2</sup>.

Das Roh- oder Erdöl ist eine mehr oder minder zähflüssige Masse von hellgelber bis schwarzer Farbe. Häufig treten gleichzeitig noch Sand und Salzwasser mit zutage. Erdöle (Kohlenwasserstoffe) verschiedener Lagerstätten (die an sich sehr begrenzt sind) sind auch in ihrer Zusammensetzung sehr unterschiedlich. Hierauf muß bei der Zerlegung (Destillation) Rücksicht genommen werden.

2. Verarbeitung des Erdöles. Der erste Verarbeitungsgang des Rohöles besteht darin, daß in großen Sammelbehältern Sand und Wasser durch einfaches Absetzen in der Wärme abgeschieden werden. Nur in den seltensten Fällen wird dieses vorgereinigte Rohöl unmittelbar als Heizöl verfeuert oder als Treiböl für Ölmotoren benutzt. Für alle anderen Zwecke muß es einer ganzen Reihe von Verarbeitungsgängen unterworfen werden.

Der Chemiker bezeichnet das Erdöl als ein Gemisch verschieden hoch siedender Kohlenwasserstoffe. Der Anteil dieser Kohlenwasserstoffe beträgt etwa 95...98%; der Rest besteht zur Hauptsache aus Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen.

<sup>1</sup> Die erste Auflage erschien 1932.

<sup>2</sup> Vgl. SHELL-Taschenbuch für Werkstatt und Betrieb, S. 71. Leipzig 1939.

Der neuzeitliche Verarbeitungsgang eines Rohöles ist in Abb. 2 und 3 schematisch dargestellt, wobei ausdrücklich darauf hingewiesen werden muß, daß hier nur eine von vielen Möglichkeiten angegeben ist.

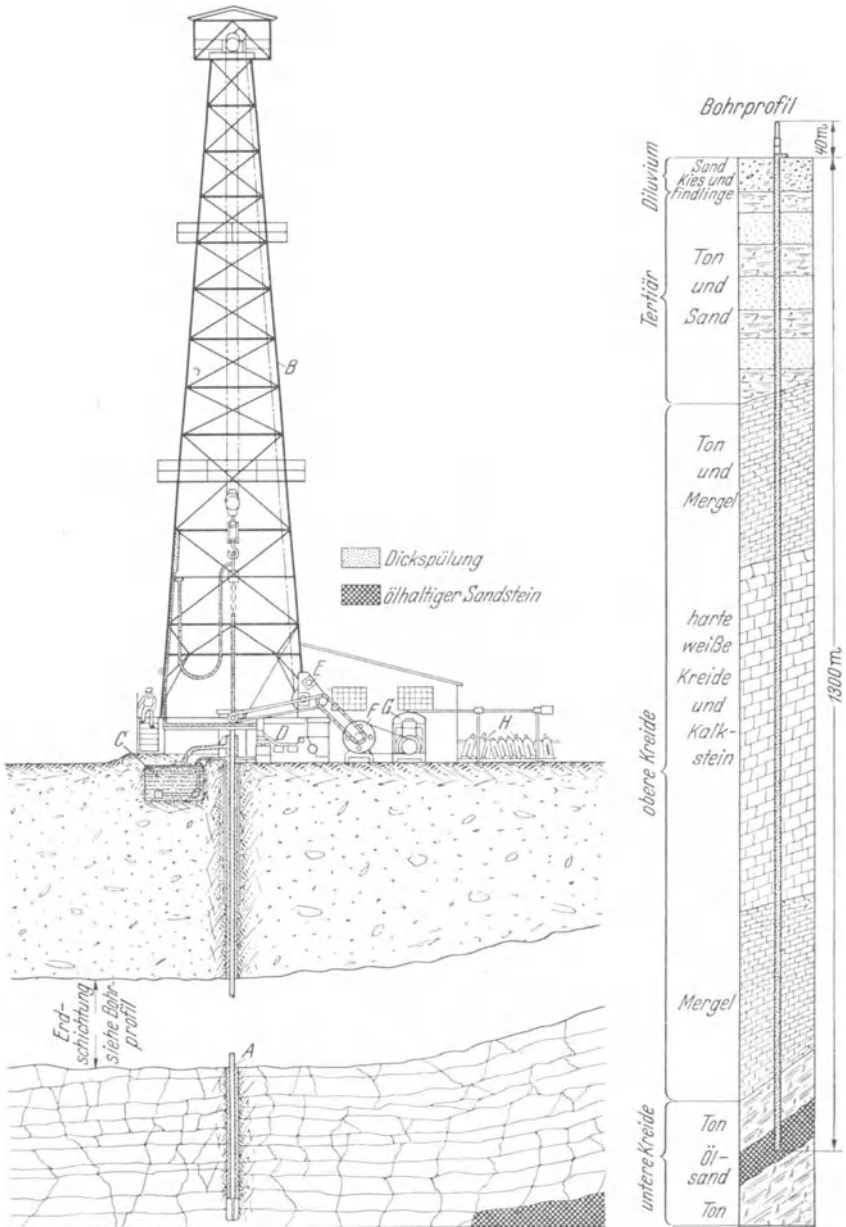


Abb. 1. Erdöl-Bohranlage.

Die erste Verarbeitungsstufe ist die Destillation. Hierunter versteht man die Trennung von Flüssigkeitsgemischen mit verschiedenen Siedepunkten durch Erhitzungen bei verschiedenen hohen Temperaturen und Kondensation des bei

den einzelnen Temperaturstufen übergehenden Flüssigkeitsdampfes (fraktionierte Destillation, älteres Verfahren) oder die Erwärmung des Gemisches auf eine bestimmte Temperatur und Kondensation bei verschiedenen Temperaturen (fraktionierte Kondensation, neueres Verfahren, vgl. Abb. 2).

Die Destillation kann, wie hier dargestellt, mehrfach unterteilt werden, z. B. in Topdestillation, das ist das Abziehen leichter Fraktionen, wie etwa Benzin, in Primärdestillation, das ist das Gewinnen der hauptsächlichsten Fraktionen, und in Redestillation, das ist das Einengen gewisser Fraktionen. Der verbleibende Rückstand kann durch Kracken (Aufspalten durch Anwendung hoher Temperaturen) in leicht siedende Fraktionen überführt werden.

Bei der bisher beschriebenen Behandlung des Öles handelt es sich um einen physikalischen Vorgang zur Trennung der einzelnen Fraktionen. Diese

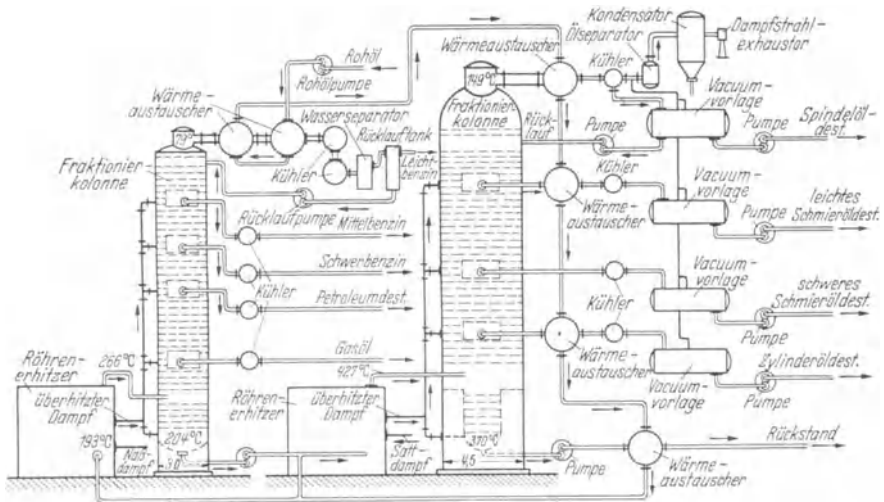


Abb. 2. Schematische Darstellung einer zweistufigen Röhrendestillation mit zwei Fraktioniertürmen.

Öle sind jedoch für viele Verwendungszwecke noch nicht rein genug und haben auch noch nicht die notwendige Beständigkeit gegenüber Betriebseinflüssen. Sie müssen daher noch chemisch behandelt, raffiniert, werden. In dieser Verarbeitungsstufe werden dem Destillat Stoffe, wie beispielsweise Schwefel-, Stickstoff- und Sauerstoffverbindungen und asphaltartige Bestandteile, entzogen, die für den Schmiervorgang oder einen anderen Verwendungszweck der Öle unerwünscht sind.

Raffinieren kann man durch Mischen des Destillats mit rauchender Schwefelsäure (älteres Verfahren), die die chemisch leichter angreifbaren Bestandteile in Säureharz oder -teer überführt, oder durch Anwendung von Lösungsmitteln (neueres Verfahren), die eine Trennung der unerwünschten Bestandteile (ungesättigte Kohlenwasserstoffverbindungen) von den wertvollen Stoffen herbeiführen (Abb. 3). Bei der Säurebehandlung ist eine nachfolgende Neutralisation durch Lauge und Auswaschen der Lauge mit Wasser erforderlich. Destillate mit geringen Anteilen an unerwünschten Stoffen werden unter Umständen nur einer Bleicherdebehandlung unterzogen, die auch als Nachraffination Verwendung findet. Als Bleicherde dienen Floridin, Fullererde, Tonsil, Silikagel, Knochenkohle usw. Durch Filterpressen wird das Öl von der Erde befreit.

Das Raffinat enthält noch das das Fließvermögen der Öle in der Kälte stark herabsetzende Paraffin, das in einem besonderen Arbeitsgang, der sog. Entparaffinierung, dem Öl entzogen wird. Hierzu wird es unter Zusatz von Lösungsmitteln unterkühlt und durch Filterpressen geleitet (ältere Methode) oder durch ein unter Vakuum stehendes Trommelzellenfilter (neuere Methode) gesaugt, das das sich auskristallisierende Paraffin zurückhält. Das Lösungsmittel wird wieder ausgedampft und zurückgewonnen.

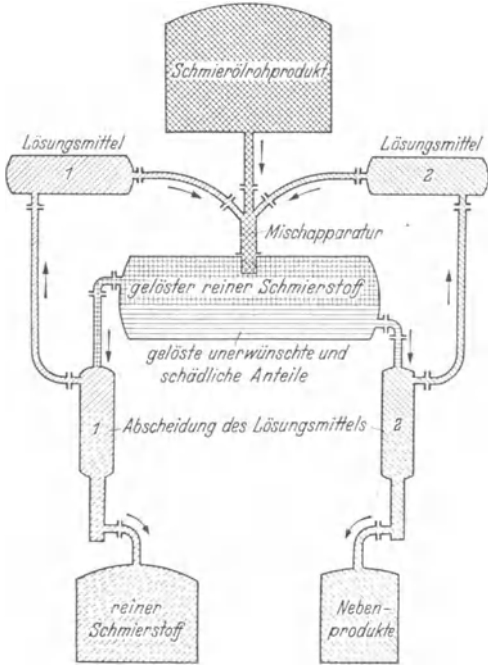


Abb. 3. Schema einer Schmierölraffination.

Das Öl ist nun zum Teil gebrauchsfertig oder steht als sog. Stock zum Mischen und zur Weiterverarbeitung zur Verfügung (vgl. C, D, E).

**3. Erzeugnisse der Verarbeitung und ihre Verwendung.** Aus der Verarbeitung des Erdöles werden u. a. gewonnen:

a) Leicht siedende Fraktionen.  
*Benzin*

Flammpunkt nach PENSKY-MARTENS —22°

Siedegrenze 37...197°

zur Hauptsache als Motorentreibstoff bekannt. Darüber hinaus werden besondere Benzine mit bestimmten Siedegrenzen abgezogen, die zu Lösungs- und Extraktionzwecken verwendet werden.

*Kerosin und Petroleum*

Flammpunkt nach PENSKY-MARTENS 35...57°

Siedegrenze 150...300°

finden Verwendung als Kraft- und Brennstoff, Waschmittel usw.

Flammpunkt nach PENSKY-MARTENS 70...100°  
Siedegrenze 200...350°

*Gasöl*

dient in erster Linie zum Betreiben von Dieselmotoren. Außerdem wird es noch oft zum Reinigen und Waschen von Maschinen aller Art benutzt. Ein großes Anwendungsgebiet hat das Gasöl auch als Brennstoff sowohl für Dampfkessel als auch für Härte- und Einsatzöfen, Schmelzöfen, für Zentralheizungsanlagen in Privathäusern usw. gefunden. In Deutschland hat sich dieses Anwendungsgebiet jedoch nicht eingebürgert.

b) Schwersiedende Fraktionen. Hierzu zählen alle Schmierstoffe, Metallbearbeitungs-, Fabrikations-, Benetzungs- und Durchdringungs-, Hydraulik-, Transformatoren- und Schalteröle und einige Nebenprodukte.

Schmieröle sind:

*Spindelöl*

Flammpunkt bis rd. 190°

Viskosität bis 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>° Engler bei 50° C

findet Verwendung zum Schmieren von Spinnspindeln, Schleifspindeln, in der Feinmechanik und für alle schnell laufenden, leicht belasteten Lager. Aus dieser Fraktion stammen auch die Transformatoren-, Fabrikations-, Benetzungs- und Durchdringungsöle, ferner einige Metallbearbeitungsöle.



*Leichtes Maschinenöl*

Flammpunkt bis etwa 210°

Viskosität bis 4° Engler bei 50° C

findet Verwendung an mäßig belasteten Lagern in schnell laufenden Maschinen, wie beispielsweise Elektromotoren, Werkzeugmaschinen usw. Aus dieser Fraktion stammen weiterhin gewisse Fabrikations-, Benetzungs-, Durchdringungsöle und einige Metallbearbeitungs- und Hydrauliköle.

*Schweres Maschinenöl*

Flammpunkt über 190°

Viskosität bis etwa 25° Engler bei 50° C

Dazu zählen auch alle Motoren-, Kompressoren-, Getriebeöle usw. Ihr Anwendungsgebiet reicht von der allgemeinen Handschmierung, Triebwerks-, Ring-, Ölbad- und Umlaufschmierung bis zur Versorgung schwerbelasteter, langsam laufender Lager und als Sonderraffinat für die bereits oben angegebenen Verwendungszwecke.

*Zylinderöle*

Flammpunkt 260···360° C

Viskosität 3,5···9° Engler bei 100° C

finden Verwendung für die Schmierung von Dampfzylindern und für schwer belastete, langsam laufende warmgehende Lager. Die Raffination dieser Öle bereitet erhebliche Schwierigkeiten, weswegen sie meistens als Destillat Verwendung finden. Raffinierte und gefilterte Zylinderöle sind bekannt unter dem Namen Bright Stock. Diese finden Anwendung beim Mischen der Öle für bestimmte Verwendungszwecke. So enthalten beispielsweise gewisse Getriebe- und Kompressorenöle derartige Zusätze.

*Rückstandsöle*

Flammpunkt über 260° C

Hierbei handelt es sich nur um Destillate, die außerordentlich schwer fließend sind. Nach zweckentsprechender Behandlung finden sie Verwendung als Schmiermittel für offene Zahnräder, Hübspindeln, langsam bewegte Gradführungen usw., oder sie werden auf Bitumen weiter verarbeitet.

*Nebenprodukte*

der Erdölverarbeitung sind Ölkoks und Rückstandsöle (Asphalt) bei der Destillation, Extraktöle, Naphthensäure und -seife bei der Raffination, Petrolatum (Vaseline) und Paraffin bei der Entparaffinierung.

## B. Pflanzliche und tierische Öle und Fette.

Ursprünglich wurden zu Schmierzwecken ausschließlich die fetten Öle benutzt, bis sie durch die Mineralöle ersetzt wurden. Trotzdem haben diese Öle ihre Bedeutung nicht verloren, sondern bilden die Grundlage für eine ganze Reihe von Erzeugnissen, die gerade im Betrieb unentbehrlich sind.

Die fetten Öle unterscheiden sich von den Mineralölen grundsätzlich durch ihren organischen Aufbau. Sie sind Verbindungen von Fettsäuren mit Glycerin, während die Mineralöle, wie schon erwähnt, aus einem Gemisch von Kohlenwasserstoffen bestehen.

Fette Öle neigen sehr zur Versäuerung und Verharzung und können, je nach der Zusammensetzung, mehr oder weniger schnell eintrocknen.

4. **Pflanzliche Öle** kommen in der Hauptsache im Samen und im Fruchtfleisch vor. Das Öl wird durch Zerdrücken und Quetschen dieser Pflanzenbestandteile gewonnen. Man unterscheidet Öle erster, zweiter und dritter Pressung und außerdem warm- und kaltgepreßte Öle. Die Rückstände sind die sog. Ölkuchen, die hauptsächlich als Viehfutter benutzt werden. Es gibt auch noch ein Gewinnungsverfahren durch Behandlung mit Lösungsmitteln (Extraktion), wobei in erster Linie die im ersten Abschnitt erwähnten Benzine benutzt werden.

Die so gewonnenen Öle müssen noch gereinigt (raffiniert) werden, um sie von Eiweiß, Schleimstoffen, Harzen usw. zu befreien.

a) Einteilung der pflanzlichen Öle. Sie lassen sich in drei Gruppen einteilen: 1. Nichttrocknende Öle, 2. halbtrocknende Öle, 3. trocknende Öle. Zur Unterscheidung dient die Jodzahl. Man versteht hierunter den Gehalt an Jod, den das Fett aufnehmen kann. Die Jodzahl 100 bedeutet also, daß 100 g Fett 100 g Jod binden können.

Zu 1: Nichttrocknende Öle haben eine Jodzahl unter 100. Die bekanntesten dieser Ölgruppe sind: Olivenöl, Erdnußöl und Rizinusöl. Sie haben eine geringe Neigung, sich irgendwie zu verändern.

Zu 2: Halbtrocknende Öle haben eine Jodzahl bis etwa 130. Hierzu gehören das Rüböl und das Baumwollsaatöl. Entsprechend der hohen Jodzahl haben sie größere Neigung zum Säuern und zum Verharzen.

Zu 3: Trocknende Öle haben die höchste Jodzahl mit 130 bis etwa 200. Sie neigen zur Bildung von Firnissen und sind für Schmierzwecke völlig unbrauchbar. Zu nennen sind hier: Leinöl, Hanföl, Mohnöl und Sonnenblumenöl.

b) Herkunft und Verwendungszweck der pflanzlichen Öle. Olivenöl wird durch Pressen aus den reifen Früchten des Ölbaumes gewonnen. Es ist dünnflüssig und sieht hellgelb aus.

Große Bedeutung hat auch das Rizinusöl, das aus dem Samen der Rizinustaude gewonnen wird. In Verbindung mit Schwefelsäure lassen sich aus Rizinusöl die sog. Türkischrotöle herstellen. Es sind dies emulgierbare Öle, die hauptsächlich in der Textil- und Lederindustrie benutzt werden.

Von den halbtrocknenden Ölen hat das Rüböl die größte Bedeutung. Es wird aus den Früchten der Raps- und Kohlsaaten durch Auspressen gewonnen. Das Rüböl wurde und wird heute noch im Betrieb sehr oft als Schneid- und Härteöl benutzt, da man zu Unrecht glaubte, daß es nicht durch ein beständigeres Öl ersetzt werden könne.

5. Tierische Öle werden anders gewonnen als die pflanzlichen. Da sie in einem Zellengewebe eingebettet sind, lassen sie sich am besten durch Ausschmelzen oder Auskochen gewinnen. Dies kann durch unmittelbares Feuer, durch siedendes Wasser oder durch Dampf im Autoklaven (unter Druck) erfolgen.

Die tierischen Öle haben in ihrem Aufbau und in ihrem Verhalten große Ähnlichkeit mit den pflanzlichen. Man unterscheidet Öle von Landtieren und Öle von Seetieren.

Das bekannteste Öl aus Bestandteilen der Landtiere ist das Schmalz- oder Lardöl, das als flüssiger Anteil des Schweineschmalzes durch Auspressen des abgekühlten Fettes gewonnen wird. Es ist sehr kältebeständig.

Das hochwertigste tierische Öl ist das Klauenöl, das aus den Klauen von Rindern gewonnen wird. Es wird häufig zum Schmieren von Uhren, feinmechanischen Apparaten (Torpedoöl) usw. benutzt. Ein noch größeres Anwendungsgebiet hat es in der Lederindustrie gefunden.

Die aus den Seetieren gewonnenen Öle kann man unter dem Sammelnamen „Tran“ zusammenfassen. Sie sind leicht an dem durchdringenden Geruch zu erkennen. Nach ihrer Jodzahl sind sie ähnlich den halbtrocknenden Ölen. Man unterscheidet: Heringstran, Robbentran, Waltran usw. Aus dem Kopf der Pottwale wird das sog. Spermöl gewonnen, das früher in der Uhrenindustrie als Schneidöl eine große Rolle spielte.

Tran wird oft als Ersatz des teuren Rüböles den Schneid- und Härteölen beigemischt. Die Neigung zum Verharzen ist aber besonders unter dem Einfluß

der Wärme sehr groß. Es kommt noch hinzu, daß die Trane meistens schon von vornherein sauer sind und daß ihr Geruch sehr lästig ist.

**6. Pflanzliche und tierische Fette.** Hierunter werden die bei Raumtemperatur festen Fettstoffe wie Kokosfett, Palmfett, Kakaobutter, Schmalz, Talg, Knochenfett usw. verstanden. Durch katalytische Hydrierung erhält man aus den fetten Ölen feste Stoffe, die unter der Bezeichnung „gehärtete Fette“ bekanntgeworden sind. Durch Aufspalten von Fetten werden Glycerin und Fettsäuren erhalten. Aus diesen wiederum können Olein und Stearin gewonnen werden.

Ein bekannter Schmierstoff aus der Reihe der tierischen Fette war früher der Speck, mit dem die Zapfen an Walzwerksgerüsten in der eisenerzeugenden Industrie geschmiert wurden, und der Talg, der an gleicher Stelle und auch als Zusatz zu Zylinderöl genommen wurde.

Feste Fette finden nur noch in sehr beschränktem Umfange für Schmierzwecke Verwendung, so z. B. für das Ausschmieren von Gießformen bei der Metallgießerei, bei Ziehvorgängen und als Lapp-Paste.

Für die Herstellung von Maschinenfetten dagegen finden sie in ausgedehntem Maße Verwendung.

### C. Zusammengesetzte Öle und Öle mit Zusätzen.

**7. Mischöle.** Oft werden reine Mineralölmischungen als Mischöle bezeichnet. Es ist nicht immer möglich, bei der Zerlegung des Erdöles Fraktionen zu bekommen, die alle für den Anwendungsbereich geforderten Eigenschaften haben. Daher werden in solchen Fällen Öle gemischt, die sich in ihren Eigenschaften ergänzen.

**8. Gefettete Öle** sind Mischungen aus Erdölen mit solchen tierischer oder pflanzlicher Herkunft. Rüböl, Knochenöl, Klauenöl und Tran werden häufig dazu benutzt, da sie gute Netzfähigkeit und geringe Oberflächenspannung<sup>1</sup> haben.

In der Schifffahrt werden sie zur Schmierung von Triebwerksteilen von Kolbendampfmaschinen oder bei ortsfesten Maschinen zur Schmierung wassergefährdeter Lager, wie beispielsweise an Wasserturbinen und in der Papierindustrie, genommen. Auch einige Dampfzylinderöle und gelegentlich Spezial-Kompressorenöle sowie bestimmte Werkzeugmaschinenöle sind gefettet.

In den eisenverarbeitenden Betrieben sind sie in großem Maße als Schneidöl und Härteöl mit dem Namen „Rübölersatz“ in Gebrauch.

Die Zusätze des fetten Öles schwanken je nach dem Verwendungszweck und nach der Beanspruchung zwischen 1 bis 30 %.

In neuerer Zeit ist man bestrebt, alle Zusätze an Fettölen fortfallen zu lassen.

**9. Elektrisch behandelte Öle** sind unter dem Namen Voltöle bekannt. Wenn man Öle von geringer Zähflüssigkeit den Glimmentladungen elektrischer Ströme von hoher Frequenz aussetzt, so findet eine Polymerisation (Bildung

<sup>1</sup> Die Oberflächenspannung ist die Kraft, die die freie Oberfläche einer Flüssigkeit so weit wie möglich zu verringern strebt. Sie hat praktische Bedeutung z. B. beim Aufsteigen des Petroleums im Lampendocht oder für das Eindringen des Schmiermittels in die Zwischenräume zwischen den Gleitflächen oder für die Emulsionsfähigkeit von Öl mit Wasser.

Die Erdöl-Kohlenwasserstoffe haben im Verhältnis zu fetten Ölen eine sehr hohe Oberflächenspannung. Sie ist bei hochraffinierten Ölen gegenüber reinem Wasser so hoch, daß die durch kräftiges Durchschütteln gebildete Emulsion sich in verhältnismäßig kurzer Zeit wieder in zwei Schichten trennt. Durch Zusatz von fettem Öl kann die Oberflächenspannung so verringert werden, daß die Emulsion erhalten bleibt.

Je kleiner die Oberflächenspannung ist, desto besser ist auch die sog. Netzfähigkeit, also die Neigung zur Ausbreitung auf Metallflächen, und die Fähigkeit, auf diesen Flächen zu haften (Haftfähigkeit).

größerer Molekülgruppen) statt. Es werden dadurch Stoffe von hoher Schmierfähigkeit gebildet. Besonders eignen sich hierzu Fettöle, die dann den Mineralölen beigemischt werden können.

**Herstellung.** Die aus Aluminiumplatten mit zwischengelegten isolierenden Preßspanplatten zusammengesetzten Elektrodenkörper werden in große Behälter eingebracht, die halb mit dem zu voltolisierenden Öl gefüllt sind. Nachdem die Behälter allseitig geschlossen und unter Vakuum gesetzt sind, werden die Elektrodenkörper langsam gedreht, so daß das Öl immer zwischen den einzelnen Platten hindurchrieseln muß und dabei den Glimmentladungen ausgesetzt wird. Weiterhin zeichnen sich die voltolisierten Öle durch eine flache Viskositätskurve, gutes Haftvermögen und besonders Schlammlösevermögen aus. Deshalb wurden sie für hydraulisch betriebene Werkzeugmaschinen bevorzugt; denn hier würde eine Ablagerung der Alterungsprodukte (Schlamm) in den Steuerorganen besonders störend wirken.

**10. Öle mit Zusätzen (legierte Öle).** Die fortschreitende Entwicklung der Schmiertechnik und der Herstellung von Hochleistungs-Schmierstoffen hat in den weitaus meisten Fällen die Mitverwendung der unbeständigen Fettöle überflüssig gemacht. Diese neuen Schmierstoffe bezeichnet man als „legierte Öle“ oder „Öle mit Zusätzen“<sup>1</sup>.

Als Zusätze kommen Ester, chlorierte Kohlenwasserstoffe, Polymerisate, Schwefel, Phosphate, Metallseifen usw. in Frage. Sie verleihen in ganz genau bemessenen Mengen und Verbindungen dem Öl sog. Hochdruckeigenschaften. In der Form von niedrigmolekularen Säuren fördern sie die Emulgierneigung und machen die Mineralöle für die Schmierung wassergefährdeter Lager und Schmierstellen geeigneter. Andere Zusätze, wie z. B. Pyrogallol, setzen die an sich schon gute Alterungsbeständigkeit der Öle noch weiter herauf. Man kann selbstverständlich diese legierten Öle ebensowenig wie die gefetteten wahllos verwenden, da die Zusammensetzungen ja nur bestimmten Verwendungszwecken angepaßt sind und, an der falschen Stelle eingesetzt, zu Störungen und Schwierigkeiten führen können. Es ist daher stets zweckmäßig, sich in schwierigen schmier-technischen Fragen des Technischen Dienstes der Hersteller zu bedienen.

