

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73 (1955)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Über Schwerölverbrennungen  
**Autor:** Schregenberger, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61909>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Ganz besonders dankbar bin ich aber meinen brasilianischen Freunden, denen es gelungen ist, meinen Aufenthalt in Brasilien zu einem unvergesslichen, grossen Erlebnis zu machen. Es ist nicht möglich, alle diese Namen hier zu nennen; es sind vor allem meine Kollegen an den Hochschulen von São Paulo, Rio de Janeiro und Curitiba, die sich freundschaftlich um meine Frau und mich bemüht haben. Doch möchte ich wenigstens die grossen Freundschaftsdienste hervorheben, die mir Prof. Dr. Pedro J. B. Gravina in São Paulo geleistet hat; Prof. Gravina war der unermüdete Betreuer, dem ich vor allem dafür zu danken habe, dass ich mich in

São Paulo von der ersten Minute an wie zu Hause gefühlt habe und der mich auch mit vorbildlicher Geduld in die Praxis des Alltagslebens, vom Kaffeetrinken bis zum Kleiderkauf, eingeführt hat. In Rio de Janeiro hat Prof. Antonio de Noronha einige Tage seiner kostbaren Zeit geopfert, um mich selber auf interessanten und schönen Ausflügen und Besichtigungen zu führen. Ausserhalb der Hochschulen möchte ich hier wenigstens Alfredo Dumont Villares, einen ehemaligen Schüler und Assistenten der ETH und erfolgreichen Industriellen, und seine zahlreichen Freundschaftsdienste dankbar erwähnen.

Schluss folgt

## Über Schwerölfuerungen

Von J. Schregenberger, Ingenieur, St. Gallen

DK 662.94

### 1. Allgemeines

Die Wärmewirtschaft bildete von jeher in den meisten Industriezweigen einen wesentlichen Teil der gesamten Betriebswirtschaft. Jeder Betriebsingenieur muss sich eingehend mit der Wärmeversorgung auseinandersetzen und wird bestrebt sein, die Wirtschaftlichkeit der Wärmeproduktion und der Wärmeversorgung durch geeignete Massnahmen fortlaufend zu verbessern. Eine derartige Massnahme ist in vielen Fällen die Einführung der Schwerölfuerung. Das Interesse an ihr ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Verschiedene Ursachen mochten dazu beigetragen haben, so z. B. der günstige Preis des Schweröles und der heutige technisch hohe Stand der Schwerölfuerung.

### 2. Heizöl

In Tabelle 1 sind die wichtigsten feuerungstechnischen Daten der auf dem Markt erhältlichen Heizöle zusammengestellt. In der Schweiz unterscheidet man fünf Sorten. Gegenwärtig ist das Heizöl IV noch auf dem Markt; es sind aber Bestrebungen im Gange, diese Sorte nicht mehr zu führen und die Typenreihe durch die Sorte V b zu ergänzen.

Die Viskosität ändert sich bekanntlich mit der Temperatur des Heizöls sehr stark, weshalb sich die Angaben (in Grad Engler °E oder centistock cst) auf bestimmte Oeltemperaturen (20, 50, 80° C) beziehen. Für normale Oelfuerungen wird eine Viskosität des Heizöles im Brenner von etwa 1,3 bis höchstens 4° E verlangt. Allgemein versteht man unter Industrieölen jene Sorten, die ihrer hohen Viskosität wegen nur in vorgewärmtem Zustand dem Brenner zugeführt bzw. verfeuert werden können.

Der Flammpunkt liegt bei den verschiedenen Oelarten zwischen 70 und 120° C. Er ist der Gradmesser für die Feuergefährlichkeit und gibt diejenige Oeltemperatur an, bei welcher eine knapp über die Oberfläche gehaltene Zündflamme ein kurzes Aufflammen der aus dem Oel entweichenden Dämpfe bewirkt. Der Zündpunkt liegt stets höher als der Flammpunkt, nämlich bei etwa 150° C; er bezeichnet die Temperatur, bei der das Oel dauernd brennt. Beim Stockpunkt fliesst das Oel nicht mehr. Bei Industrieölen ist die Kenntnis des Stockpunktes wichtig, da bei Nachfüllung der Lagertanks in strengen Wintern eine Heizeinrichtung für die Tankwagen erforderlich ist.

