

WERKSTATTBÜCHER

HERAUSGEBER EVGEN SIMON

HEFT 48

K.KREKELER

ÖL IM BETRIEB



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

Zur Einführung.

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstattstechnik 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 vorwärtsstrebenden 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.

Bisher sind erschienen:

- Heft 1: Gewindeschneiden. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.
Von Oberingenieur O. M. Müller.
- Heft 2: Meßtechnik. Dritte, verbesserte Auflage. (15.—21. Tausend.)
Von Professor Dr. techn. M. Kurrein.
- Heft 3: Das Anreißen in Maschinenbauwerkstätten. Zweite, völlig neubearbeitete Auflage. (13.—18. Tausend.)
Von Ing. Fr. Klautke.
- Heft 4: Wechselrädereberechnung für Drehbänke. (7.—12. Tausend.)
Von Betriebsdirektor G. Knappe.
- Heft 5: Das Schleifen der Metalle. Zweite, verbesserte Auflage.
Von Dr.-Ing. B. Buxbaum.
- Heft 6: Teilkopfarbeiten. (7.—12. Tausend.)
Von Dr.-Ing. W. Pockrandt.
- Heft 7: Härten und Vergüten.
1. Teil: Stahl und sein Verhalten. Dritte, verbess. u. vermehrte Aufl. (18.—24. Tsd.)
Von Dr.-Ing. Eugen Simon.
- Heft 8: Härten und Vergüten.
2. Teil: Praxis der Warmbehandlung. Dritte, verbess. u. vermehrte Aufl. (18.—24. Tsd.)
Von Dr.-Ing. Eugen Simon.
- Heft 9: Rezepte für die Werkstatt. 2. verbess. Aufl. (11.—16. Tsd.)
Von Dr. Fritz Spitzer.
- Heft 10: Kuppelofenbetrieb. 2. verbess. Aufl.
Von Gießereidirektor C. Irresberger.
- Heft 11: Freiformschmiede.
1. Teil: Technologie des Schmiedens. — Rohstoffe der Schmiede.
Von Direktor P. H. Schweißguth.
- Heft 12: Freiformschmiede.
2. Teil: Einrichtungen und Werkzeuge der Schmiede.
Von Direktor P. H. Schweißguth.
- Heft 13: Die neueren Schweißverfahren. Zweite, verbesserte u. vermehrte Auflage.
Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke.
- Heft 14: Modelltischlerei.
1. Teil: Allgemeines. Einfachere Modelle.
Von R. Löwer.
- Heft 15: Bohren. Von Ing. J. Dinnebier.
- Heft 16: Reiben und Senken.
Von Ing. J. Dinnebier.
- Heft 17: Modelltischlerei.
2. Teil: Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen. Von R. Löwer.
- Heft 18: Technische Winkelmessungen.
Von Prof. Dr. G. Berndt. Zweite, verbesserte Aufl. (5.—9. Tausend.)
- Heft 19: Das Gußeisen.
Von Ing. Joh. Mehrrens.
- Heft 20: Festigkeit und Formänderung.
I: Die einfachen Fälle der Festigkeit. Von Dr.-Ing. Kurt Lachmann.
- Heft 21: Einrichten von Automaten.
1. Teil: Die Systeme Spencer und Brown & Sharpe. Von Ing. Karl Sachse.
- Heft 22: Die Fräser.
Von Ing. Paul Zieting.
- Heft 23: Einrichten von Automaten.
2. Teil: Die Automaten System Gridley (Einspindel) u. Cleveland u. die Offenbacher Automaten.
Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil.
- Heft 24: Stahl- und Temperguß.
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 25: Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. Von Dr.-Ing. Walter Sellin.
- Heft 26: Räumen.
Von Ing. Leonhard Knoll.
- Heft 27: Einrichten von Automaten.
3. Teil: Die Mehrspindel-Automaten.
Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil.
- Heft 28: Das Löten.
Von Dr. W. Burstyn.
- Heft 29: Kugel- und Rollenlager (Wälzlager). Von Hans Behr.
- Heft 30: Gesunder Guß.
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 31: Gesenkschmiede. 1. Teil: Arbeitsweise und Konstruktion der Gesenke.
Von Ph. Schweißguth.
- Heft 32: Die Brennstoffe.
Von Prof. Dr. techn. Erdmann Kothny.
- Heft 33: Der Vorrichtungsbau.
I: Einteilung, Einzelheiten u. konstruktive Grundsätze. Von Fritz Grünhagen.
- Heft 34: Werkstoffprüfung (Metalle).
Von Prof. Dr.-Ing. P. Riebensahm und Dr.-Ing. L. Traeger.

Fortsetzung des Verzeichnisses der bisher erschienenen sowie Aufstellung der in Vorbereitung befindlichen Hefte siehe 3. Umschlagseite.

Jedes Heft 48—64 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen.

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. EUGEN SIMON, BERLIN

HEFT 48

Oel im Betrieb

Von

Dr.-Ing. Karl Krekeler

Privatdozent an der Technischen Hochschule Aachen

Mit 39 Abbildungen im Text



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1932

ISBN 978-3-662-41755-3 ISBN 978-3-662-41900-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-41900-7

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einteilung der Öle und Fette	3
A. Erdöle	3
1. Allgemeines S. 3. — 2. Verarbeitung des Rohöls S. 3. — 3. Erzeugnisse der Topdestillation S. 5. — 4. Erzeugnisse der Destillation S. 5. — 5. Erzeugnisse der Raffination S. 5.	
B. Fette Öle	6
1. Die pflanzlichen Öle S. 6. — 2. Die tierischen Öle S. 7.	
C. Zusammengesetzte Öle	7
1. Mischöle S. 7. — 2. Gefettete Öle (auch compoundierte Öle genannt) S. 7. — 3. Die elektrisch behandelten Öle S. 8	
D. Fette zur Maschinenschmierung	8
E. Emulgierbare Öle und Fette	9
F. Graphitschmiermittel	9
II. Die Prüfung und Untersuchung der Schmiermittel	9
A. Die Untersuchung der Öle	10
1. Probeentnahme S. 10. — 2. Die Prüfung der äußeren Beschaffenheit und Farbe S. 10. — 3. Spezifisches Gewicht S. 10 — 4. Zähflüssigkeit (Viskosität) S. 10. — Stockpunkt S. 12. — 6. Flammpunkt S. 12. — 7. Säurezahl S. 12. — 8. Verseifungszahl S. 12. — 9. Aschegehalt S. 12.	
B. Die Güteprüfung der Fette	13
1. Konsistenz S. 13. — 2. Tropfpunkt S. 13.	
III. Die Schmierung der Maschinen im Betrieb	13
A. Die Wirkungsweise des Schmiermittels und Regeln für die Auswahl	13
1. Arten der Reibung S. 13. — 2. Bewegung und Reibung im Maschinenbau S. 14.	
B. Die Schmiervorrichtungen	16
1. Zufuhr von Hand S. 16. — 2. Die selbsttätige Schmierung S. 17. — 3. Die Schmierung der Zahnrad- und Schneckengetriebe S. 20. — 4. Die Schmierung der Wälzlager S. 20. — 5. Die Flüssigkeitsgetriebe für Werkzeugmaschinen S. 22.	
C. Schmiermittelverbrauch	23
IV. Die Öle für spangebende und spanlose Formung	24
A. Kühlen und Schmieren	24
B. Die Schneideöle	25
1. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen S. 25. — 2. Besondere Anwendungsgebiete: Die Öle bei der Zerspannung von Bronze, Rotguß, Messing und Kupfer S. 27.	
C. Die Bohröle	28
1. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen S. 28. — 2. Besondere Anwendungsgebiete für Bohröl: Temperguß- und Gußeisenbearbeitung S. 30.	
D. Die Öle für die spanlose Formgebung	32
1. Öle statt Fett S. 32. — 2. Schmiermittel zum Ziehen S. 33.	
E. Erfahrungen über Leistungssteigerungen bei Anwendung eines Kühlmittels	33
1. Art des Gewinns durch Kühlmittel S. 33. — 2. Gewinn bei den einzelnen Arten der Bearbeitung S. 34.	
F. Übersicht über die einzelnen Kühlmittel	35
G. Die Versorgung der Werkzeugmaschinen mit Kühlflüssigkeit	37
1. Pumpen für die Kühlflüssigkeit S. 37.	
H. Einzel-, Gruppen- und Zentralversorgung	38
1. Einzelversorgung S. 38. — 2. Gruppen- und Zentralversorgung S. 38.	
I. Zuführung der Flüssigkeit	38
K. Die Regelung und Menge der Kühlflüssigkeit	39
1. Regelung S. 39. — 2. Kühlmittelmenge S. 40.	
L. Wiedergewinnung des Öls und Reinigung der Werkstücke	41
1. Wiedergewinnung durch mechanische Trennung S. 41. — 2. Wiedergewinnung und Reinigung durch chemische Verfahren S. 42.	
V. Die Öle für die Härterei	42
A. Allgemeines	42
B. Härteöle	43
1. Gewöhnliche Härteöle S. 43. 2. Blankhärteöle S. 45.	
C. Anlaßöle	46
D. Öle zum Schwärzen von Schrauben und sonstigen Teilen	47
E. Die Öle zur Verwendung in Rückkühlanlagen	47
VI. Ölpflege im Betrieb	48

I. Einteilung der Öle und Fette.

A. Erdöle.

1. Allgemeines.

Nach der Theorie von Engler-Höfer, die die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat, ist das Erdöl durch Druckdestillation aus ungeheuren Massen tierischer und pflanzlicher Stoffe entstanden. Für die Ansammlung größerer Mengen ist Vorbedingung, daß das unter der Erdölschicht liegende Gestein undurchlässig ist. Wenn die darüber liegende Schicht auch undurchlässig ist, kann das Öl und das im Entwicklungsgang gebildete Gas nach keiner Richtung entweichen, und es bilden sich große Ölnester. Diese liegen in größerer oder kleinerer Tiefe und werden meist durch Bohrungen erschlossen. Wenn das über dem Öl liegende Gas einen großen Druck ausübt, wird das Öl beim Erbohren in gewaltigen Fontänen herausgeschleudert, die abgefangen und gedrosselt werden. Andernfalls kann es durch Schöpf- oder Pumpwerke gewonnen werden.

Deutschland war 1930 mit 0,07% an der Weltproduktion beteiligt.

Das Erdöl, wie es aus dem Erdinnern zutage tritt, ist eine mehr oder minder zähflüssige Masse von hellgelber bis schwarzer Farbe, mit einem kennzeichnenden, petroleumartigen Geruch. Häufig treten gleichzeitig noch Sand und Wasser mit zutage.

2. Verarbeitung des Rohöls.

Der erste Verarbeitungsgang des Rohöles besteht darin, daß in großen Sammelbehältern Sand und Wasser durch einfaches Absetzen abgeschieden werden. Nur in den seltensten Fällen wird dieses vorgereinigte Rohöl unmittelbar 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 $95 \div 98\%$. Der Rest besteht aus Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen. Der Sauerstoff findet sich in Form von Petrol- und Naphthensäuren.

Der Verarbeitungsgang eines Rohöles ist in Abb. 1 schematisch dargestellt, wobei ausdrücklich darauf hingewiesen werden muß, daß hier nur eine von vielen Möglichkeiten angegeben ist.

Zunächst werden bei dem Beispiel hier in der sogenannten Topdestillation die leichten Fraktionen abgeschieden. Unter Destillation versteht man die Trennung von Flüssigkeitsgemischen mit verschiedenen Siedepunkten durch Erhitzen bei verschiedenen hohen Temperaturen und Kondensation des bei den einzelnen Temperaturstufen übergehenden Flüssigkeitsdampfes.

Nach der Topdestillation wird auf gleiche Weise, nur bei anderen Temperaturen, die Primärdestillation vorgenommen. Wie die Abb. 1 zeigt, werden mit steigenden Destillationstemperaturen Öle mit höherer Zähflüssigkeit und höherem Flammpunkt gewonnen. Die ungefähren Destillationstemperaturen sind angegeben, um einen Begriff davon zu geben, welche Temperaturen hierbei angewendet werden müssen.

Von der Primärdestillation kommen die Öle meistens in die Redestillation, einen Prozeß, der eingeschaltet wird, um engere Fraktionen zu erhalten.

Bei der bisher beschriebenen Behandlung des Öles handelt es sich um einen mechanischen Vorgang zur Trennung der einzelnen Fraktionen. Diese Öle sind jedoch noch nicht rein genug und haben auch noch nicht die notwendige Beständigkeit, wie sie für Schmierzwecke erforderlich ist. Daher müssen sie noch chemisch behandelt, raffiniert, werden:

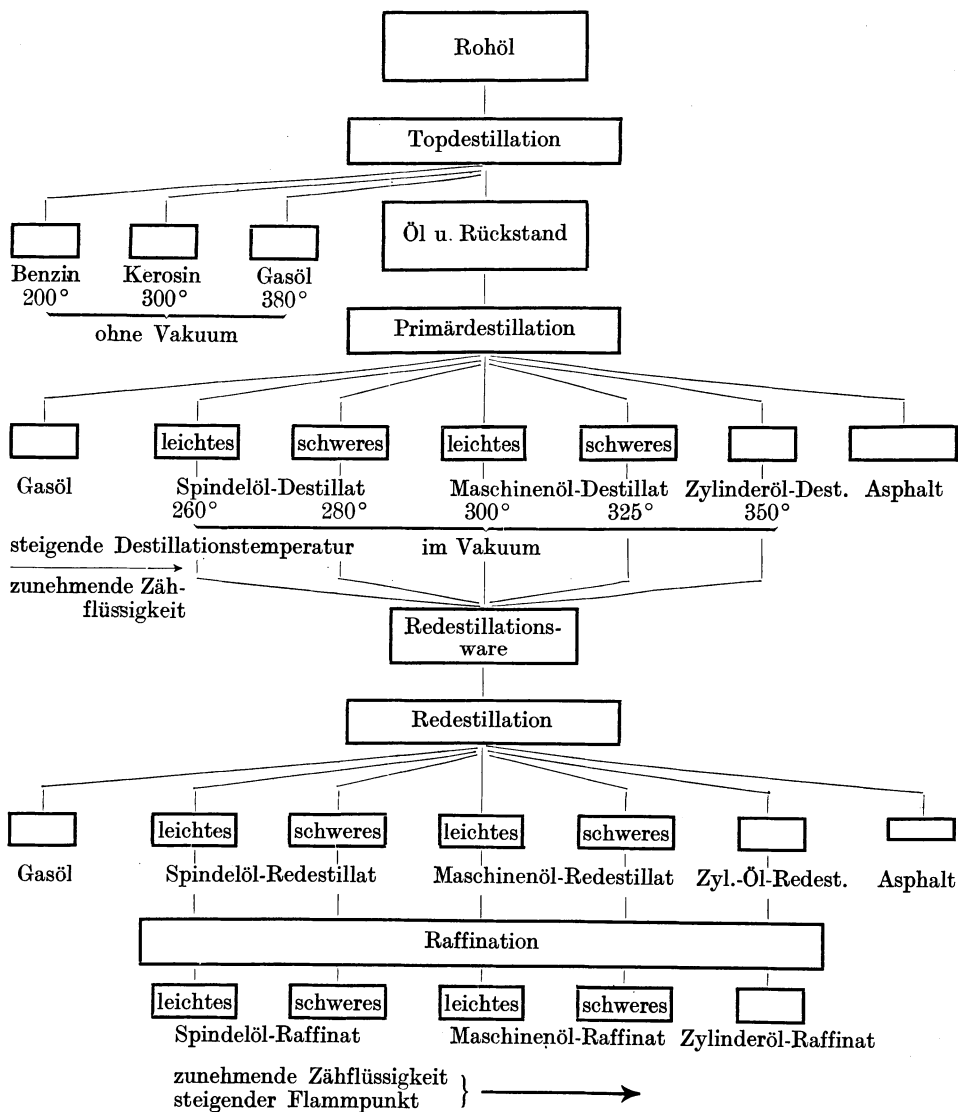


Abb. 1. Verarbeitungsgang eines Rohöles.