**11. Graphitschmiermittel.** a) **Natürlicher Graphit.** Graphit ist eine Form des Kohlenstoffes und tritt stets in feinen Lamellen auf. Die leichte Spaltbarkeit und geringe Gleitfestigkeit der einzelnen Teilchen verleihen diesem Stoff die fettähnliche Geschmeidigkeit und Schmierwirkung. Der natürliche Graphit wird bergmännisch gewonnen und kommt als Flockengraphit, Schuppengraphit und Pulvergraphit in den Handel. Durch Schlämmen und andere Reinigungsverfahren wird für größtmögliche Aschefreiheit gesorgt. Eine Verwendung dieses Graphits als Zusatz zum Schmieröl kommt heute kaum noch in Frage, da der Aschegehalt immer noch sehr hoch ist und als Schmirgel wirkt.

b) **Künstlicher Graphit,** nach seinem Erfinder auch **ACHESON-Graphit** genannt, wird aschefrei im elektrischen Ofen erschmolzen. Diesen Graphit kann man durch Behandlung mit sauren Schutzkolloiden überführen in:

c) **Kolloidaler Graphit** kommt als Oildag, Kollag, Erythol, Potensol u. a. m. in den Handel. Diese enthalten meistens 10...20% in Öl gelösten Graphit und werden im Gebrauch je nach dem Verwendungszweck auf 1...5% verdünnt. Die Anwendung der kolloidalen Graphitlösung ist auf das Einlaufen von rauen Gleitflächen und auf langsam laufende außergewöhnlich hoch belastete

<sup>1</sup> THIESSEN, E., u. M. GRATZL: Kraftstoff November 1939. — THIESSEN, E., u. K. SIEDE: Brennstoff- u. Wärmewirtsch. 1938 Heft 7/8.

Lager beschränkt. Für andere Zwecke konnte sich die Graphitschmierung bis heute nicht durchsetzen.

### D. Maschinenfette.

Diese Fette sind meist nur unter dem Namen „Maschinenfette“ oder „Staufferfette“ bekannt. Sie unterscheiden sich von den tierischen Fetten (Schweinefett, Knochenfett, Rinder- und Hammeltalg) dadurch, daß es sich um Aufquellungen von Seifen in Mineralölen handelt. Als Seifengrundlage dienen Fettstoffe. Diese werden mit einem Teil Mineralöl in einem beheizten Kessel mit Rührwerk unter Zugabe von Kalkmilch oder Natronlauge verseift.

**12. Kalkverseifte Fette** lassen sich mit einem Tropfpunkt bis etwa 100° herstellen. Sie werden als formloses, plastisches Fett für allgemeine Schmierzwecke und Lagertemperaturen bis etwa 60° verwendet. Da sie wasserunempfindlich sind, eignen sie sich besonders für wassergefährdete Lager. Als Blockfette finden sie Anwendung in Walzwerken und in sog. Kastenlagern. Sie sind auch besonders für Kunstharzlager geeignet.

Leider werden die gelbgefärbten Fette immer noch von einem Teil der Verbraucher vorgezogen, obwohl die naturfarbenen wegen ihres geringeren Aschegehaltes wertvoller sind. Die gelbe Farbe hat mit der Güte oder der Schmierfähigkeit des Fettes nicht das geringste zu tun, sondern ist lediglich ein Verschönerungsmittel. Die Fette enthalten oft bis 1½% Farbuntergrund, der nicht an der Schmierung teilnimmt.

**13. Natronverseifte Fette** eignen sich wegen ihres hohen Tropfpunktes (etwa 180°) zur Schmierung von heißen Lagern und auch Wälzlagern. Sie können sowohl formlos als auch in Brikkettform hergestellt werden. Da sie im Gegensatz zu den Kalkfetten wasserempfindlich sind, dürfen sie an wassergefährdeten Lagern, wie beispielsweise Wasserturbinen-Leitschaufeln, -Pumpen usw., nicht verwendet werden.

Die Fettfässer sind vor eindringender Feuchtigkeit zu schützen, weil geringe vom Fett aufgenommene Wassermengen eine Verhärtung herbeiführen, die es zur Verwendung ungeeignet machen.

**14. Sonderfette.** Für besondere Zwecke finden u. a. Fette mit Blei- oder Aluminiumseifengrundlage Verwendung. So erhöht z. B. Bleiseife die Druckfestigkeit des Schmierfilms. Da sich mit Bleiseife aber nur sehr weiche Schmierstoffe herstellen lassen, wird sie mit anderen Seifengrundlagen gemischt.

Durch Hochdruckzusätze, wie Schwefel u. a., können die Anhaft- und Druckfestigkeitseigenschaften noch gesteigert werden. Es gilt für die Anwendung derartiger Fette aber das gleiche, wie schon über Öle mit Zusätzen gesagt wurde.

**15. Vaseline (Petrolatum).** Die Schmierfähigkeit der Vaseline ist äußerst gering. Sie dient daher nur zum Füllen ganz kleiner Kugel- und Nadellager. Es ist jedoch darauf zu achten, daß die Temperatur entsprechend dem niedrigen Tropfpunkt nicht über 40° ansteigen darf. In der Hauptsache jedoch wird die Vaseline als Rostschutzmittel benutzt.

### E. Schmierstoff-Emulsionen und emulgierbare Schmierstoffe.

**16. Emulsionsöle.** Mineralöle, die einen bestimmten Prozentsatz eines Emulgators enthalten, lassen sich in einer Apparatur mit Rührwerk oder nach Dampfstrahldurchwirbelung mit einem hohen Anteil Wasser (etwa 50%) mischen. Sie werden fertig in den Handel gebracht und sind je nach ihrer Mineralölgrundlage für Dampfzylinder- oder Lagerschmierung geeignet. Die Wasserbeimengungen unterstützen beim Zylinderöl die Verteilung im Dampfzylinder. Der Verbrauch

ist daher sehr sparsam und dementsprechend der Ölanteil im Abdampf gering. Sehr nachteilig ist die Frostempfindlichkeit, z. B. auf dem Transport und bei der Lagerung, und ihre begrenzte Lagerungsbeständigkeit, so daß sie nur in beschränktem Umfange Verwendung finden können.

**17. Emulsionsfette.** In auf Kalk- oder Gemischtseifengrundlage aufgebauten Fetten wird bis zu rd. 50% Wasser eingebracht. Diese Emulsionsfette eignen sich für allgemeine Maschinenschmierung, wo keine hohen Ansprüche an Druckbeständigkeit und Schmierwert gestellt werden. Sie sind ebenso wie die Emulsionsöle frostempfindlich und nicht sehr lange lagerfähig.

**18. Emulgierbare Öle und Fette.** a) Bohröle. Anders aufgebaut und auch für völlig andere Verwendungszwecke vorgesehen sind die emulgierbaren Öle und Fette, meistens bekannt unter dem Namen „Bohröle“ (vgl. Abschn. 45). Sie bestehen aus einer Lösung von flüssiger Seife in einem Mineralöl. Der Gehalt an Seife schwankt zwischen 5·25%. Neben Olein, Rüböl und Tranfettsäuren werden oft Harzsäuren, Naphthensäuren und andere flüssige Fettsäuren verwendet.

Da die Oberflächenspannung gegen Wasser sehr gering ist, haben diese Öle die Eigenschaft, sich im Wasser in feinsten Tropfenform zu verteilen, also eine milchige Emulsion zu bilden.

Der oft angewandte Ausdruck „wasserlösliche Öle“ ist nicht richtig, da die Öle nicht im Wasser gelöst, sondern ganz fein verteilt, emulgiert, werden. Je kleiner die Tröpfchen sind und je weniger sie auch bei längerer Zeitdauer dazu neigen, sich zu großen Tropfen zusammenzuschließen, desto beständiger und zweckentsprechender ist die Emulsion.

Bohrölemulsion wird dadurch hergestellt, daß in raumwarmes Wasser die entsprechende Menge Bohröl unter kräftigem Umrühren langsam eingegossen wird. Es darf auf keinen Fall etwa umgekehrt das Wasser zum Bohröl gegossen werden, da sich dann breiartige Massen bilden können, die sich nur langsam oder gar nicht wieder lösen. Die Gebrauchsmischungen enthalten gewöhnlich 5% Bohröl; jedoch kommen auch stärkere oder schwächere Mischungen vor.

b) Bohrfette (Bohrpasten) werden in ähnlicher Weise hergestellt wie die Bohröle. Infolge ihres hohen Wassergehalts sind sie als eine Art Voremulsion der Bohröle anzusehen. Sie enthalten bis zu 50% Wasser.

## II. Prüfung und Untersuchung der Schmierstoffe<sup>1</sup>.

Im nachstehenden werden nur die wichtigsten Untersuchungsverfahren besprochen. Gleichzeitig wird auch eine kritische Stellungnahme zu der Wertung der Ergebnisse gegeben. Die mit Hilfe der Untersuchungen gefundenen Analysendaten können nur einen Hinweis für die Eignung der Schmiermittel geben. Über den Schmierwert und die Eignung im praktischen Betrieb entscheidet allein die Erfahrung.

Bei allen Untersuchungsverfahren für Schmierstoffe kommt es sehr darauf an, daß sie genau nach Vorschrift ausgeführt werden, da es sich vielfach nicht um absolute Messungen, sondern um vereinbarte Verfahren handelt. Es ist auch notwendig, diese Messungen von geschulten Personen durchführen zu lassen, damit vergleichbare Ergebnisse gefunden werden.

<sup>1</sup> Nähere Angaben über die Durchführung der Untersuchungen siehe: Richtlinien für Einkauf und Prüfung von Schmierstoffen, 8. Aufl. 1939, Stahlisen, Düsseldorf.

## A. Untersuchung der Öle.

**19. Probenentnahme.** Die Probenentnahme ist von großer Bedeutung. Es muß immer darauf geachtet werden, daß genügende Durchschnittsproben entnommen werden.

Das Fett darf bei der Probenentnahme nicht durchgeknetet werden, da sich hierbei die Konsistenz ändern kann.

Auf die Reinheit der Gefäße ist sehr zu achten; auch dürfen bei Öl möglichst keine innen gelöteten Kannen genommen werden, da das beim Lötten benutzte Lötwasser sich schon schädlich für das zu untersuchende Öl auswirken könnte. Möglichst sind Glasflaschen vorzusehen, da Glas chemisch indifferent ist. Für helle Öle sind braune Flaschen zu wählen, damit sich die Probe nicht durch die Einwirkung des Lichtes verändert.

**20. Prüfung der äußeren Beschaffenheit und Farbe.** Die Destillate sind im allgemeinen dunkler als die Raffinate. Die Farbe ist jedoch kein Maßstab für die Güte des Öles. Gebrauchte und stark gealterte Öle zeigen meistens eine dunkle bis schwarze Farbe.

**21. Wichte (spezifisches Gewicht).** Die Wichte wird am einfachsten und häufigsten mit Aerometer und Pyknometer bestimmt. Die Ölfirmen geben meistens das spezifische Gewicht bei 20, seltener bei 15° an. Die Zollbehörde legt bei der Berechnung des Zolls 20° zugrunde. Die Wichte ist bei 15° C um 0,0035 höher als bei 20° C.

Die Öle werden nach Gewicht gehandelt und nach Volumen verbraucht. Es ist vielfach üblich, dementsprechend die Öle mit dem niedrigsten spezifischen Gewicht zu kaufen. Es ist aber ein Trugschluß, wenn man glaubt, dadurch einen Gewinn zu haben. Im Zusammenhang mit der hydrodynamischen Reibungstheorie und der absoluten Zähigkeit ist wichtig, daß bei Ölen gleicher ENGLER-Viskosität das Öl mit der höheren Wichte die höhere absolute Zähigkeit aufweist und somit schmiertechnisch günstiger liegt<sup>1</sup>. Es kommt in erster Linie bei den Ölen auf den Schmierwert an.

**22. Zähflüssigkeit (Viskosität).** Die Zähflüssigkeit ist ein wichtiges Maß für die Auswahl und Kennzeichnung der Öle. In Deutschland wird nach ENGLER-Zähflüssigkeit gerechnet, in England nach REDWOOD und in Amerika nach SAYBOLT.

a) Viskosimeter. Grundsätzlich haben diese drei Bestimmungsarten große Ähnlichkeit, da das Ausfließen einer bestimmten Ölmenge zum Ausfluß der gleichen Menge Wasser ins Verhältnis gesetzt wird. Das ENGLER-Viskosimeter und ähnliche Apparate haben den großen Nachteil, daß große Ölmenge benötigt werden (bei ENGLER 250 cm<sup>3</sup>) und daß die Versuchsdurchführung lange Zeit in Anspruch nimmt. Es ist üblich, die Zähflüssigkeit der Spindelöle bei 20°, der Maschinenöle bei 50° und der Zylinderöle bei 100° zu messen. Die Viskosimeter sind daher heizbar und kühlbar.

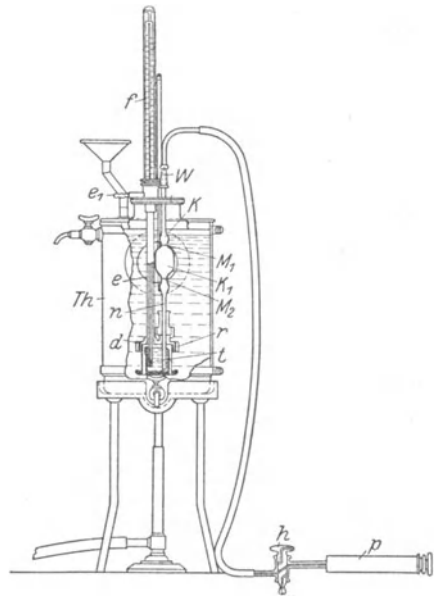


Abb. 4. Vogel-Ossag-Viskosimeter.

<sup>1</sup> SHELL-Taschenbuch für Werkstatt und Betrieb, S. 76. Leipzig 1939.

Das VOGEL-OSSAG-Viskosimeter bedeutet gegenüber den genannten Apparaten einen Fortschritt (Abb. 4). Der Vorteil dieses Viskosimeters beruht darin, daß nur 15 cm<sup>3</sup> Öl notwendig sind. Mit dieser Menge kann dann auch gleich eine ganze Zähflüssigkeitskurve aufgestellt werden, da das Öl, ohne daß es aus dem Viskosimeter entnommen wird, bei verschiedenen Temperaturen geprüft werden kann. Ein weiterer Vorteil ist noch, daß die kinematische Zähigkeit, das ist der Quotient aus absoluter Zähigkeit und Wichte, bestimmt wird.

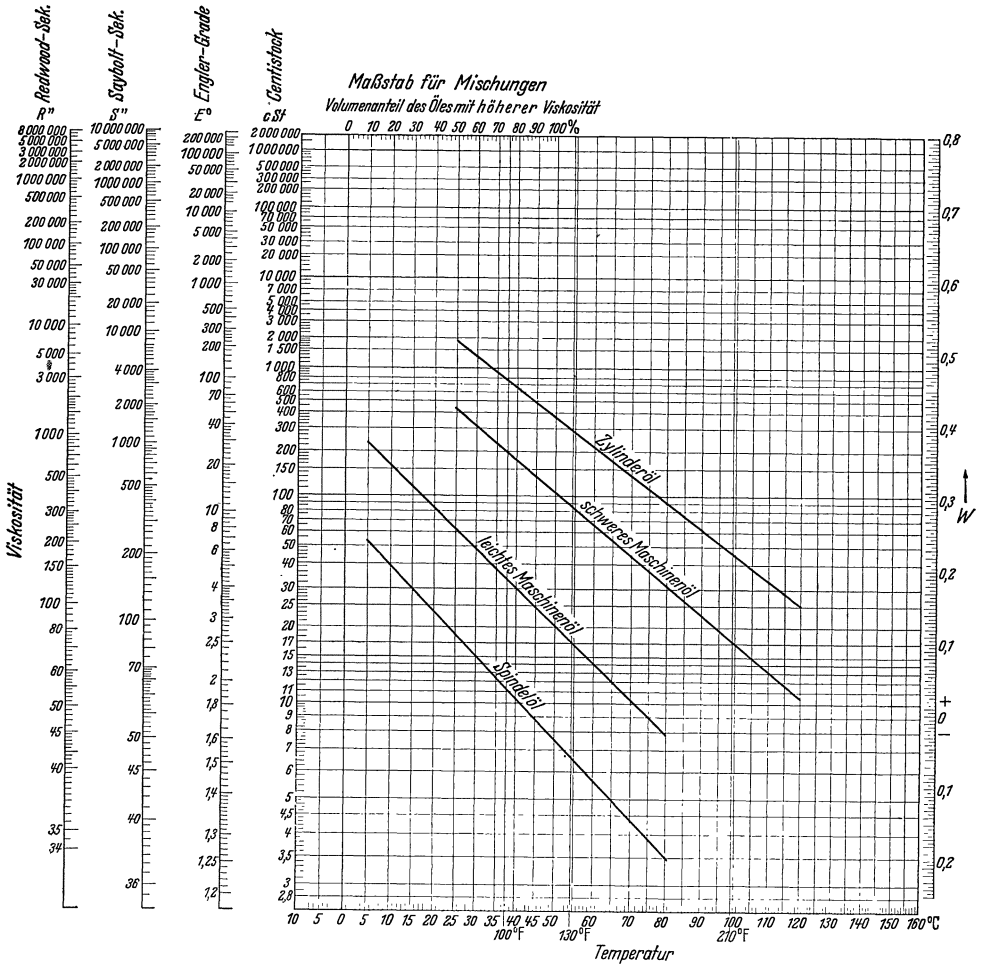


Abb. 5. Zähflüssigkeit verschiedener Öle. (Aus UBBELOHDE, Viskosimetrie.)

b) Absolute Zähigkeit. Da die Wichte (Dichte der Flüssigkeit) meistens bekannt ist, läßt sich sofort die absolute (dynamische) Zähigkeit aus der kinematischen ermitteln. Leider sind aber, wie eingangs erwähnt, in allen Ländern verschiedene Verfahren zur Zähigkeitsmessung üblich und daher immer zeitraubende Umrechnungen erforderlich. Es wäre deshalb anzustreben, einheitlich immer die absolute Zähigkeit, die in Centipoisen angegeben wird, zu ermitteln. Solange diese Regelung noch nicht einheitlich durchgeführt ist, wird die Zähigkeit im Handel noch in Engler-Graden angegeben.



e) **Zähflüssigkeitskurven.** Die Zähigkeit ist sehr stark von der Temperatur abhängig. Mit steigender Temperatur sinkt die Zähigkeit aller Schmieröle und nähert sich der des Wassers, also = 1, ohne diese jedoch zu erreichen. Mit abnehmender Temperatur nimmt die Zähigkeit stark zu und wird schließlich so hoch, daß die Öle nicht mehr unter der Einwirkung ihrer Schwerkraft fließen. Der Verlauf der Viskositätskurve gibt also ein Bild über die Zähigkeit des Öles bei verschiedenen Temperaturen, wie sie in Maschinen stets vorliegen. Die Kurve wird zweckmäßigerweise auf dem sog. „Viskositäts-Temperatur-Blatt“ aufgetragen<sup>1</sup>.

Abb. 5 zeigt den Viskositätsverlauf je eines Spindel-, Maschinen- und Zylinderöles. Die Zähflüssigkeit gibt einen Anhaltspunkt, ob ein Öl die Gleitflächen zwischen Zapfen und Lagerschalen in genügender Weise trennen kann, daß flüssige Reibung gewährleistet ist. Damit ist aber noch kein Anhaltspunkt gewonnen für die Schmierfähigkeit und für die Beständigkeit bei längerer Gebrauchsdauer. Hierüber kann lediglich der praktische Versuch entscheiden. Im übrigen stützt man sich zweckmäßig auf die Erfahrungen der Ölhersteller.

**23. Stockpunkt** eines Öles ist (nach DIN DVM 3662) die Temperatur, bei der es so steif wird, daß es in einer bestimmten Prüfeinrichtung nicht mehr unter Einwirkung der Schwerkraft fließt. Der Stockpunkt soll einen Anhaltspunkt für das Verhalten von Schmierölen bei Abkühlung auf tiefere Temperaturen geben. Die Maßeinheit ist °C. — Bestimmt wird der Stockpunkt in besonderen Gläsern unter genauer Vorschrift der Abmessungen, der Art und Dauer des Abkühlens usw. Wichtiger noch als der Stockpunkt ist das Fließvermögen der Öle bei niedrigen Temperaturen. Man nimmt die Prüfung nach der von der Deutschen Reichsbahn ausgearbeiteten U-Rohr-Methode vor. Das Fließvermögen hat einen Einfluß auf die Schmierung bei all den Maschinen, die bei niedrigen Temperaturen anlaufen, wie z. B. Wasserturbinen, Getriebe, Kältemaschinen usw.

**24. Flammpunkt.** Als Flammpunkt bezeichnet man diejenige Temperatur, bei der sich unter bestimmten Versuchsbedingungen über der Öloberfläche so viel Öldämpfe entwickeln, daß sie bei Annäherung einer Zündflamme aufflammen. In Deutschland ist der DVM-Flammpunktprüfer mit offenem Tiegel nach MARCUSON gebräuchlich. Der Flammpunkt kann einen Hinweis geben, ob Mischungen mit leichteren Fraktionen vorliegen. Im übrigen hat er nur Bedeutung für Verdichter- und Zylinderöle.

**25. Neutralisationszahl (Nz)** ist die Anzahl Milligramm Kalilauge, welche notwendig sind, um die in 1 g Öl vorhandenen Säuren zu neutralisieren.

Mineralsäuren dürfen selbstverständlich in keinem Schmierstoff vorhanden sein. Jeder Schmierstoff enthält geringe Anteile organischer Säuren, die in ungebrauchten Ölen aus den Rohölen stammen, und die in höherem Maße in Fettölen vorhanden sind. Diese wirken sich in keiner Weise nachteilig aus, solange sie nicht in Form niedrigmolekularer wasserlöslicher Verbindungen vorliegen. Sie können nachgewiesen werden, indem man das Öl mit destilliertem Wasser wäscht und die Reaktion des wässrigen Auszuges bestimmt.

Auch durch den Gebrauch des Öles bilden sich organische Säuren; die sich daraus ergebende Nz ist ein Merkmal für den Alterungsgrad des Öles. Sie wird z. B. zur Beurteilung der weiteren Verwendbarkeit gebrauchter Turbinen- und Transformatorenöle herangezogen.

**26. Verseifungszahl (Vz).** Diese Zahl gibt an, wieviel Milligramm Kalilauge zur Verseifung der in 1 g Öl vorhandenen verseifbaren Anteile nötig sind. Sie ist bei Mineralölen im allgemeinen außerordentlich niedrig. Bei fetten Ölen kann

<sup>1</sup> UBBELOHDE, Prof. Dr. L.: Zur Viskosimetrie. Leipzig 1940, Verlag S. Hirzel.

sie als Maßstab für die Reinheit des Öles mit herangezogen werden. Bei compoundierten Ölen gibt sie einen Anhalt über die Menge des zugesetzten fetten Öles. Die Vz wird ebenfalls zur Alterungsbestimmung von gebrauchten Ölen herangezogen.

**27. Aschegehalt** nennt man die Summe der unverbrennbaren Bestandteile in einem Öl. Er ist mit ein Maßstab für die Reinheit des betreffenden Schmiermittels. In ungebrauchten Mineralölen und fetten Ölen muß er so niedrig sein, daß kaum Spuren festzustellen sind.

Beim Gebrauch des Öles kann sich der Aschegehalt dadurch erhöhen, daß sich Metallseifen bilden oder feinst verteilte Metallteilchen aus den Lagern, auch Staub oder Sand, in das Öl gelangen. Die Zusammensetzung der Asche gebrauchter Öle gibt häufig Aufschluß über die Ursache von Schmierungsstörungen.

## B. Untersuchung der Fette.

**28. Konsistenz** ist eine Eigenschaft der Fette, die für ihre Verwendung eine große Rolle spielt, da sie der Lagerbelastung und der Schmiervorrichtung angepaßt sein muß. Zum Beispiel wird bei hohen Lagerdrücken ein zu weiches Fett leicht herausgedrückt, so daß der Verbrauch steigt. Auf der anderen Seite werden zu feste Fette u. U. nicht von der Schmiervorrichtung gefördert. Es gibt leider noch kein zuverlässiges Verfahren zur Konsistenzmessung.

Je mehr Seife ein Fett enthält, um so höher ist im allgemeinen seine Konsistenz. Unterzieht man es einer mechanischen Bearbeitung, wie Kneten und Walken, wird es weicher. Um die Fettstruktur beim Schmiervorgang im Lager zu erhalten, werden daher Qualitäts-erzeugnisse egalisiert in den Handel gebracht.

**29. Tropfpunkt.** Die Bestimmung des Tropfpunktes hat sich als ein gutes Mittel zur Kennzeichnung der Fette erwiesen. Abb. 6 zeigt ein Tropfpunktgerät nach UBBELOHDE. Auf den unteren Teil eines Thermometers ist eine Metallhülse gekittet, auf die eine zweite Metallhülse aufgeschraubt werden kann. Diese hat seitlich eine kleine Öffnung zum Luftausgleich. In die Hülse paßt ein zylindrisches, nach unten sich verjüngendes Aufnahme gläschen (Glasnippel) von etwa 12 mm Länge und etwa 3 mm lichter Weite. Dieser Tropfpunktnippel kann so in die Metallhülse eingeschoben werden, daß das Quecksilbergefäß des Thermometers mit dem unteren Teil der Metallhülse abschneidet und überall gleich weit von den Wandungen des Nippels entfernt ist.

Das zu prüfende Fett wird mit einem Spatel luftblasenfrei in den Nippel gefüllt und abgestrichen. Das Gerät wird nun mit einem Stopfen in der Mitte eines Reagenzglases befestigt, das als Luftbad dient. Das Reagenzglas wiederum hängt bis zu  $\frac{2}{3}$  seiner Länge senkrecht in einem hohen Becherglas, das mit einer Heizflüssigkeit gefüllt ist. Man beobachtet dann, bei welcher Temperatur das Fett in einer deutlich halbkugeligen Kuppe aus dem Gläschen hervortritt — dies ist der Fließpunkt — und weiter, bei welcher der erste Tropfen des schmelzenden Fettes vom Gläschen abfällt — das ist der Tropfpunkt.

Der Tropfpunkt gibt einen Anhalt, ob ein Fett kalkverseift oder natronverseift ist. Die kalkverseiften Fette haben einen höchsten Tropfpunkt bis zu  $110^{\circ}$ , die natronverseiften bis etwa  $210^{\circ}$ . Auch für den Anwendungsbereich läßt sich durch das Prüfungsverfahren ein Anhalt gewinnen. Wenn in einem Lager

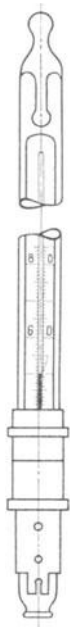


Abb. 6. Tropfpunktgerät nach UBBELOHDE.

Temperaturen von  $100^{\circ}$  auftreten können, so kann man kein Fett mit einem Tropfpunkt von  $100^{\circ}$  verwenden, da es bei der Betriebstemperatur zu weich würde. Der Tropfpunkt gibt aber keinen Anhalt für die Schmierfähigkeit und das Verhalten im Dauerbetrieb.

### III. Schmierung der Maschinen im Betrieb.

#### A. Wirkungsweise der Schmierstoffe und Regeln für die Auswahl.

Um die Öle und Fette beim Schmieren der Betriebsmaschinen richtig anwenden zu können, ist es notwendig, die theoretischen Grundlagen der Reibung bei Maschinenteilen klarzustellen.