Der Schwefelgehalt ist bei Industrieölen wesentlich höher als bei Heizöl (Spezialöl und Heizöl-leicht). Bei der Verbrennung des Schwefels entstehen aggressive Gase (Schwefeldioxyd und möglicherweise auch Schwefeltrioxyd). Wenn sich diese Gase in Niederschlagwasser lösen können, bildet sich schweflige Säure oder Schwefelsäure, durch deren Einwirkungen die

Konstruktionsmaterialien angegriffen werden. Es ist daher darauf zu achten, dass auf dem ganzen Rauchgasweg nirgends Kondensation auftritt. Alsdann ist der Schwefelgehalt im Heizöl unschädlich. Die Feuerung muss dementsprechend gehandhabt werden.

Die Verkohlungsanzahl gibt Aufschluss über die Menge der Rückstände bei vollständiger Verdampfung des Heizöles. Der Aschegehalt variiert von 0,01 % bis etwa 0,05 % und reduziert sich mit zunehmendem unterem Heizwert. Dieser schwankt zwischen 10 160 kcal/kg und 9650 kcal/kg (Heizöl V a) nur unwesentlich.

### 3. Wirtschaftlichkeit

Wie eingangs erwähnt, interessiert sich der Betriebsingenieur in erster Linie für die Wirtschaftlichkeit einer Feuerungsanlage. Bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung müssen nach Möglichkeit alle Faktoren mitberücksichtigt werden, um ein sachliches Bild der Verhältnisse zu erhalten und den Entscheid einer Umstellung der Anlage auf Industrieöl mit Sicherheit fällen zu können. Das nachfolgende Beispiel zeigt, wie man dabei vorgehen kann.

#### Beispiel für den Betriebskosten-Vergleich

Zur Diskussion steht der Umbau eines überwachungs-pflichtigen Flammrohrkessels mit Handbeschickung mit einer Heizleistung von 1 000 000 kcal/h, der mit Flammkohlen geheizt wird und nun mit Heizöl Va betrieben werden soll. Tabelle 2 zeigt die Berechnung der Betriebskosten für die beiden Brennstoffarten.

Die Bedienungskosten werden in den Betriebskostenvergleich nicht aufgenommen, da bei beiden Betriebsarten eine Ueberwachung notwendig und gesetzlich auch vorgeschrieben ist. Die Kosten für den Unterhalt weichen nicht stark voneinander ab und können daher beim Vergleich vernachlässigt werden.

Die Differenz der stündlichen Betriebskosten bei voller Leistung beträgt  $18.81 - 15.71 = 3.10$  Fr./h. Bei einer jährlichen Vollbetriebsstundenzahl von nur 2500 ergeben sich jähr-

Tabelle 1. Unverbindliche Durchschnittsanalysen in der Schweiz gebräuchlicher Heizöle

	Heizöl spezial	Heizöl leicht	Industrie- heizöl III	Industrie- heizöl IV	Industrie- heizöl Va
Spez. Gewicht bei 20° C	0,837	0,854	0,934	0,951	0,968
Viskosität bei 20° centistock	4,36	5,04	—	—	—
° Engler	1,34	1,40	—	—	—
Viskosität bei 50° centistock	2,32	2,59	30,4	57,6	111,1
° Engler	1,15	1,18	4,12	7,62	14,6
Viskosität bei 80° centistock	—	—	11,5	18,2	29,4
° Engler	—	—	1,97	2,67	3,99
Flammpunkt i. g. T. PM ° C	82	74	70	87	85
Stockpunkt ° C	-21	< -30	-27	-9	-12
Verkokungsanzahl (Conradson) Gew. %	0,06	0,09	8,4	8,8	9,8
Schwefelgehalt Gew. %	0,74	1,1	2,7	2,9	3,1
Aschengehalt Gew. %	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Unterer Heizwert kcal/kg	10 160	10 100	9770	9720	9650

Tabelle 2. Zusammenstellung der Betriebskosten

		Heizöl Flammkohle	
Unterer Heizwert	kcal/kg	9700	6900
Wirkungsgrad der Feuerung	%	75	70
Ausnutzbare Wärme	kcal/kg	7300	4800
Erforderliche Menge Brennstoff	kg	137	208
Brennstoffpreis	Fr./t	111.—	89.—
Reine Brennstoffkosten	Fr.	15.20	18.50
Vorwärmung des Heizöles mit elektrischer Energie	Fr.	—31	—
Elektr. Energie für Oelpumpe, Ventilator usw.	Fr.	—20	—
Anfeuerungsmaterial	Fr.	—	—25
Aschen- und Schlackenabfuhr	Fr.	—	—06
Betriebskosten für 1 Mio kcal/h	Fr.	15.71	18.81

Die ungefähren Kosten für den Umbau der Anlage auf Schwerölbetrieb betragen:

Halbautomatische Schwerölfeuerung	Fr. 13 000.—
Oeltankanlage einschliesslich Tankheizung	Fr. 15 000.—
Bauliche Arbeiten	Fr. 4 000.—
Elektrische Installationen	Fr. 2 000.—
<b>Total</b>	<b>Fr. 34 000.—</b>

liche Einsparungen von 7800 Fr., mit denen die Umbaukosten von 34 000 Fr. verzinst und amortisiert werden müssen. Der Annuitätsfaktor<sup>1)</sup> beträgt somit

$$a = 7800 \cdot 100 / 34\,000 = 23\%$$

Hieraus ergibt sich, dass die Umbaukosten im vorliegenden Fall selbst beim hohen Zinsfuss von 5 % in nur rd. fünf Jahren amortisiert werden. Bei längerer jährlicher Vollbetriebszeit sind die jährlichen Ersparnisse grösser und die Umbauten amortisieren sich rascher.

Dieses einfache Beispiel eines Betriebskostenvergleiches kann selbstverständlich nicht verallgemeinert werden, denn jeder Heizbetrieb hat seine Eigenheiten, und die Verhältnisse können stark verschieden sein. Es soll aber zum Nachprüfen der Betriebsverhältnisse bestehender Anlagen aufmuntern und gewissermassen dazu Wegweiser sein.

#### 4. Oelfeuerung

Nicht allein die Wirtschaftlichkeit kann wegleitend sein für die Wahl eines Feuerungs-Systems. Die rasche Anpassung der Wärmeproduktion an den Wärmeverbrauch eines Betriebes, mit anderen Worten, die Beweglichkeit der Anlage, kann unter Umständen primäre Forderungen an eine Feuerung stellen. Der Oelfeuerung ist alsdann der Vorrang zu geben, da bei ihr die Wärmeproduktion rasch und stufenlos, temperatur- oder druckkonstant gesteuert werden kann.

Eine Schwerölfeuerung besteht im wesentlichen aus den auf Bild 1 dargestellten Teilen, nämlich einer Tankanlage mit Heizeinrichtung, einer Verbindungsleitung zwischen Tank und Oelbrenner, einem Oelvorwärmer, einer Oelförderpumpe, einem Brenneraggregat und den erforderlichen Steuerorganen.

Die Ausführung einer Schwerölfeuerung lässt sich nicht schematisieren. Eine ganze Reihe auf dem Markt vorhandener Schwerölbrenner müssen verschiedensten Betriebsverhältnissen und mehreren zur Verfügung stehenden Heizölsorten angepasst werden, derart, dass eine zweckdienliche und wirtschaftliche Anlage entsteht. Die Industrieöle IV und V a und für Düsenbrenner auch das Heizöl III müssen wegen ihrer hohen Viskosität im Tank vorgewärmt werden, damit sie in den Oelleitungen transportfähig sind. Zu diesem Zwecke wird im Tank eine heizbare Tauchglocke eingebaut. Man kann die gleiche Wirkung durch eine Heizspirale erzielen. Als Heizmedium kann Heisswasser, Dampf oder elektrische Energie dienen. Zweckmässig werden diese Heizleitungen zum Tank in einem Röhrenbündel gemeinsam mit den Oelleitungen zusammengefasst. Das vorgewärmte Oel im Tank kann sich dann auf dem Weg zum Brenner nicht mehr auskühlen. Elektrische Tankvorwärmung kann in Frage kommen, wenn betriebseigene, billige elektrische Energie zur Verfügung steht. Dabei werden auch elektrische Heizleitungen um die Oelleitungen gewickelt, um das Auskühlen des Oeles auf dem Weg

<sup>1)</sup> Siehe SBZ 1954, Nr. 8, S. 95, speziell Tabelle 1 und Abschnitt C

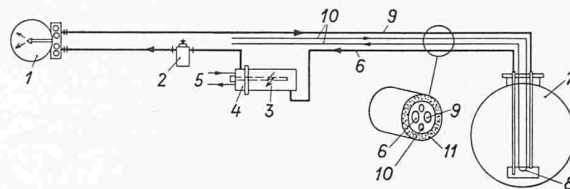


Bild 1. Prinzipschema einer Schwerölfeuerung mit Tankheizung und Oelvorwärmung für Heizöl V a. Schwerölbrenner mit Ventilator und Doppelpumpe, 2 Filter, 3 Oelvorwärmer, 4 elektrischer Heizeinsatz, 5 Heisswasserleitungen, 6 Oelzuleitung, 7 Tank, 8 Tankheizung, 9 Oelrückleitung, 10 Heisswasserleitungen, 11 Isolierung.