In großen Behältern mit trichterförmigen Boden wird das zu raffinierende Öl durch Rührwerke oder eingblasene Preßluft innig mit Schwefelsäure vermischt. Dabei werden die chemisch leicht angreifbaren Bestandteile, die bei der späteren Verwendung Schädigungen hervorrufen können, von der Schwefelsäure entfernt und scheiden sich mit den von der Destillation noch übriggebliebenen asphaltartigen Teilen sowie dem Schwefel, den Stickstoff- und Sauerstoffverbindungen

in Form von sogenannten Säureharzen ab. Diese Rückstände haben ein schwarzes Aussehen und teerartige Beschaffenheit.

Das Öl selbst wird in andere Behälter abgelassen und dort durch Waschen mit Wasser und Lauge von den Schwefelsäureresten, die noch im Öl zurückgeblieben sind, befreit.

Zur Herstellung sehr heller und geruchfreier Öle werden die raffinierten Öle dann weiter behandelt, indem man sie durch mit Bleicherde gefüllte Filterpressen drückt.

Als Beicherde dienen: Fullererde, Floridin, Tonsil, Siligakel, Knochenkohle usw. Diese Stoffe haben infolge ihrer kolloidalen Beschaffenheit die Eigenschaft, färbende und Geruchsstoffe zu absorbieren. Aus den Filterpressen läuft dann endlich das gebrauchsfertige Öl in Vorrattanks zur Aufbewahrung, um von dort aus in kleinere Behälter zur Belieferung der Kunden abgefüllt zu werden.

Zu den im Schaubild angegebenen Produkten ist noch folgendes zu bemerken:

3. Erzeugnisse der Topdestillation.

a) **Benzin.** Es wird in der Hauptsache als Autotreibstoff benutzt. Darüber hinaus werden besondere Benzine mit bestimmten Siedegrenzen abgezogen, die zu Lösungs- und Extraktionszwecken verwendet werden.

b) **Kerosin.** Das nächsthöher liegende Produkt der Topdestillation — das Kerosin — wird als Traktorenkraftstoff benutzt. Es ist ein petroleumähnliches Produkt und steht seiner Eigenschaft nach zwischen Benzin und Gasöl.

c) **Gasöl** dient in erster Linie zum Betrieb von Dieselmotoren; außerdem wird es auch noch oft zum Reinigen und Putzen von Maschinen aller Art benutzt.

Ein großes Anwendungsgebiet hat das Gasöl auch als Heizöl sowohl für Dampfkessel in Schiffsbetrieben, für Härte- und Einsatzöfen, wie auch zum Schmelzen von Metallen, für Zentralheizungsanlagen in Privat-, Bürohäusern und öffentlichen Gebäuden. In Deutschland ist dieses Anwendungsgebiet jedoch durch den hohen Zoll beschränkt.

4. Erzeugnisse der Destillation.

Die in der Primär- und Redestillation anfallenden Öle werden in seltenen Fällen unmittelbar zur Schmierung benutzt. Man beschränkt sich auf einige wenige untergeordnete Schmierzwecke.

5. Erzeugnisse der Raffination.

Die bei diesem Arbeitsvorgang gewonnenen Öle haben als Schmieröle den größten Anwendungsbereich gefunden. Die Spindelöle werden — nur um einige Gebiete hervorzuheben — zur Schmierung von Spinnereimaschinen, Schleifmaschinen, hydraulischen Hebebühnen, Luftfiltern usw. benutzt; die leichten und schweren Maschinenölraffinate für alle Arten von Kraft- und Arbeitsmaschinen. Sie haben außerdem noch ein großes Absatzgebiet als sogenannte Fabrikationsöle in der Farben-, Textilindustrie usw. — Die Zylinderöle dienen, wie schon der Name sagt, zur Schmierung von Dampfzylindern, sowie heißgehenden Lagern oder, kurz gesagt, zu all den Zwecken, wo hohe Temperaturen auftreten.

Neben der chemischen Reinigung durch Schwefelsäure, die immer sehr scharf wirkt, hat man in neuerer Zeit ein anderes Verfahren erdacht, um hochwertige Öle durch schonendste Behandlung zu bekommen. Dieses Verfahren ist nach seinem Erfinder mit Edeleanu-Verfahren bezeichnet worden, und die so gewonnenen Öle nennt man Edeleanu-Öle. Bei diesem Verfahren wird statt der Schwefelsäure schweflige Säure (SO_2) benutzt, die bei -10° die schädlichen

ungesättigten Verbindungen und Bestandteile löst. Die so behandelten Öle ergeben Produkte von höchster Beständigkeit und Schmierkraft. Sie werden als Dampfturbinen-, Wasserturbinen-, Kompressoren- und Dieselmotorenöle benutzt.

Nach diesem Verfahren stellt man auch Transformatoren- und Schalteröle her, wie sie in der Elektroindustrie gebraucht werden.

B. Fette Öle.

Ursprünglich wurden zu Schmierungszwecken 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.

1. Die pflanzlichen Öle.

Die pflanzlichen 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 kalt gepreßte Öle. Die Rückstände sind die sogenannten 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 Schmierungszwecke 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 Rizinustaupe gewonnen wird. In Verbindung mit Schwefelsäure lassen sich aus Rizinusöl die sogenannten 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.

2. Die tierischen Öle.

Die tierischen 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 zur Schmierung 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 sogenannte 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.

C. Zusammengesetzte Öle.

1. Mischöle.

Oft werden als Mischöle reine Mineralölmischungen bezeichnet. Es ist nicht immer möglich, bei der Fabrikation Öle zu bekommen, die alle guten geforderten Eigenschaften haben. Daher werden dann die Öle gemischt, die sich in ihren Eigenschaften ergänzen.

2. Gefettete Öle (auch compoundierte Öle genannt).

Dies sind Mischungen aus Erdölen mit solchen tierischer oder pflanzlicher Herkunft. Rüböl, Knochenöl, Klauenöl und Tran werden häufig dazu benutzt, da sie gute Netzfähigkeit¹ und geringe Oberflächenspannung¹ haben.

¹ Die Oberflächenspannung ist die Kraft, die die freie Oberfläche einer Flüssigkeit soweit wie möglich zu verringern strebt. Die Oberflächenspannung hat praktisch Bedeutung z. B. beim Aufsteigen des Petroleums im Lampendocht und ferner für das Eindringen des Schmiermittels in die Zwischenräume zwischen den Gleitflächen.

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 wird die Oberflächenspannung so verringert, daß die Emulsion erhalten bleibt.

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

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 10 und 50%.

3. Die elektrisch behandelten Öle.

Die elektrisch behandelten Öle sind unter dem Namen Voltölöle bekannt. Wenn man Öle von geringer Zähflüssigkeit den Glimmentladungen elektrischer Ströme von hoher Frequenz aussetzt, so findet eine Polymerisation (Bildung größerer Molekülgruppen) statt. Es werden dadurch Produkte von hoher Schmierfähigkeit gebildet.

Die Herstellung geht folgendermaßen vor sich: Aus Aluminiumplatten mit zwischen gelegten isolierenden Preßspanplatten werden die Elektrodenkörper zusammengesetzt. Diese werden in große Behälter eingebracht, die halb mit dem zu voltolisierenden Öl gefüllt sind. Die Behälter werden allseitig geschlossen und unter Vakuum gesetzt. Die Elektrodenkörper werden langsam gedreht, so daß das Öl immer zwischen den einzelnen Platten hindurchrieseln muß, und dabei den Glimmentladungen ausgesetzt ist.

Die Voltölöle werden besonders bei der Lager- und Transmissionsschmierung benutzt, um Kraft zu sparen und die Reibung zu verringern. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist in all den Fällen gegeben, wo ein leichtes Anlaufen in der Kälte und eine gute Schmierwirkung in der Wärme verlangt wird.

D. Fette zur Maschinenschmierung.

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 dient meistens Rüböl, Tran, Knochenöl oder Talg. Diese Seifengrundlage wird mit einem Teil Mineralöl in einem Kessel mit Rührwerk unter Zugabe von Kalk oder Natron verseift.

1. Die kalkverseiften Fette sind im allgemeinen an sich weicher und lassen sich mit einem Tropfpunkt bis etwa 100° herstellen. Sie werden für allgemeine Schmierzwecke an weniger hoch belasteten Lagern benutzt.

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.

2. Die natronverseiften Fette sind im allgemeinen fester. Wegen ihres hohen Tropfpunktes (etwa 180°) werden sie zur Schmierung von hoch belasteten und heißen Lagern und auch Walzlagern benutzt. Bei solchen Lagern, die mit Wasser in Berührung kommen (Pumpen), dürfen diese Fette nicht benutzt werden, da sie nicht wasserbeständig sind und weggespült werden.

3. Vaseline (Petrolatum). Bei der Bearbeitung bestimmter Erdölsorten wird der paraffinöse Destillationsrückstand noch einer besonderen Raffination auf Vaseline unterworfen.

Die Vaseline dient als Schmiermittel bei ganz kleinen Kugellagern und Nadelagern. 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. Emulgierbare Öle und Fette.

Die emulgierbaren Öle, meist unter dem Namen Bohröle bekannt, 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 verwandt.

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.

1. Die **Bohrölemulsion** wird dadurch hergestellt, daß in nicht zu kaltes 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 wieder lösen. Die Gebrauchsmischungen enthalten gewöhnlich 10% Bohröl; jedoch kommen auch stärkere oder schwächere Mischungen vor.

2. Die **Bohrfette (Bohrpasten)** werden in ähnlicher Weise hergestellt wie die Bohröle. Infolge ihrer konsistenten Form sind sie als eine Art Voremulsion der Bohröle anzusehen. Sie enthalten bis zu 50% Wasser.

F. Graphitschmiermittel.

1. **Natürlicher Graphit.** Graphit ist eine Form des Kohlenstoffes und tritt stets in feinen Lamellen auf. Daraus erklärt sich auch die leichte Spaltbarkeit und geringe Gleitfestigkeit der einzelnen Teilchen, wodurch die fettähnliche Geschmeidigkeit und Schmierwirkung bedingt ist. Der natürliche Graphit wird bergmännisch gewonnen und kommt als Flockengraphit, Schuppengraphit und Pulvergraphit in den Handel. Durch Schlemmen 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.

2. **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:

3. **Kolloidalen Graphit.** Dieser kolloidale Graphit kommt als Oildag, Kollag, Erythol, Potensol u. a. m. in den Handel. Er enthält meistens 10÷20% in Öl gelösten Graphit und wird im Gebrauch je nach dem Verwendungszweck auf 1÷5% verdünnt. Die Anwendung der kolloidalen Graphitlösung ist auf das Einlaufen der Lager und auf langsam laufende außergewöhnlich hoch belastete Lager beschränkt. Für andere Zwecke konnte sich die Graphitschmierung bis heute nicht durchsetzen.

II. Die Prüfung und Untersuchung der Schmiermittel.

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 den ganzen Untersuchungsmethoden für Schmiermittel kommt es sehr darauf an, daß sie genau nach der betreffenden Vorschrift ausgeführt werden, da es sich vielfach nicht um absolute Messungen, sondern um konventionelle Verfahren handelt. Es ist auch notwendig, diese Messungen von geschulten Personen durchführen zu lassen, damit vergleichbare Ergebnisse gefunden werden.

A. Die Untersuchung der Öle.

1. Probeentnahme.

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

Das Fett darf bei der Probeentnahme auch 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 bei der Lötung 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.

2. Die 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.

3. Spezifisches Gewicht.

Das spezifische Gewicht wird am einfachsten und häufigsten mit Aerometer und Pyknometer bestimmt. Die Ölfirmer geben meistens das spezifische Gewicht bei 20, seltener bei 15° an. Die Zollbehörde legt bei der Berechnung des Zolls 20° zugrunde. Der Unterschied bei den beiden Temperaturen beträgt etwa 0,003.

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. Es kommt in erster Linie bei den Ölen auf den Schmierwert an.

4. 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 in ein bestimmtes Verhältnis gesetzt wird. Das Engler-Viskosimeter und ähnliche Apparate haben den großen Nachteil, daß große Ölmenge benötigt werden (bei Engler 250 cm³) und daß die Versuchsdurchführung lange Zeit in Anspruch nimmt. Da es üblich ist, die Zähflüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen zu ermitteln, sind die Apparate heizbar und abkühlbar.

Das Vogel-Ossag-Viskosimeter bedeutet gegenüber den genannten Apparaten einen großen Fortschritt. Die näheren Angaben sind aus Abb. 2 zu entnehmen. Der große Vorteil dieses Viskosimeters beruht darin, daß nur 15 cm³ Öl notwendig sind. Mit dieser Menge kann dann auch gleich eine ganze Zähflüssigkeitskurve aufgestellt werden, da das Öl, ohne daß es aus dem Viskosimeter ent-

nommen wird, bei verschiedenen Temperaturen geprüft werden kann. Als weiterer Vorteil ist auch noch zu verzeichnen, daß die kinematische Zähigkeit, das ist der Quotient aus absoluter Zähigkeit und spezifischem Gewicht, bestimmt wird.

b) **Absolute Zähigkeit.** Da das spezifische Gewicht meistens bekannt ist, läßt sich sofort die absolute Zähigkeit aus der kinematischen ermitteln. Da, wie eingangs erwähnt, in allen Ländern verschiedene Verfahren zur Zähigkeitsmessung üblich sind, ist immer eine zeitraubende Umrechnung erforderlich. Es wäre daher anzustreben, einheitlich immer die absolute Zähigkeit, die in Centipoisen angegeben wird, zu ermitteln. Dies ist am einfachsten beim Vogel-Ossag-Viskosimeter. Solange diese Regelung noch nicht einheitlich durchgeführt ist, wird die Zähigkeit im Handel noch in Engler-Graden angegeben.

c) **Zähflüssigkeitskurven.** Es ist üblich, die Spindelöle bei 20° zu messen, die Maschinenöle bei 50° und die Zylinderöle bei 100°. Man hat die Meßtemperatur der Zähigkeit angepaßt, um nicht so hohe Zahlen zu bekommen und die Versuchsdauer nicht zu lange auszudehnen. Die Zähigkeit ist sehr stark von der Temperatur abhängig. Abb. 3 zeigt je ein Spindelöl, Maschinenöl und Zylinderöl.

Die Zähflüssigkeit gibt einen Anhaltspunkt, ob ein Öl die Gleitflächen zwischen Zapfen und Lagerschalen in genügender Weise trennen kann, daß flüssige Reibung

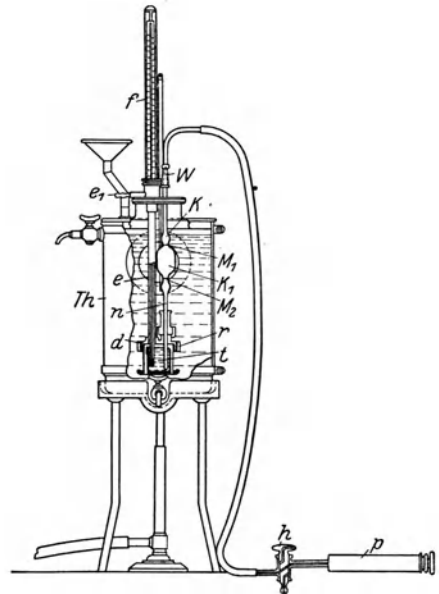


Abb. 2. Vogel-Ossag-Viskosimeter.