Zum genauen Studium dieser Grundlagen, die eine Wissenschaft für sich sind, sei auf die einschlägigen Werke von GÜMBEL-EVERLING<sup>1</sup>, FALZ<sup>2</sup>, KADMER<sup>3</sup> und KLESSKALT<sup>4</sup> u. a. m. verwiesen. Im nachfolgenden ist nur das Wesentliche der neuesten Erkenntnisse, soweit es für die Schmierung der Betriebsmaschinen von Wert ist, dargestellt.

**30. Arten der Reibung.** Bei der Bewegung zweier Maschinenteile gegeneinander unterscheidet man die Trocken-, Misch- und Flüssigkeitsreibung.

a) **Trockenreibung** entsteht bei Bewegung zweier trockener Flächen, die sich ohne Schmiermittel unter großem Widerstand gegeneinander verschieben. Hierbei tritt mehr oder weniger das sog. Fressen auf, da die Flächen bei der Verschiebung sich gegenseitig angreifen. Diese Form der Reibung wird nur da angewendet, wo mit Absicht gleitende Reibung vermieden werden soll, z. B. bei Kupplungen, Keilverbindungen, Preßsitz, Schrumpfsitz und bei kegeligen Werkzeugschäften. Hierbei muß die Form der Flächen so gewählt sein, daß die Reibung möglichst unendlich groß ist, also ein Gleiten vermieden wird, damit ein Fressen nicht eintritt.

b) **Mischreibung** ist die Reibung in den Grenzschichten zweier durch eine Flüssigkeit benetzter gleitender Flächen, wobei eine unmittelbare Berührung der Oberflächenrauigkeiten nicht vermieden werden kann. Diese Art der Reibung stellt für Gleitflächen, die unter Vollschrumpfung arbeiten sollen, einen sehr ungünstigen Zustand dar. Beim Anfahren von schwer belasteten Gleitlagern, Kulissensteinen und Druckspindeln läßt er sich manchmal nicht vermeiden, jedoch ist durch Anwendung geeigneter Schmiermittel dafür zu sorgen, daß schon nach geringer Bewegung die flüssige Reibung vorhanden ist.

c) **Fließreibung** ist der technisch richtige Zustand zweier sich gegeneinander bewegendere Flächen. Sie berühren sich nicht unmittelbar, sondern der gleitende Teil schwimmt auf einer an den Flächen haftenden Flüssigkeitsschicht. Das Kennzeichen der Fließreibung ist, daß der Reibungswiderstand nur aus dem Verschiebungswiderstand der Flüssigkeitsteilchen, also aus der inneren Reibung der Flüssigkeit, besteht.

**31. Bewegung und Reibung im Maschinenbau.** Die anzustrebende Reibungsart ist die Fließreibung, da hierbei der Kraftverbrauch am geringsten ist und ein Verschleiß mit Sicherheit vermieden wird. Dieser Zustand wird durch die Bildung eines Ölkeils erreicht.

<sup>1</sup> Reibung und Schmierung im Betrieb. Verlag M. Krayn 1925.

<sup>2</sup> Grundzüge der Schmiertechnik. Berlin: Springer 1928.

<sup>3</sup> Schmierstoffe und Maschinenschmierung. Verlag Gebr. Bornträger 1940.

<sup>4</sup> Forschungsarbeit. VDI-Verlag 1929.

a) Spurlager. Wie nun eine solche Ölkeilbildung herbeigeführt wird, läßt sich am besten am Beispiel eines Tragschuhes aus einem Einscheibendrucklager zeigen. Abb. 7. Der Tragschuh oder Druckklotz bzw. Segmentklotz, wie er auch genannt wird, ist nur in einem Punkt oder auf einer Linie gestützt und hat damit die Möglichkeit, sich über seinem Unterstützungspunkt frei zu bewegen. Die Einzugs-  
 kante des Segmentes wird so gebrochen, daß die Einzugsbewegung des Öles unterstützt wird. Bei Bewegung der Scheibe wird das Öl infolge seiner Haftfähigkeit mitgenommen und drückt die Einzugs-  
 kante des Klotzes nach unten. Die Scheibe hebt sich hierdurch vom Tragschuh ab. Der Austrittskante zu verengt sich der Spalt infolge der exzentrischen Abstützung des Klotzes. Damit ist der Zustand der flüssigen Reibung und die Bildung eines idealen Ölkeiles erreicht. Die Ausführungsform eines solchen Lagers ist das in Abb. 8 dargestellte Einring-Drucklager.

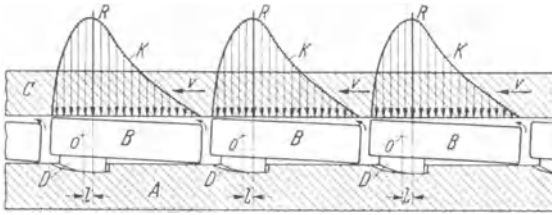


Abb. 7. Druckverteilung in den Schmierschichten eines Spurlagers mit beweglichen Segmenten.

- A = Grundplatte des Lagers.
- B = Bewegliche Segmente.
- C = Laufring
- D = Kippzapfen der Segmente.
- O = Drehpunkt der Segmente.
- v = Umlanfrichtung des Lauf-  
 rings.
- K = Begrenzungskurve der Elementarkräfte,
- R = Resultierende Druckkraft auf die Schmierschicht.
- l = Hebelarm des Kippmomentes v. R.

Die Scheibe hebt sich hierdurch vom Tragschuh ab. Der Austrittskante zu verengt sich der Spalt infolge der exzentrischen Abstützung des Klotzes. Damit ist der Zustand der flüssigen Reibung und die Bildung eines idealen Ölkeiles erreicht. Die Ausführungsform eines solchen Lagers ist das in Abb. 8 dargestellte Einring-Drucklager.

Die Scheibe hebt sich hierdurch vom Tragschuh ab. Der Austrittskante zu verengt sich der Spalt infolge der exzentrischen Abstützung des Klotzes. Damit ist der Zustand der flüssigen Reibung und die Bildung eines idealen Ölkeiles erreicht. Die Ausführungsform eines solchen Lagers ist das in Abb. 8 dargestellte Einring-Drucklager.

b) Querlager. In ähnlicher Weise wie bei den ebenen Gleitflächen kann die

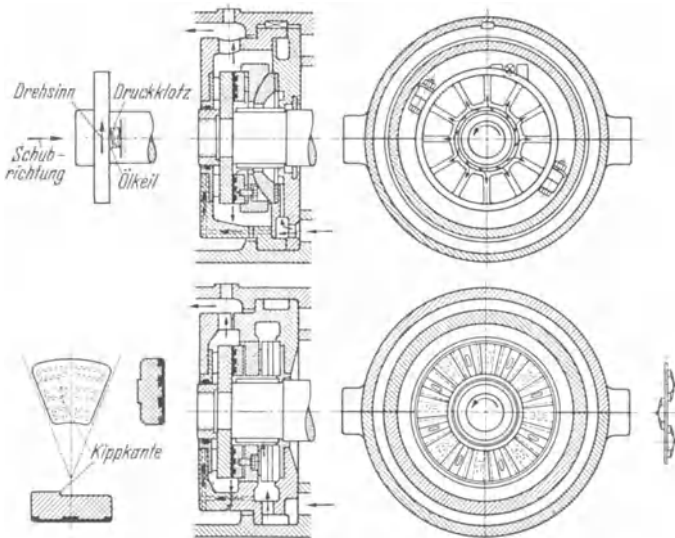


Abb. 8. Turbinen-Einringdrucklager.



Abb. 9a. Druckberg bei einem Traglager.

reine Flüssigkeitsreibung auch bei den im Maschinenbau am häufigsten benutzten zylindrischen oder auch kegelförmigen Quer- oder Traglagern erreicht werden. Dadurch, daß der Zapfen stets um ein der gewählten Passungsart entsprechendes Maß kleiner gehalten ist als die Lagerschalenbohrung, wird unter dem Einfluß der Öleinzugs-  
 kraft eine exzentrische Einstellung die Bildung der Keilform der Schmierschicht gewährleisten. Abb. 9a zeigt, wie das Schmiermittel von dem sich drehenden Zapfen erfaßt und in den keilförmigen Raum zwischen Welle und Lagerschale gedrückt wird. Dadurch erfolgt das Auflaufen auf die Schmierschicht genau wie bei dem vorher erwähnten Gleitschuh.

c) Ausbildung der Schmiernuten. Durch diese Erkenntnisse der Vorgänge in einem Lager hat man wichtige Rückschlüsse auf die Ausbildung der Schmiernuten ziehen können. Es steht heute einwandfrei fest, daß Nuten in der Tragfläche der Lagerschalen, allgemein gesehen, nicht nur keinen Zweck haben, sondern sogar unmittelbar schädlich sind. Zunächst wird die zur Aufnahme des Lagerdruckes zur Verfügung stehende Fläche der Schale um den Betrag der Abmessungen der Schmiernuten verringert. Dann kann der Druckberg, der den Zapfen von der Lagerschale abhebt, nicht wirken, da das Schmiermittel durch die Nuten abfließen kann. Abb. 9b zeigt die schädliche Unterbrechung des Druckberges durch eine Schmiernute. Abb. 10 gibt einige Beispiele, wie früher mit mehr oder weniger großer Kunstfertigkeit solche Nuten in die Lagerschalen eingearbeitet wurden<sup>1</sup>. Versuche von KAMMERER an der Technischen Hochschule Charlottenburg haben gezeigt, daß sich Lager mit solchen Schmiernuten bis zu 50% mehr erwärmen als solche ohne Nuten. Der dementsprechend zu erwartende Verschleiß bewegt sich naturgemäß in ähnlichen Grenzen. Von einer richtigen Ausbildung der Schmiernuten kann man erst bei einer Ausbildung wie nach Abb. 11 sprechen. Es genügt vollkommen, wenn die Lagerschalenkanten abgeschrägt werden, um den Schmierstoff gleichmäßig über die Zapfenbreite zu verteilen.

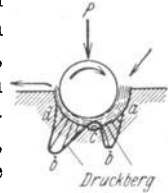


Abb. 9b. Wirkung einer Schmiernute auf den Druckberg.

Jede scharfe Kante ist zu vermeiden. Die Schmiertasche soll daher tangential in die Gleitfläche übergehen.

Bei sehr großen Durchmessern sind allerdings noch Schmiernuten im gering belasteten Teil des Druckkörpers erforderlich, um die ausreichende Versorgung des Lagers mit Öl sicherzustellen. Da das Öl seitlich ausweicht, genügt bei großen Zapfenabmessungen eine einmalige Zuführung, etwa in der Teilebene des Lagers, nicht. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei sehr hohen Gleitgeschwindigkeiten. Das Öl kann an diesen meist mit kleinem Spiel ausgerüsteten Lagern die auftretende Reibungswärme nicht in gewünschter Weise ableiten. Aus diesem Grunde werden zentrisch zur Bohrung Nuten eingebracht, die lediglich den Zweck haben, eine bessere Wärmeabfuhr durch erhöhten Durchsatz von Öl sicherzustellen.

d) Zuführung des Schmierstoffs. Aus vorstehendem ergeben sich auch ganz klare Regeln für die Zuführung des Schmiermittels zum Lager selbst. Es hat keinen Zweck, das Schmiermittel in den belasteten Teil des Lagers einzuführen. Hier müßte man nicht nur den teilweise sehr erheblichen Druck im Schmierkeil überwinden, sondern die Verteilung bereitet auch Schwierigkeiten. Der Schmierstoff muß daher dem unbelasteten Teil des Lagers, am besten der Schmiertasche, unter Berücksichtigung des Drehsinnes zugeführt werden.

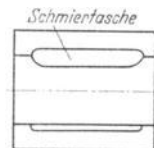


Abb. 11. Gute Ausführung der Schmiernuten.

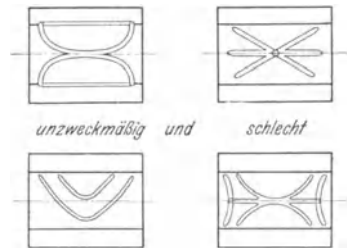


Abb. 10. Schlechte Ausführung der Schmiernuten.

e) Auswahl des Schmierstoffs. In dem Abschnitt über die Prüfung der Öle ist schon erwähnt, welchen Wert die Analysendaten haben. Über den Gebrauchswert und den Schmierwert können nur die praktischen Ergebnisse entscheiden. Man hat schon oft versucht, durch Apparate und Ölprüfmaschinen

<sup>1</sup> Vgl. auch FALZ: Zweckmäßige Schmiernuten. Berlin: Beuth-Vertrieb 1926.

die Verhältnisse bei der Lagerschmierung nachzuahmen, um in einem Laboratoriumsversuch einen Anhaltspunkt für die Eignung zu bekommen. Alle diese Versuche haben bisher einen vollen Erfolg, d. h. ein für alle Lagerverhältnisse zutreffendes Ergebnis, noch nicht gehabt, so daß man nach wie vor auf die Praxis angewiesen ist.

Auf dem Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg wurde im Jahre 1916 zur Prüfung der Schmiereigenschaften verschiedener Öle eine Betriebsmaschine herangezogen. Die Versuche wurden über 10 Wochen ausgedehnt und zeigten, daß die praktischen Ergebnisse nicht mit den Analysendaten der Öle und den Werten, wie sie für die Öle auf einer Ölprüfmaschine ermittelt wurden, übereinstimmten. Gleichzeitig wurde auch gezeigt, daß bei Leerlauf Kraftersparnisse zwischen 20·30% und bei Belastung zwischen 10·15% gegenüber Ölen gleicher Daten erzielt werden konnten. Diese Zahlen genügen, um die Wichtigkeit der praktischen Prüfungen zur richtigen Ölauswahl darzutun.

Dies besagt jedoch nicht, daß man auf die Analysendaten ganz verzichten kann. Sie sind notwendig, um festzustellen, ob ein Schmierstoff überhaupt für den gedachten Zweck in Frage kommt. Zunächst richtet man sich bei der Auswahl des Öles nach der Zähigkeit. Diese muß dem Flächendruck, vor allem aber der Gleitgeschwindigkeit und dem Lagerspiel angepaßt sein. Diese Grundsätze gelten sowohl für Lager als auch für ebene Gleitflächen. Als Grundregel gilt folgendes: Je schneller sich eine Welle dreht oder, besser gesagt, je höher die Gleitgeschwindigkeit ist, je geringer ihr Gewicht oder ihre Beanspruchung durch Riemenzug, Zahnradruck u. dgl., d. h. also je geringer die Flächenpressung, je feiner die Passung ist, um so dünnflüssiger wird der Schmierstoff gewählt. Je kleiner die Drehzahl oder je geringer die Gleitgeschwindigkeit ist, je höher der Flächendruck wird und je größer das Lagerspiel, um so dickflüssiger (viskoser) muß der Schmierstoff sein. Bei der Schmierung von sehr großen Gleitflächen, z. B. bei Lagern mit großen Durchmessern oder bei langen, geradlinigen Gleitbahnen, ist eine mehrfach auf die Fläche verteilte Ölzufuhr bzw. die Wahl eines viskoser Schmierstoffes erforderlich. Bei Fetten gelten ähnliche Richtlinien hinsichtlich der Konsistenz. Der Tropfpunkt richtet sich nach der Temperatur der Schmierstelle.

f) Einfluß der Lagertemperatur. Bei gewöhnlichen Transmissionslagern und Lagern an Arbeitsmaschinen sind Temperaturen von 30·60° als normal anzusehen. Treten, abgesehen von Leitungs- und Strahlungswärme, höhere Temperaturen auf, so können diese unter der Voraussetzung richtig angebrachter und ausgeführter Schmiernuten auf folgende Ursachen zurückzuführen sein. Wenn bei kleinen Geschwindigkeiten und großen Flächenpressungen die Temperaturen sehr hoch werden (z. B. auch bei Kantenpressungen), so ist das Öl zu dickflüssig. Hierdurch tritt an Stelle der Fließ- die Mischreibung auf. Meistens jedoch wird ein zu zähflüssiges Öl genommen, wodurch die sich in Wärme umsetzende Reibungsarbeit steigt. Je dünnflüssiger ein Öl ist, um so tiefer liegt im allgemeinen die Lagertemperatur. Die Schmierwirkung muß auch noch durch Beobachtung auf Verschleiß ergänzt werden. In vielen Fällen kann man bei hoher Lagertemperatur auch einen größeren Verschleiß erwarten.

g) Verhalten bei Dauerbetrieb. Im Dauerbetrieb werden die Öle in Ölbad- und Umlaufsystemen, wie beispielsweise Räderkästen und Hydrauliken, hoch beansprucht. Hierdurch erleidet der Schmierstoff eine unausbleibliche Alterung, d. h. zusammen mit oder infolge der Einwirkung von Feuchtigkeit, Verunreinigungen, Verschleiß und Luftsauerstoff bilden sich Abbauprodukte des

Öles, die in Form von Schlamm, Metallseifen und harzartigen Ausscheidungen auftreten. Die Wirkungen sind, kurz zusammengefaßt, folgende:

1. Verharzungsprodukte und Metallseifen erhöhen die Reibung und damit die Temperatur. An Verschiebemeßfen, Steuerungsteilen u. dgl. können Verklebungen und damit Verklemmungen eintreten, die unter Umständen zum Bruch eines Maschinenteiles führen.

2. Schlammbildung führt zum Verstopfen der Ölrohrleitungen und hat Störungen in den Schmiervorrichtungen zur Folge.

## B. Schmiervorrichtungen.

Bei der Konstruktion einer Maschine sind die Schmiervorrichtungen mit besonderer Sorgfalt zu behandeln, da von deren richtiger und zweckmäßiger Ausbildung die Betriebssicherheit und Lebensdauer in wesentlichem Maße mit abhängen.

**32. Zufuhr von Hand.** Die Schmierung von Hand mit Ölkanne ist das einfachste und gebräuchlichste Verfahren. Hierbei ist man jedoch sehr auf die Sorgfalt des damit betrauten Bedienungsmannes angewiesen. — Von Bedeutung ist der Verschluß der Schmierlöcher, der folgende Forderungen erfüllen soll:

Kenntlichmachung der Schmierstelle<sup>1</sup>,  
Abdichtung gegen Schmutz,  
Sicherung gegen Herauslaufen des Öles.

Man verwendet zu diesem Zweck Ölverschlußdeckel, Kegelöler, Helmöler und Drehöler, Öllochverschlußschrauben, Tropföler und bei Fettschmierung Staufferbüchsen, die auch mit automatischer Fettförderung ausgerüstet sein können, z. B. Conradbüchsen, Federdruckbüchsen.

a) Ölverschlußdeckel (Abb. 12) werden besonders an glatten senkrechten Flächen, die keine vorstehenden Vorrichtungen zulassen, angebracht.

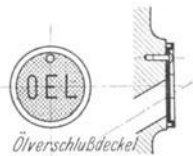


Abb. 12. Ölverschlußdeckel.

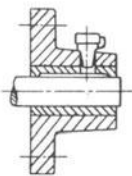


Abb. 13. Kegelöler.

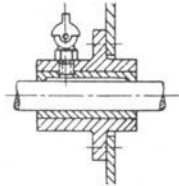


Abb. 14. Helm- oder Drehöler.

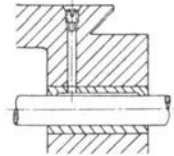


Abb. 15. Ölverschlußschraube.

b) Kegelöler (Abb. 13) werden in das Ölzuführungsloch fest eingesetzt. Der Einbau ist sehr billig, da das Loch keine weitere Bearbeitung erfordert. Man sollte sie nur an einigermaßen geschützten Stellen benutzen, da sie wegen der Befestigung durch einfaches Einschlagen doch sehr empfindlich gegen Stöße durch Werkzeuge, Werkstücke oder Späne sind. Am Werkzeugschlitten z. B. sollten sie daher keinesfalls verwandt werden.

c) Helm- oder Drehöler (Abb. 14) werden in das Ölloch mit Gewinde eingeschraubt. Sie sind gegen Stöße etwas widerstandsfähiger und sind sehr gut gegen Staub gesichert.

d) Ölverschlußschrauben (Abb. 15) finden überall da Verwendung, wo die Verschlußstücke nicht vorstehen können oder an umlaufenden Körpern den Bedienungsmann gefährden würden. Da ein Gewinde niemals öldicht ist, müssen sie in allen Fällen, wo Öl austreten

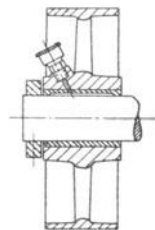


Abb. 16. Staufferbüchse.

<sup>1</sup> Masch.-Bau/Der Betrieb 1939 S. 166.

kann, mit einem dichtenden Zapfen versehen sein. Das Nachschmieren ist sehr zeitraubend. Diese Art der Zuführung wird daher besser durch eine zweckmäßigere Konstruktion ersetzt.

e) Staufferbüchsen (Abb. 16) werden bei Fettschmierung benutzt.

33. **Selbsttätige Schmierung** ist unbedingt für alle wichtigen oder schwer zugänglichen Lager vorzusehen. Die selbsttätigen Schmiervorrichtungen gewährleisten neben einem sparsamen Ölverbrauch eine sicherere Zufuhr und sind von der Sorgfalt der Bedienung unabhängiger.

a) Stift-, Docht- und Tropföler (Abb. 17, 18, 19). Die einfachsten halbautomatischen Vorrichtungen dieser Art sind die bekannten Stift-, Docht- und Tropföler.

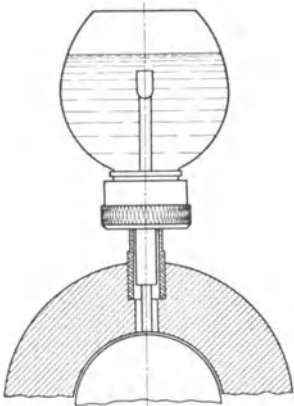


Abb. 17. Präzisionsstiftöler.

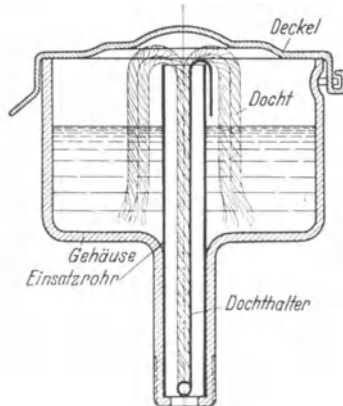


Abb. 18. Dochtöler.

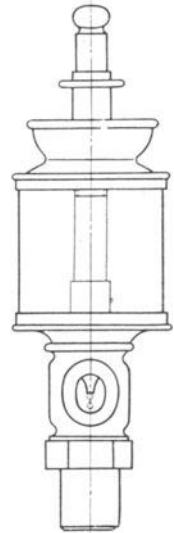


Abb. 19. Tropföler.

b) Ringschmierlager (Abb. 20) sind als älteste und am weitesten verbreitete selbsttätige Schmiereinrichtung bekannt und werden bei schnelllaufenden Wellen, für Transmissionen, Vorgelege, Werkzeugmaschinen, Elektromotoren usw. verwendet. Der Ölverbrauch ist sehr gering, da das Öl ständig wieder in den

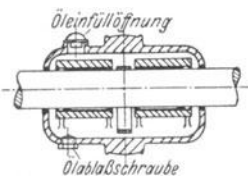


Abb. 20. Ringschmierlager.

Sammelbehälter zurückläuft. Es ist nur darauf zu achten, daß kein zu hoch viskoses Öl und gegebenenfalls kein Öl mit schlechtem Stockpunkt eingefüllt werden darf, da sonst der Schmierring hängen bleibt und kein Öl fördert. Dies

tritt auch ein, wenn die Lager nicht regelmäßig gereinigt werden. Wenn bei hohen Lagertemperaturen, insbesondere bei äußerer Erwärmung, sehr zähflüssige Öle benutzt werden müssen, kann man einen festen Ring vorsehen (Wülfel-Lager).

c) Schmierung durch in Öl laufende Getriebe und durch besondere Berieselungspumpe. Bei Hauptantriebsrädern, bei Vorgelegen usw. wird oft ein Ölbad vorgesehen, in das die Räder eintauchen (Abb. 21). Durch die Bewegung der Räder wird einerseits von den Zähnen Öl mit gefördert, so daß beim Eingriff des Gegenrades eine genügende Schmierschicht vorhanden ist, anderer-

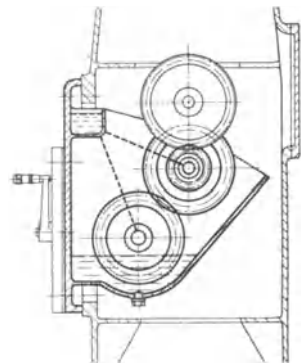


Abb. 21. Tauchschmierung.



seits durch die heftige Bewegung das Öl vernebelt. Dieser Ölnebel schlägt sich als dünne Ölschicht auf alle Teile nieder, so daß auch Kupplungs- und Führungsmuffen, die sonst schlecht durch eine andere Zuführungsart erreicht werden können, ausreichend geschmiert werden.

Im Großwerkzeugmaschinenbau hat z. B. SCHIESS-DEFRIES eine zweckmäßige Anordnung getroffen: Die Triebwerksräder der Spindelkästen werden dauernd berieselt. Hierzu dient eine besondere Förderpumpe, die das Öl aus einem Sammelbehälter in einen Verteiler auf dem Spindelkasten fördert, von wo es den einzelnen Getrieben durch Rohre zugeleitet wird.

d) Zentralschmierung für Öle. Die Häufung der Schmierstellen an manchen Maschinen führt zwangsläufig zur sog. Zentralschmierung. Das Wesen dieser Schmierung besteht darin, daß eine ganze Reihe von Schmierstellen durch dünne Rohrleitungen von einem Sammeltopf aus bedient wird. Am einfachsten sind die Apparate, die das Öl mit Hilfe von Dochten in diese Rohre leiten. Die Abmessungen der Rohre und Dochte richten sich nach den zuzuführenden Ölmengen. Hier ist jedoch bei der Auswahl des Öles sorgfältig auf Beständigkeit gegen Verharzung zu achten.

Die Dochte dienen gleichzeitig zur Reinigung des Öles. Als Werkstoff für die Rohre sind entweder Stahlrohre oder Aluminiumrohre zu verwenden. Kupferrohre sind zu vermeiden, da das Kupfer bei seiner großen chemischen Aktivität das Öl besonders bei längeren Betriebspausen sehr ungünstig beeinflussen kann.

Einen weiteren Fortschritt bedeutet die Anwendung der Zentralschmierung mit sichtbarem Tropfenfall (Abb. 22). Hier kann die Schmiermittelzufuhr dauernd beobachtet und durch besondere Stellschrauben reguliert werden. Die Größe der Ölbehälter ist zweckmäßigerweise so zu bemessen, daß eine Füllung eine ganze Schicht vorhält.

Die bisher beschriebenen Schmierungsarten haben jedoch den großen Nachteil, daß das Schmiermittel den Lagerstellen durch das Schwerkraft zufließen muß. Bei großen Höhenunterschieden und bei Fett geht man zur Preßschmierung über (Abb. 23). Das Wesen dieser Schmierungsart besteht darin, daß die einzelnen Lagerstellen von

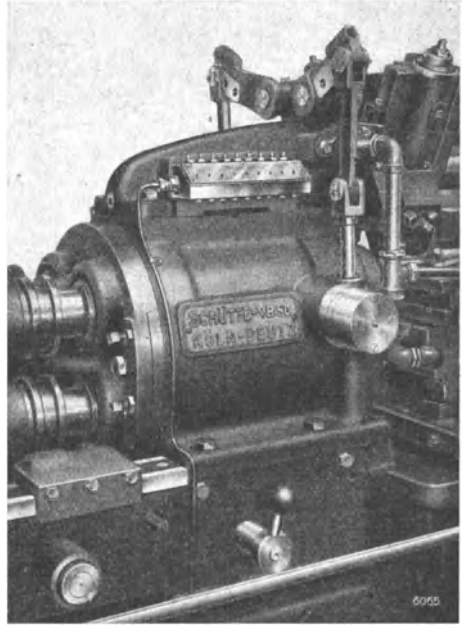


Abb. 22. Zentralschmierung mit sichtbarem Tropfenfall.