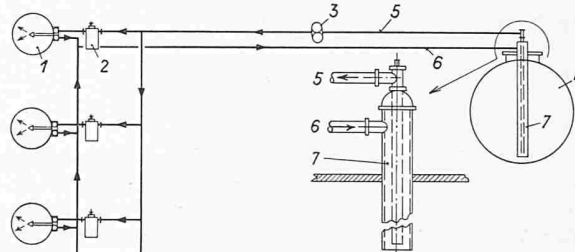


Bild 2. Prinzipschema einer Schwerölfeuerung für Heizöl III mit Ringleitung, ohne Tankheizung und Oelvorwärmer; die Oelsaugleitung wird durch warmes Rücklauföl erwärmt. 1 Rotationsölbrenner, 2 Oelfilter, 3 Oelpumpe, 4 Tank, 5 Oelzuleitung, 6 Oelrückleitung, 7 Tauchrohr als Doppelrohr, durch Oelrücklauf geheizt

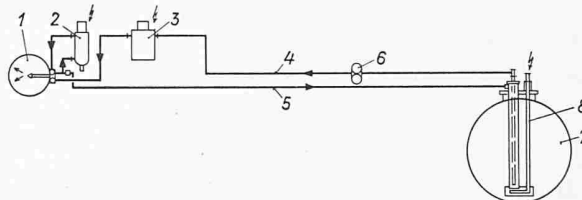


Bild 3. Prinzipschema einer Schwerölfeuerung mit elektrischer Tankheizung und elektrisch vorgewärmtem Filter für Heizöl III. 1 Düsenbrenner, 2 elektrischer Vorwärmer am Brenner, 3 elektrisch vorgewärmter Filter, 4 Oelzuleitung, 5 Oelrückleitung, 6 Oelpumpe, 7 Tank, 8 elektrische Tankheizung.

zwischen Tank und Brenner zu verhindern. Die Heizöle IV und V a und bei gewissen Brennertypen auch das Heizöl III müssen, nachdem diese aus dem Tank gepumpt sind, noch höher, nämlich auf 80 bis 85° C aufgeheizt werden. Dies geschieht in einem Oelvorwärmer, der die Aufheizwärme vom Heisswasser- oder Dampfnetz bezieht.

Bei Heizanlagen, die über das Wochenende ganz ausser Betrieb gesetzt werden und bei denen zudem keine Wärmespeicherung vorhanden ist oder die keine Wärme aus einer andern Heizgruppe beziehen können, wird zwangsläufig auch die Tankheizung unterbrochen. Um dies zu vermeiden, wird in solchen Fällen in den Oelvorwärmer ein elektrischer Heizeinsatz eingebaut. Das Oelvorwärmergefäss soll in seiner Grösse so bemessen sein, dass die Menge des zubereiteten, erwärmten Heizöles genügt, den Heizkessel auf jene Temperatur zu bringen, die notwendig ist, um dem Tank die Aufheizwärme sofort zuführen zu können. Bei Inbetriebsetzung der Anlage wird zuerst das Heizöl im Oelvorwärmer elektrisch aufgeheizt, der Brenner in Funktion gesetzt und das nun im Heizkessel erwärmte Heizmedium dem Tank zur Vorwärmung zugeführt. Die Anlage steht dann normal in Betrieb. Die Aufwärmung im Vorwärmer erfolgt nach Umschaltung von elektrischer Energie auf Betriebswärme durch das zur Verfügung stehende Heizmedium.

Zur Verfeinerung leichterer Oelqualitäten mit kleinerer Viskosität (z. B. Heizöl III) ist in den meisten Fällen eine einfachere Installation möglich. Dieses Heizöl ist ohne Vorwärmung noch pumpfähig. Bild 2 zeigt eine solche Einrichtung für mehrere, parallel geschaltete Brenner. Eine separate Oelpumpe 3 fördert das Oel aus dem Tank 4 in eine Ringleitung, aus der die an den Brennern angebauten Pumpen das Heizöl beziehen und das Rücköl wieder in die Rückleitung 6 zum Tank fördern. Das warme Rücköl wird am Tank 4 in einem Doppelrohr 7 um den Oelvorlauf herum geführt und erwärmt so diesen Vorlauf.