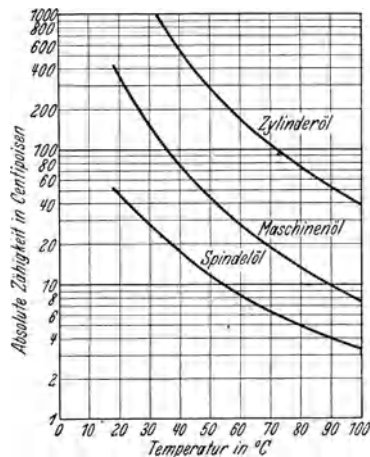
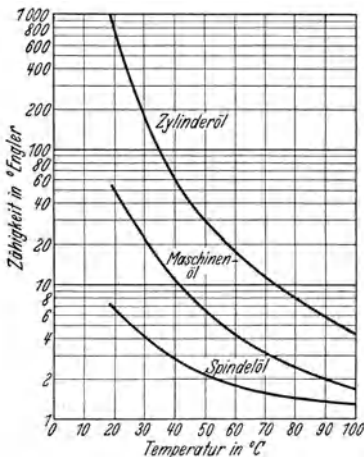


Abb. 3. Zähflüssigkeit verschiedener Öle.

gewährleistet ist. Damit ist aber noch kein Anhaltspunkt gewonnen für die Schmierfähigkeit und für die Beständigkeit bei längerer Benutzung. Hierüber kann lediglich der praktische Versuch entscheiden. Im übrigen ist man auf die Erfahrungen der Ölhersteller angewiesen.

d) **Einteilung.** Im Handel ordnet man nach der Zähflüssigkeit die Öle in folgende Gruppen ein: Man bezeichnet als Spindelöle im allgemeinen solche mit einer Zähflüssigkeit bis etwa 8 Engler bei 20°, als leichte Maschinenöle solche mit einer Zähflüssigkeit von 3÷7 Engler bei 50°, über 7 Engler bei 50° zählt man zu den schweren Maschinenölen und zu den Zylinderölen solche mit einer Zähflüssigkeit über 3÷3,5 Engler bei 100°.

5. Stockpunkt.

Nach Vogel¹ bezeichnet man als Stockpunkt die Temperatur, bei der die Zähflüssigkeit unendlich groß wird. Der Stockpunkt gibt einen Anhalt für das Verhalten des Schmiermittels in der Kälte. Bestimmt wird der Stockpunkt in besonderen Gläsern unter genauer Vorschrift der Abmessungen, der Art und Dauer des Abkühlens usw. — Diejenige Temperatur wird als Stockpunkt angegeben, bei der das Öl nicht mehr fließt. Der Stockpunkt hat einen Einfluß bei all den Maschinen, die bei niedrigen Temperaturen anlaufen, wie z. B. Wasserturbinen, Getriebe, Kältemaschinen usw.

6. Flammpunkt.

Als Flammpunkt bezeichnet man diejenige Temperatur, bei der sich unter bestimmten Versuchsbedingungen über der Oberfläche so viel Öldämpfe entwickeln, daß sie bei Annäherung einer Zündflamme aufflammen. In Deutschland ist der Flammpunktprüfer mit offenem Tiegel nach Marcusson gebräuchlich. Der Flammpunkt kann unter Umständen einen Hinweis geben, ob Mischungen vorliegen mit leichteren Fraktionen. Weiterhin kann man auch einen Anhaltspunkt bekommen, ob richtig destilliert oder ob vielleicht überhitzt wurde, mit seinen nachteiligen Folgen.

7. Säurezahl.

Die Säurezahl gibt an, wieviel Milligramm Kalilauge notwendig sind, um die in 1 g Öl vorhandenen Säuren zu neutralisieren.

Mineralsäuren dürfen selbstverständlich in keinem ungebrauchten Schmiermittel vorhanden sein. Die vorhandenen organischen Säuren, die in ungebrauchten Ölen aus dem Rohöl stammen und die in Fettölen vorhanden sind, wirken sich, wenn die in allen Liefervorschriften — „Richtlinien“ usw. — berücksichtigte Höchstgrenze nicht überschritten wird, in keiner Weise nachteilig aus.

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

8. Verseifungszahl.

Die Verseifungszahl 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 sie als Maßstab für die Reinheit des Öles mit herangezogen werden. Bei compoundierten Ölen gibt sie Aufschluß über die Menge des zugesetzten fetten Öles.

9. Aschegehalt.

Der Aschegehalt gibt an, wieviel unverbrennbare Bestandteile in einem Öl vorhanden sind. Er ist mit ein Maßstab für die Reinheit des betreffenden Schmiermittels. In ungebrauchten Mineralölen und fetten Ölen ist er so niedrig, daß kaum Spuren festzustellen sind.

¹ Erdöl und Teer 3 S. 536.

Beim Gebrauch des Öles kann sich der Aschegehalt dadurch erhöhen, daß sich Metallseifen bilden oder feinst verteilte Metallteilchen aus den Lagern in das Öl gelangen.

B. Die Güteprüfung der Fette.

1. Konsistenz.

Die Konsistenz der Fette spielt für die Verwendung eine große Rolle, da sie der Lagerbelastung und der Schmiervorrichtung angepaßt sein muß. Z. B. wird bei hohen Lagerdrücken ein zu weiches Fett leicht herausgedrückt, so daß der Verbrauch steigt. Auf der anderen Seite werden zu feste Fette gar nicht von der Schmiervorrichtung gefördert. Es gibt noch kein zuverlässiges Verfahren zur Konsistenzmessung.

2. Tropfpunkt.

Die Bestimmung des Tropfpunktes hat sich als ein gutes Mittel zur Charakterisierung der Fette erwiesen. Als Tropfpunkt wird die Temperatur bezeichnet, bei welcher der erste Tropfen des in bestimmter Menge an der Quecksilberkugel eines Thermometers befestigten Fettes bei Erwärmung von dem Aufnahme- gläschen fällt.

Der Tropfpunkt gibt einen Anhaltspunkt, ob ein Fett kalkverseift oder natron-verseift ist. Die kalkverseiften Fette haben einen höchsten Tropfpunkt bis zu 110° , die natronverseiften bis zu 180° . Auch für den Anwendungsbereich läßt sich durch das Prüfungsverfahren ein Anhaltspunkt gewinnen. Wenn in einem Lager Temperaturen von 130° auftreten können, so kann man kein Fett mit einem Tropfpunkt von 100° verwenden, da es bei der Betriebstemperatur zu weich würde. Der Tropfpunkt gibt aber keinen Anhaltspunkt für die Schmierfähigkeit und das Verhalten im Dauerbetrieb.

III. Die Schmierung der Maschinen im Betrieb.

A. Die Wirkungsweise des Schmiermittels und Regeln für die Auswahl.

Um die Öle und Fette bei der Schmierung der Betriebsmaschinen richtig anzuwenden zu können, ist es notwendig, die theoretische Grundlage der Reibung bei Maschinenteilen klarzustellen.

Zum genauen Studium der Theorie der Schmierung, die eine Wissenschaft für sich ist, sei auf die einschlägigen Werke von Falz¹, Ascher², Duffing und von Dallwitz-Wegner³, Kießkalt⁴, Gumbel⁵ u. a. m. verwiesen. Im nachfolgenden ist nur das Wesentliche der neuesten Erkenntnisse, soweit es für die Schmierung der Betriebsmaschinen von Wert ist, dargestellt:

1. Arten der Reibung.

Bei der Bewegung zweier Maschinenteile gegeneinander unterscheidet man eine trockene, halbtrockene, halbflüssige und flüssige Reibung.

a) Trockene Reibung. Man versteht darunter die Bewegung zweier trockener Flächen, die sich ohne Schmiermittel unter großem Widerstand gegeneinander verschieben. Hierbei tritt mehr oder weniger das sogenannte Fressen auf, da die Flächen bei der Verschiebung sich gegenseitig angreifen. Diese Form der Reibung

¹ Grundzüge der Schmiertechnik. Berlin: Julius Springer 1928.

² Die Schmiermittel. Berlin: Julius Springer 1931.

³ Über neue Wege zur Untersuchung von Schmiermitteln. München 1919.

⁴ Forschungsarbeit. VDI-Verlag 1929.

⁵ Reibung und Schmierung im Betrieb von Gumbel-Everling. Berlin 1925.

wird nur da angewandt, wo mit Absicht gleitende Reibung vermieden werden soll, z. B. bei Kupplungen, Keilverbindungen, Preßsitz, Schrumpfsitz und vor allen Dingen bei kegeligen Werkzeugschäften. Hierbei muß die Form der Flächen so gewählt sein, daß die Reibung möglichst unendlich groß ist, also ein Gleiten vermieden wird, ein Fressen nicht eintritt.

b) Halbtrockene (halbflüssige) Reibung. Man versteht darunter die gleitende Reibung zweier durch eine Flüssigkeit benetzten Flächen, wobei die Benetzung nicht so stark ist, daß eine unmittelbare Berührung vermieden wird. Diese halbtrockene Reibung stellt einen sehr ungünstigen Zustand dar, der im Maschinenbau nicht vorkommen sollte. Beim Anfahren von schwer belasteten Gleitlagern, Kulissensteinen und Druckspindeln läßt er sich manchmal nicht vermeiden, jedoch ist durch geeignete Schmiermittel dafür zu sorgen, daß schon nach geringer Bewegung die flüssige Reibung vorhanden ist. Eine scharfe Abgrenzung zwischen halbflüssiger und halbtrockener Reibung ist praktisch nicht möglich.

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

2. Bewegung und Reibung im Maschinenbau.

Die anzustrebende Reibungsart ist die flüssige, da hierbei der Kraftverbrauch am geringsten ist und ein Verschleiß mit Sicherheit vermieden wird.

a) Spurlager. Wie nun eine solche flüssige Reibung hergestellt wird, läßt sich am besten am Beispiel eines Tragschuhes, wie sie an Spurlagern benutzt werden, zeigen (Abb. 4).

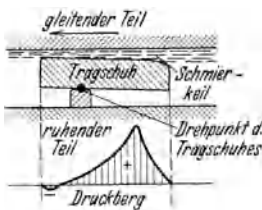


Abb. 4. Tragschuh eines Spurlagers.

Wenn dieser am vorausseilenden Ende mit einer ganz flachen Keilfläche versehen wird, so tritt infolge der Geschwindigkeit und der Zähigkeit des Schmiermittels an dem sich verjüngenden Flüssigkeitsquerschnitt eine Drucksteigerung ein. Dadurch wird der Gleitschuh, da er nach allen Seiten frei einstellbar ist, mit der darauf ruhenden Last von der Gleitfläche abgehoben und zum Aufschwimmen gebracht. Der Zustand der flüssigen Reibung ist erreicht.

b) Querlager. In ähnlicher Weise wie bei den ebenen Gleitflächen kann die reine Flüssigkeitsreibung auch bei den im Maschinenbau am häufigsten benutzten zylindrischen oder auch kegeligen Quer- oder Traglagern erreicht werden (Abb. 5).

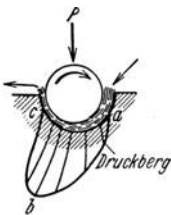


Abb. 5. Druckberg bei einem Traglager.

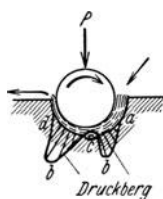


Abb. 6. Wirkung einer Schmiernute auf den Druckberg.

Dadurch, daß der Zapfen stets um ein der gewählten Passungsart entsprechendes Maß kleiner gehalten ist als die Lagerschalenbohrung, wird bei der unter dem Einfluß der Last erfolgenden exzentrischen Einstellung die Bildung der Keilform der Schmierschicht gewährleistet. Abb. 5 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 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. 6 zeigt die schädliche Unterbrechung des Druckberges durch eine Schmiernute. Abb. 7 gibt einige Beispiele wie früher mit mehr oder weniger großer Kunstfertigkeit solche Nuten in die Lagerschalen eingearbeitet wurden¹. 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. 8 sprechen. Es genügt vollkommen, wenn die Lagerschalenkanten abgeschrägt werden, um das Schmiermittel gleichmäßig über die Zapfenbreite zu verteilen.

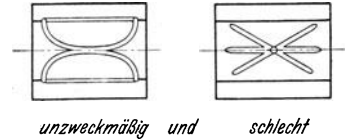


Abb. 7. Schlechte Ausführung der Schmiernuten.

d) Zuführung des Schmiermittels. Aus Vorstehendem ergeben sich auch ganz klare Regeln für die Zuführung des Schmiermittels zum Lager selbst. Es hat keinen Zweck, das Schmiermittel in den belastenden Teil des Lagers einzuführen. Hier müßte man nicht nur den teilweise sehr erheblichen Druck im Schmierkeil überwinden, sondern die Verteilung bereitete auch Schwierigkeiten. Das Schmiermittel muß daher dem unbelasteten Teil des Lagers unter Berücksichtigung des Drehsinnes zugeführt werden.

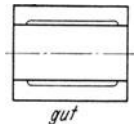


Abb. 8. Gute Ausführung der Schmiernuten.

e) Auswahl des Schmiermittels. 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 die Verhältnisse bei der Lager-schmierung nachzuahmen, um in einem Laboratoriumsversuch einen Anhaltspunkt für die Eignung zu bekommen. Alle diese Versuche haben bisher einen vollen Erfolg noch nicht gehabt, so daß man nach wie vor auf die Praxis angewiesen ist.

Schlesinger und Kurrein² gingen daher den einzig richtigen Weg dadurch, daß sie zur Prüfung der Schmiereigenschaften verschiedener Öle eine Betriebsmaschine des Berliner Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen heranzogen und die Versuche über 10 Wochen ausdehnten. Die Versuche zeigten, daß die praktischen Ergebnisse nicht mit den Analysendaten der Öle und den Werten, wie sie für die Öle auf der 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 Schmiermittel überhaupt für den gedachten Zweck in Frage kommt. Zunächst richtet man sich bei der Auswahl

¹ Vgl. auch Falz: Zweckmäßige Schmiernuten. Berlin: Beuth-Verlag 1926.

² Schmierölprüfung für den Betrieb. Werkst.-Techn. 1916, Heft 1—3.

des Öles nach der Zähigkeit. Diese muß dem Flächendruck, der Gleitgeschwindigkeit und dem Lagerspiel angepaßt sein. Diese Grundsätze gelten sowohl für Lager wie auch für Gleitflächen. Als Grundregel gilt folgendes: Je schneller sich eine Welle dreht, je geringer ihr Gewicht oder ihre Beanspruchung durch Riemenzug, Zahnradruck u. dgl., je feiner die Passung, um so dünnflüssiger wird das Schmiermittel gewählt. Je kleiner die Drehzahl oder Hubzahl, je höher der Flächendruck wird und je größer das Lagerspiel, um so dickflüssiger (viskoser) muß das Schmiermittel sein. Bei Fetten gelten ähnliche Richtlinien hinsichtlich der Konsistenz und gegebenenfalls des Tropfpunktes.

f) Einfluß der Lagertemperatur. Bei der Beurteilung der Eignung des Schmiermittels kommt zunächst die Lagertemperatur in Frage. Bei gewöhnlichen Transmissionslagern und Lagern an Werkzeugmaschinen sind Temperaturen von 30 bis 60° als normal anzusehen. Im Sommer liegen die Werte an der oberen, im Winter mehr nach der unteren Grenze. Die Lagertemperatur ist auch weitgehend von der Zähflüssigkeit des Öles abhängig: 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 großen Verschleiß erwarten.

g) Verhalten bei Dauerbetrieb. Es ist von größter Bedeutung: Das Schmiermittel erleidet eine unausbleibliche Alterung; es darf aber nicht allzusehr verharzen, säuern und nicht zur Schlamm- bildung neigen. Die Wirkungen dieser Veränderungen des Öles lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

1. Die Verharzungserscheinungen erhöhen die Reibung und damit den Kraftverbrauch und die Temperatur. An den Vorschübeinrichtungen können Verklemmungen eintreten, die zum Bruch eines Maschinenteiles führen.
2. Die Säurebildung kann die Ausfällung von Schlamm verursachen und begünstigen.
3. Die Schlamm- bildung führt zu Verstopfungen in den Rohrleitungen und Störungen in den Schmiervorrichtungen.