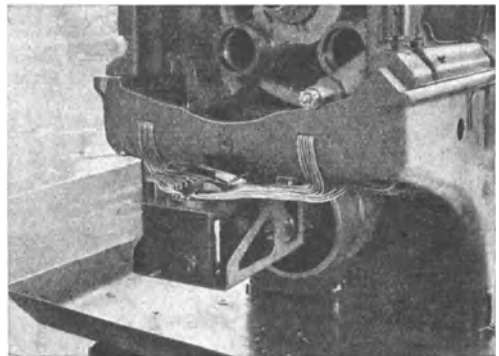


Abb. 23. Zentralschmierung.

einer zentralen Versorgungsstelle das Schmiermittel unter manchmal sehr großem Druck zugeführt erhalten.

e) Preßschmierung für Fette. Preßschmierungsapparate besonderer Konstruktion dienen zum Verschmieren von Fetten. Die Apparate fördern auch sehr konsistente und hochschmelzende Fette. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die einmal oder mehrere Male durch die Zentralschmierapparate geförderten Fette eine immer weichere Konsistenz bekommen, je öfter sie gefördert werden. Die Schmiereigenschaften der Fette werden dadurch in keiner Weise berührt.

f) Störungen und Abhilfe bei Preßschmierung. Bei dem Betrieb von Preßschmierapparaten kann eine Reihe von Betriebsstörungen auftreten, die aber meistens mit einfachen Mitteln zu beheben sind.

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einige praktische Winke. Die Hinweise gelten sinngemäß sowohl bei Fett als auch bei Öl.

Art der Störung	Ursache	Abhilfe
Apparat fördert nicht	In den Förderzylinder des Apparates ist Luft gelangt, was meistens bei zu niedrigem Öl- oder Fettstand eintritt	Behälter mit Öl- bzw. Fett füllen und durchdrücken, evtl. Leitung losnehmen, bis Luftblasen verschwunden sind. — Wenn nötig, Neueinstellung des Apparates laut Vorschriften der Konstruktionsfirma
desgl.	Antriebs- oder Fördererelemente, wie Rollengesperre, Steuerzylinder, Zubringerflügel bzw. -tellerschraube, sind zerbrochen oder verschlissen	Reparieren oder Auswechseln der entsprechenden Teile
desgl.	Apparat bzw. Leitungen sind durch Knotenbildung des Fettes oder durch feste Fremdstoffe, wie Holz, Steinchen usw., verstopft	Reinigen des Apparates, Auseinanderbauen der Leitungen und Durchpressen von Fett mit Hochdruckpresse
Apparat fördert zu wenig	Falsche Einstellung der Regulierschrauben	Erhöhung der Fördermengen, d. h. Vergrößerung des Kolbenhubes durch Drehen der Regulierschraube (s. Vorschriften der Konstruktionsfirma)
desgl.	Falsche Befestigung der Verbindungsstange am Schwinghebel der Antriebswelle des Apparates	Die Fördermenge wird um so größer, je näher die Verbindungsstange an die Antriebswelle des Apparates gerückt wird
desgl.	Zu hoher Widerstand in den Leitungen durch zu enge bzw. zu lange Rohre, durch Kniestücke oder gequetschte Leitungen	Apparat in möglicher Nähe der Schmierstellen aufstellen. Verwendung von mindestens $\frac{1}{4}$ " Hochdruckrohren. Kniestücke und Krümmungen vermeiden. — Gequetschte Leitungen auswechseln
desgl.	Das Gewebe im Innern der Schläuche hat sich gelöst	Austausch der Schläuche gegen neue
Öl- oder Fettverlust	Undichte Rohrleitungen oder Schläuche	Beschädigte Leitungen auswechseln bzw. instandsetzen
desgl.	Undichtigkeit der Verbindungsstellen zwischen Schlauch und Lagerdeckel oder Rohrleitung und Apparat	Verwendung kegelig dichtender Verschraubungen in den Rohrleitungen, die fest angezogen werden können. Häufige Kontrolle aller versteckt liegenden Verbindungen erforderlich
desgl.	Zu großes Lagerspiel	Lagerschalen neu einpassen

Art der Störung	Ursache	Abhilfe
Zu heiße Lager trotz genügender Schmiermittelzufuhr desgl.	Ungenau montierte und schlecht eingebaute Lager	Lagerschalen nachschaben und sorgfältig einbauen
desgl.	Unzweckmäßige Nutenausbildung, die das Zustandekommen eines guten Schmierfilmes verhindert Zu dünnflüssiges Öl oder ungeeignetes Fett	Änderung der Nutenführung den jeweiligen Druckverhältnissen entsprechend Änderung der Öl- oder Fettsorte

Gleichzeitig sind auch noch Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, um die Zufuhr ständig zu kontrollieren. Bei besonders hoch beanspruchten Lagern empfiehlt es sich, einen Dreiwegehahn bzw. Probierventile oder besser eine Kontrollschraube einzubauen, um festzustellen, ob genügend Schmierstoff zugeführt wird.

**34. Die Schmierung der Zahnrad- und Schneckengetriebe.** a) Zahnradgetriebe. Bei schwer belasteten Getrieben und solchen, die zwischen Antriebsmotor und Arbeitsmaschine geschaltet werden, genügt es nicht, daß die Räder im Öl waten. In diesem Falle wird eine kräftige Pumpe eingebaut, die das Öl in den Eingriff der Räder spritzt. Da bei großen Umlaufzahlen und schweren Belastungen das Öl häufig stark erwärmt wird, kann eine Kühlschlange oder ein Kühler eingebaut werden, die das Öl vor dem Einspritzen in das Getriebe durchlaufen muß.

Die rasch laufenden Getriebe müssen der besseren Wärmeableitung wegen mit einem dünnflüssigeren Öl geschmiert werden.

Die langsam laufenden Getriebe haben im allgemeinen hohe Flankendrücke. Daher muß der Ölfilm hier tragfähiger sein. Dies wird erreicht durch ein zähflüssigeres Öl. In bezug auf die Alterungsbeständigkeit und die Emulsionsfestigkeit sind hier die gleich hohen Anforderungen zu stellen wie bei den rasch laufenden.

b) Schneckengetriebe. Bei den Schneckengetrieben treten im allgemeinen sehr hohe Flankenpressungen auf. Das Öl muß also ein besonders gutes Schmiervermögen haben. Um das Anlaufen in der Kälte zu sichern, soll auch der Stockpunkt gut sein. Eine flache Zähflüssigkeitskurve ist besonders erwünscht, damit nicht bei der hohen Temperatur infolge des großen Flächendruckes der Ölfilm durchbrochen wird.

c) Zusammenstellung der Öle für Getriebeschmierung. Die Tabelle I gibt einen Anhaltspunkt, welche Daten für die Verwendung in den einzelnen Getrieben zugrunde gelegt werden können.

Sehr oft ist es notwendig, diese Getriebe mit Fett zu schmieren, wenn das Getriebe oder der Räderkasten nicht öldicht gebaut werden kann. Das Fett muß aber die richtige Konsistenz haben. Bei zu fester Konsistenz wird das Fett an die Wandungen geschleudert und bleibt dort hängen. Dann laufen die Räder in einem Hohlraum und werden zu wenig geschmiert. Das abgeschleuderte Fett muß ständig nach unten sacken, damit es immer wieder von den Zahnrädern erfaßt werden kann, um so am Schmiervorgang teilnehmen zu können.

**35. Schmierung der Wälzlager.** Bei Wälzlagern liegen besondere Verhältnisse vor. Die Schmierungsfragen sollen hier etwas ausführlicher behandelt werden, da die Wälzlager — Kugel-, Rollen- und Nadellager — in den Betrieben bei Werkzeugmaschinen, Transmissionen, Elektromotoren usw. ständig in größerem Umfange benutzt werden.

Tabelle 1. Öle für Getriebeschmierung.

Kennzeichnung des Öles	Ungefähre Analysendaten	Anwendungsgebiet
Alterungsbeständiges und nicht emulgierbares Öl	Zähflüssigkeit 4/50° Flammpunkt 190°	Dieses Öl findet bei schnellaufenden Zahnradgetrieben Verwendung. Daher wird auch größte Alterungsbeständigkeit verlangt. Anwendung auch bei Einbau eines Kühlers
desgl.	Zähflüssigkeit 8...9/50° Flammpunkt 220°	Dieses Öl dient zur Schmierung von hochbelasteten Zahnradgetrieben; daher ist die Zähflüssigkeit auch höher, um einen tragfähigeren Film zu gewährleisten
Dickflüssiges Getriebeöl	Zähflüssigkeit 12...14/50° Flammpunkt 220°	Sehr dickflüssiges Öl mit flacher Viskositätskurve. Es wird besonders bei Schneckengetrieben gebraucht
Ganz dickflüssiges Getriebeöl	Zähflüssigkeit 20...40/50° Flammpunkt über 220° Stockpunkt -10°	Dies ist ein sehr zähflüssiges Getriebeöl und wird in der Hauptsache für schwer belastete Schneckengetriebe benutzt

Für Automobilgetriebe und andere Sonderkonstruktionen werden Spezialgetriebeöle verwendet.

a) Schmiervorgang. Durch die Meßergebnisse von VIEWEG und KLUGE<sup>1</sup> ist nachgewiesen, daß trotz der genauen Passungen und trotz des geringen Spieles der Laufringe die Wälzkörper durch eine Schmierschicht voneinander getrennt sind. Mit der rollenden Reibung wird also auch eine flüssige Reibung erzielt. Sie entsteht dadurch, daß der den Laufringen, Kugeln bzw. Rollen anhaftende Schmierstoff zwischen die Flächen hineingezogen und sozusagen überwältzt wird (Abb. 24).

b) Ölschmierung. Den günstigsten Schmierzustand schafft naturgemäß die Anwendung der reinen Ölschmierung. Wenn die Viskosität der Belastung und der Drehzahl richtig angepaßt ist, sind die Reibungsverhältnisse am günstigsten. In den meisten Fällen lassen sich auch durch geeignete Konstruktionen Lösungen finden, um Ölverlusten vorzubeugen. In Abb. 25<sup>2</sup>

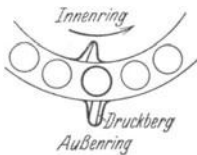


Abb. 24. Druckberg bei einem Wälzlager.

werden die Wälzlager in der Weise geschmiert, daß das bei ruhender Welle bis in den Raum A stehende Öl bei Bewegung durch den Flachgewindegang in das obere Lager gefördert wird. Es fließt dann durch die Rücklaufkanäle dem unteren Behälter wieder zu.

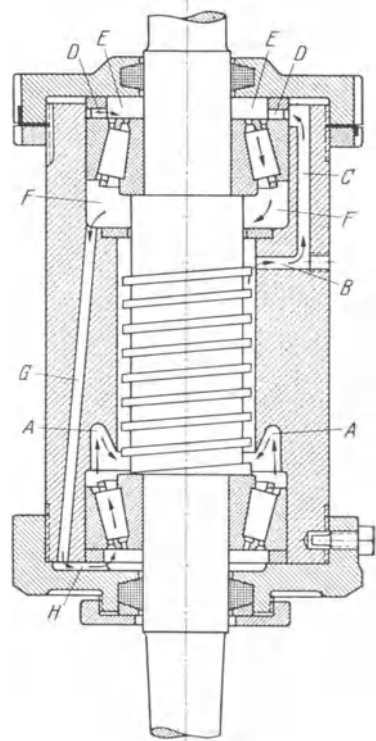


Abb. 25. Schmierung eines senkrechten Schleifwellenlagers.

A Hohlraum im Lagergehäuse; B, C, D, E Kanäle bzw. Wege des Schmieröls bei der Beförderung zur oberen Lagerstelle. F, G, H Kanäle für den Rücklauf des Öles zur unteren Lagerstelle.

<sup>1</sup> Messungen der Schmierfähigkeit von Ölen in Lagern. Arch. Eisenhüttenwes. 1929 Heft 12.

<sup>2</sup> Werkstatt u. Betrieb Jg. 72 (1939) Nr. 13/14.

Auch Umlaufschmierung (z. B. an sehr warmgehenden Lagern von Trockentrommeln an Papiermaschinen) eignet sich vorzüglich für Wälzlager, die hierdurch sehr geschont werden.

c) Fettschmierung. Bei Verwendung geeigneter Fette in guten Gehäusekonstruktionen kann man auf engpassende Dichtungen verzichten, da der Schmierstoff nach außen gegen eindringenden Staub usw. gut abdichtet. An den Rollkreis wird nur so viel Fett abgegeben, wie notwendig ist, um die sich bewegenden Teile vor Abnutzung zu schützen, ohne den Käfig abzubremesen.

Für niedrige Temperaturen und Geschwindigkeiten eignen sich Kalkseifenfette mit niedrigem Chlor- und Aschegehalt. Für Wälzlager mit hohen Geschwindigkeiten und Temperaturen über 50° nimmt man Natronseifenfette. In jedem Falle sind „Wälzlagerfette“ erforderlich. Besonders hoch beanspruchte Lager (z. B. Walzenzapfenlager von Eisenwalzgerüsten) werden mit einem sog. Hochdruckfett oder -öl bedient.

Bei der Füllung der Wälzlager mit Fett ist besondere Vorsicht geboten. Die Lager dürfen nur ein Drittel bis höchstens zur Hälfte gefüllt werden, da sonst die Reibungsverluste im Lager selbst zu hoch werden. Das überschüssige Fett bedingt Drucksteigerungen im Lager bis über 6 at.

Zur Befüllung dürfen daher keine Fettpressen benutzt werden, da man bei einer derartigen Zuführungsart keine Kontrolle über die eingefüllte Menge hat. Das Einbringen von Hand hat sich am besten bewährt, zumal bei dem sparsamen Verbrauch erst in 1/2- bis 1jährigen Abständen nachgefüllt zu werden braucht. Wenn in besonderen Fällen mit Staufferbüchse geschmiert werden muß, müssen konstruktive Vorkehrungen getroffen werden, daß das zuviel eingefüllte Fett nach außen entweichen kann.

d) Wahl der Schmierung. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen Überblick, welche Schmierstoffe bei Wälzlagern anzuwenden sind:

#### 1. Fettschmierung:

- a) für Lagertemperaturen bis etwa 35°: Vaseline, Tropfpunkt 40...45° oder wie bei b,
- b) „ „ „ „ 50°: Wälzlagerfett, Tropfpunkt 85...100°,
- c) „ „ „ „ 100°: Sonder-Wälzlagerfett, Tropfpunkt 130...180°.

#### 2. Ölschmierung

(alterungsbeständige Öle):

	langsam laufend unter rd. 7 m/s	schnell laufend über rd. 7 m/s
a) für Lagertemperaturen bis etwa 35°:	Spindelöl 7...8/20°	Spindelöl 3...4/20°
b) „ „ „ „ 60°:	Maschinenölraffinat 3,5...4,5/50°	Spindelöl 7...8/20°
c) „ „ „ „ 120°:	Filtriertes Zylinderöl 3...4/100°	Maschinenölraffinat 7,5...8,5/50°

Bei Temperaturen über rd. 80° verwendet man, wenn irgendwie angängig, Umlaufschmierung.

**36. Flüssigkeitsgetriebe für Arbeitsmaschinen** sind Getriebe, bei denen die Antriebsleistung durch Öl übertragen und eine stufenlose Änderung der Geschwindigkeit angestrebt wird. Diese Getriebe haben sich in der letzten Zeit besonders im Werkzeugmaschinenbau durchgesetzt.

Jedes solcher Getriebe besteht aus 2 Teilen. Man nennt den von außen angetriebenen Primärteil kurz „Pumpe“. Der andere Teil des Getriebes, der das in der Pumpe verarbeitete Trieböl aufnimmt und damit Energie in dem eingestellten Übersetzungsverhältnis abgibt, wird kurz „Motor“ genannt.

a) Die Anforderungen an das Öl sind bei diesen Getrieben außerordentlich hoch. Für den Wirkungsgrad und das ordnungsmäßige Arbeiten sind die Reibungsverluste und die Spaltverluste maßgebend. Um den Forderungen gerecht

zu werden, müssen an das Öl widersprechende Ansprüche gestellt werden: Zur Verringerung der Reibungsverluste soll die Zähflüssigkeit möglichst gering sein, zur Verringerung der Spaltverluste soll sie möglichst hoch sein. Es kommt noch hinzu, daß die Zähflüssigkeit beim Öl ja auch weitgehend von der Temperatur abhängig ist. Bei Versuchen von HEBENSTREIT<sup>1</sup> sind an einem Lauf-Thoma-Getriebe Öltemperaturen bis zu 80° festgestellt worden. Zwar gleichen sich in gewissem Sinne die steigenden Spaltverluste und die mit geringerer Zähflüssigkeit sinkenden Reibungsverluste zum Teil aus; es ist aber unbedingt notwendig, daß das Öl eine möglichst flache Zähflüssigkeitskurve hat. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die Zähflüssigkeit bei diesen Getrieben zwischen 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> und 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Engler bei 50° zu wählen. Dickflüssigere Öle haben eben zu große Reibungsverluste und dünnflüssigere zu große Spaltverluste.

Trotzdem können auch Fälle eintreten, wo man ein zähflüssigeres Öl wählt, um die Spaltverluste gering zu halten. Man nimmt dann die großen Reibungsverluste in Kauf.

Es ist oft die Befürchtung ausgesprochen worden, daß bei höheren Temperaturen das Öl verdampfe und die Gefahr einer Ölexplosion auftreten könne. Diese Befürchtungen sind grundlos, da die Öle, die hier benutzt werden, einen so hohen Flammpunkt haben, daß eine derartige Erscheinung gar nicht möglich ist. Außerdem liegt der Brennpunkt des Öles bis zu 40° und mehr über dem Flammpunkt. Explosionen treten nur durch Vernebelung des Öles und Bildung eines brennbaren Öl-Luft-Gemisches auf, wenn gleichzeitig eine Zündquelle, beispielsweise durch Trockenlauf eines Lagers oder Abreißen von Grat, vorhanden ist.

Wohl aber spielt die Schaumbildung in gewissem Sinne eine Rolle, wenn sie durch eingeschlagene oder eingepreßte Luftblasen hervorgerufen wird. Daher ist es zweckmäßig, die Öle in der vorgeschriebenen Zähflüssigkeit zu wählen, da bei dieser die Luftblasen sich sehr leicht von dem Öl trennen können. Es sind auch Ölschaumdämpfungsmittel in den Handel gebracht (Patent Nr. 684660 Klasse 23c und 711387 Klasse 23c), die sich gut bewährt haben.

Am sichersten ist es jedoch, die ölführenden Teile von vornherein darauf zu prüfen, daß der Luftzutritt unterbunden wird.

b) Ölauswahl. Es ist ein sehr alterungsbeständiges Öl mit möglichst flacher Viskositätskurve erforderlich. Zähflüssigkeit etwa 2,5...4,5° Engler bei 50°.

37. Schmierung sonstiger Maschinen. Außer den eigentlichen Arbeitsmaschinen befinden sich in den Betrieben häufig noch Antriebsmaschinen, Transmissionen, Kompressoren zur Herstellung der Druckluft, Lufthämmer usw. Bei diesen Maschinen ist auf die Eigenart der Betriebsweise sorgfältig Rücksicht zu nehmen. Bei Dampfmaschinen haben Druck und Temperatur einen großen Einfluß auf die Ölauswahl; bei Kompressoren ist die Temperatur in jeder Druckstufe wesentlich. Diese Beispiele dienen nur als Hinweis, daß die Öle bzw. Fette bei der Schmierung dieser Maschinen nach besonderen Gesichtspunkten ausgewählt werden müssen (siehe Schmierplan S. 55).

### C. Schmierstoffverbrauch.

38. Erfassung des Verbrauchs. Der Erfolg einer richtigen Behandlung und Anwendung der ganzen Schmierungsfragen in den Werkstätten muß sich nicht nur in einem geringen Verschleiß geschmierter Maschinenteile, sondern auch in dem sparsamen Schmiermittelverbrauch auswirken. Es ist dringend notwendig, den Verbrauch nach Maschinengruppen oder nach einzelnen Maschinen zu er-

<sup>1</sup> Betriebsverhältnisse und Wirkungsgrade bei Kolbenflüssigkeitsgetrieben. Dissertation, Dresden. Berlin: Springer 1927.

fassen, um ihn genau kennenzulernen. Es genügt nicht, wenn man den Gesamt-schmiermittelverbrauch im Öllager feststellt und anteilmäßig auf die verschiedenen Werkstätten verteilt.

Tabelle 2. Monatlicher Ölverbrauch von Werkzeugmaschinen nach Werkstätten bei einschichtigem Betrieb.

Lfd. Nr.	Werkstatt	A	B	C	D	E	F
1	Zahl der Maschinen . . . . .	51	50	24	63	40	45
2	Stückgewicht der Maschinen in t . . . . .	0,5...6	3...25	2...18	3...15	3...15	0,5...4
3	Antriebsleistung in PS . . . . .	40	40	30	80	72	—
4	Transmissionslänge in m . . . . .	50	—	45	125	—	40
5	Einzelantrieb . . . . .	—	halb	—	—	ja	—
6	Transmissionsantrieb . . . . .	ja	halb	ja	ja	—	ja
7	Ölverbrauch je Monat gesamt in kg . . . . .	50	86	70	350 <sup>1</sup>	350 <sup>1</sup>	20
8	Ölverbrauch je Monat und Maschine in kg	1	1,7	2,9	5,5	8	0,45

39. Größe des Verbrauchs. LUDWIG<sup>2</sup> hat auf Grund einer Umfrage bei 55 deutschen Maschinenfabriken Unterlagen zusammengestellt, woraus sich auch ein Anhaltspunkt für den Verbrauch finden läßt. In Tabelle 2 sind Verbrauchszahlen bei werkstattmäßiger Erfassung angegeben. Diese Werte geben naturgemäß nur ein ganz oberflächliches Bild. Besser sind dann schon die Werte, wie sie in Tabelle 3 angegeben sind, wobei die unteren Grenzen sich auf Umlaufschmierung und auf gut durchgeführte Ölrückgewinnung mit Wiederverwendung des Öles beziehen. Die größeren Zahlen gelten für den Fall, daß das Öl nicht wiedergewonnen wird und in der Hauptsache von Hand geschmiert werden muß.

Tabelle 3.

Monatlicher Ölverbrauch einzelner Maschinen bei täglich 8 Stunden Betrieb.

1	Normal laufende Drehbänke bis 150 Spitzenhöhe . . . . .	0,2...0,7 kg
2	Normal laufende Drehbänke von 150 bis 300 Spitzenhöhe . . . . .	0,5...1,8 „
3	Normal laufende Drehbänke über 300 Spitzenhöhe . . . . .	2...4 „
4	Mittlere Plandrehbänke . . . . .	1,5...2,5 „
5	Schwere Plan- und Karusseldrehbänke . . . . .	3...7 „
6	Schnelllaufende Drehbänke bis 250 Spitzenhöhe . . . . .	1,5...3 „
7	Revolverbänke bis 80 mm Durchgang . . . . .	1,5...3 „
8	Mittlere Fräsmaschinen (250/700 Tisch) . . . . .	1,5...2,5 „
9	Rundschleifmaschinen (750 Ø) . . . . .	1,7...3 „
10	Transmissionen und Vorgelege zu 1 und 2 . . . . .	~0,03 kg
11	Transmissionen und Vorgelege zu 4, 6, 7 und 8 . . . . .	~0,05 „
12	Transmissionen und Vorgelege zu 9 . . . . .	~0,07 „
13	Transmissionen und Vorgelege zu 3 und 5 . . . . .	bis 1,3 „

Die Zahlen stimmen mit den Erfahrungen des Verfassers überein und geben ein gutes Bild der tatsächlichen Verhältnisse.

## IV. Öle für spangebende und spanlose Formung.

### A. Kühlen und Schmierien.

40. Bedeutung. Die Anwendung eines Kühlmittels bei der spangebenden und spanlosen Formung hat den Zweck, die Standzeit der Werkzeuge zu erhöhen und die Oberflächengüte und Maßhaltigkeit der Werkstücke zu verbessern. Die benutzte Flüssigkeit muß sowohl kühlen als auch schmierien, und es richtet

<sup>1</sup> Tag- und Nachtschicht.

<sup>2</sup> Die Schmierung im Betrieb. Masch.-Bau 1927 S. 323.

sich ganz nach dem Arbeitsgang und nach dem zu bearbeitenden Stoff, welche dieser beiden Eigenschaften überwiegen muß. Der Nachweis der Kühlfähigkeit und Schmierfähigkeit ist nicht einfach, da sich diese beiden Eigenschaften nie unabhängig voneinander darstellen lassen. Die genaue Ermittlung der beiden Komponenten wäre aber von großem Vorteil, da man dann die Kühlflüssigkeiten entsprechend einstellen könnte. Da sich dies mit den heutigen Meßverfahren noch nicht ermöglichen läßt und auch die analytischen Daten keinen Anhaltspunkt geben, ist man in erster Linie auf den praktischen Versuch angewiesen.

**41. Leistungssteigerung.** Es gibt zwei Möglichkeiten, um die Leistungssteigerungen zu ermitteln:

a) Man bestimmt die Anzahl der Werkstücke mit und ohne Kühlung, die jeweils bis zur Abstumpfung des Werkzeuges hergestellt werden kann. Naturgemäß können nach diesem Verfahren auch verschiedene Kühlflüssigkeiten untersucht werden.

b) Man bestimmt in ähnlicher Weise den Gewinn an Schnittgeschwindigkeit. Auch hier läßt sich der Einfluß verschiedener Öle prüfen.

Die beiden Verfahren haben den Vorteil, daß sie sich ohne große Umstände anwenden lassen und für alle Arten von Kühlflüssigkeiten brauchbar sind. Dabei ist es ohne Einfluß, ob im Laboratorium oder im praktischen Betrieb geprüft wird. In allen Fällen läßt es sich so einrichten, daß ohne große Störung des normalen Arbeitsganges die notwendigen Untersuchungsergebnisse anfallen. Bei einer ganzen Reihe von groß angelegten Versuchen ist auch festgestellt worden, daß die nach diesem Verfahren gewonnenen Laboratoriumsergebnisse im praktischen Betrieb durchaus bestätigt werden. Über die jeweilige Anwendung und die Ergebnisse wird in den folgenden Abschnitten gesprochen.

**42. Einteilung.** Bei den Kühlflüssigkeiten, die im Betrieb zur Anwendung kommen, unterscheidet man zwei große Gruppen:

a) die mit Wasser nicht emulgierbaren Öle, im folgenden stets mit „Schneidöle“ bezeichnet,

b) die mit Wasser emulgierbaren Öle, im folgenden stets mit „Bohröle“ bezeichnet (vgl. Abschn. 18).

## B. Schneidöle.

Die Schneidöle, oben als „mit Wasser nicht emulgierbar“ gekennzeichnet, bestehen aus mineralischen, tierischen, pflanzlichen Ölen oder Mischungen aus solchen. Am häufigsten kommen vor: Mineralöl mit oder ohne chemische Zusätze, Lardöl, Rüböl, Leinöl, Rübölersatz und compoundierte Öle. Die oft anzutreffenden Bezeichnungen, wie Räumnadelziehöl, Automatenöl, Gewindeschneidöl usw., beziehen sich lediglich auf den besonderen Verwendungszweck. Im übrigen ist darunter aber immer eines der vorgenannten Öle zu verstehen.