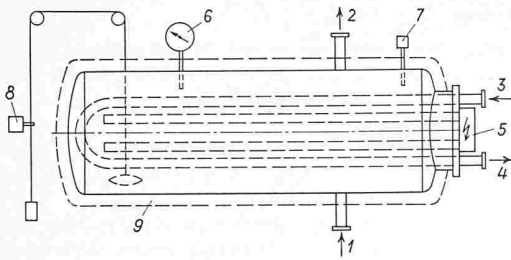


Bild 4. Heizölvorwärmer. 1 Eintritt des kalten Oels, 2 Austritt des warmen Oels, 3 Heisswasser-Vorlauf, 4 Heisswasser-Rücklauf, 5 elektrischer Heizeinsatz, 6 Oelthermometer, 7 Thermostat, 8 Schwimmerschalter für Pumpensteuerung, 9 Isolierung.

Düsenbrenner bedürfen zur guten Oelförderung und Verbrennung auch für Heizöl III umfangreicherer Heizeinrichtungen wie dies in Bild 3 dargestellt ist.

## 5. Oelleitungen

Die Dimensionierung der Oelleitungen hängt weitgehend von der zu verwendenden Oelqualität bzw. dessen Viskosität ab. Die Berechnung erfolgt nach den gleichen Grundsätzen wie für andere Flüssigkeiten. Der Druckverlust ergibt sich nach der bekannten Formel

$$\Delta p = \lambda \frac{L \cdot w^2 \gamma}{D \cdot 2g} \text{ in kg/m}^2 \text{ (mm WS)}$$

es bedeuten:

- $L$  = Leitungslänge in m
- $w$  = Strömungsgeschwindigkeit in m/s
- $\gamma$  = spez. Gewicht des Strömungsmittels in kg/m<sup>3</sup>
- $D$  = lichter Rohrdurchmesser in m
- $g$  = Erdbeschleunigung in m/s<sup>2</sup>
- $\lambda$  = Rohrreibungszahl

Für laminare Strömungen von Flüssigkeiten und Gasen, also auch von Heizölen, ist bis zu einer Reynoldsschen Zahl  $Re = 2320$  die Rohrreibungszahl

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Für turbulente Strömungen gilt die Formel von Zimmermann

$$\lambda \text{ Heizöle} = 0,082 \cdot D^{-0,055} Re^{-0,14}$$

Als Oelleitungen verwendet man nahtlose Siederöhren und Gasröhren. Sämtliche Rohrverbindungen sind nach Möglichkeit zu schweissen. Bei der Installation sind Gummiteile in Form von Dichtungen usw. zu vermeiden, da Heizöl Naturgummi zersetzt. Synthetischer Gummi hingegen ist diesbezüglich widerstandsfähig.

Die Konstruktion des Oelvorwärmers wird den jeweiligen Betriebsverhältnissen angepasst. Bild 4 zeigt eine Ausführungsform. Wegleitende Gesichtspunkte für den Entwurf und die Konstruktion des Oelvorwärmers sind geringe Aufheizungskosten, minimale Wärmeverluste und geringe Aufheizungszeit. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die automatische Oel-Temperaturregulierung.

## 6. Schwerölbrenner

Der Oelbrenner hat die Aufgabe, den flüssigen Brennstoff fein zu zerstäuben und mit dem in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoff intensiv zu vermischen. Der erreichbare Grad der Zerstäubung, d. h. die Aufteilung in kleinste Tropfen und damit optimale Verbrennungsmöglichkeit ist einerseits von der Viskosität des Oeles, andererseits aber auch in hohem Masse von der Brennerkonstruktion abhängig. Hinsichtlich Wirkungsweise und Konstruktion sind zwei Brennerarten voneinander zu unterscheiden: der Rotationsbrenner und der Düsenbrenner.

Die ersten Rotationsbrenner wurden schon vor dem ersten Weltkrieg in Amerika entwickelt. Die damals aufgestellten Prinzipien werden heute noch in vollem Umfang angewandt und haben sich bestens bewährt. Der Rotationsbrenner (Bild 5) besteht im wesentlichen aus einem rasch umlaufenden Zerstäuberbecher 1, auf dessen Innenseite das Oel aus einer in der Hohlwelle 4 eingebauten festen Zuleitung 3 fällt