B. Die Schmiervorrichtungen.

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

1. 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 großer Bedeutung ist der Verschluß der Schmieröffnungen, der folgende Forderungen erfüllen soll:

- Kenntlichmachung der Schmierstelle,
- Abdichtung gegen Schmutz und herabfallende Späne,
- Gute Sicherung gegen Herauslaufen des Öles.

Man verwendet zu diesem Zweck Ölverschlußdeckel, Kegelöler, Helmöler und Drehöler, Öllochverschlußschrauben, Tropföler und bei Fettschmierung Staufferbüchsen.

a) Die Ölverschlußdeckel (Abb. 9) werden besonders an glatten senkrechten Flächen, die keine vorstehenden Vorrichtungen zulassen, angebracht.

b) Die Kegelöler (Abb. 10) werden in das Ölzuführungsloch fest eingeschlagen. Die Montage ist sehr billig, da das Loch keine weitere Bearbeitung erfordert. Sie

sind nur an einigermaßen geschützten Stellen zu benutzen, da die Befestigung durch einfaches Einschlagen doch sehr empfindlich gegen Stöße durch Werkzeuge, Werkstücke oder Späne ist. Am Support z. B. sollten sie daher keinesfalls verwandt werden.

c) Die **Helm- oder Drehöler** (Abb. 11) werden in das Ölloch mit Gewinde eingeschraubt. Sie sind gegen Stöße etwas widerstandsfähiger und sind sehr gut gegen Staub gesichert.

d) Die **Ölverschlußschrauben** (Abb. 12) 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 kann, mit einem dichtenden Zapfen versehen sein.

e) **Stauferbüchsen** (Abb. 13) werden benutzt bei Fettschmierung, wenn das Schmiermittel durch lange Kanäle gepreßt oder von unten nach oben gedrückt wird.

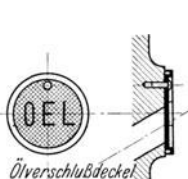


Abb. 9.

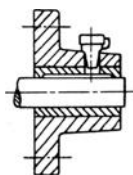


Abb. 10.

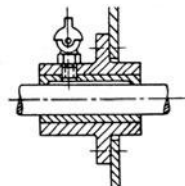


Abb. 11.

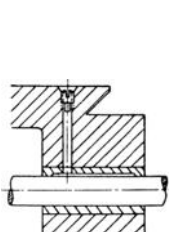


Abb. 12.

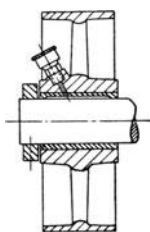


Abb. 13.

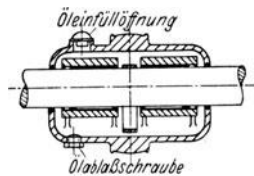


Abb. 14.

Abb. 9. Ölverschlußdeckel. Abb. 12. Ölverschlußschraube.
 Abb. 10. Kegelöler. Abb. 13. Stauferbüchse.
 Abb. 11. Helm- oder Drehöler. Abb. 14. Ringschmierlager.

2. Die selbsttätige Schmierung.

Die selbsttätigen Schmierungsvorrichtungen sind zwar in der Konstruktion und im Aufbau verwickelter, dafür aber im Verbrauch sparsamer, in der Wirkung zuverlässiger und von der Sorgfalt des Bedienungsmannes unabhängiger.

a) **Ringschmierlager** (Abb. 14). Sie sind als älteste und am weitesten verbreitete selbsttätige Schmiereinrichtung bekannt. Sie werden bei schnellaufenden Wellen, für Transmissionen, Vorgelege, Werkzeugmaschinen und Elektromotoren verwandt. Der Ölverbrauch ist sehr gering, da das Öl ständig wieder in den Sammelbehälter zurückläuft. Es ist nur darauf zu achten, daß kein zu hoch viskoses Öl und kein Öl mit schlechtem Stockpunkt eingefüllt werden darf, da sonst der Schmierling hängen bleibt und kein Öl fördert. Wenn bei hohen Lagertemperaturen sehr zähflüssige Öle benutzt werden müssen, kann man einen festen Ring vorsehen.

b) **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. 15). Durch die Bewegung der Räder wird einerseits von den Zähnen Öl mit gefördert, so daß beim Eingriff des Gegenrades eine genügende Schmierschicht vorhanden ist. Andererseits wird 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 Schieß-Defries eine zweckmäßige Krekeler, Öl im Betrieb.

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.

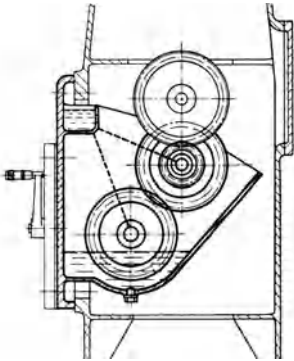


Abb. 15. Tauchschmierung.

c) **Zentralschmierung für Öle.** Die Häufung der Schmierstellen an manchen Maschinen führt zwangsläufig zur sogenannten Zentralschmierung. Das Wesen dieser Schmierung besteht darin, daß eine ganze Reihe von Schmierstellen durch dünne Rohrleitungen von einem Sammeltopf aus bedient wird (Abb. 16). 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 zuzuführenden Ölmengen. Hier ist jedoch bei der Auswahl des Öles sorgfältig auf Beständigkeit gegen Verharzung zu achten.

Als Werkstoff für die Rohre sind entweder Stahlrohre oder gut geglähte

Messingrohre zu verwenden. Kupferrohre sind zu vermeiden, da das Kupfer bei seiner großen chemischen Aktivität das Öl besonders bei längeren Betriebspausen sehr ungünstig beeinflussen kann.

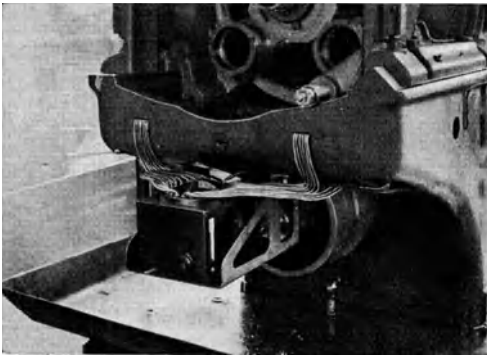


Abb. 16. Zentralschmierung.

Einen weiteren Fortschritt bedeutet die Anwendung der Zentralschmierung mit sichtbarem Tropfenfall (Abb. 17). Hier kann die Schmiermittelzufuhr dauernd beobachtet und durch besondere Stellenschrauben 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 zu den Lagerstellen durch das Schwergewicht gefördert wird. Bei großen Höhenunterschieden und bei Fett geht man zur Preßschmierung über. Das Wesen dieser Schmierungsart besteht darin, daß die einzelnen Lagerstellen von einer zentralen Versorgungsstelle das Schmiermittel unter manchmal sehr großem Druck zugeführt erhalten.

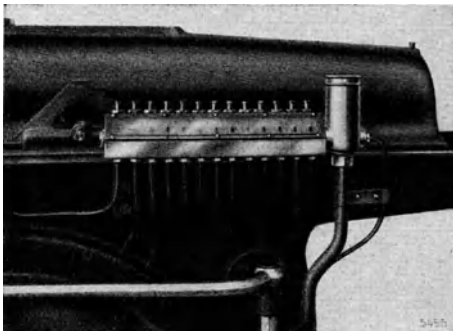


Abb. 17. Zentralschmierung mit sichtbarem Tropfenfall.

d) **Preßschmierung für Fette.** Die Preßschmierungsapparate können auch in gleicher Weise zum Verschmieren von Fetten benutzt werden. Die Apparate fördern auch sehr konsistente und hochschmelzende Fette. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die einmal oder mehrere

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. Diese Erscheinung ist darin begründet, daß, wie in dem Abschnitt Fette dargelegt, die Konsistenz abhängig vom Ausrühren der Fette ist. Die Schmierungseigenschaften der Fette werden dadurch in keiner Weise berührt.

e) **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 bei der Verschmierung eines Fettes und eines Öles.

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

Ursache	Art der Störung	Abhilfe
Zu großes Lagerspiel	Öl- oder Fettverlust	Lagerschalen neu einpassen
Ungenau montierte und schlecht eingepaßte Lager	Zu heiße Lager trotz genügender Schmiermittelzufuhr	Lagerschalen nachschaben und sorgfältig einbauen
Unzweckmäßige Nutenausbildung, die das Zustandekommen eines guten Schmierfilmes verhindert	do.	Änderung der Nutenführung den jeweiligen Druckverhältnissen entsprechend
Zu dünnflüssiges Öl oder ungeeignetes Fett	do.	Änderung der Öl- oder Fettqualität.

Gleichzeitig sind auch noch Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, um die Zufuhr ständig zu kontrollieren. Bei besonders hoch beanspruchten Lagern empfiehlt es sich, einen Dreiwegehahn einzubauen, um festzustellen, ob genügend Schmiermittel zugeführt wird.

3. Die Schmierung der Zahnrad- und Schneckengetriebe.

a) **Zahnradgetriebe.** Bei schwer belasteten Getrieben und solchen, die zwischen Antriebsmotor und Werkzeugmaschine geschaltet werden, genügt es nicht, daß die Räder mit ihrem unteren Teil im Öl waten. In diesem Falle wird eine kräftige Pumpe eingebaut, die das Öl in die Eingriffsstellen der Räder spritzt. Da bei großen Umlaufzahlen und schweren Belastungen das Öl häufig stark erwärmt wird, kann eine Kühlschlange 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 übertragen im allgemeinen größere Kräfte und haben somit auch hohe Flächendrücke an den Zahnflanken. 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 gleichen Anforderungen zu stellen wie bei den rasch laufenden.

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

c) **Zusammenstellung der Öle für Getriebeschmierung.** Die Tabelle 1 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.

4. Die Schmierung der Wälzlager.

Bei den sogenannten Wälzlagern liegen besondere Verhältnisse vor. Die Schmierungsfragen sollen hier etwas ausführlicher behandelt werden, da die Wälz-

Tabelle 1. Öle für Getriebeschmierung.

Kennzeichnung des Öles	Analysendaten	Anwendungsgebiet
Alterungsbeständiges und nicht emulgierbares Öl	Zähflüssigkeit 3,5/50 ° Flammpunkt 190 ° Stockpunkt — 20 °	Dieses Öl findet bei schnellaufenden Zahnradgetrieben Verwendung. Daher wird auch größte Alterungsbeständigkeit verlangt. Anwendung auch bei Einbau eines Kühlers
do.	Zähflüssigkeit 8,5/50 ° Flammpunkt 220 ° Stockpunkt — 15 °	Dieses Öl dient zur Schmierung von hochbelasteten Zahnradgetrieben, daher ist die Zähflüssigkeit auch höher, um einen tragfähigeren Film zu gewährleisten
Elektrisch behandeltes Öl	Zähflüssigkeit 11,5/50 ° Flammpunkt 195 ° Stockpunkt — 20 °	Sehr dickflüssiges Öl mit flacher Zähflüssigkeitskurve. Es wird besonders bei großen Schneckengetrieben gebraucht
Ganz dickflüssiges Getriebeöl	Zähflüssigkeit 40/50 ° Flammpunkt 220 ° Stockpunkt — 10 °	Dies ist ein sehr zähflüssiges Getriebeöl mit trotzdem günstigem Stockpunkt und wird in der Hauptsache für Automobilgetriebe und schwer belastete Schneckengetriebe benutzt

lager — Kugel-, Rollen- und Nadellager — in den Betrieben bei Werkzeugmaschinen, Transmissionen, Elektromotoren usw. ständig in größerem Umfange benutzt werden.

a) **Schmierungsvorgang.** Durch die Meßergebnisse von Vieweg und Kluge¹ ist nachgewiesen, daß trotz der genauen Passungen und trotz des geringen Spieles der Laufringe die Wälzkörper durch eine Schmierschicht voneinander getrennt sind. Trotz der rollenden Reibung wird also eine flüssige Reibung erzielt. Sie entsteht dadurch, daß das den Laufringen, Kugeln bzw. Rollen anhaftende Schmiermittel zwischen die Flächen hineingezogen und sozusagen überwälzt wird (Abb. 18).

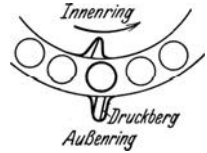


Abb. 18. Druckberg bei einem Wälzlager.

b) **Ölschmierung.** Das Günstigste ist 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. 19 wird das Kugellager in der Weise geschmiert, daß ein schwach kegelförmiger Ring, der in einem gefüllten Ölbehälter läuft, bei seiner Umdrehung infolge der Zentrifugalkraft das Öl nach oben und in die Kugellaufbahn treibt.

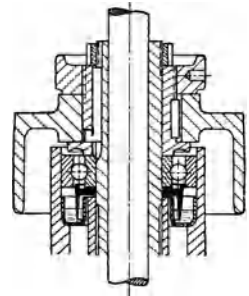


Abb. 19. Ölführung bei einem Kugellager.

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

Bei der Befüllung der Wälzlager mit Fett ist besondere Vorsicht geboten. Die Lager dürfen höchstens bis zur Hälfte gefüllt werden,

¹ Messungen der Schmierfähigkeit von Ölen in Lagern. Arch. Eisenhüttenwes. 1929, Heft 12.

da sonst die Reibungsverluste im Lager selbst zu hoch werden. Das überschüssige Fett bedingt Drucksteigerungen im Lager bis zu 6 at.

Zur Befüllung dürfen daher keine Fettpressen benutzt werden, da man keine Kontrolle über die eingefüllte Menge hat. Das Einbringen von Hand hat sich am besten bewährt, zumal bei dem sparsamen Verbrauch erst in $\frac{1}{2}$ bis 1 jährigen 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 Schmiermittel bei Wälzlagern anzuwenden sind:

1. Fettschmierung:

- | | | | | | |
|----|-----------------------|----------|-------|----------------------------------|----------|
| a) | für Lagertemperaturen | bis etwa | 35°: | Vaseline, Tropfpunkt | 40÷45° |
| b) | „ | „ | 60°: | Wälzlagerfett, Tropfpunkt | 85÷100° |
| c) | „ | „ | 120°: | Sonder-Wälzlagerfett, Tropfpunkt | 130÷180° |

2. Ölschmierung:

- | | | | | | |
|----|-----------------------|----------|-------|-------------------------|---------------------|
| | | | | langsam laufend | schnell laufend |
| a) | für Lagertemperaturen | bis etwa | 35°: | Spindelöl 7÷8/20° | Spindelöl 3÷4/20° |
| b) | „ | „ | 60°: | Maschinenölraffinat | Spindelöl 7÷8/20° |
| | | | | 3,5÷4,5/50° | |
| c) | „ | „ | 120°: | Filteriertes Zylinderöl | Maschinenölraffinat |
| | | | | 3÷4/100° | 7,5÷8,5/50° |

5. Die Flüssigkeitsgetriebe für Werkzeugmaschinen.

Hier handelt es sich um Getriebe, bei denen die Kraft durch Öl übertragen wird, wobei eine stufenlose Regelung der Geschwindigkeit angestrebt wird. Diese Getriebe haben sich in der letzten Zeit im Werkzeugmaschinenbau sehr durchgesetzt und müssen besonders unter dem Gesichtspunkt der richtigen Ölauswahl betrachtet werden.