**43. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen.** Die Schneidöle werden bei schweren Zerspanungsvorgängen und bei hochwertigen Werkstoffen benutzt. Als Hauptanwendungsgebiete sind zu nennen: Zahnradstoßmaschinen, Räderfräsmaschinen, Automaten, Revolverbänke, Gewindeschneid-, Schleif- und Walzmaschinen, Langlochbohr-, Ziehschleif- und Räumnadelmaschinen. Bei allen diesen Arbeitsvorgängen kommt es in erster Linie darauf an, die Werkzeugschneide möglichst lange zu erhalten und Arbeitsstücke von guter Oberfläche und Maßhaltigkeit zu bekommen.

a) Verwendung fetter Öle. Bis etwa 1925 noch hat man der Schneidölfrage wenig Aufmerksamkeit geschenkt und geglaubt, mit den schon immer benutzten fetten Ölen die besten Wirkungsgrade erreicht zu haben. Mit der zunehmenden



Verwendung hochlegierter Werkstoffe und der weiteren Einführung der Hochleistungsmaschinen wurde dies jedoch anders. Tran wurde lange Zeit fast ausschließlich an Räumnadelziehmaschinen benutzt, bis man sich sagte, daß die Geruchsbelästigungen doch zu stark seien. Das Rüböl hat sich eigentlich am längsten gehalten, da man auf die guten Schmiereigenschaften nicht verzichten wollte.

Besonderes Interesse beansprucht eine Untersuchung von WALLICH'S und KREKELER<sup>1</sup>, die an einer Maag-Zahnradhobelmaschine durchgeführt wurde und bei der eine ganze Reihe der damals im Handel befindlichen Öle in bezug auf ihre Schneidleistung geprüft wurden. Das Ergebnis ist in Abb. 26 dargestellt. Als Kennzeichen diente die Anzahl der bis zur Abstumpfung des Werkzeuges hergestellten Werkstücke. Die Abb. 26 zeigt, wie groß die Unterschiede zwischen den einzelnen Ölen sind und daß es im Interesse der Leistungssteigerung im Betrieb durchaus angebracht war, dieser Frage erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Das mit Nr. 7 bezeichnete Öl (Rüböl) zeigte die besten Ergebnisse. Da jedoch beim Rüböl wegen seiner chemischen Eigenschaften besondere Vorsicht am Platze war, wurde auch noch ein Dauer-versuch durchgeführt, der in Abb. 27 dargestellt ist. Hier ist ersichtlich, daß das Rüböl in seiner Schneidleistung stark nachließ, während die anderen Öle im Anfang zwar geringere Leistungen zeigten, dafür aber in ihrer Schneidleistung auch nicht nachließen. Das Verhalten des Rüböles findet seinen Grund in der starken Alterung. Andere Arbeiten in dieser Richtung wurden durchgeführt von REICHEL, BEUERLEIN und OLDENBURG<sup>2</sup>.

b) Verwendung von Mineralölen. In der Entwicklung der letzten Jahre ist deutlich das Bestreben zu erkennen, den aus mehreren geeigneten Komponenten zusammengesetzten mineralischen Schneidölen den Vorzug zu geben. Man gibt den Mineralölen den Vorzug, weil sie die größte Beständigkeit haben und nur schwer säuern und harzen; außerdem können die fein verteilten Metallspänchen keine große katalytische Wirkung ausüben. Neben Fettölbestandteilen werden auch andere Zusätze zu den Schneidölen gegeben (z. B. Schwefel), um das Druckaufnahmevermögen zu erhöhen. Diese Entwicklung geht auch im Auslande vor sich. Es handelt sich dabei um eine technische Entwicklung. Das Bestreben muß sein, die fetten Öle durch andere Stoffe zu ersetzen.

In der Zwischenzeit sind neue Schneidöle entwickelt, deren Leistungsfähigkeit der des frischen Rüböles sehr nahekommt, ohne dessen Nachteile zu be-

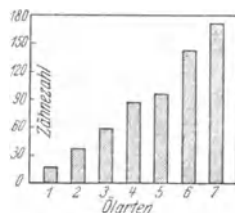


Abb. 26. Anzahl der bis zur Abstumpfung des Werkzeuges geschnittenen Zähne (verschiedene Ölsorten).

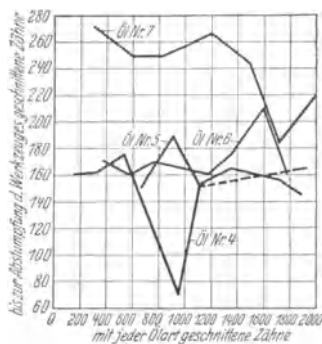


Abb. 27. Dauerversuch mit verschiedenen Schneidölen.

<sup>1</sup> Untersuchung der Kühllöle bei der Zahnradbearbeitung. Z. VDI 1929 S. 643.

<sup>2</sup> Forschungsergebnisse in der Metallbearbeitung, Schneidflüssigkeit und Schnittgeschwindigkeit — Oberflächengüte. Masch.-Bau/Der Betrieb 1935 Heft 23/24. — Schneidöl, Kühlmittel (Bohröl), Schleiföl. Techn. Z. prakt. Metallbearb. 1937 Nr. 23/24. — Kühlen und Schmieren bei der spanabhebenden Formgebung. Z. Kraftstoff Juni 1940. — Siehe auch ferner: Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung. AWF-Betriebsblatt 37. AWF-Mitt. 25 (1943) S. 4.

sitzen. Veröffentlichungen über praktische und Versuchsergebnisse sind leider noch nicht erschienen.

c) Anforderungen des Betriebes. Bei Automaten ist Vorsicht geboten, wenn die Zähflüssigkeit der benutzten Schneidöle geändert wird. Bei höherer Zähflüssigkeit fallen die Stücke im allgemeinen größer aus als sie ursprünglich eingestellt waren. Zwischen Werkstück und Werkzeug entsteht ein starker Ölfilm, der das Werkzeug mehr abdrückt.

Das Verhalten des Öles beim Zusammentreffen mit der heißen Zerspanungsstelle und mit den warmen Spänen spielt auch eine große Rolle. Das Öl soll eine möglichst geringe Rauchbildung bei größter Beständigkeit in der Wärme zeigen. Eine laboratoriumsmäßige Bestimmung gibt es hier nicht. Man ist auf die Erfahrungen der Ölhersteller und auf den praktischen Versuch angewiesen.

Der Benetzungsfähigkeit kommt ebenfalls eine besondere Bedeutung zu: Das Öl soll sich schnell ausbreiten und in alle Fugen zur Schmierung und Kühlung eindringen. WALLICHS und KREKELER sowie STÄGER<sup>1</sup> haben versucht, ein Maß für die Benetzungsfähigkeit zu bekommen. Die Ausbreitung eines Öltropfens wurde auf einer verschieden vorgeordneten Stahlplatte gemessen. Diese Versuche haben aber kein eindeutiges Ergebnis gehabt.

Es ist weiterhin auf gute Abtropffähigkeit zu achten. Dies gilt sowohl für die Stücke wie auch für die Späne. Das an den

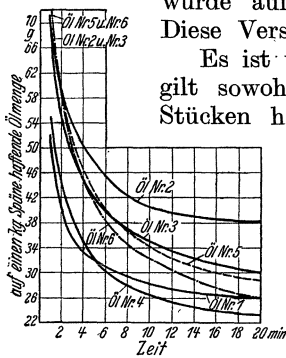


Abb. 28. Abtropffähigkeit verschiedener Schneidöle.

Stücken haftende Schneidöl bedeutet einen Verlust. In manchen Fällen muß es auch noch durch einen großen Arbeitsaufwand entfernt werden. Das an den Spänen haftende Öl nimmt nicht am Umlaufprozeß teil und muß nachher ebenfalls entfernt werden. Die Abtropffähigkeit läßt sich sehr einfach bestimmen. Die dabei ermittelten Werte sind in Abb. 28 dargestellt. Die an den Spänen haftenden Mengen sind naturgemäß sehr von deren Form abhängig. Immerhin können sie in jedem Fall beträchtliche Werte erreichen. So kann man z. B. durch Ausschleudern der Späne in Spänezentrifugen bis zu 75% des Öles wiedergewinnen.

Zur Erhöhung der Schmierfähigkeit werden den aus verschiedenen geeigneten Mineralölen zusammengesetzten Schneidölen noch besonders behandelte Zusätze beigegeben, die meistens Fabrikationsgeheimnis sind. Es ist jedoch eine sorgfältige praktische Erprobung notwendig, da durch diese Zusätze auch viel verdorben werden kann.

**44. Besondere Anwendungsgebiete: Zerspanung von Bronze, Rotguß, Messing und Kupfer.** Die Öle, die bei der Zerspanung dieser Werkstoffe benutzt werden, nehmen in gewissem Sinne eine Sonderstellung ein.

a) Grundsätzliche Auswahl. Es ist zu beachten, daß Bronze, Rotguß und ähnliche Werkstoffe chemisch außerordentlich aktiv wirken. Daher ist von vornherein die Anwendung eines fetten oder stark gefetteten Öles als Kühlflüssigkeit nicht vorteilhaft. Diese Öle neigen bekanntlich sehr zum Verharzen und Säuern, das durch das Hinzutreten eines Katalysators, wie ihn die vorgenannten Werkstoffe darstellen, noch erheblich beschleunigt wird. Die Verharzung und Säuerung bewirkt nicht nur eine Schädigung der Kühl- und Schmiereigenschaften, sondern auch ein Verkleben der Schlittenführungen. Dadurch können Vorschubstörungen verursacht werden, die zum Bruch führen. Für die Zerspanung dieser

<sup>1</sup> Über Versuche mit Bearbeitungsölen. Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik, Bericht Nr. 25, Zürich 1930.

Werkstoffe muß daher ein gutes Mineralöl von großer Kühlfähigkeit und besonderer Beständigkeit gewählt werden.

Eine Vereinheitlichung der in anderen Abteilungen bei der Stahl- und Gußeisenbearbeitung benutzten Kühlflüssigkeiten mit den bei der Rotguß-, Bronze- usw. Bearbeitung benutzten ist daher nicht zweckmäßig.

Auf die Wichtigkeit dieser Frage macht RICCIUS<sup>1</sup> ausdrücklich aufmerksam. Die nachfolgenden Angaben geben einen Anhaltspunkt, welche Werte für ein Schneidöl, das bei Rotguß und Bronze benutzt werden kann, zugrunde gelegt werden sollen:

Viskosität bei 50°: 2···3; Flammpunkt: über 150°; spez. Gewicht: belanglos.

b) Auswahl für Paßflächen. Da in den Werkstücken aus Bronze, Rotguß, Messing usw. sehr häufig Bohrungen von besonders großer Maßhaltigkeit und vorzüglicher Oberflächengüte hergestellt werden müssen (sog. Passungsbohrungen), spielen bei der Verarbeitung dieser Werkstoffe alle jene Arbeitsvorgänge eine große Rolle, die zur Herstellung einer solchen passungsgerechten Bohrung angewendet werden müssen.

Die aufeinander folgenden Arbeitsvorgänge sind Bohren, Senken, Reiben.

Beim Bohren und Senken kann die gleiche Kühlflüssigkeit benutzt werden. Dagegen wird das Reiben (hier kommt eine Locherweiterung von 0,1···0,8 mm im Durchmesser in Frage) sehr vom Kühlmittel beeinflusst.

Von SCHALLBROCH<sup>2</sup> wurden Versuche gemacht, um die Abhängigkeit der Reibüberweite von der Art des Kühlmittels festzustellen. Hier zeigt sich nämlich, daß die sog. Reibüberweite sehr abhängig ist von der Art und der Zähflüssigkeit des benutzten Kühlmittels. Unter Reibüberweite versteht SCHALLBROCH das Maß, um das die fertige Bohrung das Nennmaß der Reibahle übertrifft.

Die Abb. 29 gibt einen Anhaltspunkt, in welcher Weise die Kühlmittel einen Einfluß haben. Bei den Versuchen wurde auch Rüböl benutzt, um ein typisches Schmiermittel dieser Klasse mit einzubeziehen. Es darf aus der Verwendung nicht darauf geschlossen werden, daß das Rüböl nunmehr bei solchen Arbeitsgängen benutzt werden soll.

Mit Hilfe der gebotenen Zahlenwerte kann ein Anhaltspunkt gefunden werden für die Auswahl des Kühlmittels, da je nach dem Ausfall der Probebohrung eine Vergrößerung oder Verkleinerung des geriebenen Lochdurchmessers bei sonst gleichem Werkzeug erzielt wird. Die Schlußfolgerungen gelten sinngemäß für alle Werkstoffe.

Beim Schleifen wird Sodawasser, Schneidöl oder Bohröl als Kühlmittel verwendet. H. OPITZ und W. VITS haben nachgewiesen<sup>3</sup>, daß der Schleifvorgang durch die Schleifflüssigkeit in verschiedener Hinsicht beeinflusst wird. Auffallend ist bei Schleiföl (Schneidöl) der außerordentlich geringe Schleifscheibenschleiß, der eine gute Standfestigkeit auch profilierter Scheiben bewirkt. Beim Rundschleifen entfallen von der Gesamtzustellung, wenn mit Sodawasser gekühlt

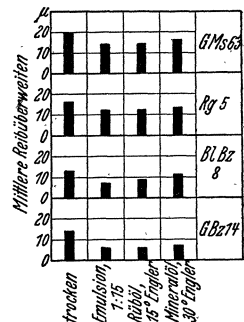


Abb. 29. Reibüberwerten bei verschiedenen Kühlmitteln. 30°.

Schnitttiefe  $a = 0,07$  mm;  
Vorschub  $s = 0,52$  mm/U;  
Werkstück und Werkzeug in fester Einspannung.

<sup>1</sup> Bronze und Rotguß, S. 75. VDI-Verlag 1931.

<sup>2</sup> SCHALLBROCH, H.: Untersuchungen über das Senken und Reiben von Eisen-, Kupfer- und Aluminiumlegierungen. Dissertation, Aachen. Aachen: Verlag Ed. Wedler & Co. 1930.

<sup>3</sup> OPITZ, H., u. W. VITS: Schleifscheiben beim Betrieb mit Kühlmitteln. Dtsch. Kraftfahrtforsch. Heft 65. Berlin: VDI-Verlag 1941. Auszug s. Z. VDI 1942 S. 198.

wird, 30% auf den Schleifscheibenverschleiß, beim Kühlen mit Emulsion (Bohröl) dagegen 20% und bei Schleiföl (Schneidöl) nur 5%. Leider ist die Wärmeleitfähigkeit der Schleiföle gering, so daß die Werkstücke verhältnismäßig hohe Temperaturen annehmen.

### C. Bohröle.

**45. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen.** Über das Wesen der emulgierbaren Öle ist schon das Notwendige gesagt.

a) Einfluß des Wassers. Bei der Verwendung von emulgierbaren Ölen ist zu beachten, daß das zur Verfügung stehende Wasser von größtem Einfluß ist. Hartes Wasser, und hierunter ist jedes kalkhaltige Wasser zu verstehen, eignet sich nicht zum Ansetzen der sog. Emulsion. Jedes Wasser mit mehr als 8° deutschem Härtegrad muß enthärtet werden. Bei Verwendung eines solchen Wassers wird sonst eine unlösliche Kalkseife gebildet, die an der Ausscheidung einer flockigen, schmierigen Schicht zu erkennen ist. Ein Teil der im Bohröl enthaltenen Seifen ist dann als wirksamer Emulgator ausgeschieden. Wenn kein anderes als kalkhaltiges Wasser zur Verfügung steht, kann man sich dadurch helfen, daß man einen kleinen Sodazusatz gibt. Als Richtlinie kann folgendes gelten:

1° deutscher Härtegrad = 10 mg CaO (Kalziumoxyd, gebrannter Kalk) in 1 Liter Wasser,  
 = 18,9 mg kalzinierte Soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  oder  
 = 51 mg Kristallsoda  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ .

Beispiel: Härtegrade 35°.

Auf 1 Liter Wasser erforderlich:  $35 \cdot 18,9 = 661,5 \text{ mg} = 0,66 \text{ g}$  kalzinierte Soda oder  
 $35 \cdot 51 = 1785 \text{ mg} = 1,8 \text{ g}$  Kristallsoda.

Allerdings muß man mit der Zugabe von Soda vorsichtig sein, da bei einem Zusatz von 2...3% Soda sehr leicht wieder die Emulsion „ausgesalzen“ wird.

Aluminiumlegierungen sind alkaliempfindlich. Werden sie mit einer Emulsion behandelt, deren Wasser Soda zugesetzt wurde, so ist es ratsam, den nachteiligen Sodaeinfluß durch Zusatz von 1...2 cm<sup>3</sup> Wasserglas je Liter Emulsion zu beseitigen<sup>1</sup>.

Je weicher das zu verwendende Wasser ist, desto besser ist es für das Ansetzen einer Emulsion. Am geeignetsten ist Regenwasser oder enthärtetes Wasser.

Der  $p_{\text{H}}$ -Wert der Emulsion wird im Betrieb am einfachsten durch Papierstreifen gemessen, die mit Hilfe von Imprägnierstoffen den Wert durch Farbumschlag anzeigen<sup>2</sup>. Er soll 7 nicht unterschreiten und 9 nicht überschreiten. Es kommen auch so harte Betriebswasser vor, daß eine Enthärtung sehr umständlich und teuer ist. In solchen Fällen ist es einfacher, ein „Bohröl für hartes Wasser“ zu verwenden<sup>3</sup>.

b) Die Behandlung des Bohröles selbst erfordert auch gewisse Vorsichtsmaßnahmen:

1. Die Lagerfässer dürfen nicht der Einwirkung von Nässe, Kälte und Hitze ausgesetzt werden. Am günstigsten lagert man in unverzinkten Eisenfässern in einem vor Frost geschützten Raum.

<sup>1</sup> Vgl. W. HELLER: Beständigkeit von Aluminium gegen Bohrölemulsionen. Aluminium, Oktober 1937.

<sup>2</sup> Vgl. P. BEUERLEIN: Die Behandlung von Bohröl. Werkst.-Tech. 36 (1942) S. 22.

Der  $p_{\text{H}}$ -Wert ist der negative Briggsche Logarithmus der Wasserstoff-Ionenkonzentration. Praktisch bedeuten  $p_{\text{H}}$ -Werte unter 7 eine saure Reaktion, über 7 eine alkalische Reaktion und ein  $p_{\text{H}}$ -Wert von 7 eine neutrale Reaktion.

Empfohlen wird für die Prüfung des  $p_{\text{H}}$ -Wertes von Bohrölemulsionen z. B. Lyphan-Papier L 630 ( $p_{\text{H}}$ -Bereich 5,5...10) der Firma Dr. Gerhard Kloz, Leipzig N 21.

Für genauere Messungen können mehrere Lyphan-Papiere mit unterteilten  $p_{\text{H}}$ -Bereichen verwendet werden, die dann auch kleiner unterteilte Abstufungen aufweisen.

<sup>3</sup> Vgl. P. BEUERLEIN: Kühlmittelöl für hartes Wasser. Masch.-Bau/Der Betrieb 1937 S. 617.

2. Vor der Ölentnahme sollen die Fässer grundsätzlich gut umgerollt werden. Das Umrollen ist besonders notwendig, wenn das Öl auf dem Transport oder bei Lagerung im Freien durch Frost gelitten hat.

3. Das Öl darf nicht aus Originalfässern in kleinere Gefäße abgefüllt werden, um es im Betrieb zu verteilen. Falls eine Unterteilung in kleine Mengen notwendig ist, darf dies lediglich mit der fertigen oder der sog. Stammemulsion geschehen.

4. Das Öl darf nicht eher entnommen werden, als bis es gebraucht wird. Gleichzeitig darf auch nicht mehr Bohröl angesetzt werden, als gerade zur Ergänzung der im Betrieb vorhandenen Menge oder zur Neufüllung der Behälter notwendig ist.

5. Der Spund der Lagerfässer muß sehr gut verschlossen sein. Desgleichen soll auch das zum Ansetzen vorbereitete Öl nicht längere Zeit in offenen Gefäßen stehen. Diese Maßnahme ist besonders notwendig, wenn ein Öl, wie es häufig noch anzutreffen ist, zur Verbesserung der Emulgierbarkeit einen Spritzzusatz enthält.

6. Beim Ansetzen der Emulsion (bekanntlich die notwendige Menge Öl in die bereitgestellte Menge Wasser und nicht umgekehrt) muß unbedingt kräftig umgerührt werden. Man darf nicht etwa eine vollkommene Lösung des Öles ohne diese Durchwirbelung erwarten.

7. Auf keinen Fall darf heißes Wasser oder gar Dampf zur Beschleunigung der Emulgierung benutzt werden. Hierdurch können auch wieder wertvolle Bestandteile des Bohröles entweichen.

8. Die Emulsion darf auf keinen Fall von der Belegschaft zum Händewaschen benutzt werden, denn durch die Verunreinigungen und den Handschweiß wird die Emulsion zerstört.

9. Die Bohrölemulsion ist laufend auf ihren Gehalt an Bohröl zu prüfen.

e) Änderung des Fettgehaltes. Die letzte Vorschrift erfordert ganz besondere Aufmerksamkeit. Es ist bekannt, daß die Bohrölemulsionen während des Betriebes im Laufe der Zeit ärmer werden an dem eigentlichen Bohröl. Dies hat seinen Grund darin, daß das Bohröl viel spänefreundlicher ist als das Wasser, worin es verteilt ist. Wenn daher die Späne aus der Maschine entfernt werden, nimmt man immer mehr Öl mit heraus als Wasser, ebenso bleibt auf den Werkstücken auch anteilmäßig mehr Öl zurück als Wasser. Es zeigt sich der große Nachteil, daß die eigentliche Arbeitsflüssigkeit immer ärmer an Fettgehalt wird und daher nicht nur die Schneidleistung der Werkzeuge zurückgeht, sondern auch Werkstücke und Späne rosten.

d) Prüfung des Fettgehaltes. Bisher gab es kein einfaches, im Betrieb brauchbares Mittel, um die Verringerung des Fettgehaltes der Bohrölemulsion schnell und sicher zu ermitteln. In den meisten Fällen wurde die Fettarmut des Gemisches erst offensichtlich, wenn Maschine und Werkstücke Rost zeigten. Da die Ursache in den meisten Fällen nicht bekannt war, schob man sehr oft die Schuld auf das Bohröl. Es wurde nun ein einfaches Verfahren herausgebracht, um die Konzentration sicher prüfen zu können<sup>1</sup>:

In einen Meßzylinder, wie er in Abb. 30 dargestellt ist, wird bis zur untersten Marke die zu untersuchende Emulsion eingefüllt, dann gießt man 15 cm<sup>3</sup> etwa 10proz. Salzsäure in den Kolbenhals, bis der obere Strich erreicht wird. Nun wird der Kolben verschlossen und das ganze kräftig durchgeschüttelt, wobei die Salzsäure die Emulsion unter Abscheidung des Öles zersetzt. Die Abscheidung des Öles wird durch Erwärmung des Kolbens begünstigt. Wenn die untere Flüssig-

<sup>1</sup> Dieses Verfahren wurde von der Rhenania-Ossag-Mineralölwerke AG. angegeben.

keitsschicht möglichst klar geworden ist, kann man die Menge des abgeschiedenen Öles gleich in Prozenten ablesen, da entsprechend eingeteilt worden ist. An Hand der Abb. 30 kann man feststellen, ob die Versuchsdurchführung richtig gehandhabt wurde. Die fehlende Bohrlösmenge kann dann zugegeben werden.

e) Anwendung. Die Bohröle haben in den Betrieben der stahlverarbeitenden Industrie ein großes Anwendungsgebiet gefunden. Sie haben ein gutes Kühl- und Schmiervermögen.

Die Gebrauchslösungen enthalten im allgemeinen 10% Bohrlö, jedoch ist neuerdings das Bestreben zu erkennen, die Konzentration zu verringern. Dies ist dadurch möglich, daß man durch besondere Auswahl der Emulgatoren eine allerfeinste Emulgierung erstrebt. Je feiner die Emulgierung ist, desto geringer kann die Konzentration gewählt werden, da die fein verteilten Tröpfchen ihre Wirkung noch gut auszuüben vermögen. Es sind neuerdings Bohrlö bekannt geworden, die eine Konzentration von 1 : 60 und für Schleifen 1 : 100 zulassen. Ein solches Gemisch bringt naturgemäß auch eine sehr große Ersparnis mit sich, da ein Mischungsverhältnis von 1 : 60 einer nur etwa 1,6proz. Beimischung von Bohrlö entspricht.

46. Besondere Anwendungsgebiete: Temperguß- und Gußeisenbearbeitung. Die Bohrlö können im allgemeinen zu allen zerspanungstechnischen Vorgängen herangezogen werden, mit Ausnahme der im vorhergehenden Abschnitt genannten Arbeitsvorgänge, die dem Schneidöl vorbehalten sind. Außer diesen allgemeinen Anwendungszwecken gibt es noch besondere Gebiete:

a) Tempergußbearbeitung. Die wichtigsten Bearbeitungsverfahren für Temperguß sind Drehen und Gewindeschneiden. Das Gewindeschneiden ist, zerspanungstechnisch betrachtet, ein sehr ungünstiger Vorgang, da nach einer Feststellung von SCHIMZ<sup>1</sup> bei Gewindeschneidköpfen bis zu 14 Haupt- und Nebenschneiden gleichzeitig schneiden können. Dies wird weiterhin noch dadurch erschwert, daß die Tempergußstücke durch ihre un-

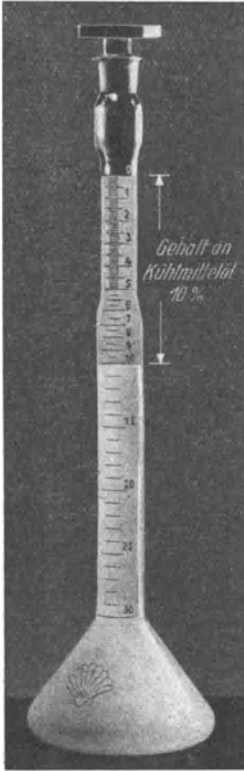


Abb. 30. Meßzylinder zur Prüfung der Bohrlöskonzentration.

gleichmäßige Art der Kohlenstoffausbildung, der Festigkeit, der Sandeinschlüsse usw. durchaus nicht als gleichmäßiger Werkstoff anzusehen sind. Man war daher bei Anwendung eines Kühlmittels darauf angewiesen, daß es mit besonderer Vorsicht hergestellt werden mußte. Denn bei den oben geschilderten besonderen Eigenschaften des Tempergusses trat bei vielen Ölen Rostbildung ein; außerdem war die Schmierfähigkeit in vielen Fällen zu gering, um das Werkzeug vor der zerstörenden Wirkung der Sandeinschlüsse zu schützen. Abb. 31 zeigt, wie groß die Unterschiede in der Schneidhaltigkeit hierbei sein können. Die mit A und B bezeichneten Öle waren Sorten, die sich bei der allgemeinen Stahlbearbeitung sehr gut bewährt

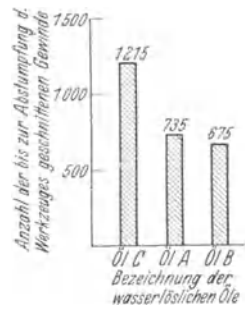


Abb. 31. Anzahl der mit verschiedenen Bohrlölen in Temperguß geschneiderten Gewinde.