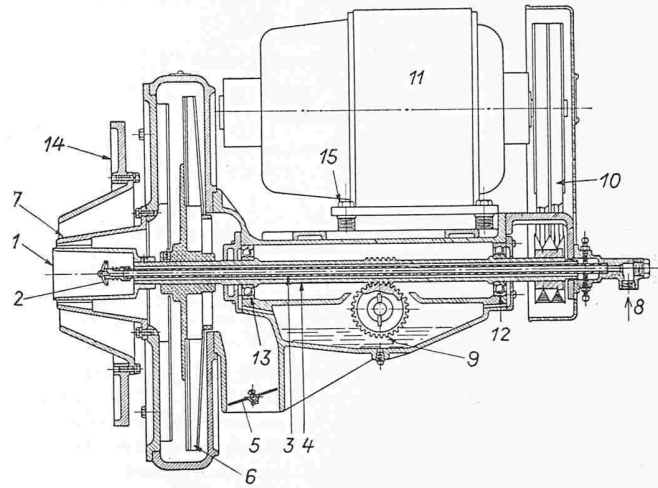


Bild 5. Rotationsbrenner für Schwerölfuehrung. 1 Zerstäuberbecher, 2 Schirm mit Oelaustritt, 3 feste Oelzuleitung, 4 rotierende Hohlwelle, 5 Luftklappe, 6 Ventilatorrad, 7 Primärluft-Konus, 8 Oelzufuhr, 9 Schneckengetriebe für Oelpumpenantrieb, 10 Keilriementrieb, 11 Elektromotor, 12 hinteres Kugellager zu 4, 13 vorderes Kugellager zu 4, 14 Flanschring zum Befestigen des Brenners an der Kesselfront, 15 Schrauben zum Spannen des Keilriemens.

und durch die Bewegung herausgewirbelt wird. Die Verbrennungsluft wird vom Ventilator, dessen Laufrad 6 auf die Welle 4 aufgesetzt ist, über eine einstellbare Luftklappe 5 angesogen und dann in einen um den Zerstäuberbecher 1 herumgelegten Luftkonus 7 geführt. Beim Austritt aus dem Konus 7 geben Leitschaufeln der Luft einen Drall entgegen dem Drehsinn des Zerstäuberkonus, wodurch sich Oel und Luft innig mischen und bei minimalem Luftüberschuss eine tadellose Verbrennung auch des schweren Industrieöles ergeben. Die Heizölpumpe wird über ein Schneckengetriebe 9 von der Hohlwelle angetrieben. Zum Antrieb dient ein Elektromotor 11, der entweder mit der Hohlwelle direkt gekuppelt ist oder diese über einen Keilriementrieb 10 antreibt. Die ganze Vorrichtung ist zu einer geschlossenen Einheit zusammengebaut. Eine Verstopfung in der Oelzuführung kann beim Rotationsbrenner niemals eintreten, da, im Gegensatz zum Düsenbrenner, keine Düse vorhanden ist. Die vordersten Elemente jedes Brenners sind grosser Strahlungshitze ausgesetzt. Der Zerstäubertrichter ist aber diesbezüglich nicht gefährdet. Eine gute Verbrennung setzt eine genau abgestimmte Zufuhr von Oel und Luft im richtigen Verhältnis voraus. Bei vielen Brennerarten werden Luft- und Oelmengen getrennt kontrolliert, und es braucht alsdann eine grosse Erfahrung, um diese Mengen so einzustellen, dass eine optimale Verbrennung erreicht wird.

Der Düsenbrenner arbeitet in grundsätzlich anderer Weise. Bevor dieser Typ in Betrieb genommen werden kann, muss das ganze Oelleitungs-System einschliesslich Düsenstange vorgewärmt werden. Im Betrieb wird das vorgewärmte Heizöl mittels einer Druckpumpe durch die feine Düse gepresst und dort zu einem Oelnebel zerstäubt. Die Verbrennungsluft strömt durch das Luftrohr in den Oelnebelkegel. Dadurch entsteht das Oel-Luftgemisch. Schwerölbrenner nach dem Druckzerstäuberprinzip haben ihren Ursprung im normalen Oelbrenner für leichte Oele; sie werden heute zur Verwendung von Schwerölen ausgebildet und durch die notwendigen Zusatzaggregate ergänzt.

## 7. Viskositätsregelung

Der gute, regelmässige Betrieb eines Schwerölbrenners hängt ganz wesentlich von der Regelung der Viskosität des zu verfeuernden Heizöles ab. Bei Veränderungen in der Viskosität würde sich bei einem bestimmten, eingestellten Förderdruck der Pumpe zwangsläufig auch die Menge des dem Brenner zugeführten Oeles verändern. Die geförderte Verbrennungsluft muss aber für ein bestimmtes Mischungsverhältnis zwischen Oel und Luft eingestellt werden. Ändert sich nun aber die Oelmenge, so ändert sich auch das Mischungsverhältnis und die Verbrennung wird entweder unvollständig oder der Luftüberschuss wird zu gross. Jeder Schwerölbrenner muss also eine Einrichtung besitzen, welche die Viskosität überwacht und auf dem gewünschten Wert