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 weitgehend auch von der Temperatur abhängig ist. Bei Versuchen von Hebenstreit¹ 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. Diese Forderung wird am besten durch ein elektrisch behandeltes Öl erfüllt. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, die Zähflüssigkeit bei diesen Getrieben zwischen $3\frac{1}{2}$ und $4\frac{1}{2}$ 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.

¹ Betriebsverhältnisse und Wirkungsgrade bei Kolbenflüssigkeitsgetrieben. Dissertation Dresden. Berlin: Julius Springer 1927.

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 60° und mehr über dem Flammpunkt.

Wohl 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.

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

b) Ölswahl. Im nachstehenden werden die Daten eines geeigneten Öles angegeben:

Kennzeichnung des Öles	Analysendaten	Anwendungsgebiet
Elektrisch behandeltes Öl (Voltolisiert)	Zähflüssigkeit 3,5 ÷ 4,5/50° Flammpunkt 180° Stockpunkt — 20°	Ein solches Öl wird bei Flüssigkeitsgetrieben (Enortrieb und Sturmgetriebe) sehr häufig benutzt.

6. Die Schmierung sonstiger Maschinen.

Außer den eigentlichen Werkzeugmaschinen befinden sich in den Betrieben manchmal noch Dampfmaschinen zum Antrieb der Transmissionen, Kompressoren zur Herstellung der Druckluft, Lufthämmer zu Niet- und Abgratzwecken usw.

Bei diesen Maschinen ist auf die Eigenart der Betriebsweise sorgfältig Rücksicht zu nehmen. Bei Dampfmaschinen haben Druck und Temperatur einen großen Einfluß; 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. 49.

C. Schmiermittelverbrauch.

1. Erfassung des Verbrauches. Der Erfolg einer richtigen Behandlung und Anwendung der ganzen Schmierungsfragen in den Werkstätten muß sich in dem Schmiermittelverbrauch auswirken. Es ist dringend notwendig, den Verbrauch nach Maschinengruppen oder nach einzelnen Maschinen zu erfassen, um ihn genau kennenzulernen. Es genügt nicht, wenn man den Gesamtschmiermittelverbrauch im Öllager feststellt und anteilmäßig auf die verschiedenen Werkstätten verteilt.

Tabelle 2. Ölverbrauchs zahlen nach Werkstätten.

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 ¹	350 ¹	20
8	Ölverbrauch je Monat und Maschine in kg	1	1,7	2,9	5,5	8	0,45

¹ Tag- und Nachtschicht.

2. Größe des Verbrauches. Ludwig¹ hat auf Grund einer Umfrage bei 55 deutschen Maschinenfabriken Unterlagen zusammengestellt, woraus sich auch ein

Tabelle 3. Ölverbrauchszahlen einzelner Maschinen.		Anhaltspunkt für den Verbrauch finden
1	Normal laufende Drehbänke bis 150 Spitzenhöhe: 0,2 ÷ 0,7 kg	läßt. In Tabelle 2
2	Normal laufende Drehbänke von 150 bis 300 Spitzenhöhe: 0,5 ÷ 1,8 „	sind Verbrauchszahlen bei werkstattmäßiger Erfassung angegeben. Diese
3	Normal laufende Drehbänke üb. 300 Spitzenhöhe: 2 ÷ 4 „	Werte geben naturgemäß nur ein ganz oberflächliches Bild.
4	Mittlere Plandrehbänke: 1,5 ÷ 2,5 „	Besser sind dann schon die Werte, wie sie in Tabelle 3 angegeben sind, wobei die unteren Grenzen sich auf Umlaufschmierung und auf
5	Schwere Plan- und Karusselldrehbänke: 3 ÷ 7 „	
6	Schnellaufende Drehbänke bis 250 Spitzenhöhe: 1,5 ÷ 3 „	
7	Revolverbänke bis 80 mm Drehgang: 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 „	
11	Transmissionen und Vorgelege zu 4, 6, 7 u. 8: ~ 0,05 „	
12	Transmissionen und Vorgelege zu 9: ~ 0,07 „	
13	Transmissionen und Vorgelege zu 3 und 5: bis 1,3 „	

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.

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

IV. Die Öle für spangebende und spanlose Formung.

A. Kühlen und Schmierer.

1. 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 wie auch schmieren, und es richtet 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 dies mit den heutigen Meßverfahren noch nicht ermöglicht wird und auch die analytischen Daten keinen Anhaltspunkt geben, ist man in erster Linie auf den praktischen Versuch angewiesen.

2. Leistungssteigerung. Es gibt zwei Hauptmöglichkeiten, 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

¹ Die Schmierung im Betrieb. Masch.-Bau 1927, S. 323.

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.

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

1. die nicht mit Wasser emulgierbaren Öle, im folgenden stets mit „Schneidöle“ bezeichnet.
2. die mit Wasser emulgierbaren Öle, im folgenden stets mit „Bohröle“ bezeichnet.

B. Die Schneidöle.

Hierunter versteht man Flüssigkeiten aus mineralischen, tierischen, pflanzlichen Ölen oder Mischungen aus solchen. Als die am häufigsten vorkommenden sind zu nennen: Mineralöl, Lardöl, Tran, Rüböl, Leinöl, Rübölersatz und compoundierte Öle. Die oft anzutreffenden Bezeichnungen, wie Räumadelziehöl, Automatenöl, Gewindeschneidöl usw. beziehen sich lediglich auf den besonderen Verwendungszweck. Im übrigen ist darunter aber immer eines der vorgenannten Öle zu verstehen.

1. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen.

Die Schneidöle werden bei schweren Zerspannungsvorgängen und bei hochwertigen Werkstoffen benutzt. Als Hauptanwendungsgebiete sind zu nennen: Räderstoßmaschinen (Maag, Fellow), Räderfräsmaschinen, Automaten, Revolverbänke, Gewindeschneidmaschinen und Räumadelmaschinen. Bei allen diesen Arbeitsvorgängen kommt es in erster Linie darauf an, die Werkzeuge möglichst lange schneidhaltig zu erhalten und Arbeitsstücke von guter Oberfläche und Maßhaltigkeit zu bekommen.

a) **Verwendung fetter Öle.** Bis vor wenigen Jahren 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 Räumadelziehmaschinen 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 Wallichs und Krekeler¹, 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. 20 dargestellt.

Als Kennzeichen diente die eingangs dieses Abschnittes erwähnte Anzahl der bis zur Abstumpfung des Werkzeuges hergestellten Werkstücke.

Die Abb. 20 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.

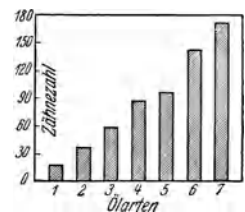


Abb. 20. Anzahl der bis zur Abstumpfung des Werkzeuges geschnittenen Zähne (verschiedene Ölsorten).

¹ Untersuchung der Kühllöle bei der Zahnradbearbeitung. Z. VDI 1929, S. 643.

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 Dauerversuch durchgeführt, der in Abb.21 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, die hier zum ersten Male zahlenmäßig nachgewiesen ist.

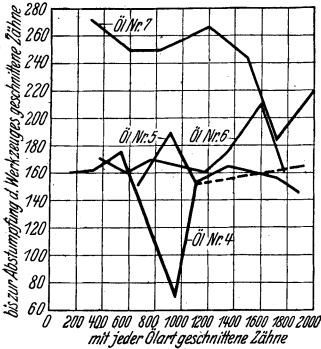


Abb. 21. Dauerversuch mit verschiedenen Schneidölen.

b) Verwendung von Mineralölen. In der Entwicklung der letzten Jahre ist deutlich das Bestreben zu erkennen, den aus mehreren geeigneten Komponenten der Mineralöle zusammengesetzten 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 Stahlspänchen keine große katalytische Wirkung ausüben. Die einzelnen Komponenten führt man deshalb ein, um, wie schon im Abschnitt Mischöle erwähnt, die guten Eigenschaften zu ergänzen.

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

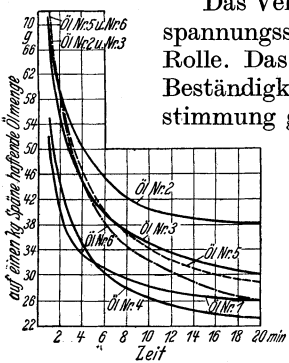


Abb. 22. Abtropffähigkeit verschiedener Schneidöle.

Das Verhalten des Öles bei Zusammentreffen mit der heißen Zerspannungsstelle 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 auch eine besondere Bedeutung zu: Das Öl soll sich schnell ausbreiten und in alle Fugen zur Schmierung und Kühlung eindringen. Wallich und Krekeler sowie Stäger¹ haben versucht, ein Maß für die Benetzungsfähigkeit zu bekommen. Die Ausbreitung eines Öltropfens wurde auf einer verschieden vorgerichteten Stahlplatte gemessen. Diese Versuche haben aber kein eindeutiges Ergebnis gehabt.

Es ist weiterhin auch auf gute Abtropffähigkeit zu achten. Dies gilt sowohl für die Stücke wie auch für die Späne. Das an den 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. 22 dargestellt. Die an den Spänen haftenden Mengen sind naturgemäß sehr von deren Form abhängig. Immerhin können sie in jedem Fall beträchtliche Werte erreichen.

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

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. Es hat sich als praktisch erwiesen, ein nach vorstehenden Grundsätzen zusammengesetztes Öl als sogenanntes Konzentrat zu wählen. Dieses Konzentrat wird in den Maschinen verwandt, die die schwersten Arbeiten leisten. Außer diesem Konzentrat kann man dann noch ein sogenanntes Zusatzöl wählen. Dieses Zusatzöl hat eine geringere Zähflüssigkeit und erhöht die Kühlfähigkeit. Wie schon der Name sagt, wird es in bestimmten Prozentsätzen dem Konzentrat beigelegt. Das Gemisch findet bei leichteren Arbeiten Verwendung, bei denen die Kühlkomponente größer sein muß. Da das Zusatzöl im Preise auch billiger ist, hat man den Vorteil, daß das Gemisch dem Arbeitsgang auch in dieser Hinsicht angepaßt wird.

Die nebenstehenden Werte können als Richtlinien für die allgemeinen Daten eines Konzentrates und eines Zusatzöles gelten.

Art der Öle	Viskosität bei 20 °	Flammpunkt	Spez. Gewicht
Schneidöl (Konzentrat)	10 ÷ 11	~ 180 °	belanglos
Zusatzöl zum Konzentrat	5 ÷ 6	~ 180 °	belanglos

2. Besondere Anwendungsgebiete: Die Öle bei der 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 Werkstoffe muß daher ein gutes Mineralöl von großer Kühlfähigkeit und besonderer Beständigkeit gewählt werden.

Eine Vereinigung der in anderen Abteilungen bei der Stahl- und Gußeisenbearbeitung benutzten Kühlflüssigkeiten mit denen bei der Rotguß-, Bronze- usw. -bearbeitung benutzten ist daher nicht zulässig.

Auf die Wichtigkeit dieser Frage macht Riccius¹ 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: 150°, spez. Gewicht: belanglos.

Der Vergleich mit den Angaben auf S. 27 oben zeigt, daß die Zähflüssigkeit verhältnismäßig gering ist. Dies hat seinen Grund darin, daß das Öl weniger zu schmieren als zu kühlen hat.

b) Auswahl für Paßflächen. Da in den Werkstücken aus Bronze, Rotguß, Messing usw. sehr häufig Bohrungen von besonders großer Maßhaltigkeit und

¹ Bronze und Rotguß, S. 75. VDI-Verlag 1931.

vorzüglicher Oberflächengüte hergestellt werden müssen (sogenannte 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 $0,1 \div 0,8$ mm im Durchmesser in Frage) sehr vom Kühlmittel beeinflusst.

Von Schallbroch¹ wurden Versuche gemacht, um die Abhängigkeit der Reibüberweite von der Art des Kühlmittels festzustellen. Hier zeigt sich nämlich, daß die sogenannte 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. 23 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.

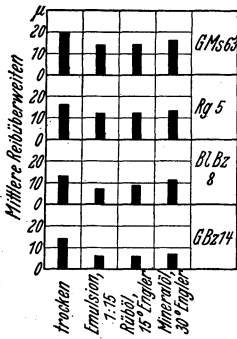


Abb. 23. Reibüberweiten bei verschiedenen Kühlmitteln. 30° . $t=0,07$ mm, $s=0,52$ mm/U, Werkstück und Werkzeug in fester Einspannung.

C. Die Bohröle.

1. Eigenschaften und Verwendung im allgemeinen.

Über das Wesen der emulgierbaren Öle ist S. 9 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 sogenannten Emulsion. Bei Verwendung eines solchen Wassers wird eine unlösliche Kalkseife gebildet, die an der Ausscheidung einer flockigen, schmierigen Schicht zu erkennen ist. Ein Teil der im Bohröl enthaltenen Seifen ist daher 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 Na_2CO_3 ,
 = 51 mg Kristallsoda $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{H}_2\text{O}$.

Beispiel: Härtegrade 35° .

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

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

¹ Schallbroch, H.: Untersuchungen über das Senken und Reiben von Eisen-, Kupfer- und Aluminiumlegierungen. Diss. Aachen. Aachen: Verlag Ed. Wedler & Co. 1930.

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

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

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

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 Emulsion geschehen.

4. Das Öl darf nicht eher entnommen werden als bis es gebraucht wird. Gleichzeitig darf auch nicht mehr Bohrröl 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) 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 Bohrröles 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 Bohrröl-Emulsion ist laufend auf ihren Gehalt an Bohrröl zu prüfen.

e) Änderung des Fettgehaltes. Die letzte Vorschrift erfordert ganz besondere Aufmerksamkeit. Es ist bekannt, daß die Bohrröl-Emulsionen während des Betriebes im Laufe der Zeit ärmer werden an dem eigentlichen Bohrröl. Dies hat seinen Grund darin, daß das Bohrröl 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 ein Rosten der Werkstücke und Späne eintritt.

d) Prüfung des Fettgehaltes. Bisher gab es kein einfaches, im Betrieb brauchbares Mittel, um die Verringerung des Fettgehaltes der Bohrröl-Emulsion 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 Bohrröl. In der letzten Zeit wurde ein einfaches Verfahren herausgebracht, um die Konzentration sicher prüfen zu können¹:

In einen Meßzylinder, wie er in Abb. 24 dargestellt ist, wird bis zur untersten

¹ Dieses Verfahren wurde von der Rhenania-Ossag-Mineralölwerke AG. angegeben.

Marke die zu untersuchende Emulsion eingefüllt, dann gießt man 15 cm³ etwa 10% ige 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 Flüssigkeitsschicht möglichst klar geworden ist, kann man die Menge des abgeschiedenen Öles gleich in Prozenten ablesen, da entsprechend eingeteilt worden ist. An Hand der Abb. 24 kann man feststellen, ob die Versuchsdurchführung richtig gehandhabt wurde. Die fehlende Bohrölmenge kann dann zugegeben werden.



Abb. 24. Meßzylinder zur Prüfung der Bohrölkonzentration.

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% Bohröl, jedoch ist neuerdings das Bestreben zu erkennen, die Konzentration zu verringern. Dies ist dadurch möglich, daß man durch besondere Auswahl der Fettsäuren eine allerfeinste Emulgierung erstrebt. Je feiner die Emulgierung ist, desto geringer kann die Konzentration gewählt werden, da ja diese fein verteilten Tröpfchen ihre Wirkung noch gut ausüben vermögen. Es sind neuerdings Bohröle bekannt geworden, die eine Konzentration von 1:60 zulassen.

Ein solches Gemisch bringt naturgemäß auch eine sehr große Ersparnis mit sich, da ein Mischungsverhältnis von 1:60 einer nur etwa 1,6% igen Beimischung von Bohröl entspricht.