<sup>1</sup> Das Außengewindeschneiden mit selbstöffnendem Schneidkopf. Arch. Eisenhüttenwes. Jg. 5 S. 35...44.

hatten; bei der Tempergußbearbeitung hingegen versagten sie. Das mit C bezeichnete Öl wurde eigens unter Berücksichtigung des vorstehend Gesagten für die Tempergußbearbeitung zusammengestellt und hat sich in der Schnittleistung außerordentlich bewährt. Die Prüfung auf das sonstige Verhalten, z. B. Rostsicherheit, Beständigkeit der Emulsion usw., ergab ein befriedigendes Ergebnis. Dies zeigt, daß die Bohrerhersteller heute in der Lage sind, durch richtige Auswahl der Grundstoffe den besonderen Anforderungen gerecht zu werden.

b) Gußeisenbearbeitung. Die ersten Versuche, Gußeisen unter Zuhilfenahme einer Kühlflüssigkeit zu bearbeiten, wurden schon von TAYLOR durchgeführt. TAYLOR benutzte Wasser, dem er zur Verhütung von Rostbildung einen etwa 5proz. Sodazusatz gab. Es ergab sich eine Steigerung der Schnittgeschwindigkeit von 15% gegenüber der Trockenbearbeitung. Das benutzte Kühlmittel hatte jedoch den Nachteil, daß der Anstrich der Maschinen angegriffen wurde und auch je nach der Ausbildungsform des Kohlenstoffes im Gußeisen und je nach der Konzentration des Gemisches keine unbedingte Sicherheit gegen Rosten gegeben war. Der erzielte Gewinn war nach unseren heutigen Erkenntnissen sehr gering, da das Kühlmittel keinerlei Schmierkomponente hatte. Durch den großen Wasseranteil war die Kühlkomponente außerordentlich hoch, jedoch konnte der Sodazusatz die Schmierkomponente nicht ersetzen.

Ermutigt durch die Erfolge mit Bohrölen bei der Tempergußbearbeitung wurden die Versuche von WALLICHS und KREKELER<sup>1</sup> wieder aufgegriffen. Es wurde hierzu das gleiche Öl benutzt, da sich auch schon bei Temperguß bewährt hatte. Es wurden Drehversuche durchgeführt. Die Spantiefe wurde mit 4 mm und der Vorschub mit 1,12 mm/U gewählt, womit den am meisten in der Praxis vorkommenden Schruppquerschnitten Rechnung getragen war.

Die Schnittgeschwindigkeit für eine Standzeit der Schneide von 60 Minuten wurde für die Kennzeichnung der durch das Kühlmittel bewirkten Steigerung der Schnittleistung gewählt. Diese Werte sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Diese Kennziffern zeigen, daß der Schnittgeschwindigkeitsgewinn gegenüber der Trockenbearbeitung zum Teil ganz erheblich ist.

Tabelle 4. Werte der Schnittgeschwindigkeiten für Gußeisen von 24·25 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit für eine Standzeit von 60 min (Stundenschnittgeschwindigkeit  $v_{60}$ ).

Vorschub . . . . . 1,12 mm/U | Werkzeug Schnellstahl, Einstellwinkel 45°  
Spantiefe . . . . . 4 mm | Kühlmenge . . . . . 12 l/min

Drehen von Schleuderguß (Gußhaut).

Arbeitsvorgang	$v_{60}$ min	Stundenschnittgeschwindigkeitsgewinn gegen Trockenbearbeitung in %	Steigerung gegen Wasser %
Trocken . . . . .	8,2	—	—
Wasser . . . . .	11,0	34	—
Bohremulsion 1:10 . . . . .	12,5	52	18

Drehen von Schleuderguß (gesunder Werkstoff).

Arbeitsvorgang	$v_{60}$ min	Stundenschnittgeschwindigkeitsgewinn gegen Trockenbearbeitung in %	Steigerung gegen Wasser bzw. gegen Emulsion 1:10 in %
Trocken . . . . .	27	—	—
Wasser . . . . .	33,75	25	—
Bohrölemulsion 1:5 . . . . .	36	33	8
„ 1:10 . . . . .	37,5	39	6

<sup>1</sup> Kühlen und Schmieren bei der Gußeisenzerspanung. Gießerei 1931 Heft 25.

## Drehen von Gußeisen.

Arbeitsvorgang	‰ min	Stundenschnittgeschwindigkeitsgewinn gegen Trockenbearbeitung in %	Steigerung gegen Emulsion 1:10 %
Trocken . . . . .	14	—	—
Bohrölemulsion 1:10 . . . . .	17,5	25	—
„ 1:5 . . . . .	19	38,3	17,1

Wie bei Schneidölen erwähnt, spielt die Abtropffähigkeit auch bei Bohrölen eine Rolle. Versuche wurden mit der gleichen Apparatur, wie S. 32 erwähnt, durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Abb. 32.

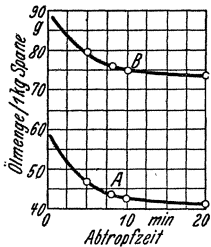


Abb. 32. Abtropfversuche bei Gußeisen-spänen.  
A Bohröl geeignet für Gußeisen; B Bohröl ungeeignet für Gußeisen.

Dem Gußeisen-Bohröl A wurde ein anderes Bohröl B gegenübergestellt. Es zeigte sich, daß die Abtropffähigkeit des Öles B bei weitem schlechter war als die von A. Zunächst wurden bei 1 kg Späne nach 20 min noch etwa 73 g Flüssigkeit (Wasser- und Fettgehalt) zurückgehalten. Die Fettbestimmung der abgetropften Flüssigkeit ergab noch einen Fettgehalt von 2%, so daß also 8% in den Spänen zurückgehalten wurden. Die Bohrölsorte A ergab ein ganz anderes Bild. Hier wurden nur 42 g Flüssigkeit zurückgehalten und die Versuche der Abtropfemulsion ergaben unverändert 10% Fettgehalt, d. h. mit anderen Worten: bei der Emulsion A war keine unzulässige Spänefreundlichkeit festzustellen. Ein solches Bohröl kann ungehindert durch die Späne hindurchlaufen und mit der Pumpe wieder umgewälzt werden. Derartige Versuche können somit

auch als ein weiteres Kriterium für die Brauchbarkeit eines Bohröles angesehen werden.

## D. Öle für die spanlose Formung.

47. Öl statt Fett. Bei der spanlosen Formgebung (Ziehen, Pressen usw.), bei der das Kühlmittel auch schmieren soll, geht man immer mehr zur Verwendung von Flüssigkeiten statt Fetten über. Dies hat seinen Grund darin, daß die Fette nicht so ergiebig sind und nicht so gut an alle zu schmierenden oder zu kühlenden Stellen hingelangen können. Man hat auch sehr häufig festgestellt, daß die Fette durch Klumpenbildung die Zieh- und Preßvorrichtungen beschädigen können.

Auch bei diesen Arbeitsvorgängen herrschten früher die fetten Öle vor. Die neuen Erkenntnisse haben auch hier gezeigt, daß man mit geeigneten Mineralölen besser fährt. Es kommt noch hinzu, daß ein Öl viel leichter auf das zu verformende Stück aufgebracht werden kann.

Beim Ziehen von Drähten werden besondere Vorrichtungen empfohlen, die im späteren Abschnitt 54 besprochen werden.

Beim Pressen von Blechen werden die Bleche vorher in ein Ölbad gelegt oder mit einem Pinsel bestrichen. Die Mineralöle haben den Vorteil, daß sie vermöge ihrer verhältnismäßig geringen Zähflüssigkeit leicht streichbar sind und eine gute Benetzungsfähigkeit haben, die für die Wirkung des Ziehöles von großer Bedeutung ist.

Beim Drahtziehen steht der Verwendung eines fetten Öles auch noch hindernd im Wege, daß die Drähte im allgemeinen vor dem Ziehen gekalkt werden. Dadurch kann bei Verwendung eines fetten Öles eine Verseifung eintreten, was bei längerem Lagern der Teile sehr nachteilig ist, da Seifen immer zu Verkrustungen und Rostbildung führen.



Über die Verwendung verschiedenartiger Schmierstoffe, wie Graphit, Kupfervitriol, Fettöle und Mineralöle, Seifen u. dgl., wurde von H. GRÄBNER<sup>1</sup> über eine Gemeinschaftsarbeit des Ausschusses für Stanzereitechnik berichtet.

**48. Schmierstoffe zum Ziehen.** Die günstigste Wirkung eines Schmierstoffes beim Ziehen ist abhängig: 1. vom Benetzungsvermögen, 2. von der Zähigkeit. Die Benetzbarkeit ist in gewissem Maße abhängig von der Werkstückfläche. Daher ist bei Vergleichsversuchen immer darauf zu achten, daß durch gleichmäßiges Beizen die Oberfläche des Metalls möglichst gleich wird. Je rauher die Oberfläche, desto besser ist auch die Benetzbarkeit und desto besser wird der Schmierstoff mitgeführt.

Bei Anwendung eines emulgierbaren Öles ist Vorsicht geboten, da es durch den großen Wassergehalt bei schweren Zügen sehr leicht versagt. Bei leichteren Zügen ergibt es jedoch den Vorteil, daß nach dem Ziehen nur noch ein leichter Ölhauch nach dem Verdunsten des Wassers zurückbleibt. Dieser Ölhauch genügt als Schutzüberzug, ohne jedoch, was besonders bei ganz feinen Drähten störend ist, die Drähte zu verkleben. Deshalb darf bei ganz feinen Drähten auch kein fettes Öl verwendet werden, da der dünne Ölhauch viel leichter durch die starke Einwirkung der Luft verharzt. Man hat dann nachher beim Abspulen Schwierigkeiten infolge des Verklebens.

Auch beim Ziehen und Pressen gibt es bisher noch keine Möglichkeit, die Öle vorher auf Grund irgendwelcher Analysendaten auf ihre Eignung zu prüfen. Man ist auch hier, wie in anderen Fällen, auf den praktischen Versuch angewiesen.

## E. Erfahrungen über Leistungssteigerungen bei Anwendung eines Kühlmittels.

**49. Art des Gewinns durch Kühlmittel.** Die Leistungssteigerungen bei Anwendung der Kühlmittel sind, wie z. T. die vorhergehenden Beispiele schon zeigten, sehr erheblich. Man kann sagen, daß für alle Werkstoffe und für alle Bearbeitungsvorgänge die Entwicklung noch im Fluß ist und daß bei weiterem Eindringen in die Kenntnis dieser Vorgänge noch ansehnliche Fortschritte zu erwarten sind.

Im allgemeinen wird der Gewinn durch die mögliche Steigerung der Schnittgeschwindigkeit ausgedrückt. Es ist naturgemäß aber ebenso ein Gewinn, wenn bei gleicher Schnittgeschwindigkeit eine bedeutend längere Standzeit (Lebensdauer) der Werkzeuge erzielt wird. Dies kann für manche Bearbeitungsvorgänge sogar von größerem Vorteil sein. Ebenso ist auch die Verminderung des Kraftverbrauches durch Kühlflüssigkeiten von Bedeutung.

Unter Umständen begnügt man sich auch bei sonst gleichen Schnittgeschwindigkeitsverhältnissen und -leistungen mit einer Verbesserung der Maßhaltigkeit und der Oberflächenbeschaffenheit.

**50. Gewinn bei einzelnen Arten der Bearbeitung.** a) Zahnradbearbeitung. Die Leistungen bei der Zahnradherstellung, wenn man die Anzahl der hergestellten Stücke zur Beurteilung zugrunde legt, sind aus Abb. 27 ersichtlich. Bei der Beurteilung dieser Gewinne darf jedoch auch nicht die Flankenglätte der Zähne außer acht gelassen werden, da im allgemeinen die Geräuschlosigkeit des Laufes, besonders bei Automobilgetrieben, hierauf zurückgeführt wird. Zahnräder, die in sehr geräuscharmen Getrieben Verwendung finden, erhalten meistens noch eine besondere Behandlung der Zahnflanken.

<sup>1</sup> AWF-Mitt. 1941 Heft 12.

b) Drehen. Nach Messungen von TAYLOR<sup>1</sup> kann bei Drehen von Stahl die Schnittgeschwindigkeit um durchschnittlich 40% durch Anwendung eines Kühlmittels gesteigert werden. Dies gilt für größere Spanquerschnitte. WALLICHS und OPITZ<sup>2</sup> haben auch kleine Spanquerschnitte, wie sie bei der Herstellung von Automatenteilen in Frage kommen, untersucht. Hier ergab sich folgendes Verhältnis: Bei 2 mm Spantiefe und 0,2 mm Vorschub je Umdrehung: bei trockenem Schnitt 60 m/min, bei Kühlung 88 m/min Schnittgeschwindigkeit. Dies entspricht ebenfalls einer etwa 40proz. Steigerung.

Bei dieser Zerspanungsart kommt noch hinzu, daß die ohne Kühlung hergestellten Stücke sehr schlechte Oberflächen haben und auch in der Maßhaltigkeit den Ansprüchen nicht genügen. Für einige der am häufigsten zu bearbeitenden Baustähle sind in Tabelle 5 auf Grund praktischer Betriebsversuche die Schnittgeschwindigkeitswerte mit und ohne Kühlflüssigkeit zusammengestellt. Der untere Zahlenwert gilt jeweils für einen Spanquerschnitt von etwa 12 mm<sup>2</sup>, der obere von etwa 1 mm<sup>2</sup>. Für die dazwischen liegenden Spanquerschnitte kann mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit interpoliert werden. Bei der Auswahl des Spanquerschnittes ist zu beachten, daß die Werte nur Gültigkeit haben, wenn die angegebenen Spantiefen nicht unterschritten werden. Bekanntlich hat ja die Zusammensetzung des Spanquerschnittes nach Spantiefe und Vorschub einen sehr großen Einfluß auf die anwendbare Schnittgeschwindigkeit. Es ist daher erforderlich, immer auch die Spantiefe oder den Vorschub anzugeben.

Tabelle 5. Werte der Schnittgeschwindigkeiten für Stahl für eine Standzeit von 60 min (Stundenschnittgeschwindigkeit  $v_{60}$ ).

Werkstoffe	Festigkeit kg/mm <sup>2</sup>	$v_{60}$ * ohne Kühlung Spantiefe 2...8 mm	$v_{60}$ * mit Kühlung Spantiefe 2...8 mm
SM-Stahl . . . . .	40...50	30...90	42...125
	60...70	20...60	28...85
	80...90	10...40	14...55
Ni-Einsatzstahl . . . . .	40...50	28...70	38...95
CrNi-Einsatzstahl . . . . .	55...65	15...50	22...70
Ni-Vergütungsstahl . . . . .	70...80	10...40	14...55
CrNi-Vergütungsstahl . . . . .	85...95	6...30	8,5...42
Manganstahl . . . . .	80...90	5...25	7...35
Unlegierter Einsatzstahl . . . . .	40...50	35...100	50...140
Unlegierter Vergütungsstahl . . . . .	75...85	15...65	22...90

\* Die Werte haben Gültigkeit für Spanquerschnitte von 12...1 mm<sup>2</sup>. Die Zwischenwerte sind entsprechend abzustufen.

Bei der Gußeisenbearbeitung werden Geschwindigkeitssteigerungen von 25...50% erreicht. Hier fällt vor allen Dingen der Gewinn bei der Bearbeitung der Gußhaut ins Gewicht. Dies ist besonders hervorzuheben, da ja die zerstörende Wirkung der eingebrannten Sandkörner und der Zunderschicht außerordentlich groß ist.

c) Ziehen. Beim Ziehen von Drähten kommt besonders eine Verringerung des Kraftbedarfes in Frage. Dies bringt eine große Erleichterung sowohl für die Ziehmaschine selbst wie auch für den zu ziehenden Werkstoff. Trotzdem ist auch hier nach Messungen von POMP und SIEBEL<sup>3</sup> mit einer beträchtlichen Ziehgeschwindigkeitssteigerung zu rechnen.

<sup>1</sup> TAYLOR-WALLICHS: Dreharbeit und Werkzeugstähle, S. 122. Berlin: Springer-Verlag.

<sup>2</sup> Bericht Nr. 20 des Aachener Werkzeugmaschinenlaboratoriums.

<sup>3</sup> Sonderdruck aus dem Arch. Eisenhüttenwes. 1930/31 S. 251...260.

Die angegebenen Zahlen zeigen, daß es also durchaus lohnend ist, sich mit der Frage der Kühlung und Schmierung bei jedem Bearbeitungsverfahren ernstlich zu beschäftigen.

**51. Zusammenstellung der für die verschiedenen Arbeitsverfahren und Werkstoffe zu verwendenden Kühl- und Schmierstoffe.** Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen Überblick, welche Kühlmittel bei den einzelnen Arbeitsvorgängen benutzt werden können. Es sind verschiedentlich in der Literatur Zusammenstellungen erschienen, die den Nachteil haben, daß zuviel Arten von Kühlmitteln angegeben werden und teilweise hierunter Mischungen genannt werden, die in einem Einzelfall vielleicht ab und zu gute Ergebnisse gezeigt haben. Damit ist aber noch lange kein Grund zur Verallgemeinerung gegeben. Grundsätzlich sollen in einem Betrieb möglichst wenig Sorten Kühlmittel benutzt werden, dann können sie auch so aufgebaut sein, wie es dem heutigen Stand der Erkenntnis entspricht.

Die Anfertigung eigener Mischungen ist vom volkswirtschaftlichen Standpunkt durchaus zu verwerfen. Es ist für den Einkauf und für den Betrieb außerdem viel einfacher, nur handelsübliche Produkte zu verwenden.

Die Kühlmittel sollen bei der Metallverarbeitung zweckmäßigerweise nicht nach Arbeitsvorgängen eingeteilt werden, sondern möglichst nach Maschinen. Dies trifft besonders zu für Automaten, Revolverbänke und Drehbänke. Gerade bei diesen Maschinen werden an ein und demselben Werkstück nacheinander ganz grundverschiedene Arten des Zerspanens angewendet, und es ist naturgemäß nicht angängig, dann für die einzelnen Arbeitsstufen besondere Kühlmittel zu benutzen. In manchen Fällen dient allerdings eine Maschine nur für einen ganz bestimmten Arbeitsvorgang, beispielsweise die Fräsmaschine zum Fräsen. Aber auch hier kann man mit einem Kühlmittel zurechtkommen, das an einer anderen Maschinengruppe ebenfalls verwendet wird.

Die Zusammenstellung Seite 42 ist daher unterteilt nach Hauptmaschinengruppen, auf denen typische Zerspanungsarbeiten vorgenommen werden. Die Werkstoffe, die auf diesen Maschinen bearbeitet werden, sind ebenfalls nach solchen Gruppen geordnet, wie sie vom Standpunkt des Kühlens und Schmierens zweckmäßig sind. Auf diese Art läßt sich die Anwendung der Kühlmittel sehr vereinfachen und vereinfachen. Es ist daher möglich, mit folgenden Ölen im Betrieb auszukommen:

1. Schneidöl für schwere Bearbeitungsvorgänge.
2. Zusatzöl oder Öl für leichte Bearbeitungsvorgänge.
3. Bohröl.
4. Schneidöl für Messing-, Bronze- und Rotgußbearbeitung (kann eventuell durch 2 ersetzt werden).
5. Brandverhütendes Schneidöl für die Bearbeitung von Magnesiumlegierungen.
6. Hochleistungsöl usw. für ganz besondere Zwecke.

Es wäre zu wünschen, daß die Kühlmittel, die nach bekannten oder manchmal sogar geheim gehaltenen Rezepten aus den unmöglichsten Bestandteilen selbst zusammengesetzt werden, nunmehr endgültig verschwinden.

## F. Versorgung der Werkzeugmaschinen mit Kühlflüssigkeit.

Wenn das Kühlmittel seinen Zweck erfüllen soll, so ist es unbedingt notwendig, es auch richtig zuzuführen. Leider wird hierauf noch viel zu wenig Wert gelegt. Im nachstehenden werden daher einige Richtlinien für die zweckmäßige Gestaltung der die Kühlmittel führenden Vorrichtungen gegeben.

Werkstoffgruppe	Automaten, Revolverbänke, Drehbänke	Fräsmaschinen Sägen	Räummaschinen	Zahnradstoßmaschinen	Gewindeschneidmaschinen	Bohrmaschinen	Schleifmaschinen
Stahl jeder Art und Härte: Maschinenstahl Baustahl, Werkzeugstahl, nichtrostender Stahl, Sonderstähle, Stahlguß	Schneidöl oder Bohról	Schneidöl oder Bohról	Schneidöl besonderer Herstellung	Schneidöl	Schneidöl besonderer Herstellung	Bohról (beim Reiben und Tieflochbohren Schneidól)	Bohról Mischung 1:50 bis 1:100 dünnflüssig Ziehschleifen: Schneidól
Gußeisen <sup>1</sup> } Temperguß }	Bohról	Bohról	Bohról	Bohról	Bohról	Bohról	Bohról 1:50 bis 1:100 Ziehschleifen: Schneidól
Messing <sup>2</sup> } Bronze } Rotguß } Kupfer }	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Bohról 1:50 bis 1:100
Nickel } Neusilber }	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Schneidól	Bohról 1:50 bis 1:100
Zink } Zinn } Blei }	Bohról	Bohról	Bohról	Bohról	Bohról	Bohról	
Aluminium <sup>3</sup> } Duraluminium } Silumin usw. }	Schneidól Bohról	Schneidól Bohról	Schneidól Bohról	Schneidól Bohról	Schneidól Bohról	Schneidól Bohról	Bohról 1:60 bis 1:100
Magnesiumlegierungen (z. B. Elektron) <sup>4</sup>	Brandverhüten- des Sonder- schneidól	Brandverhüten- des Sonder- schneidól	Brandverhüten- des Sonder- schneidól	Brandverhüten- des Sonder- schneidól	Brandverhüten- des Sonder- schneidól	Brandverhüten- des Sonder- schneidól	Brandverhüten- des Sonder- schneidól
Isolierstoffe } Hartgummi }	Trocken	Trocken	Trocken	Trocken	Trocken	Trocken	Trocken
Kunstharz } GepreßteLeinwand- } massen, gepreßte } Papiermassen } Marmor }	Trocken oder Bohról	Trocken oder Bohról	Trocken oder Bohról	Trocken oder Bohról	Trocken oder Bohról	Trocken oder Bohról	Trocken oder Bohról
Schiefer } Keramische Stoffe }	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser	Wasser

<sup>1</sup> Das Bohról muß für Gußeisen- und Tempergußbearbeitung besonders geeignet sein. <sup>2</sup> Ein Schneidól ohne Fett- und Schwefelzusatz verwenden (s. S. 32). <sup>3</sup> Bei diesen Leichtmetallen hat sich auch ein leichtes Mineralól bewährt. <sup>4</sup> Bei Elektron niemals Wasser verwenden.

**52. Einzel-, Gruppen- und Zentralversorgung.** a) Einzelversorgung. Bei der Einzelversorgung hat jede Maschine ihren eigenen Behälter und eine eigene Pumpe. Dies ist bei Hochleistungsmaschinen und Maschinen größerer Leistung zu bevorzugen. Der Verbrauch läßt sich genauer kontrollieren und das Kühlmittel kann leicht ausgewechselt werden. Besonderer Wert ist auf die Rückführung des Kühlmittels zu legen, damit besonders die Führungen der Maschine nicht durch hängenbleibende Späne beschädigt werden können. Der Spänefang ist so anzuordnen, daß das Kühlmittel gut abtropfen kann, damit nicht zu viel dem Kreislauf entzogen wird.

Bei Maschinen, die nur zeitweise mit einem Kühlmittel betrieben werden sollen, hat sich eine Einrichtung bewährt, bei der eine Pumpe unmittelbar mit einem zweckmäßig bemessenen Flüssigkeitsbehälter zusammengebaut ist. Es ist dann nur notwendig, für eine sichere Zu- und Ableitung von der Maschine zu sorgen.

b) Gruppen- und Zentralversorgung. Diese sind dann am Platze, wenn ganze Maschinengruppen oder ganze Betriebe mit einer Kühlmittelsorte versorgt werden können. Nachteilig ist bei diesen Anlagen der hohe Preis der erstmaligen Herstellungskosten. Auch bereitet die Auswechslung des Kühlmittels Schwierigkeiten, da immer gleich beträchtliche Mengen in Frage kommen. Bei derartigen Anlagen ist auf gute Reinigung der Leitungen und Behälter zu achten.

**53. Pumpen für die Kühlflüssigkeit.** Die Kühlflüssigkeiten werden durch Pumpen umgewälzt. Man unterscheidet folgende Arten:

a) Kolbenpumpen. Sie sind wenig gebräuchlich, da sie stoßweise fördern. Es kommt hinzu, daß sie gegen die von der angesaugten Flüssigkeit mitgerissenen Späneteilchen sehr empfindlich sind.

b) Zahnradpumpen. Sie werden sehr oft angewandt. Im neuen Zustand fördern sie sehr gut; sie sind einfach im Aufbau und in der Konstruktion. Sie können auch bis zu einem gewissen Grad ansaugen, so daß die Pumpe nicht an der tiefsten Stelle des Flüssigkeitsbehälters stehen muß. Dies ist sehr vorteilhaft, da sonst sehr umfangreiche Vorkehrungen getroffen werden müssen, um die Späne, den Schleifstaub und sonstige Verunreinigungen vor der Pumpe zurückzuhalten. Leider wird bei der Lagerung und der Abdichtung dieser Pumpen nicht immer die nötige Sorgfalt angewandt. Abb. 33A gibt ein Beispiel, wo der Wellenstumpf für den Antrieb der Pumpe ohne jede Abdichtung durch den Gußkörper hindurchgeleitet wird. Durch den einseitig wirkenden Riemenzug auf der Antriebsscheibe tritt bald ein unzulässiges Spiel an der Welle auf. Die Folge ist starke Luftansaugung mit erheblicher Schaumbildung. Es sind daher Konstruktionen etwa wie Abb. 33B mehr zu empfehlen. Selbstverständlich gibt es auch Pumpen mit fliegend angeordnetem Antrieb und Stopfbüchse, wobei dann die Traglager als Wälzlager ausgebildet sind. Für die Zuführung des Kühlmittels unter

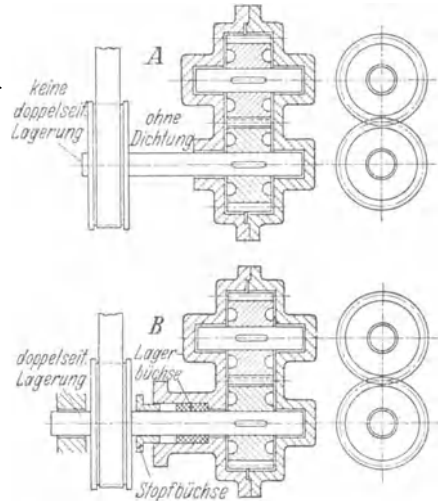


Abb. 33. Pumpe mit schlechter und guter Abdichtung.

A Antriebswelle ohne besondere Lagerung und Abdichtung im Gehäuse. Starker Verschleiß der Gehäusebohrung und ständiges Ansaugen von Luft.  
 B Antriebswelle mit Buchse im Gehäuse gelagert und gute Abdichtung durch besondere Stopfbüchse.

hohem Druck, wie beispielsweise beim Tieflochbohren, eignen sich vorzugsweise diese Pumpen.

c) Selbstansaugende Kreiselpumpen- und Schraubepumpen. Diese Pumpen sind für die wäßrigen Flüssigkeiten am zweckmäßigsten. Hier werden z. B. von SSW (Elmo-Pumpe) und AEG (AEG-Elektro-Kühlmittelpumpe) brauchbare Konstruktionen auf den Markt gebracht. Diese Pumpen sind so konstruiert, daß keine mit dem Kühlmittel in Berührung kommende Paßflächen vorhanden sind. Die Pumpenläufer haben eine solche Form, daß alle Verunreinigungen anstandslos gefördert werden können und daß sich auch auf den Läufern keine Niederschläge bilden, die erhöhten Leistungsbedarf beanspruchen. Die Laufräder drehen sich frei in der Flüssigkeit und haben auch genügende Ansaugfähigkeit. Die Leistung dieser Pumpen ist naturgemäß von der Zähflüssigkeit des zu fördernden Kühlmittels abhängig. Abb. 34 gibt einen Anhaltspunkt, wie sich Öl verschiedener Zähflüssigkeit im Vergleich zu einer Bohrölemulsion, die in ihrer Zähflüssigkeit etwa dem Wasser gleich zu setzen ist, verhält.