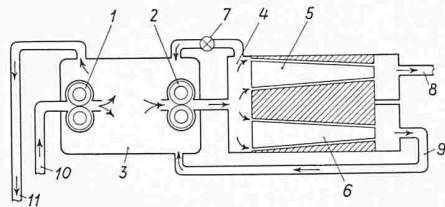


Bild 6. Prinzipschema eines volumetrischen Viskositätsreglers. 1 Primäre Ölpumpe, 2 sekundäre Ölpumpe, 3 primäre Kammer, 4 sekundäre Kammer, 5 erstes Viskositätsventil, 6 zweites Viskositätsventil, 7 Regulierventil, 8 Ölleitung zum Brenner, 9 Ölrückleitung nach 3, 10 Oelzuleitung vom Tank, 11 Ölrückleitung zum Tank

konstant hält. Die Viskositätsregelung arbeitet meist entweder nach dem thermischen oder nach dem volumetrischen Prinzip. Im ersten Fall steuert ein im Ölkreislauf eingebauter Thermostat ein elektrisches Heizelement derart, dass die Öltemperatur vor dem Brenner konstant bleibt. Bei der selben Ölqualität bleibt dann auch seine Viskosität konstant.

Die Arbeitsweise der volumetrischen Viskositätsregelung geht aus dem Prinzipschema Bild 6 hervor. Eine erste Ölpumpe 1 fördert das Öl vom Tank in eine zentrale Kammer 3, von der die zweite Pumpe 2 eine kleinere konstante Ölmenge absaugt und in eine zweite Kammer 4 fördert. Diese Ölmenge ist grösser als der Ölbedarf des Brenners bei voller Leistung, während die Fördermenge der Pumpe 1 etwa 60 % grösser ist, als die der Pumpe 2. An der Kammer 4 schliessen zwei Viskositätsventile 5 und 6 an, die aus langen konischen Kegeln bestehen, die in konische Öffnungen hineinpassen und auf bestimmte Durchflussquerschnitte eingestellt werden können. Ausserdem ist ein Rückflussventil 7 angebracht. An das Ventil 5 schliesst die Ölleitung zum Brenner an, an das Ventil 6 eine Rückleitung zur Kammer 3. Ist das Ventil 7 geschlossen, so verteilt sich die von der Pumpe 2 geförderte Ölmenge in einem durch die Einstellung der Ventile 5 und 6 bestimmten konstanten Verhältnis auf die Brennerleitung 8 und die Rücklaufleitung 9. Dieses Verhältnis bleibt insbesondere auch bei Änderungen der Viskosität konstant; nur der Öldruck in der Kammer 4 ändert sich. Da die Fördermenge der Pumpe 2 konstant ist, wird dem Brenner stets gleichviel Öl zugeführt. Muss der Brenner auf eine kleinere Ölmenge eingestellt werden, so kann das in einfacher Weise durch teilweises Öffnen des Regulierventiles 7 bewirkt werden. Handelt es sich nicht um eine vorübergehende Veränderung, so wird man mit Vorteil die Ventile 5 und 6 den geänderten Verhältnissen entsprechend neu einstellen. Bei automatischer Leistungsregelung wird das Regulierventil durch einen Thermostaten oder einen Pressostaten ferngesteuert.

## 8. Steuerung

Es gibt Schwerölbrenner mit Handbedienung, halbautomatische und vollautomatische Typen. Der Brenner mit Handbedienung wird mit einer Lunte entzündet; die Einstellung der Ölmenge und der entsprechenden Verbrennungsluftmenge erfolgt von Hand. Der Halbautomat wird ebenfalls von Hand entzündet, die Regulierung besorgen aber Steuerorgane. Der Vollautomat arbeitet ohne jegliche Bedienung; auch die Entzündung mit elektrischer Zündspirale oder Gasflamme tritt automatisch in Funktion, wenn Wärme verlangt wird. Ob nun eine Handbedienung, eine halb- oder eine vollautomatische Bedienung gewählt werden soll, hängt von den Betriebsverhältnissen ab. Spielt der Aufwand an Arbeit für die Bedienung eine unwichtige Rolle und werden keine hohen Ansprüche an eine konstante Wärmeerzeugung gestellt, so kann der Brenner mit Handbedienung seine Aufgabe voll erfüllen. Wird aber ein grösseres Gewicht auf gute Wärmeregulierung gelegt, so muss dem Halb- oder Vollautomaten der Vorzug gegeben werden, wobei die bestehenden gesetzlichen Vorschriften zu beachten sind.