2. Besondere Anwendungsgebiete für Bohröl: Temperguß- und Gußeisenbearbeitung.

Die Bohröle 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) **Die Tempergußbearbeitung.** Die wichtigsten Bearbeitungsverfahren für Temperguß sind Drehen und Gewindeschneiden. Das Gewindeschneiden ist, zerspanungstechnisch betrachtet, ein sehr ungünstiger Vorgang, da nach einer Feststellung von Schimz¹ bei Gewindeschneidköpfen bis zu 14 Haupt- und Nebenschneiden gleichzeitig schneiden können. Dies wird weiterhin noch dadurch erschwert, daß die Tempergußstücke durch ihre ungleichmäßige 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. 25 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

¹ Das Außengewindeschneiden mit selbstöffnendem Schneidkopf. Arch. Eisenhüttenwes. Jahrg. 5, S. 35—44.

gut bewährt 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 Bohrölhersteller heute in der Lage sind, durch richtige Auswahl der Grundstoffe den besonderen Anforderungen gerecht zu werden.

b) **Die 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 5%igen 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.

Die Versuche, Gußeisen mit Kühlung zu bearbeiten, wurden dann später von Österreicher fortgesetzt, der bessere Erfolge als Taylor hatte.

Ermutigt durch die Erfolge mit Bohrölen bei der Tempergußbearbeitung wurden die Versuche von Wallichs und Krekeler¹ wieder aufgegriffen. Es wurde hierzu das gleiche Öl benutzt, das sich auch schon beim 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 Schrappquerschnitten 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.

Wie bei Schneidölen erwähnt, spielt die Abtropffähigkeit auch bei Bohrölen eine große Rolle. Wenn es auch unwirtschaftlich ist, die Emulsion aus den Spänen wiederzugewinnen, so spielt die Abtropffähigkeit deshalb eine große Rolle, weil unter Umständen zuviel eigentliches Bohröl in den Spänen zurückgehalten werden kann, wodurch das umlaufende Gemisch zu schnell ärmer wird. Versuche wurden mit der gleichen Apparatur, wie S. 26 erwähnt, durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Abb. 26.

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

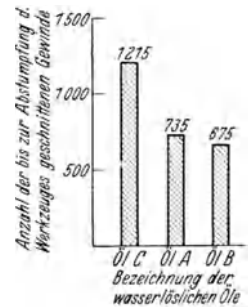


Abb. 25. Anzahl der mit verschiedenen Bohrölen in Temperguß geschnittenen Gewinde.

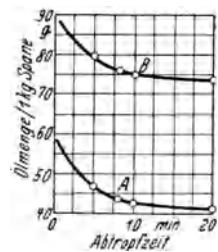


Abb. 26. Abtropfversuche bei Gußeisenspänen. A Bohröl geeignet für Gußeisen. B Bohröl ungeeignet für Gußeisen.

¹ Kühlen und Schmierem bei der Gußeisenzerspannung. Gießerei 1931, Heft 25.

Tabelle 4. Werte der Schnittgeschwindigkeiten für Gußeisen von 24÷25 kg/mm² Festigkeit für eine Standzeit von 60 min (Stundenschnittgeschwindigkeit v_{60}).

Vorschub 1,12 mm/U | Werkzeug Drehmeißel SS, 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	—
Bohrölemulsion 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

Drehen von Gußeisen.

Arbeitsvorgang	v_{60} 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

(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 zweite Bohrölsorte 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. Die Öle für die spanlose Formgebung.

1. Öle statt Fett.

Bei der spanlosen Formgebung (Ziehen, Pressen usw.), wo das Kühlmittel auch schmieren und kühlen 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. Die Daten des zu verwendenden Öles entsprechen etwa denen, wie sie in Seite 27 unter Konzentrat angegeben sind. Es kommt noch hinzu, daß ein Öl mit derartigen Daten viel leichter auf das zu verformende Stück aufgebracht werden kann.

Beim Ziehen von Drähten werden besondere Vorrichtungen empfohlen, die

im späteren Abschnitt „Die Zuführung der Kühlflüssigkeiten“ 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. Deshalb hat sich auch bisher die oftmals empfohlene Verwendung einer Seife nicht eingebürgert.

2. Schmiermittel zum Ziehen.

Die günstige Wirkung eines Schmiermittels beim Ziehen ist abhängig: 1. vom Benetzungsvermögen, 2. von der Zähigkeit. Die Benetzbarkeit ist in gewissem Maße abhängig von der Drahtoberfläche. Daher ist bei Vergleichsversuchen immer darauf zu achten, daß durch gleichmäßiges Beizen die Oberfläche der Drähte möglichst gleich wird. Je rauher die Oberfläche, desto besser ist auch die Benetzbarkeit und desto besser wird das Schmiermittel 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 sich jedoch der Vorteil, daß nach dem Ziehen nur noch ein leichter Ölhauch nach dem Verdunsten des Wassers zurückbleibt. Dieser Ölhauch genügt zur Konservierung, ohne jedoch, was besonders bei ganz feinen Drähten störend ist, die Nähte 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 der dünnen Drähte 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.

1. 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.

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

2. Gewinn bei den 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. 20 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.

b) **Drehen.** Nach Messungen von Taylor¹, die später durch Schlesinger² bestätigt wurden, kann bei Drehen von Stahl die Schnittgeschwindigkeit um durchschnittlich 40% durch Anwendung eines Kühlmittels gesteigert werden. Dies gilt für größere Spanquerschnitte. Wallichs und Opitz³ 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 40%igen 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 mm², der obere von etwa 1 mm². 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 ²	v_{60}^*	
		ohne Kühlung Spantiefe 2—8 mm	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-Vergütungszahl	70—80	10—40	14—55
CrNi-Vergütungsstahl	85—95	6—30	8,5—42
Manganstahl	80—90	5—25	7—35
Unleg. Einsatzstahl	40—50	35—100	50—140
Unleg. Vergütungsstahl	75—85	15—65	22—90

* Die Werte haben Gültigkeit für Spanquerschnitte von 12—1 mm². Die Zwischenwerte sind entsprechend abzustufen.

¹ Taylor-Wallichs: Dreharbeit und Werkzeugstähle, S. 122.

² Stahl u. Eisen Bd. 48 (1928) S. 307.

³ Bericht Nr. 20 des Aachener Werkzeugmaschinenlaboratoriums.

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

e) **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 Siebel¹ mit einer beträchtlichen Ziehgeschwindigkeitssteigerung zu rechnen.

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

F. Übersicht über die einzelnen Kühlmittel.

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 durchaus zu verwerfen. Es ist für den Einkauf und für den Betrieb 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 zugänglich, dann für die einzelnen Arbeitsstufen besondere Kühlmittel zu benutzen. In manchen Fällen dient allerdings eine Maschine nur für einen ganz bestimmten Arbeitsvorgang, beispielsweise die Räummaschine nur zum Räumen. Aber auch hier kann man mit einem Kühlmittel zurecht kommen, das an einer anderen Maschinengruppe ebenfalls verwendet wird.

Die nachfolgende Zusammenstellung 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. Schneidölkonzentrat.
2. Zusatzöl zum Konzentrat.
3. Bohröl.
4. Schneidöl für Messing-, Bronze- und Rotgußbearbeitung.
5. 4% ige wässrige Natrium-Fluorid-Lösung, Rüböl usw. für ganz besondere Zwecke.

¹ Sonderdruck aus dem Archiv des Eisenhüttenwesens 1930/31 S. 251/60.

Werkstoffgruppe	Automaten Revolverbänke - Drehbänke	Fräsmaschinen Sägen	Räummaschinen	Zahnrad- stoßmaschinen	Gewindeschneid- maschinen	Bohrmaschinen	Schleifmaschinen
Stahl jeder Art und Härte: Maschinen- stahl, Baustahl, Werkzeugstahl, nichtrostender Stahl, Sonderstähle, Stahlguß	Schneidöl- Konzentrat oder Schneidöl-Kon- zentrat u. Zu- satzöl oder Bohröl Bohröl	Schneidöl- Konzentrat oder Schneidöl-Kon- zentrat u. Zu- satzöl oder Bohröl Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl in besonderen Fällen Rüböl	Bohröl (beim Reiben Schneidöl- Konzentrat oder Schneidöl- Konzentrat u. Zusatzöl Bohröl	Bohröl Mischung 1:50 bis 1:70
Guß Eisen ¹ Temperguß Messing ² Bronze Rotguß Kupfer	Bohröl Bohröl	Schneidöl	Bohröl	Bohröl	Bohröl	Bohröl	Bohröl 1:50, ÷ 1:70 bis 1:70
Nickel Neusilber Zink Zinn Blei	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Bohröl	Bohröl 1:50 bis 1:70
Aluminium ³ Duraluminium Silumin usw.	Schneidöl- Konzentrat Konzentrat und Zusatzöl Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Konzentrat und Zusatzöl Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Konzentrat und Zusatzöl Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Konzentrat und Zusatzöl Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Konzentrat und Zusatzöl Bohröl	Schneidöl- Konzentrat Konzentrat und Zusatzöl Bohröl	Bohröl 1:60 bis 1:70
Elektron ⁴	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken
Isolierstoffe Hartgummi Trolit Ebonit Gepreßte Leinwand- massen, gepreßte Pa- piermassen	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken	4 % wässrige Natrium-Fluo- ridlösung trocken
Marmor Schiefer Keramische Stoffe	Bohröl Wasser	Bohröl Wasser	Bohröl Wasser	Bohröl Wasser	Bohröl Wasser	Bohröl Wasser	Bohröl Wasser

¹ Das Bohröl muß für Gußeisen- und Tempergußbearbeitung besonders geeignet sein.

² Ein reines Schneidöl verwenden (s. S. 27).

³ Bei diesen Leichtmetallen hat sich auch eine Mischung aus Lardöl und Petroleum bewährt.

⁴ Bei Elektron niemals Wasser verwenden.

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

G. Die 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.

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 Späneilchen 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 nicht immer die nötige Sorgfalt angewandt. Abb. 27A 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 Pumpen nach der Konstruktion in Abb. 27B mehr zu empfehlen.

c) **Selbstansaugende Kreiselpumpen und Schraubepumpen.** Diese Pumpen sind für die Flüssigkeitsförderung 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

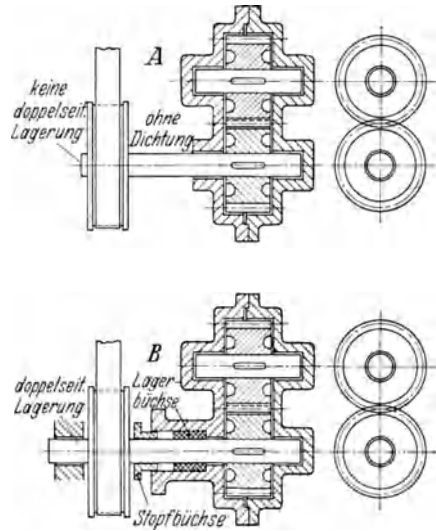


Abb. 27. Pumpe mit schlechter und guter Abdichtung. A Antriebswelle ohne besondere Lagerung und Abdichtung im Gehäuse. Starker Verschleiß der Gehäuse-Bohrung und ständiges Ansaugen von Luft. B Antriebswelle mit Büchse im Gehäuse gelagert und gute Abdichtung durch besondere Stopfbüchse.

dieser Pumpen

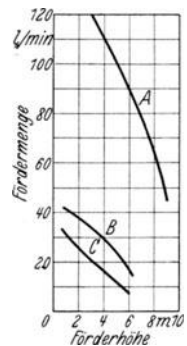


Abb. 28. Fördermengen bei verschiedenen Flüssigkeiten. A Bohrlöl. B Mineralöl $V = 4,5^\circ E/50^\circ$. C Mineralöl $V = 5,5^\circ E/50^\circ$.

frei in der Flüssigkeit und haben auch genügende Ansaugfähigkeit. Die Leistung dieser Pumpen ist naturgemäß von der Zähflüssigkeit des zu fördernden Kühlmittels abhängig. Abb. 28 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.

H. Einzel-, Gruppen- und Zentral-Versorgung.

1. 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.

2. 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.

I. Zuführung der Flüssigkeit.

a) **Notwendigkeit der Tülle.** Das Kühlmittel soll die Zerspansungsstelle in ruhigem, breitem Strahl überfluten. Es ist immer falsch, den Flüssigkeitsstrahl ungedämpft zuzuleiten, da er dann an der Zerspansungsstelle vorbeischießt und nicht voll wirken kann. Es kommt noch hinzu, daß dann die Abspritzverluste groß werden und die ganze Umgebung verunreinigt wird. Genau so falsch ist es natürlich, zu sparsam in der Zuführung zu sein. Man findet noch oft, daß das Kühlmittel wie in Abb. 29 in kleinem Tropfenfall zugeführt wird. 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.

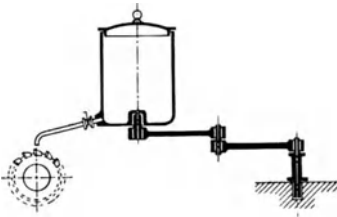


Abb. 29. Ungünstige Zuführung des Kühlmittels.

b) **Ausführung der Tülle.** Die vorstehenden Forderungen werden von der Tülle in Abb. 30 gut erfüllt. Die Abb. 31 gibt einige Beispiele, wie man sich unter Umständen derartiger Tüllen selbst herstellen kann¹.

Abb. 30. Ausflußtülle der Maag Zahnrad- u. Maschinen AG.

Umständen derartiger Tüllen selbst herstellen kann¹.

¹ Wolf, Alexander: Kühleinrichtungen an spanabhebenden Werkzeugmaschinen. Werkzeugmasch. 1931 Heft 4.

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.

Die in Abb. 31 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 angepaßt werden.

e) Die Zuführung des Kühlmittels beim Ziehen. Bei Ziehvorgängen wird in den meisten Fällen wenig Wert auf eine geeignete Zuführung gelegt. Abb. 32 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

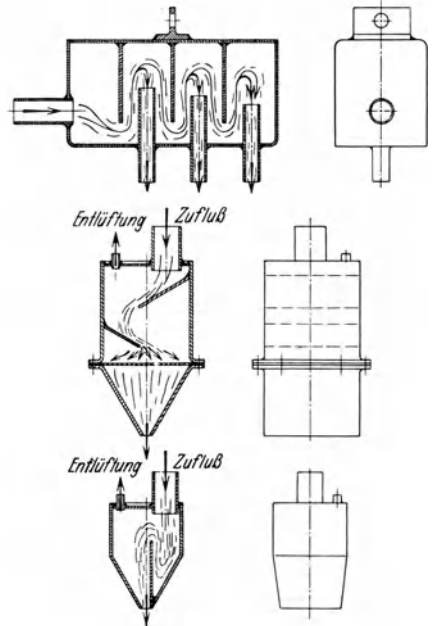


Abb. 31. Verschiedene Formen guter Ausflußtüllen. das Kühlmittel durch ein einfaches

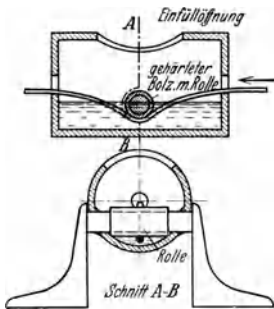


Abb. 32. Zuführung des Öls beim Drahtziehen.

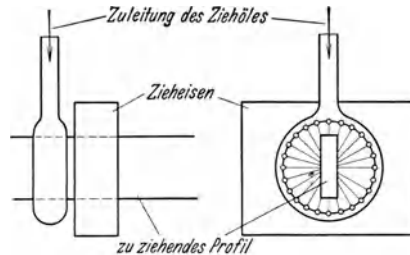


Abb. 33. Zuführung des Öls bei schwierigen Profilen.