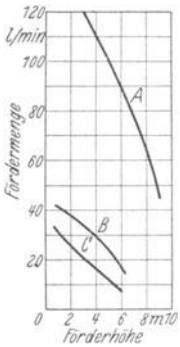


Abb. 34. Fördermengen bei verschiedenen Flüssigkeiten.  
 A Bohröl;  
 B Mineralöl V = 4,5° E/50°;  
 C Mineralöl V = 5,5° E/50°.

54. Zuführung der Flüssigkeit an der Bearbeitungsstelle.

a) Notwendigkeit der Tülle. Das Kühlmittel soll die Zerspanungsstelle in ruhigem, breitem Strahl überfluten. Es ist immer falsch, den Flüssigkeitsstrahl ungedämpft zuzuleiten, da er dann an der Zerspanungsstelle vorbeischießt und nicht voll wirken kann. Es kommt noch hinzu, daß dann die Abspritzverluste groß werden und die ganze Umgebung verunreinigt wird. Die Dämpfung bei Druckzuführung erfolgt entweder durch ein von Hand einstellbares Drosselventil oder durch Zuführungen nach Abb. 37. Genau so falsch ist es natürlich, zu sparsam in der Zuführung zu sein. Man findet noch oft, daß das Kühlmittel wie in Abb. 35 in kleinem Tropfenfall zugeführt wird.

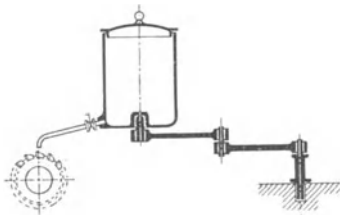


Abb. 35. Ungünstige Zuführung des Kühlmittels.



Abb. 36. Ausflußtülle der Maag Zahnrad- und Maschinen-AG.

Dies sollte nach den neuen Erkenntnissen durchaus vermieden werden. Durch die Gestaltung der Ausflußtülle soll vor allen Dingen der Strahl gedämpft, gleichzeitig aber auch seine Form dem zu kühlenden Werkzeug angepaßt werden.

b) Ausführung der Tülle. Die vorstehenden Forderungen werden von der Tülle in Abb. 36 gut erfüllt. Die Abb. 37 gibt einige Beispiele, wie man sich unter Umständen derartige Tüllen selbst herstellen kann<sup>1</sup>.

Ganz allgemein ist zu sagen, daß bei der Ausführung der Tüllen von den Maschinenfabriken meistens falsche Sparsamkeit geübt wird. Der Preis einer gut und zweckmäßig ausgeführten Tülle spielt im Verhältnis zum Maschinenpreis gar keine Rolle. Es sollte daher vermieden werden, die Lösung darin zu suchen, daß man einfach ein zylindrisches Rohr anschraubt.

<sup>1</sup> WOLF, ALEXANDER: Kühleinrichtungen an spanabhebenden Werkzeugmaschinen. Werkzeugmasch. 1931 Heft 4. — H. ZEDER: Zweckmäßiges Kühlen bei Zerspanungsarbeiten. Masch.-Bau 21 (1942) S. 203.

Die in Abb. 37 gezeigten Ausflußtüllen haben auch noch den Vorteil, daß die Luft, die in das Kühlmittel eingedrungen ist, sei es durch Undichtigkeit der Rohrleitungen oder durch Leersaugen des Behälters, wieder abgeschieden werden kann. Hierdurch wird die oft so lästige Schaumbildung vermieden und ein ruhiges Überfluten des Strahles erreicht. Diese Tüllen haben sich besonders bei Schleifmaschinen bewährt; sie können in ihrer Breite jederzeit den Schleifscheiben oder dem Werkstück angepaßt werden. Dies ist übrigens für jede Bearbeitungsart von größter Wichtigkeit. Das breit überfließende Kühlmittel führt auf diese Weise nicht nur besser die Wärme ab, sondern kann auch das Werkstück sicherer benetzen.

e) Zuführung des Kühlstoffs beim Ziehen. Bei Ziehvorgängen wird in den meisten Fällen wenig Wert auf eine geeignete Zuführung gelegt. Abb. 38 gibt ein Beispiel, wie bei Drahtzug das Öl sicher und sparsam mit dem Draht zusammengebracht wird. Beim Profilziehen muß auf die Form des Profils Rücksicht genommen werden. Wenn das Kühlmittel durch ein einfaches Rohr zugeführt wird, kommt nicht genügend Flüssigkeit in den unteren Teil. Abb. 39 zeigt, wie man sich in solchen

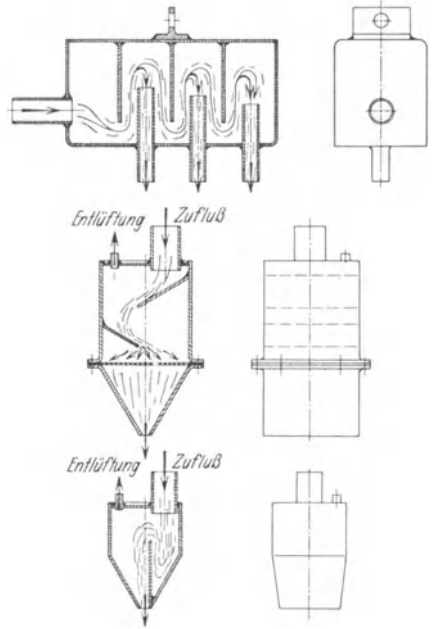


Abb. 37. Verschiedene Formen guter Ausflußtüllen.

Fällen helfen kann. **55. Veränderlichkeit der Kühlstoffmenge.** Die Zuführung der Kühlflüssigkeit muß unbedingt abgestellt werden können, da die Maschine zeitweise stillgesetzt werden muß, um das Werkzeug und das Werkstück zu beobachten. Das gleiche

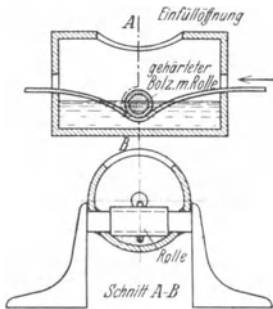


Abb. 38. Zuführung des Öls beim Drahtziehen.

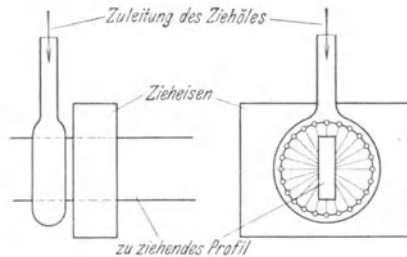


Abb. 39. Zuführung des Öls bei schwierigen Profilen.

gilt für den Leerlauf, da dann bei Auswechslung des Werkstückes oder des Werkzeuges nicht immer die Maschine stillgesetzt zu werden braucht. Am besten hat sich der Einbau eines Dreiwegehahnes bewährt, der durch einfache Umschaltung bei vollem Pumpenbetrieb die Schneidflüssigkeit durch eine Hilfsleitung wieder in den Behälter zurückleitet (Abb. 40). Es ist jedoch darauf zu achten, daß dieser Hahn durch Wellen oder Gestänge vom Bedienungsstand aus sicher und leicht

betätigt werden kann. Sind in der Druckleitung federbelastete Überdruckventile mit Rückführung zum Sammelbehälter eingebaut, so genügt die Anwendung eines einfachen Absperrhahnes an der Ausflußtülle.

**56. Bestimmung der richtigen Kühlstoffmenge.** a) Aufgabe und Wirkung. Bei der Berechnung der Kühlmittelmenge, die aufgebracht werden soll, ist zu berücksichtigen, daß das Kühlmittel mehrere Aufgaben erfüllen soll:

1. Die entstehende Zerspanungswärme ableiten.
2. Die trockene Reibung zum wenigsten in eine halbtrockene verwandeln.
3. Die abgehobenen Späne wegspülen.
4. Die fertigen Teile in der Temperatur so niedrig wie möglich halten.

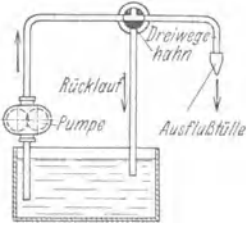


Abb. 40. Rückleitung der Kühlflüssigkeit mittels eines Dreiweghahns.

Dazu ist zu sagen, daß die eigentliche Zerspanungsstelle schon beim einfachen Drehen der unmittelbaren Einwirkung des Kühlmittels entzogen ist und in noch stärkerem Maße beim Bohren. RAPATZ und KREKELER haben während einer Untersuchung der Bohrarbeit<sup>1</sup> die Rockwellhärte an der Längsrichtung einer aufgeschnittenen Bohrung bestimmt (Abb. 41). Die mit zunehmender Bohrtiefe infolge der wachsenden Kaltverformung steigende Rockwellhärte läßt erkennen, wie sehr die Wirkung des Kühlmittels (Emulsion) in bezug auf Wärmeableitung und Schmierwirkung nachläßt. Daher kann die Wirkung der Kühlung nur mittelbar sein, d. h. daß

durch Kühlung der umgebenden Metallmassen die Ableitung der Wärme vom Wärmezentrum begünstigt wird.

b) Erfahrungszahlen. Abb. 42 zeigt die Abhängigkeit der Standzeit von der zugeführten Schmierstoffmenge<sup>2</sup>. Die Kurven gelten für den Schrappvorgang

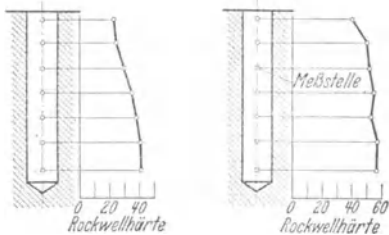


Abb. 41. Rockwellhärte in einer aufgeschnittenen Bohrung.

VCN 35  
 Schnittgeschw.: 15 m/min  
 Vorschub: 0,26 mm/U  
 Spiralbohrer: SS 20 mm  $\varnothing$   
 Diamantspitze: 100 kg Belastung  
 Werkzeugstahl: 100 kg Festigkeit  
 Schnittgeschw.: 15 m/min  
 Vorschub: 0,33 mm/U  
 Spiralbohrer: SS 20 mm  $\varnothing$   
 Diamantspitze: 100 kg Belastung

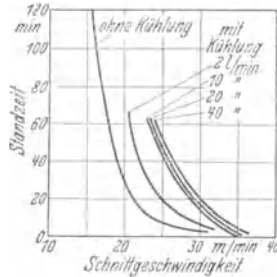


Abb. 42. Die Standzeit in Abhängigkeit von der zugeführten Kühlflüssigkeitsmenge.

und für Bohröl- und für Bohröl-emulsion. Sie zeigen, daß eine Steigerung über 12 l/min hinaus keinen Gewinn mehr an Schnittgeschwindigkeit bringt, d. h. mit anderen Worten, daß die Wärmeableitung und die Schmierwirkung genügend groß ist, um eine unzulässige Erwärmung der Schneidkante zu verhindern.

Die im allgemeinen üblichen Kühlmittelmengen schwanken zwischen 15 und 300 l/min.

Die untere Grenze gilt für kleine Drehbänke, leichte Zahradbearbeitungsmaschinen usw., die obere für große Schleifmaschinen, Hochleistungsfräsmaschinen und Vielstahlbänke. Dazwischen sind diese weiter abgestuft nach Art des Arbeitsvorganges und nach den verwendeten Maschinen. Bei den Hochleistungsverzahnungsmaschinen nach Maag, Fellow usw. arbeitet man mit 50...60 l/min, bei Vielstahlbänken mit 100...120 l/min. Die Grundregel muß sein, die erhitzten Teile so zu überfluten, als ob sie in einem Bade arbeiteten.

<sup>1</sup> Stahl u. Eisen Bd. 48 (1928) S. 257. — <sup>2</sup> Stahl u. Eisen Bd. 48 (1928) S. 343.



e) Der Kühlmittelbehälter ist naturgemäß für eine entsprechend größere Menge vorzusehen. Er darf noch nicht leer gebraucht sein, bevor das rückfließende Kühlmittel ihn wieder auffüllt.

Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß beim Anfall großer Spanmengen die Flüssigkeit langsamer zurückfließt; auch fließen große Mengen schneller als kleine. Der Weg, den das Kühlmittel zurücklegt, spielt ebenfalls eine Rolle. Wenn viele kleine Späne von Spiralform den Weg versperren, wird je nach der Abtropffähigkeit des Öles eine gewisse Menge zurückgehalten, die nicht am Umlauf teilnimmt. Daher ist der Flüssigkeitsbehälter so groß zu wählen, daß auch gegen Ende der Arbeitszeit, wenn viele Späne in der Maschine liegen, noch genügend Öl im Umlauf ist. Als Anhaltspunkt kann gelten, daß zu Fördermengen von 150...300 l/min Behälter von 50...150 l Inhalt gehören.

## G. Wiedergewinnung des Öles und Reinigung der Werkstücke<sup>1</sup>.

57. Wiedergewinnung durch mechanische Trennung. Die Rückgewinnung des Schneidöles aus den Spänen ist sehr wichtig. Man kann im allgemeinen damit rechnen, daß 100 kg Späne 16...18 kg Öl enthalten, von denen immerhin 14 bis 15 kg wiedergewonnen werden können. Naturgemäß spielt hierbei die Form der Späne und die Abtropffähigkeit des Öles eine große Rolle.

Auch von den Werkstücken soll das Öl in geeigneter Weise wiedergewonnen werden.

a) Art der Rückgewinnung. In den meisten Fällen wird eine Wiedergewinnung durch einfaches Abtropfen nicht zum Ziel führen; die Späne müssen geschleudert werden, oder sie werden mit Öllösungsmitteln gewaschen.

Das aus den Spänen herausgeschleuderte Öl wird zweckmäßig in größere Behälter geleitet, damit es dort absetzen kann. Die schweren Verunreinigungen und Spänchen sammeln sich am Boden des Behälters und können dort abgezogen werden. Unter Umständen muß auch noch filtriert

werden, um die letzten Verunreinigungen und vor allen Dingen die feinen Spänchen zurückzuhalten, da sie in den Führungen der Automaten und Revolverbänke sehr leicht Beschädigungen hervorrufen können. Eine wirksame und einfache Ölrückgewinnungs- und Ölaufbereitungsanlage zeigt Abb. 43.

Werden Lösungsmittel oder Laugen für die Ölrückgewinnung verwendet, ist die Aufbereitungsanlage verwickelter aufgebaut (siehe unter 58 Wiedergewinnung und Reinigung durch chemische Verfahren).

b) Verwendung des wiedergewonnenen Öles. Das wiedergewonnene Öl läßt sich ohne weiteres dem Frischöl zusetzen. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, in den Abteilungen, in denen die Werkzeuge am schärfsten beansprucht

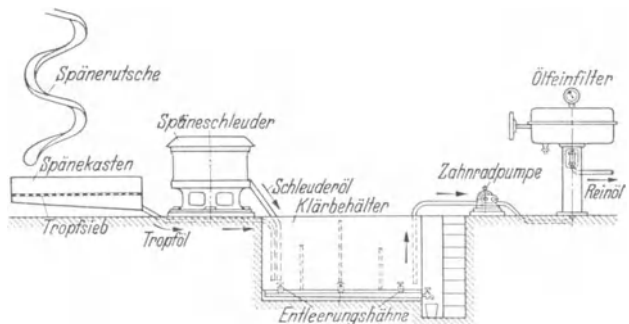


Abb. 43. Schneidöl-Rückgewinnungsanlage mit Öl-Feinfilter.

<sup>1</sup> Vgl. auch: Rückgewinnung von Metallbearbeitungsölen. Mitteilung des Technischen Beirats der Treuhandstelle der Reichsstelle für Mineralöl, Hamburg. Werkst.-Techn. 36 (1942) S. 31.

werden, wie z. B. bei der Zahnradherstellung, nur Frischöl einzufüllen und das wiedergewonnene Altöl dann in der Automaten- und Fassondreherei und an den Maschinengruppen zuzusetzen, die weniger hoch beansprucht werden. Auf 1 Teil Frischöl rechnet man je nach der Menge 2...3 Teile Altöl.

Die Wiedergewinnung eines Bohröles aus den Spänen ist an sich unwirtschaftlich. Die Fettgehalte der in den Spänen zurückgebliebenen Flüssigkeitsmengen sind relativ gering. Da außerdem bei der großen Spänefreundlichkeit des eigentlichen Bohröles diese Fettreste sehr stark haften, steht auch der Kraftverbrauch und die Zeitdauer der Zentrifugierung in keinem Verhältnis zum Gewinn. Aus volkswirtschaftlichen Gründen aber sollten unnötige Verluste vermieden werden. Auf keinen Fall dürfen Emulsionen einen Zustand erreichen, daß sie als völlig unbrauchbar bezeichnet werden müssen (vgl. S. 35). Tritt dennoch aus Nachlässigkeit od. dgl. eine derartige Verschlechterung einmal ein, und ist die von den Werkstücken oder Spänen anfallende Emulsion teilweise zersetzt, kann man eine Trennung der Fettsubstanz vom Wasser durch Trennsalze herbeiführen und das abgeschiedene Öl an die Mineralölindustrie zurückliefern.

Bei kleinen Werkstücken ist die Trennung von den Spänen von Bedeutung. Hierzu bedient man sich sog. Späneseparatoren. — Diese Maschinen sind sehr leistungsfähig. In der Uhrenfabrikation können in 3...5 min bis zu 5000 Muttern von den Spänen getrennt werden. Bei den kleinen Teilen empfiehlt es sich, diese Arbeitsgänge nach dem Spänezentrifugieren einzuschalten. Es werden also nicht allein die Späne, sondern auch noch die darin befindlichen Werkstücke mit zentri-fugiert. Hierdurch läßt sich die Ausbeute an wiedergewonnenem Öl noch steigern. Der trockene Automatenanfall, wie er aus dieser Zentrifuge kommt, wird in den Späneseparator entleert, wo er von den Spänen durch eine Art Windsichterei, ähnlich wie dies beim Getreide schon bekannt ist, getrennt wird. Je besser die Späne mit den Werkstücken geschleudert sind, desto leichter können sie nachher getrennt werden. Für 250...300 Automaten kann man je nach der Größe der Werkstücke mit einem Späneseparator auskommen.

**58. Wiedergewinnung und Reinigung durch chemische Verfahren.** In manchen Fällen ist es auch üblich, das Schneidöl von den Werkstücken in einem chemischen Verfahren wiederzugewinnen.

In Schraubenfabriken hat es sich bewährt, die Schrauben nochmals so zu behandeln, da hierbei erhebliche Mengen Öl, die in den Gewindegängen hängen bleiben, wiedergewonnen werden können. Die Werkstücke werden in einem Behälter, der mit 5proz. Sodalösung gefüllt ist, ausgekocht. Der verbleibende Rückstand wird dann mit Salzsäure gesäuert. Daraufhin setzt sich das Schneidöl in einer klaren Schicht wieder ab. Das Öl wird dann abgezapft und nach entsprechender Aufbereitung wieder im Betrieb verwendet. Bei diesem Verfahren ist jedoch bei der Auswahl der Schneidöle Vorsicht geboten, da manche gefetteten Öle keine klare Ölschicht absetzen, sondern mit dem Wasser emulgieren. Es empfiehlt sich, hier erst einen Vorversuch zu machen.

Solche Werkstücke, die die Einwirkung einer Lauge nicht vertragen (Weißmetall, Aluminium usw.) werden durch ein Lösungsmittel gereinigt: Benzin, Benzol, Trichloräthylen. Das letztere wird sehr oft bevorzugt, da es nicht feuergefährlich ist und ein sehr großes Lösungsvermögen hat. — Für diese Reinigung werden von Sonderfirmen Anlagen gebaut, die vor allen Dingen ein zu starkes Verdunsten des Lösungsmittels verhindern. Nach dem Auswaschen wird das Trichloräthylen in einem Verdampfer durch fraktionierte Verdampfung von dem Öl getrennt. Das Trichloräthylen wird dann wieder kondensiert und kann in ständigem Kreislauf weiter verwendet werden.

## V. Öle für die Härterei.

### A. Allgemeines.

Zum Härten, Vergüten und Anlassen von Stählen bedient man sich in weitem Umfang der Ölbäder. Die Ölbehandlung weist gegenüber der Wasser- und Salzbadbehandlung bei einigen Werkstücken und Stählen so erhebliche Vorteile auf, daß nicht darauf verzichtet werden kann.

Zur Pflege der Ölfüllungen sei erwähnt, daß neben regelmäßiger, laufender oder periodischer Reinigung der Bäder durch schrägen Boden des Behälters für eine Sammlung der Verunreinigungen und des Wassers und Abführung durch eine Schlammschleuse gesorgt werden muß.

**59. Wechsel in der Ansicht.** Bisher hat man sich mit der Frage, welche Öle für die Warmbehandlung am geeignetsten sind, sehr wenig befaßt. Man begnügte sich damit, aus alter Gewohnheit oder rein gefühlsmäßig in weitem Maße rein tierische oder pflanzliche Öle (Tran, Rüböl usw.) oder Mischungen aus diesen mit Mineralölen zu benutzen. In neuerer Zeit ist man jedoch in der Kenntnis dieser Frage wesentlich weiter gekommen, und es kann heute als entschieden angesehen werden, daß die Mineralöle allein in gleicher Weise geeignet sind<sup>1</sup>. Früher benutzte man außer den vorgenannten Ölen auch noch sehr oft feste Härtemittel, wie Talg, Stearin, Unschlitt usw., die sehr große Nachteile hatten, da sie stark zu unangenehmer Rauchentwicklung neigten, und es immer sehr lästig war, das Härtegut richtig in diese festen Mittel einzubringen. Man kann sagen, daß sie heute nur noch in ganz seltenen Fällen benutzt werden und daß sie jederzeit durch ein geeignetes Öl ersetzt werden können. Auf das Wesen der Stahlhärtung braucht in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen zu werden; es sei hierzu auf Heft 7 und 8 dieser Sammlung verwiesen.

**60. Einteilung.** Man kann grundsätzlich die in der Härterei benutzten Öle nach ihrer Verwendung in folgende Gruppen einteilen:

1. Härteöle, worunter auch die Öle, die beim Vergüten benutzt werden, fallen.
  - a) Gewöhnliche Härteöle. b) Blankhärteöle.
2. Anlaßöle.
3. Öle zum Schwärzen von Schrauben und sonstigen Teilen.

### B. Härteöle.

**61. Gewöhnliche Härteöle.** Bei der Beurteilung der Härteöle ist immer zu bedenken, daß die Fragestellung eine doppelte sein muß, nämlich: welchen Einfluß haben die Eigenschaften des Härtemittels auf das Ergebnis der Härtung, und: welche Veränderungen erleiden die Härteflüssigkeiten selbst im Gebrauch, d. h. durch die häufige Berührung mit dem glühenden Stahl und dem heißen Zunder, der zudem sehr oft längere Zeit im Härtebad verbleibt.

Über diese Fragen lagen bisher noch sehr wenige Antworten vor. Die nachstehenden Ausführungen geben jedoch hierüber schon weitgehend Auskunft.

Die gewöhnlichen Härteöle werden nur zum Härten und Vergüten benutzt, wenn die Oberflächenbeschaffenheit keine große Rolle spielt. Bei der Anwendung dieser Härteöle ist zu berücksichtigen, daß durch das Abschreckmittel die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit genügend hoch werden muß, um dem Stahl die gewünschte Härte zu geben. Unter Berücksichtigung aller Einflüsse ergeben sich für das Öl folgende Hauptforderungen:

<sup>1</sup> KREKELER u. RAPATZ: Arch. Eisenhüttenwes. Bd. 5 (1931) Heft 3.

a) Es muß die Wärme so ableiten, daß das Stück die gewünschte Härte annimmt und doch nicht reißt und sich nicht verzieht.

Hierzu ist zu sagen, daß die Mineralöle die gleich gute Wirkung haben, wie die bisher üblichen fetten Öle.

b) Die Wärme muß so entzogen werden, daß auch große Stücke genügend durchgehärtet werden.

Auch in dieser Beziehung genügen die Mineralöle besser den Ansprüchen als die fetten Öle.

c) Die Verdampfbarkeit muß gering sein, damit einerseits die Verluste möglichst niedrig gehalten werden und andererseits die störende Rauchentwicklung in der Härterei verhindert wird.

d) Der Flammpunkt muß demgemäß möglichst hoch sein, damit das Ölbad nicht leicht entflammt.

Da aber Flammpunkt und Zähflüssigkeit in einem gewissen Zusammenhang stehen, so muß hier eine Beschränkung eintreten, damit die Zähflüssigkeit nicht zu groß wird. Die Flammpunktgrenze wird im allgemeinen mit mindestens 180° günstig gewählt sein.

e) Die Abtropffähigkeit muß gut sein, damit die Verluste mit den dem Härtebad entnommenen Stücken gering gehalten werden und die sehr störende Ölkruste auf der Werkstückoberfläche vermieden wird.

Unter Berücksichtigung dieses Punktes ist die Zähflüssigkeit nicht so hoch zu wählen. Mit 4...6 E/50° wird sie im allgemeinen für mittelgroße Werkstücke richtig sein. Für sehr große Stücke nimmt man Zylinderöl, für sehr kleine ein Öl der Viskosität 2 bis 2,5° E/50°.

Tabelle 6. Alterung des Rüböles.

Daten	Rüböl ungebraucht	Rüböl gebraucht
Viskosität nach ENGLER bei 20°	12,8	—
Viskosität nach ENGLER bei 50°	4,20	23,9
Spez. Gewicht . . . . .	0,915	0,941

f) Das Öl muß widerstandsfähig gegen glühenden Zunder und, beim Abschrecken aus dem Salzbad, auch gegen heißes Salz sein. Hier sind die Mineralöle den fetten Ölen bei weitem überlegen. Die Mineralöle haben eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Wärmebeanspruchung und altern nicht annähernd so schnell wie fette Öle. Als Beispiel diene in Tabelle 6 die Alterung eines Rüböles. Inwieweit sich diese Alterung auch noch äußerlich kenntlich macht, zeigt Abb. 44, wo eine dicke Harzschicht an den Wänden des Härteölgefäßes abgesetzt ist.

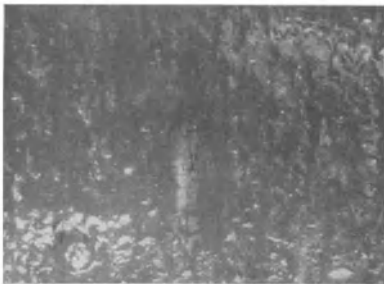


Abb. 44. Ablagerungen an der Wandung eines Härtegefäßes bei Verwendung von Rüböl.

Beim Härten aus dem Salzbad ist die Verwendung eines fetten Öles gänzlich ausgeschlossen. Durch das Eindringen des heißen Salzes tritt bei fetten Ölen eine Verseifung ein, die das Öl unbrauchbar macht und eine gute Härtung in Frage stellt. Hierüber gibt die Tabelle 7 Aufschluß, die schon bei geringer Fettölmischung eine erhebliche Steigerung der Verseifungszahl erkennen läßt.

g) Damit bei Beginn der Arbeitszeit die Zähflüssigkeit nicht zu hoch ist, muß

g) Damit bei Beginn der Arbeitszeit die Zähflüssigkeit nicht zu hoch ist, muß

das Öl entweder eine flache Viskositätskurve besitzen oder angewärmt werden. Diese Forderung wird meist vernachlässigt, jedoch ist sie gerade bei sehr großen Härteölbehältern sehr wichtig; nicht allein, daß sonst die richtige Härtung in Frage gestellt wird, sondern bei zu dickflüssigen Ölen werden auch die Abtropfverluste zu groß.

h) Endlich muß der Preis so sein, daß die ganze Anlage wirtschaftlich arbeitet.