Die automatische Regulierung ist nur bei Rotationsbrennern stufenlos möglich. Ein auf Temperatur oder Druck des Heizmediums reagierendes elektrisches Steuerorgan beeinflusst progressiv einen Motor, der die Ölmenge und zwangsläufig auch die Menge der Verbrennungsluft reguliert. Auch bei reduzierter Ölmenge arbeitet der Schleuderbecher genau gleich. Der stufenlose Regulierbereich des Rotationsbrenners variiert je nach Brennergrösse von etwa 25 bis 100 % der vollen Leistung.

Beim Düsenbrenner kann die Ölmenge nicht reduziert werden, da sonst die Zerstäubung in der Düse infolge Druckabfall ungenügend würde. Wird bei diesem Brennertyp eine gewisse Regulierung verlangt, so werden vielfach zwei Düsenstöcke eingebaut, deren Leistungen verschieden sind und auf die verlangten Betriebsverhältnisse abgestimmt werden. Beispielsweise ist eine Düse dauernd im Betrieb, während die zweite Düse nur bei Spitzenbedarf an Wärme in Funktion tritt.

Jede Oelfeuerung muss mit den behördlich vorgeschriebenen Sicherheitsapparaten versehen sein. Dazu gehören u. a. Flammenwächter; hierfür werden heute fast ausschliesslich Photozellen verwendet. Ihre Aufgabe besteht darin, bei plötzlichem Abreißen der Flamme die Oelzufuhr abzustellen und die Anlage zu blockieren. Gegen Ueberschreitung des maximalen Druckes im System bzw. der maximalen Temperatur muss die Anlage auch gesichert sein.

Adresse des Verfassers: J. Schreggenberger, Girtannerstrasse 25, St. Gallen.

## Über die Zerstörungskraft von Lawinen

Von Dr. A. Voellmy, Sektionschef der EMPA, Zürich

DK 624.182

Schluss von Seite 249

### IV. Zur Lawinen-Wirkung und ihrer Bekämpfung

#### 1. Vereinfachte Berechnung

##### A. Grundlagen

Einheiten [m], [kg], [s]

Bezeichnungen und Berechnungsformeln

$h$  = Vertikal gemessene, natürliche Schneehöhe, bzw. Höhe der abgleitenden Schneeschicht

$h'$  = Fliesshöhe der Lawine

$\gamma_0$  = Mittleres Raumgewicht der natürlichen Schneedecke, bzw. der abgleitenden Schneeschicht

$\gamma$  = Raumgewicht des fliessenden Schnees

$$(I) \quad \gamma_d = \gamma \frac{1 + \frac{p}{p_0}}{1 + \frac{\gamma}{\gamma_F} \frac{p}{p_0}} \text{ nach Gl. (19)}$$

Raumgewicht infolge dynamischer Verdichtung auf den Druck  $p$  über den Atmosphärendruck  $p_0$

$$(I') \quad \gamma_m = \gamma \frac{1 + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\gamma}{\gamma_F}\right) \frac{p}{p_0}}{1 + \frac{\gamma}{\gamma_F} \frac{p}{p_0}} \text{ nach Gl. (21): } \gamma_m = \frac{\gamma + \gamma_d}{2}$$

$\gamma_m$  = mittleres Raumgewicht für die dynamische Druckberechnung bei maximalem Ueberdruck  $p$  in  $\text{kg/m}^3$  über den Atmosphärendruck  $p_0 = 10\,000 \text{ kg/m}^2$

$\gamma_F = 600$  bis  $900$ , im Mittel  $800 \text{ kg/m}^3$ : Maximal erreichbares Raumgewicht des Schnees

$$(II) \quad \gamma_{max} = \frac{\gamma_0 + \gamma_F \frac{p}{p_0}}{1 + \frac{p}{p_0}} \text{ nach Gl. (22)}$$

= maximales Raumgewicht nach Verdichtung durch den Ueberdruck  $p$  über den Atmosphärendruck  $p_0$

$\gamma_L \sim 10^3 \text{ kg/m}^3$  = Raumgewicht der Luft

$\psi$  = Hangneigungswinkel

$\psi_0$  im Abrissgebiet

$\psi_u$  im Wirkungsgebiet

$\psi_m$  Mittlerer Neigungswinkel

$\xi \sim 400$  bis  $600$ , im Mittel  $500 \text{ m/s}^2$  = Geschwindigkeitskoeffizient für grobblockiges Terrain bis zu Rasenhängen.

$\mu \sim \frac{\gamma}{c}$  = Reibungskoeffizient der Bewegung;