Rohr zugeführt wird, kommt nicht genügend Flüssigkeit in den unteren Teil. Abb. 33 zeigt, wie man sich in solchen Fällen helfen kann.

K. Die Regelung und Menge der Kühlflüssigkeit.

1. Regelung.

Die Zuführung der Kühlflüssigkeit muß unbedingt geregelt werden, da auch zeitweise abgestellt werden muß, um das Werkzeug und das Werkstück zu beobachten. Besondere Aufmerksamkeit ist auch dem Leerlauf zuzuwenden, da dann bei Auswechslung des Werkstückes oder des Werkzeuges nicht immer die Maschine stillgesetzt zu werden braucht. Am besten hat sich der Einbau eines

Dreiwegehahn bewährt, der durch einfache Umschaltung bei vollem Pumpenbetrieb die Schneidflüssigkeit durch eine Hilfsleitung wieder in den Behälter zurückleitet (Abb. 34). Es ist jedoch darauf zu achten, daß dieser Hahn durch Wellen oder Gestänge vom Arbeitsplatz des Bedienmannes aus sicher und leicht bedient werden kann.

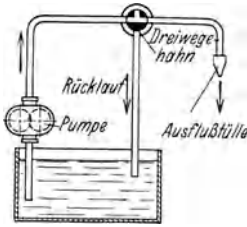


Abb. 34. Rückleitung der Kühlflüssigkeit mittels eines Dreiwegehahns.

2. Die Kühlmittelmenge.

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 wegsülen.

4. Die fertigen Teile in der Temperatur so niedrig halten, daß sie beim Anfassen keine schmerzhaften Empfindungen hervorrufen.

Dazu ist zu sagen, daß die eigentliche Zerspanungsstelle schon bei einem einfachen Drehen der unmittelbaren Einwirkung des Kühlmittels entzogen ist

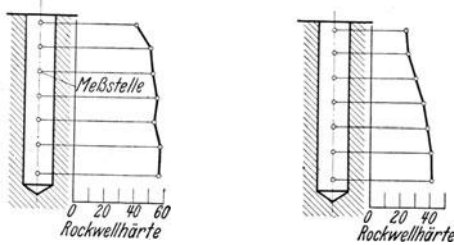


Abb. 35. Rockwellhärte in einer aufgeschnittenen Bohrung.

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

und in noch stärkerem Maße beim Bohren. Rapatz und Krekeler haben während einer Untersuchung der Bohrarbeit die Rockwellhärte an der Längsrichtung einer aufgeschnittenen Bohrung bestimmt (Abb. 35). Die mit zunehmender Bohrtiefe infolge der wachsenden Kaltverformung steigende Rockwellhärte läßt erkennen, wie sehr die Wirkung des Kühlmittels (Emulsion) nach Wärmeab-

leitung 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. Schlesinger¹ hat die Abhängigkeit der Standzeit von der zugeführten Kühlmittelmenge untersucht. Die Kurven (Abb. 36) gelten für den Schrappvorgang und für Bohrölemulsion. 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.

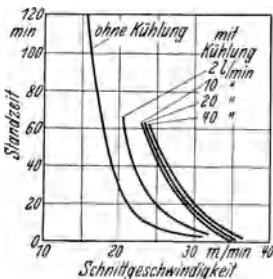


Abb. 36. Die Standzeit in Abhängigkeit von der zugeführten Kühlmittelmenge.

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. Da-

¹ Schlesinger, G.: Stahl u. Eisen Bd. 48 (1928).

zwischen sind diese weiter abgestuft nach Art des Arbeitsvorganges und nach den verwendeten Maschinen. Bei den Hochleistungsvorzahnungsmaschinen 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.

c) **Der Kühlmittelbehälter** ist naturgemäß für eine entsprechend größere Menge vorzusehen. Er darf noch nicht leer gebraucht sein, bevor die rückschwimmende Kühlflüssigkeit 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 auch eine Rolle. Wenn viele kleine Späne von Spiralförmigkeit 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 30—150 l Inhalt gehören.

L. Wiedergewinnung des Öles und Reinigung der Werkstücke.

1. 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—15 kg wiedergewonnen werden können. Naturgemäß spielt hierbei die Form der Späne und die Abtropffähigkeit des Öles eine große Rolle.

a) **Art der Rückgewinnung.** In den meisten Fällen wird eine Wiedergewinnung durch einfaches Abtropfen nicht zum Ziel führen; die Späne müssen ein oder mehrere Male geschleudert werden.

Das aus den Spänen herausgeschleuderte Öl wird zweckmäßig in größere Behälter geleitet, damit es dort absetzen kann. Die schweren Verunreinigungen sowie die noch verbliebenen 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.

b) **Verwendung des wiedergewonnenen Öles.** Das wiedergewonnene Öl läßt sich ohne weiteres in einem gewissen Prozentsatz dem Frischöl zusetzen. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, in den Abteilungen, in denen die Werkzeuge am schärfsten beansprucht werden, wie z. B. bei der Zahnradherstellung, nur Frischöl einzufüllen und das wiedergewonnene Altöl dann in der Automaten- und Facondreherei 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 absolut unwirtschaftlich. Die Fettgehalte der in den Spänen zurückgebliebenen Flüssigkeitsmenge 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.

Bei kleinen Werkstücken spielt auch die ordnungsgemäße Trennung von den Spänen eine große Rolle. Hierzu bedient man sich sogenannter 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 Zentrifugieren einzuschalten. Es werden also nicht allein die Späne, sondern auch noch die darin befindlichen Werkstücke mit zentrifugiert. Hierdurch läßt sich die Ausbeute an wiedergewonnenem Öl noch etwas steigern. Der trockene Automatenanfall, wie er aus der Zentrifuge kommt, wird in den Späneseperator 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 Späneseperator auskommen.

2. 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 5% iger 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 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. Die Öle für die Härterei.

A. Allgemeines.

Von größter Wichtigkeit für die Betriebe sind auch die Öle, die zum Härten, Vergüten und Anlassen der Stähle benutzt werden. In Deutschland werden schätzungsweise jährlich etwa 200000 t Stahlteile irgendwie in Öl warm behandelt. Da man für 1 t Stahl mit einem Verbrauch von bis zu 10 kg Öl rechnen kann, ergibt sich eine ganz ansehnliche Summe.

1. 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 sind¹. 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

¹ Krekeler u. Rapatz: Arch. Hüttenwes. Bd. 5 (1931) Heft 3.

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 „Härten und Vergüten“ verwiesen.

2. 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.

1. 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:

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.

Unter Berücksichtigung dieses Punktes ist vor allen Dingen davon abzuraten, sogenannte Destillate zu verwenden, da sie viele leicht flüchtige Bestandteile haben. Auch sind Öle mit sehr geringer Zähflüssigkeit im allgemeinen nicht zu empfehlen, da ihr Flammpunkt entsprechend niedrig liegt und auch hier die Gefahr großer Verdampfungsverluste gegeben ist.

d) Der Flammpunkt muß 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 richtig sein.

Tab. 6. Alterung des Rüböles.

Daten	Rüböl ungebraucht	Rüböl gebraucht
Viskosität n. E. bei 20°	12,8	—
Viskosität n. E. 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.

Dazu ist über das gebrauchte Öl noch folgendes zu sagen: Es zeigte zylinderölartige Zähflüssigkeit mit kohligen Absonderungen und gallertartigen Massen. Es schäumte stark und es war nicht möglich, den Werkstücken die richtige Härte zu geben.

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. 37, wo eine dicke Harzschicht an den Wänden des Härteölgefäßes abgesetzt ist.

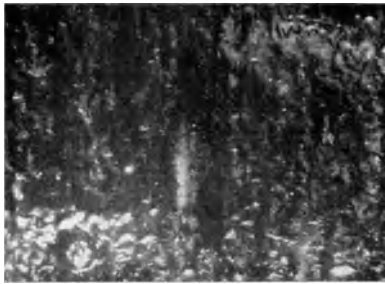


Abb. 37. Ablagerungen an der Wandung eines Härtegefäßes bei Verwendung von Rüböl.

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, wo schon bei geringer Fettölmischung eine erhebliche

Steigerung der Verseifungszahl zu erkennen ist.

g) Das Kälteverhalten muß gut sein, damit bei Beginn der Arbeitszeit die

Tab. 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 %	0,006	0,01
Säurezahl mg/g	0,2	0,6
Verseifungszahl mg/g	2,5	4,1

Zähflüssigkeit nicht zu hoch ist.

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 Vergüteanlagen zu, die große Mengen Härteöl brauchen. Es hat sich hier ein geeignetes Mineralöl durchaus als zweckmäßig erwiesen.

Nach den zuverlässigen Messungen eines großen Hüttenwerkes ist je Tonne

Härtgut mit einem Verbrauch von bis zu 10 kg Öl zu rechnen. Dieser Verbrauch, der für ein gewöhnliches Härteöl gilt, dürfte mehr an der unteren als an der oberen Grenze liegen. 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 Wirtschaftlichkeit ist nun wichtig, daß die fetten Öle nach einem gewissen Maß der Alterung nicht mehr regeneriert werden können, so daß dann lediglich übrigbleibt, die gesamte Ölmenge auszuwechseln. Die Mineralöle sind in ihrem Verhalten anders; auch bei weit vorgeschrittener Alterung können sie durch Filtrieren und Zentrifugieren wieder als Härteöl brauchbar gemacht werden.

2. Blankhärteöle.

a) **Zweck und Vorzug der Öle.** Bei der Blankhärtung handelt es sich um einen Arbeitsvorgang, dem man erst in allerneuester Zeit eine größere Bedeutung beigemessen hat. Begünstigt wurde diese Entwicklung auch noch dadurch, daß durch ein neuartiges Raffinationsverfahren, das schonend alle unbeständigen Verbindungen entfernt, erst seit kurzer Zeit Blankhärteöle 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. 38 zeigt einige Uhrteilehen mit einem blankhärtenden und einem nichtblankhärtenden Öl behandelt.

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 nachstehende Tabelle gibt einen Hinweis für die zweckmäßigerweise einzuhaltenden Daten und gleichzeitig einen Überblick über die Verwendungszwecke:

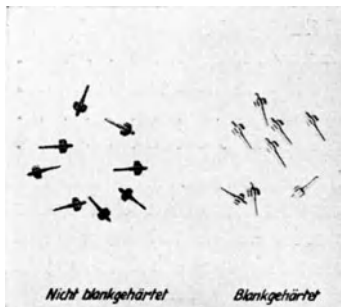


Abb. 38. Wirkung von gewöhnlichem und Blankhärteöl.

	Spez. Gew. ~	Visk. bis 50° ~	Flamm- punkt ~°	Stock- punkt ~°
1. Blankhärteöl für kleine Uhrteile, Uhrfedern, Nadel usw.	0,868	1,8	155	—40
2. Blankhärteöl für alle Maschinenteile und Lehren .	0,905	4,5	185	—20

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

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 „Härten und Vergüten“ verwiesen.

1. **Anforderungen.** Bei Anlaßölen richtet sich der Verwendungszweck in erster Linie nach dem Flammpunkt. Da Öle mit einem Flammpunkt über 330—340° nicht zur Verfügung stehen, dürfte dies die obere Grenze für die Verwendbarkeit

Tab. 8. Alterung der Anlaßöle bei gleichen Anfangsdaten.
Anlaßöl für Anlaßzwecke bei 300°.

Eigenschaften	Anlaßöl I		Anlaßöl II ¹	
	vor Gebrauch	nach Gebrauch (200 Std.)	vor Gebrauch	nach Gebrauch (200 Std.)
Spezifisches Gewicht (20°) . . .	0,905	0,908	0,913	0,918
Flammpunkt °	315	298	323	266
Zähflüssigkeit n. Engler bei 100°	5,4	5,7	5,8	7,2
Säurezahl mg/g	0	1,3	0	1,9
Verseifungszahl mg/g	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

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

Tab. 9. Analysendaten und Anwendungsbereich
verschiedener Anlaßöle.

Anlaßöl bis etwa	Flammpunkt	Zähigkeit	Stockpunkt
230°	250°	25 E./50°	— 8°
270°	290°	4 E./100°	+ 10°
320°	335°	6,5 E./100°	+ 10°

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, sogenannte Krackerscheinungen auftreten, die eine schnelle Zersetzung einleiten können.

2. **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. In dieser Hinsicht geben die analytischen Daten des Öles auch keinen Anhaltspunkt, sondern man ist entweder auf den praktischen Versuch oder auf die Erfahrungen der Ölhersteller angewiesen. Wie groß die Unterschiede bei fast gleichen analytischen Anfangsdaten sein können, zeigt Tabelle 8, wo die Alterungswerte eines geeigneten und eines ungeeigneten Öles gegenüber gestellt 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

¹ Das Öl Nr. II hat sich trotz der fast gleichen Anfangsanalysenwerte sehr schlecht verhalten und mußte bald ausgewechselt werden.

bietet und gleichzeitig eine gute Oberflächenbeschaffenheit der Stücke gewährleistet. Tabelle 9 gibt einen Anhaltspunkt, in welchen Temperaturgrenzen und mit welchen Analysendaten Anlaßöle zu verwenden sind.

D. Öle zum Schwärzen von Schrauben und sonstigen Teilen.

1. 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.

2. Anwendung der Öle. Neuerdings hat sich ein Verfahren eingebürgert, das den Vorteil größter Billigkeit hat. Man benutzt ein mit Wasser emulgiertes Öl von besonders guter Fettbasis. 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.

3. Auswahl der Öle. Das Verfahren zeichnet sich auch durch große Billigkeit aus, da unter Umständen Zusätze zum Wasser von 2—3% genügen. Es ist nur wichtig, ein Öl mit starker Fettbasis zu verwenden. Die Menge des emulgierten Öles richtet sich nach der gewünschten Abschreckwirkung. Auch ist durch Auswahl einer geeigneten Fettbasis für Beständigkeit der Emulsion zu sorgen.

E. Die Öle zur Verwendung in Rückkühlanlagen.

1. Die 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. Bei den Röhrenkühlern muß das Öl 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 oben erwähnten Vorsichtsmaßnahmen sind daher immer sehr ratsam.

2. 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 Öltemperaturen zu stark herunterzusetzen. Die Forschungsergebnisse der letzten Zeit haben den Nachweis erbracht, daß bei reinen Mineralölen die Temperatur des Ölbad es keinen nennenswerten Einfluß auf die Härteannahme der Stücke und die Rißbildung und das Verziehen ausübt. Es genügt daher, wenn im Ölbad eine Temperatur von 40—50° gehalten wird.

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. 39 zeigt ein Musterbeispiel einer solchen Maßnahme. Es empfiehlt sich, sämtliche Schmierstellen, besonders wenn sie etwas versteckt liegen, durch einen ausreichend großen ölfesten Farbring 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

Achtung!
Ausser Modell 375
der zweite Hebel
vorher auf Null.