Dies trifft besonders bei den großen Vergütungsanlagen zu, die große Mengen Härteöl brauchen. Es hat sich hier ein geeignetes Mineralöl durchaus als am wirtschaftlichsten erwiesen. Nach den zuverlässigen Mes-

Tabelle 7. Zunahme der Verseifungszahl beim Härten aus dem Salzbad.

Eigenschaften	Öl S 20	
	ungebraucht	Nach dem Härten aus dem Salzbad Probe 20 mal abgeschreckt
Spez. Gewicht 20° . . . . .	0,924	0,925
Flammpunkt . . . . .	210°	206°
Zähflüssigkeit nach ENGLER bei 50°	3,2	3,6
Aschegehalt in % . . . . .	0,006	0,01
Säurezahl in mg/g. . . . .	0,2	0,6
Verseifungszahl in mg/g . . . . .	2,5	4,1

sungen eines großen Hüttenwerkes ist je Tonne Härtegut mit einem Verbrauch von bis zu 10 kg Öl zu rechnen. Meistens liegt er aber unterhalb dieser Grenze. Bei kleineren Stücken mit sehr schwierigen Formen ist der Verbrauch naturgemäß größer als bei großen glatten Stücken. Zu diesem unmittelbaren Verbrauch, der durch Abtropfen, Verbrennen, Verdampfen usw. entsteht, kommt noch der mittelbare infolge der Alterung des Öles. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist es nun wichtig zu wissen, daß die fetten Öle nach einem gewissen Maß der Alterung nicht mehr regeneriert werden können, so daß dann lediglich das Auswechselln der gesamten Ölmenge übrig bleibt. Die Mineralöle sind in ihrem Verhalten anders; auch bei weit vorgeschrittener Alterung können sie durch Filtrieren, Zentrifugieren und bei besonders starker Beanspruchung durch Regenerieren wieder als Härteöl brauchbar gemacht werden.

**62. Blankhärteöle.** a) Zweck und Vorzug der Öle. Bei der Blankhärtung handelt es sich um einen Arbeitsvorgang, dem man seit einigen Jahren eine größere Bedeutung beigemessen hat. Begünstigt wurde diese Entwicklung auch noch dadurch, daß durch die Verbesserung der Raffinationsverfahren erst seit kurzer Zeit Blankhärteöle im erforderlichen Ausmaß zur Verfügung stehen.

Die Öle dienen dazu, wie schon der Name sagt, bei den Stücken die blanke Oberfläche auch nach dem Härteprozeß zu erhalten.

Bei Abschreckung mit gewöhnlichem Öl bildet sich durch die unvermeidliche Zunderung und Verkokung des Öles eine schwarze Schicht auf dem Werkstück, die teilweise sehr tief eingebrannt ist. Die Zunderung und Verkokung wird durch die im Öl immer noch vorhandenen unbeständigen Verbindungen sehr begünstigt.

Die fetten Öle neigen hierzu noch mehr als gewöhnliche Mineralöle. Bei dem Blankhärteöl kann diese Erscheinung nicht auftreten, da alle unbeständigen Verbindungen entfernt sind. Die Öle sind äußerlich schon daran zu erkennen, daß sie eine sehr helle und durchsichtige Farbe haben. Abb. 45 zeigt einige Uhrteilchen, mit einem blankhärtenden (rechts) und einem nichtblankhärtenden (links) Öl behandelt.

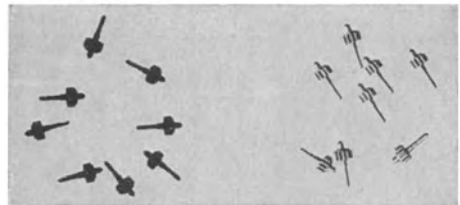


Abb. 45. Wirkung von gewöhnlichem und Blankhärteöl.

b) Einteilung und Verwendung der Öle. Die Blankhärteöle werden im allgemeinen in zwei Gütegraden benutzt, je nach den Anforderungen, die an das Öl gestellt werden. Die Tabelle 8 gibt einen Hinweis für die zweckmäßigerweise einzuhaltenden Daten und gleichzeitig einen Überblick über die Verwendungszwecke.

Tabelle 8. Analysendaten von Blankhärteöl.

	Spez. Gewicht ~	Viskosität bei 50° ~	Flamm- punkt ° ~
1. Blankhärteöl für kleine Uhrteile, Uhrfedern, Nadeln usw.	0,868	1,8	155
2. Blankhärteöl für alle Maschinenteile und Lehren . . .	0,905	4,5	185

Die Blankhärteöle sind in der warmbehandelnden Industrie als großer Fortschritt anzusehen, und es ist zu wünschen, daß sie sich noch weiter einführen.

c) Ölverbrauch beim Härten. Bei verschiedenen Ölen wurden beim Härten von Chromnickelstahlteilen folgende Verbrauchszahlen in kg Öl je Tonne Stahl ermittelt:

Ölsorte:	Unbekanntes Härteöl	Rüböl	Blankhärteöl 2 <sup>1</sup>	Blankhärteöl 1 <sup>1</sup>
Verbrauch kg/t:	12,6	11,3	9,00	8,66

### C. Anlaßöle.

Die Anlaßöle dienen dazu, wie schon der Name sagt, irgendwelche gehärteten Teile anzulassen. Bezüglich der Wirkung und des Zweckes des Anlaßvorganges sei auch hier wieder auf die Hefte 7 und 8 der Werkstattbücher verwiesen.

63. Anforderungen. Bei Anlaßölen richtet sich der Verwendungszweck in erster Linie nach dem Flammpunkt. Da Öle mit einem Flammpunkt über 330·360° nicht zur Verfügung stehen, dürfte dies die obere Grenze für die Verwendbarkeit eines Öles sein. Darüber hinaus muß man zu anderen Anlaßmitteln greifen. Da beim Anlassen im Gegensatz zum Abschrecken und Vergüten das Werkstück in dem Bad erwärmt werden muß, treten durch die ständige Innehaltung der Anlaßtemperaturen erhebliche Wärmebeanspruchungen auf. Alle Öle erleiden durch höhere Temperaturen bei längerer Einwirkung Veränderungen, auch wenn die Temperaturen weit unter ihrem Flammpunkt und Brennpunkt bleiben. Schon bei verhältnismäßig geringen Temperaturen können, wenn es sich um ungeeignete Öle handelt, sog. Spalt-, Polymerisations- oder Kondensationserscheinungen auftreten, die eine schnelle Alterung einleiten können.<sup>2</sup>

Tabelle 9. Alterung der Anlaßöle bei gleichen Anfangsdaten. Anlaßöl für Anlaßzwecke bei 300°.

Eigenschaften	Anlaßöl I		Anlaßöl II <sup>3</sup>	
	vor Gebrauch	nach Gebrauch (200 Std.)	vor Gebrauch	nach Gebrauch (200 Std.)
Spez. Gewicht (20°) . . . . .	0,905	0,908	0,913	0,918
Flammpunkt <sup>0</sup> . . . . .	315	298	323	266
Zähflüssigkeit nach ENGLER bei 100°	5,4	5,7	5,8	7,2
Säurezahl mg KOH/g Öl . . . . .	0	1,3	0	1,9
Verseifungszahl mg KOH/g Öl . . . . .	1,2	4,6	1,4	7,3
Aschegehalt % . . . . .	0,07	0,12	0,05	0,11
Asphalt % . . . . .	0,03	0,34	0,05	0,72

<sup>1</sup> Nach Tabelle 8.

<sup>2</sup> Vgl. SHELL-Taschenbuch für Werkstatt und Betrieb, S. 6/7. Leipzig 1939.

<sup>3</sup> Das Öl Nr. II hat sich trotz der fast gleichen Anfangsanalysenwerte sehr schlecht verhalten und mußte bald ausgewechselt werden.

**64. Auswahl.** Wegen des hohen Flammpunktes kommen für Anlaßzwecke fast nur Zylinderöle in Frage, und es ist wichtig, Öle zu verwenden mit möglichst geringem Asphaltgehalt und möglichst geringer Neigung zur Asphaltneubildung. Wie groß die Unterschiede bei fast gleichen analytischen Anfangsdaten sein können, zeigt Tabelle 9, wo die Alterungswerte eines geeigneten und eines ungeeigneten Öles gegenübergestellt sind. Es ist daher besonders wichtig, bei dem Anlaßöl auf die notwendige Beständigkeit zu achten. Wenn die Anlaßtemperatur 220° nicht überschreitet, so empfiehlt es sich, ein Blankanlaßöl zu nehmen, das die notwendige Sicherheit gegen Alterung bietet und gleichzeitig eine gute Oberflächenbeschaffenheit der Stücke gewährleistet. Tabelle 10 gibt einen Anhalt, in welchen Temperaturgrenzen und mit welchen Analysendaten Anlaßöle zu verwenden sind.

Tabelle 10. Analysendaten und Anwendungsbereich verschiedener Anlaßöle.

Anlaßöl bis etwa	Flammpunkt ~	Zähigkeit ~
230°	270°	25 E/50°
270°	300°	4 E/100°
320°	335...360°	6,5...8,5 E/100°

#### D. Öle zum Schwärzen von Schrauben und sonstigen Teilen.

**65. Zweck der Öle.** Es erweist sich oft als notwendig, irgendwelche Maschinenteile, die nicht angestrichen werden sollen, durch Schwärzen gegen Rostbildung zu schützen und das Oberflächenaussehen zu verbessern. Hierzu werden oft sehr teure und umständliche Chemikalien benutzt, die auch in der Anwendung nicht sehr einfach sind und außerdem den Oberflächenschutz nicht unbedingt für die Dauer gewährleisten.

**66. Anwendung der Öle.** Die Stücke werden entweder mit Öl bestrichen oder erwärmt in ein Ölbad getaucht. Neuerdings hat sich ein Verfahren eingebürgert, das den Vorteil größter Billigkeit hat. Man benutzt ein mit Wasser emulgiertes Öl von besonderer Zusammensetzung. Die erhitzten Stücke werden in dieses Bad eingebracht und abgelöscht. Durch Verdampfung des die Stücke umgebenden Wassers wird ein geringer Teil des emulgierten Öles auf der Werkstückoberfläche niedergeschlagen und eingebrannt. Beim Herausnehmen aus dem Bad sehen die Stücke sehr schön schwarz aus.

**67. Auswahl der Öle.** Früher verwandte man vorzugsweise Leinöl. Das oben genannte Verfahren verbilligt den Prozeß erheblich, da unter Umständen Zusätze zum Wasser von 2...3% genügen. Der Ölanteil der Emulsion ist abhängig von der Temperatur, auf welche die zu bräunierenden Teile angewärmt werden dürfen. Je heißer die Teile sein dürfen, um so kleiner kann der Ölanteil sein. An die Beständigkeit derartiger Emulsionen werden besondere Anforderungen gestellt, da diese beim Tauchen der Werkstücke sich nicht zersetzen dürfen.

#### E. Öle zur Verwendung in Rückkühlanlagen.

**68. Rückkühlanlagen und ihre Arbeitsweise.** In großen Härteanlagen für das Härten und Vergüten von großen Stahlstücken genügt es nicht, den Ölbehälter zur Kühlung in ein Wasserbad zu setzen oder Kühlschlangen einzubauen. Es müssen vielmehr besondere Ölkühler benutzt werden, die zumeist als Röhrenkühler ausgebildet werden. Vor die Ölkühler schaltet man noch Filteranlagen, damit die in dem Öl enthaltenen Verunreinigungen, wie Zunder und Ölschlamm, nicht mit in die Röhrenkühler gelangen. Das Öl muß immer einen etwas höheren Druck als das zur Kühlung benutzte Wasser haben, damit bei einem Leckwerden höchstens Öl in das Wasser übertreten kann, aber nicht umgekehrt. Es ist immer

besser, dadurch Ölverluste in Kauf zu nehmen, als daß das gesamte Härteöl durch Wassereintritt unbrauchbar wird. Wenn Wasser in das Härteöl gelangt, so äußert sich das beim Einbringen der zu härtenden oder zu vergütenden Stücke durch starkes Spratzen und Schäumen des Öles. Es ist außerordentlich schwierig, das eingedrungene Wasser wieder zu beseitigen. Fette Öle bilden mit dem Wasser eine Emulsion, wodurch die ganze Ölfüllung für Härtezwecke unbrauchbar wird. Aber auch bei reinen Mineralölen kann im Zustand vorgeschrittener Alterung das Wasser sich mit dem Öl so vereinigen, daß eine Trennung außerordentlich schwierig ist. Die obenerwähnten Vorsichtsmaßnahmen sind daher immer sehr ratsam.

**69. Anforderungen an die Öle.** Die dauernde Umwälzung durch Filter und Ölkühlung sowie die hohen Beanspruchungen durch das Einbringen der großen Stahlstücke stellen an das Härteöl in bezug auf seine Beständigkeit sehr große Ansprüche. Es ist daher ratsam, in solchen Anlagen nur reine, beständige Mineralöle zu verwenden. Bei einer unzulässigen Alterung des Öles setzen sich sehr bald die Filter und die Kühler zu, so daß dann keine ordnungsgemäße Rückkühlung mehr möglich ist. Das Maß der Rückkühlung des Öles ist abhängig von der Größe des Kühlers, der Wassertemperatur und der Durchflußmenge des Wassers. Es hat keinen Zweck, in diesen Kühlanlagen die Ölttemperaturen zu stark herunterzusetzen. Kaltes Härteöl ist zähe und träge, so daß der Austausch der heißeren Schichten gegen kältere nur sehr langsam vor sich geht, was die Abkühlung des Werkstückes verzögert. Mit geringen Ausnahmen muß daher das Ölbad 50...70° warm sein. Eine dauernde höhere Erwärmung kommt nur in Ausnahmefällen in Betracht, da dadurch das Öl zu stark beansprucht und vorschnell gealtert wird<sup>1</sup>.

## VI. Ölpflege im Betrieb.

Der Einkauf hochwertiger Schmiermittel und Schneidöle allein sichert einem Betrieb noch nicht die richtige Schmierung und Kühlung, sie müssen auch richtig angewendet werden.

Es hat sich sehr gut bewährt, den Maschinen eine sehr sorgfältig ausgearbeitete Schmieranweisung beizugeben, die in Form eines dauerhaften Schildes an gut sichtbarer Stelle befestigt ist. Sie enthält einen kurzen Überblick über die zu schmierenden Stellen und über die Häufigkeit der Schmierung. Zweckmäßig ist es auch, gleich auf das zu verwendende Öl hinzuweisen. Abb. 46 zeigt ein Musterbeispiel einer solchen Maßnahme. Es empfiehlt sich, sämtliche Schmierstellen, besonders wenn sie etwas versteckt liegen, durch einen ausreichend großen ölfesten Farbring oder farbige Metallschildchen zu bezeichnen. Die Farbe stimmt am besten mit der Kennzeichnung der betreffenden Ölkanne überein. Ein besonderer Plan ist von der Betriebsleitung auch für die Bedienung der Zentralschmierapparate aufzustellen. Hierbei ist auf regelmäßige Ergänzung und Erneuerung besonders großer Wert zu legen. Wenn eine ganze Anzahl gleicher Schmieröffnungen an den Maschinen zu bedienen ist, so ist oft die Verwendung von Sonderschmierkanen, wie sie im Handel erhältlich sind, von großem Vorteil.

In neuerer Zeit hat es sich besonders gut bewährt, für die Betriebe unter Mitarbeit schmiertechnisch vorgebildeter Ingenieure Schmierpläne aufzustellen. Die Tabelle 10 zeigt ein Beispiel, wie ein solcher Schmierplan für

<sup>1</sup> Vgl. P. BEUERLEIN: Härte- und Vergütungsöle. Techn. Z. prakt. Metallbearb. 1938 Heft 13/14.



eine Werkzeugmaschinenfabrik aussieht, Tabelle 11 enthält allgemeine Vorschriften über die Behandlung von Schmierungen. Diese Pläne bedeuten ein sehr gutes Hilfsmittel für die Betriebsleitung.

Zur Ölpflege gehört auch die Behandlung des Altöles. Das beim Ölwechsel anfallende Altöl wird nach Sorten getrennt in besonderen Behältern gesammelt und nach entsprechender Aufarbeitung für den alten Verwendungszweck wieder gebraucht.

Bei Schmierölen für Werkzeugmaschinen und Getriebeölen genügt meist eine gute Filterung oder, wenn geeignetes Personal und Geräte verfügbar sind, eine Zentrifugierung. Chemisch stärker beanspruchte Öle (Turbinenöl, Transformatoröl und Öle aus Verbrennungsmotoren und Kompressoren) müssen einer chemischen Behandlung, einer Regeneration unterworfen werden. Für Metallbearbeitungsöle kommt ausschließlich eine mechanische Reinigung in Frage.

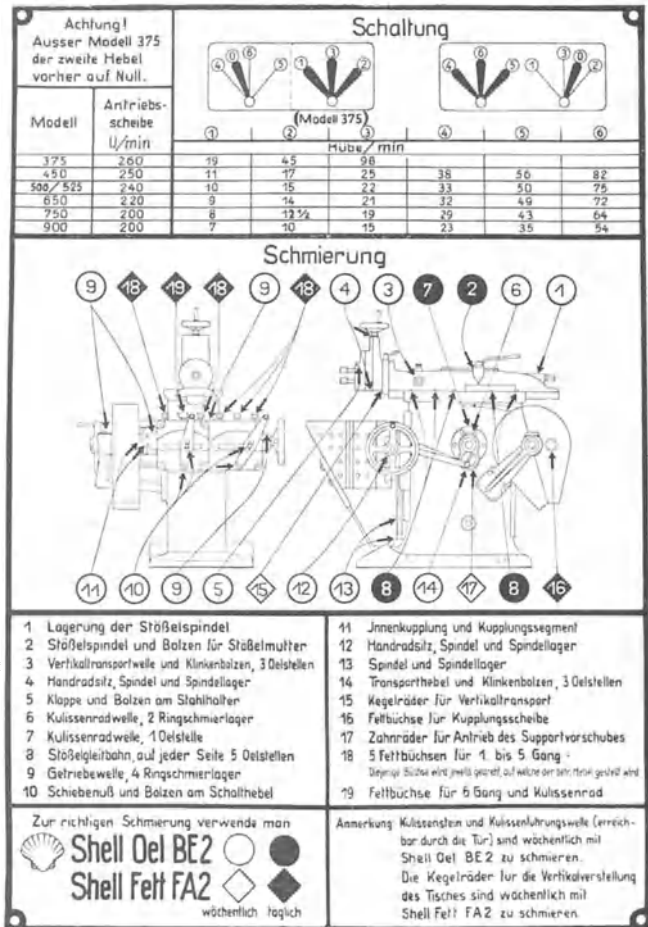


Abb. 46. Beispiel einer Schmieranweisung für eine Shaping-Maschine.

Tabelle 10. Beispiel eines Schmierstoffplanes für Werkzeugmaschinen.

Maschine (Beispiele)	Schmierstelle	Art der Schmierung	Schmierstoff			Vorschrift Nr. nach Tabelle 11
			Marke	Kennzeichnung Farbe	Zeichen	
Karusselldrehbänke	Schaltgetriebe Tischschaltgetriebe Hauptgetriebe Fettschmierstellen	Ölfüllung Ölfüllung Nippel	a	rot	—	I
			b	gelb	—	I
			e	gelb	—	IV
Einspindel-automaten	Revolverkopf Kurvenantrieb Getriebekasten Zentralschmierung Schneidöl, nicht wasserlöslich	Ölfüllung Boschöler Umlauf	c	grün	—	I
			f	grün	—	II VI

Tabelle 10. Fortsetzung.

Maschine (Beispiele)	Schmierstelle	Art der Schmierung	Schmierstoff			Vorschrift Nr. nach Tabelle 11
			Marke	Kennzeichnung Farbe	Zeichen	
Hobler	Hydraulik Fettschmierstellen	Ölfüllung Nippel	c	grün	—	I
			e	gelb	—	IV
Zahnflanken- schleifmaschinen	Hydraulik Antriebsgetriebe Schleifspindel Umlaufsystem Schleiföl, nicht wasserlöslich	Ölfüllung Umlauf	c	grün	—	I
			g	rot	—	VI
Pressen	Getriebekasten Ringlager	Ölfüllung	a	rot	—	I
Schmiedehämmer	Getriebe	Ölfüllung	b	gelb	—	I
	Zentralschmierung	Boschöler	d	weiß	—	II
Räummaschinen	Hydraulik Räumöl	Ölfüllung Umlauf	c	grün	—	I
			h	blau	—	VI

Tabelle 11. Allgemeine Vorschriften für die Behandlung von Schmierungen (vgl. Tabelle 10).

I	Ölfüllung und Hydraulik	Ölfüllung einmal monatlich nachfüllen Ölstand täglich kontrollieren Füllung halbjährlich erneuern, dabei Gehäuse spülen mittels Spülgerät Abgelassenes Öl zur Filterung abliefern und danach wie ursprünglich wieder verwenden Randschmierstellen täglich einmal schmieren
II	Zentralschmierung	Förderung des Schmierapparates sparsam einstellen; Schmierapparat nach Bedarf nachfüllen Einmal jährlich Schmierapparat säubern
III	Wälzlager und Getriebe mit Fettfüllung	Fettfüllung halbjährlich erneuern und Lager bzw. Getriebe säubern; bei der Neufüllung Wälzlager nur etwa $\frac{1}{3}$ des freien Lagerraumes mit Fett anfüllen Neufüllung der Getriebe bis zur vorgesehenen Höhe
IV	Fettschmierstellen mit Nippeln oder Staufferdosen	Wöchentlich einmal nachschmieren
V	Systeme mit wasserlöslichem Bohr- und Schleiföl	Mischungsverhältnis 1:15 bis 1:30 nach Erfahrung Mischungsverhältnis wöchentlich mit Emulsionsprüfer kontrollieren Nachfüllung nach Bedarf Emulsionsfüllung halbjährlich erneuern, dabei Umlaufsystem mit heißer Lauge spülen
VI	Schneidölsysteme (nicht wasserlöslich)	Nachfüllung je nach Verbrauch einmal täglich bis einmal wöchentlich Ölfüllung je nach dem Grad der Verschmutzung des Umlaufsystems und der Art des Schneidöles einmal monatlich bis einmal halbjährlich erneuern; dabei Umlaufsystem mit Spülgerät reinigen Abgelassenes Öl zur Filterung abliefern und danach mit Zusatz von mindestens 50 % Frischöl wie ursprünglich wieder verwenden

## Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten (Fortsetzung)

	<b>Heft</b>
<b>III. Spanlose Formung (Fortsetzung)</b>	
Gesenschniede I (Gestaltung und Verwendung der Werkzeuge). 2. Aufl. Von H. Kaessberg . . . . .	31
Gesenschniede II (Herstellung und Behandlung der Werkzeuge). Von H. Kaessberg	58
Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle). Von A. Peter . . . . .	41
Die Herstellung roher Schrauben I (Anstauchen der Köpfe). Von J. Berger . . . . .	39
Stanztechnik I (Schnitttechnik). 2. Aufl. Von E. Krabbe . . . . .	44
Stanztechnik II (Die Bauteile des Schnittes). 2. Aufl. Von E. Krabbe . . . . .	57
Stanztechnik III (Grundsätze für den Aufbau von Schnittwerkzeugen). Von E. Krabbe	59
Stanztechnik IV (Formstanzen). Von W. Sellin . . . . .	60
Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. 3. Aufl. Von W. Sellin . . . . .	25
Hydraulische Preßanlagen für die Kunstharzverarbeitung. Von H. Lindner . . . . .	82
<b>IV. Schweißen, Löten, Gießerei</b>	
Die neueren Schweißverfahren. 5. Aufl. Von P. Schimpke . . . . .	13
Das Lichtbogenschweißen. 3. Aufl. Von E. Klose . . . . .	43
Praktische Regeln für den Elektroschweißer. 2. Aufl. Von R. Hesse. (Im Druck)	74
Widerstandsschweißen. Von W. Fahrenbach . . . . .	73
Das Schweißen der Leichtmetalle. Von Th. Ricken . . . . .	85
Das Löten. 3. Aufl. Von W. Burstyn. (Im Druck) . . . . .	28
Das ABC für den Modellbau. Von E. Kadlec . . . . .	72
Modelltischlerei I (Allgemeines, einfachere Modelle). 2. Aufl. Von R. Löwer . . . . .	14
Modelltischlerei II (Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen). 2. Aufl. Von R. Löwer . . . . .	17
Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei. Von Fr. und Fe. Brobeck . . . . .	37
Der Gießerei-Schachtofen im Aufbau und Betrieb. 3. Aufl. von „Kupolofen-Betrieb“. Von Joh. Mehrtens . . . . .	10
Handformerei. Von F. Naumann . . . . .	70
Maschinenformerei. Von U. Lohse . . . . .	66
Formsandaufbereitung und Gußputzerei. Von U. Lohse . . . . .	68
<b>V. Antriebe, Getriebe, Vorrichtungen</b>	
Der Elektromotor für die Werkzeugmaschine. Von O. Weidling . . . . .	54
Hohe Drehzahlen durch Schnellfrequenz-Antrieb. Von F. Beinert und H. Birett . . . . .	84
Stufenge triebe an Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung. 2. Aufl. Von H. Rög nitz. (Im Druck) . . . . .	55
Maschinelle Handwerkzeuge. Von H. Graf . . . . .	79
Die Zahnformen der Zahnräder. 2. Aufl. Von H. Trier . . . . .	47
Die Kraftübertragung durch Zahnräder. Von H. Trier . . . . .	87
Einbau und Wartung der Wälzlager. Von W. Jürgensmeyer . . . . .	29
Dichtungen. Von K. Trutnovsky. (Im Druck) . . . . .	92
Teilkopfarbeiten. 3. Aufl. Von W. Pockrandt . . . . .	6
Spannen im Maschinenbau. Von F. Klautke . . . . .	51
Der Vorrichtungsbau I (Einteilung, Einzelheiten und konstruktive Grundsätze). 4. Aufl. Von F. Klautke † . . . . .	33
Der Vorrichtungsbau II (Typische Einzelvorrichtungen, Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmäßig konstruierter Vorrichtungen). 4. Aufl. Von F. Klautke † . . . . .	35
Der Vorrichtungsbau III (Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vor- richtungen). 3. Aufl. Von H. Mauri. (Im Druck) . . . . .	42
<b>VI. Prüfen, Messen, Anreißen, Rechnen</b>	
Werkstoffprüfung (Metalle). 3. Aufl. Von P. Riebensahm. (Im Druck) . . . . .	34
Metallographie. 2. Aufl. Von O. Mies . . . . .	64
Technische Winkelmessungen. 2. Aufl. Von G. Berndt . . . . .	18
Messen und Prüfen von Gewinden. Von K. Kress . . . . .	65
Schnittkraft- und Drehmomentmesser für Werkzeugmaschinen. Von H. Schallbroch und H. Balzer. (Im Druck) . . . . .	91
Das Anreißen in Maschinenbau-Werkstätten. 3. Aufl. Von H. Mauri. (Im Druck) . . . . .	3
Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau. 2. Aufl. Von A. Dorl. (Im Druck)	38
Technisches Rechnen I. 3. Aufl. Von V. Happach. (Im Druck) . . . . .	52
Technisches Rechnen II. 2. Aufl. Von V. Happach . . . . .	90
Der Dreher als Rechner. 3. Aufl. Von E. Busch . . . . .	63
Feinstarbeit, Rechnen und Messen im Lehren-, Vorrichtungs- und Werkzeugbau. Von E. Busch und F. Kähler . . . . .	86
Prüfen und Instandhalten von Werkzeugen und anderen Betriebsmitteln. 2. Aufl. Von P. Heinze. (Im Druck) . . . . .	67