Schaltung

Modell	Antriebs- scheibe U/min	Hube / min					
		①	②	③	④	⑤	⑥
375	260	19	4,5	9,8			
450	250	11	17	2,5	38	5,6	8,2
500/523	240	10	15	2,2	33	5,0	7,5
650	220	9	14	2,1	32	4,9	7,2
750	200	8	13 1/2	1,9	29	4,3	6,4
900	200	7	10	1,5	23	3,5	5,4

Schmierung

- 1 Lagerung der Stoßelspindel
- 2 Stoßelspindel und Bolzen für Stoßelmutter
- 3 Vertikaltransportwelle und Klinkenbolzen, 3 Ölstellen
- 4 Handratsitz, Spindel und Spindellager
- 5 Klappe und Bolzen am Stahlhalter
- 6 Kullissenradwelle, 2 Ringschmierlager
- 7 Kullissenradwelle, 1 Ölstelle
- 8 Stoßleitbahn, auf jeder Seite 5 Ölstellen
- 9 Getriebewelle, 4 Ringschmierlager
- 10 Schiebenaß und Bolzen am Schallhebel

- 11 Jmrenkupplung und Kupplungssegment
- 12 Handratsitz, Spindel und Spindellager
- 13 Spindel und Spindellager
- 14 Transporthebel und Klinkenbolzen, 3 Ölstellen
- 15 Kegelräder für Vertikaltransport
- 16 Feltbüchse für Kupplungsscheibe
- 17 Zahnräder für Antrieb des Supportvorschubes
- 18 5 Feltbüchsen für 1 bis 5 Gang
Dejnige Büchse wird zweif. geölt, auf weiche der Seite Heran geölt wird
- 19 Feltbüchse für 6 Gang und Kullissenrad

Zur richtigen Schmierung verwende man

Shell Oel BE2

Shell Felt FA2

wöchentlich täglich

Anmerkung: Kullissensten und Kullissenführungswelle (erreichbar durch die Tür) sind wöchentlich mit Shell Oel BE 2 zu schmieren.
Die Kegelräder für die Vertikalverstellung des Tisches sind wöchentlich mit Shell Felt FA 2 zu schmieren.

Abb. 39. Beispiel einer Schmieranweisung für eine Shapingmaschine.

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

Schmierplan.

<p>Kraftzentrale Dampfturbinen: Turbinenöl 4,5/50 Dampfmaschinen: Zylinderöl 5,5/100 Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Dieselmotoren: Dieselmotorenöl 8,5/50 Transformatoren und Schalter: Transformatorenöl 5 ÷ 6/20</p>	<p>Elektro-Abteilung Elektromotoren: Hauptmotoren (Transmissionen) Einzelantriebe } Elektro- motoren- öl 3,5-4,5/50</p>	<p>Abstecherei Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Werkzeugkühlung: Schneidöl Bohröl 1:10</p>	<p>Zahradbearbeitung Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Werkzeugkühlung: Schneidöl Bohröl 1:10</p>
<p>Automaten-Abteilung Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Revolverbänke: Masch.-Öl-Raff. 4,5 ÷ 6,5/60 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Werkzeugkühlung: Schneidöl Schneidöl u. Zusatzöl</p>	<p>Bohrmaschinen-Abt. (Senken, Reiben) Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Maschinenfett Getriebefett Wälzlagerfett weich Werkzeugkühlung: Schneidöl Bohröl 1:10 ÷ 1:20</p>	<p>Dreherei (Hobeln) Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Flüssigkeitsgetriebe: Enor Sonderöl 3,5/50 Lauff-Thoma } Sonderöl Waldrich } 4,5/50 Werkzeugkühlung: Schneidöl Bohröl 1:10 ÷ 1:20 (auch für Gußeisen)</p>	<p>Gußeisen- und Temper- gußbearbeitung Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Werkzeugkühlung: Bohröl 1:10 ÷ 1:20</p>
<p>Metallbearbeitung Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Werkzeugkühlung: Schneidöl</p>	<p>Werkzeugmacherei und Lehrenbau Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Maschinenfett Biegsame Wellen: Wälzlagerfett weich</p>	<p>Schleiferei Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Maschinenfett Flüssigkeitsgetriebe: siehe oben: Sonderöl 3,5 ÷ 4,5/50 Raschlaufende Schleif- spindeln: Spindelöl Schleiföl: Bohröl 1:60</p>	<p>Härterei Härtmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Härteöl 4,5/50 Blankhärteöl: Vergüteöl 4,5/50 Anlaßöl 4 ÷ 5/100 (Zylinderöl) Schwärzungsöl: Bohröl 1:60 ÷ 1:70</p>
<p>Stanzerei u. Presserei Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 6,5/50 Stempel: Ablauföl Druckflüssigkeit: Masch.-Öl-Raff. 3,5 ÷ 4,5/50 bzw. Bohröl bzw. Glycerin</p>	<p>Holzbearbeitung Transmission und Vor- gelege: Masch.-Öl-Raff. 4,5/50 Arbeitsmaschinen: Masch.-Öl-Raff. 3,5 ÷ 4,5/50 Maschinenfett Wälzlagerfett weich</p>	<p>Beförderungsmittel Elektrokarren: Getriebeöl Getriebefett Maschinenfett Transportbänder: Maschinenfett Wälzlagerfett weich Krananlagen: Masch.-Öl-Raff. 6,5 ÷ 8,5/50 Getriebeöl Maschinenfett</p>	<p>Magazin Einfettöl: Techn. Weißöl 5/20 Vaseline Tropfp. 35 ÷ 40°</p>

von Sonderschmierkannen, 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 richtiggehende Schmierpläne aufzustellen. Der vorstehende Überblick zeigt ein Beispiel, wie ein solcher Schmierplan für eine Werkzeugmaschinenfabrik aussieht. Diese Pläne bedeuten ein sehr großes Hilfsmittel für die Betriebsleitung.

Richtige Maschinenschmierung. Kraftmaschinen, Arbeitsmaschinen, Transportwesen, Kraftfahrzeuge. Kurzer Wegweiser für die Praxis von Dipl.-Ing. E. W. Steinitz, Beratender Ingenieur in Berlin-Wannsee. Mit 46 Textabbildungen. VI, 177 Seiten. 1932. RM 7.80

Für den Maschinenbenutzer und Schmiermittelverbraucher bedeutet richtige Schmierung, das richtige Schmiermittel mit der richtigen Schmiervorrichtung zuzuführen und den richtigen Verbrauch einzustellen. Der Verbrauch soll nur so hoch sein, daß Abnutzung und Energieverbrauch der Maschinen ein Mindestmaß erreichen. Auch ergibt sich die Aufgabe, vorhandene ältere Maschinen baulich dem heutigen Stande der Schmiertechnik anzupassen. An den gleichen Fragen hat der Schmiermittelhersteller sowie der Schmiermittelverkäufer das größte Interesse, denn er soll die richtigen Schmiermittel für jeden Verwendungszweck liefern.

Auf alle diese Fragen gibt das vorliegende Buch in gedrängter Form Antwort, ohne nach irgend einer Seite Partei zu ergreifen. Es bringt zunächst erstmalig einen Hinweis, wie sich nach einem vorliegenden Untersuchungsergebnis eines Schmiermittels eine Wertfeststellung ableiten läßt. Es folgt eine Aufzählung der wichtigsten Typen von Schmierölen und Schmierfetten. Die weiteren Absätze behandeln die Schmierung der Kraftmaschinen und der Arbeitsmaschinen nach Industrie- und Verbraucherguppen geordnet. Einen großen Raum nehmen hier naturgemäß das Transportwesen und darunter die Kraftfahrzeuge ein. Zum Schluß folgen einige Hinweise auf neuere Schmiervorrichtungen und die Rückgewinnung sowie Aufarbeitung von Ablaufölen.

Es ist ein großer Vorzug des Buches, daß überall praktisch verwertbare Zahlen über Ölverbrauch, Kraftverbrauch und Abnutzung gegeben werden, ebenso wie die Schmiermittelauswahl nach Möglichkeit auf Grund von Kennzahlen dargestellt ist.

Gleit-, Kugel- und Rollenlager und ihre Schmierung im Prüfstand und in der Transmission. Von a. o. Professor Dr. techn. Max Kurrein, Berlin (Teil I, III und IV), und Dr.-Ing. Günther Meyer-Jagenberg, Düsseldorf (Teil II, Dr.-Ing.-Arbeit). (Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin, Heft 9.) Mit 141 Abbildungen. IV, 51 Seiten. 1932. RM 13.50

Dieses Heft enthält die Ergebnisse langjähriger Beobachtungen und Kontrollversuche auf dem Prüfstand der Technischen Hochschule Berlin, die auf die verschiedensten Lagerbelastungen und Ölarten ausgedehnt wurden und deren Zweck es war, den außerordentlich wichtigen Einfluß der Reibungsverhältnisse in der Werkzeugmaschine und ihren Zubehörtteilen, insbesondere Deckenvorgelegen und Wellensträngen (Transmissionen), zu klären. Hierbei wurde der große Einfluß festgestellt, den der Passungsgrad zwischen Welle und Lagerbohrung, die Güte der Oberfläche der aufeinanderlaufenden Teile, vor allen Dingen aber die Reibungseigenschaften des verwendeten Öles ausüben.

Taschenbuch für den Maschinenbau. Bearbeitet von zahlreichen Fachleuten. Herausgegeben von Professor H. Dubbel, Ingenieur, Berlin, Fünfte, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 2800 Textfiguren. In 2 Bänden. X, 1756 Seiten. 1929. Zusammen gebunden RM 26.— (abzügl. 10% Notnachlaß)

***Prüfbuch für Werkzeugmaschinen.** (Die Arbeitsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen.) Von Dr.-Ing. G. Schlesinger, Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 18 Einzelfiguren und 34 Figurengruppen. VII, 56 Seiten. 1931. Gebunden RM 12.—

Mit Schreibpapier durchschossen und gebunden RM 13.—

***Die Werkzeugmaschinen,** ihre neuzeitliche Durchbildung für wirtschaftliche Metallbearbeitung. Ein Lehrbuch von Professor F. W. Hülle. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 1020 Abbildungen im Text und auf Textblättern, sowie 15 Tafeln. VIII, 611 Seiten. 1919. Unveränderter Neudruck 1923.

Gebunden RM 24.—

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von Professor F. W. Hülle. In zwei Bänden.

Erster Band: Der Bau der Werkzeugmaschinen. Siebente, vermehrte Auflage. Mit 536 Textabbildungen. IX, 287 Seiten. 1931. RM 7.—; gebunden RM 8.25

*Zweiter Band: Die wirtschaftliche Ausnutzung der Werkzeugmaschinen. Vierte, vermehrte Auflage. Mit 580 Abbildungen im Text und auf einer Tafel sowie 46 Zahlentafeln. VIII, 309 Seiten. 1926. RM 9.—; gebunden RM 10.50

***Automaten.** Die konstruktive Durchbildung, die Werkzeuge, die Arbeitsweise und der Betrieb der selbsttätigen Drehbänke. Ein Lehr- und Nachschlagbuch. Von Oberingenieur Ph. Kelle, Berlin. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 823 Figuren im Text und auf 11 Tafeln sowie 37 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. XI, 466 Seiten. 1927. Gebunden RM 26.—

***Werkzeuge und Einrichtung der selbsttätigen Drehbänke.**

Von Oberingenieur Ph. Kelle, Berlin. Mit 348 Textabbildungen, 19 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. V, 154 Seiten. 1929.

RM 15.—; gebunden RM 16.50

***Die Werkzeuge und Arbeitsverfahren der Pressen.** Mit Benutzung des Buches „Punches, dies and tools for manufacturing in presses“ von Joseph V. Woodworth, von Professor Dr. techn. Max Kurrein, Berlin. Zweite, völlig neubearbeitete Auflage. Mit 1025 Abbildungen im Text und auf einer Tafel sowie 49 Tabellen. IX, 810 Seiten. 1926. Gebunden RM 48.—

***Die Dreherei und ihre Werkzeuge.** Handbuch für Werkstatt, Büro und Schule. Von Betriebsdirektor Willy Hippler. Dritte, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Erster Teil: Wirtschaftliche Ausnutzung der Drehbank. Mit 136 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. VII, 259 Seiten. 1923.

Gebunden RM 13.50

***Über Dreharbeit und Werkzeugstähle.** Autorisierte deutsche Ausgabe der Schrift „On the art of cutting metals“ von Fred W. Taylor, Philadelphia, von Professor A. Wallichs, Aachen. Mit 119 Figuren und Tabellen. XII, 231 Seiten. Viertes, unveränderter Abdruck. 1920. Gebunden RM 8.40

* Auf alle vor dem 1. Juli 1931 erschienenen Bücher wird ein Notnachlaß von 10% gewährt.

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. EUGEN SIMON, BERLIN

Bisher sind erschienen (Fortsetzung):

Heft 35: Der Vorrichtungsbau.

II: Bearbeitungsbeispiele mit Reihenplanmäßig konstruierter Vorrichtungen. Typische Einzelvorrichtungen.

Von Fritz Grünhagen.

Heft 36: Das Einrichten von Halbautomaten.

Von J. van Himbergen, A. Bleckmann, A. Waßmuth.

Heft 37: Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei.

Von Fr. und Fe. Brobeck.

Heft 38: Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau.

Von Ing. Arno Dorl.

Heft 39: Die Herstellung roher Schrauben.

I. Anstauchen der Köpfe.

Von Ing. Jos. Berger.

Heft 40: Das Sägen der Metalle.

Von Dipl.-Ing. H. Hollaender.

Heft 41: Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle).

Von Dr.-Ing. A. Peter.

Heft 42: Der Vorrichtungsbau.

III: Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vorrichtungen.

Von Fritz Grünhagen.

Heft 43: Das Lichtbogenschweißen.

Von Dipl.-Ing. Ernst Klosse.

Heft 44: Stanztechnik. I: Schnitttechnik.

Von Dipl.-Ing. Erich Krabbe.

Heft 45: Nichteisenmetalle. I: Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß.

Von Dr.-Ing. R. Hinzmann.

Heft 46: Feilen.

Von Dr.-Ing. Bertold Buxbaum.

Heft 47: Zahnräder.

I. Aufzeichnen und Berechnen. Von Dr.-Ing. Georg Karrass.

Heft 48: Öl im Betrieb.

Von Dr.-Ing. Karl Krekeler.

In Vorbereitung bzw. unter der Presse befinden sich:

Spritzlackieren. Von Obering. R. Klosse.

Die Werkzeugstähle. Von Ing.-Chem. H. Herbers.

Spannen. Von Dr.-Ing. Fr. Klautke.

Die Schmiermittel, ihre Art, Prüfung und Verwendung. Ein Leitfaden für den Betriebsmann von Dr. Richard Ascher. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 66 Abbildungen im Text. VIII, 302 Seiten. 1931.

Gebunden RM 16.— (abzüglich 10% Notnachlaß)

Aus den Besprechungen:

Dem einleitenden Teil über die Rohstoffe schließt sich die Darstellung der physikalischen, chemischen und technischen Verfahren zum Prüfen der einzelnen Schmiermittelarten an. In den weiteren Abschnitten wird dann die richtige Auswahl und Anwendung der Schmiermittel im allgemeinen und für die verschiedenen Verwendungszwecke gezeigt.

Das sehr übersichtlich angeordnete, klar geschriebene, mit zahlreichen guten Abbildungen und Literaturangaben ausgestattete Buch kann dem Betriebsmann helfen, unter der großen Zahl der auf dem Markt befindlichen Schmiermittel das richtige zu finden, es richtig anzuwenden und so den Betrieb wirtschaftlich und sparsam zu führen.

„Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen“

Grundzüge der Schmiertechnik. Berechnung und Gestaltung vollkommen geschmierter gleitender Maschinenteile. Lehr- und Handbuch für Konstrukteure, Betriebsleiter, Fabrikanten und höhere technische Lehranstalten. Von Erich Falz, Beratender Ingenieur für Schmiertechnik. Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage. Mit 121 Abbildungen, 18 Zahlentafeln und 44 Berechnungsbeispielen. IX, 326 Seiten. 1931. Gebunden RM 26.50

Wesen, Theorie und Technik der wirtschaftlichen Bemessung, Konstruktion und Schmierung von Querlagern, Längslagern und Gleitschuhen auf Grund der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und betriebstechnischen Erfahrungen. — Das erste praktische Lehr- und Nachschlagbuch der Schmiertechnik, das die bisher gelehrte Empirie bei der Bemessung von Gleitlagern durch Schaffung wissenschaftlich korrekter Berechnungsverfahren abgelöst hat.