

**Lehrmaterial für die Ausbildung zum  
Dampflokomotivführer/-heizer**

# **Lokomotivkunde Dampflokomotiven**

Heft 1

- I. Einführung in die Wärmewirtschaft, Dampfkunde  
und Feuerbehandlung
- II. Lokomotiveinrichtungen

**Bahn & Bild Verlag GmbH**

Bearbeitet und zusammengestellt von Heinz Schnabel.

(c) 1992 by Bahn & Bild Verlag GmbH  
Postfach 105, 0-1136 Berlin

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen  
Nachdrucks, vorbehalten.

Schreibsatz: Bianka Emersleben, Brigitte Kirsche  
Druck: Offsetdruck GmbH Sonthofen  
Printed in Germany.

ISBN 3-928720-04-X

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Verbrennung, Wärmewirtschaft und Feuerbehandlung</b>	<b>5</b>
1.1.	Verbrennung	5
1.1.1.	Bestandteile der Luft	5
1.1.2.	Bestandteile des Wassers	7
1.1.3.	Zusammensetzung und Eigenschaften der Brennstoffe	9
1.1.4.	Heizwert der Brennstoffe	11
1.1.5.	Verbrennung des Kohlenstoffs	11
1.2.	Wärmewirtschaft	13
1.2.1.	Verbrennungsvorgänge im Kesselfeuer	13
1.2.2.	Einfluß des Luftüberschusses auf die Feuerung	15
1.2.3.	Wirkungsgrad des Kessels	16
1.2.4.	Nutzen der Wasservorwärmung	16
1.3.	Kesselfeuerung und Kesselbedienung	17
1.3.1.	Behandlung des Feuers	17
1.3.2.	Kennzeichen einer guten und schlechten Verbrennung	18
1.3.3.	Einfluß des Blasrohrs auf das Feuer	19
1.3.4.	Benutzung des Aschkasten- und Rauchkammerspritzers	19
1.3.5.	Behandlung des Kessels	19
1.4.	Wiederholungsfragen	20
<b>2.</b>	<b>Dampfkunde und Dampfwirtschaft</b>	<b>22</b>
2.1.	Dampfkunde	22
2.1.1.	Verdampfung	22
2.1.2.	Wasserdampf	24
2.1.3.	Verhalten des Naß- und Heißdampfes im Zylinder	27
2.1.4.	Unregelmäßigkeiten im Dampfkesselbetrieb	28
2.1.5.	Dampf als bewegende Kraft	31
2.2.	Dampfwirtschaft	32
2.2.1.	Nutzen der Dampfdehnung	32
2.2.2.	Wert hoher Eintrittsspannung	33
2.2.3.	Nutzen des Heißdampfes	34
2.2.4.	Wirkungsgrad der Dampfmaschine	34
2.3.	Wiederholungsfragen	36
<b>3.</b>	<b>Lokomotiveinrichtungen</b>	<b>38</b>
3.1.	Führerstand	38
3.1.1.	Zweck der allgemeinen Einrichtungen an der Dampflokomotive	38
3.1.2.	Führerhaus der Lokomotive	38
3.1.3.	Verbindungen zwischen Lokomotive und Tender	41
3.2.	Beleuchtung der Lokomotive	46
3.2.1.	Allgemeines über Ausrüstung der Lokomotive mit Beleuchtungsmöglichkeiten	46

3.2.2. Elektrische Beleuchtung	46
3.3. Dampfheizung	49
3.3.1. Dampfheiz-Anstellventil	49
3.3.2. Dreiwegehahn	50
3.3.3. Umschaltventil	51
3.3.4. Absperrhähne	51
3.4. Schmiervorrichtungen	52
3.4.1. Zweck der Zentralschmierung	52
3.4.2. Verschiedene Arten der Zentralschmierung	53
3.4.3. Tropfenanzeiger, Ölsperre, Schmierleitungsverteiler	78
3.5. Sandstreuer	83
3.5.1. Zweck des Sandstreuers	83
3.5.2. Druckluftsandsteuer Bauart Knorr	83
3.6. Sonstige Einrichtungen an Dampflokomotiven	86
3.6.1. Geschwindigkeitsmesser	86
3.6.2. Dampfpfeife	88
3.6.3. Lätewerk	89
3.6.4. Bahnräumer und Windleitbleche	90
3.7. Lokomotivtender und Vorratsbehälter der Tenderlokomotive	91
3.7.1. Lokomotivtender	91
3.7.2. Vorratsbehälter der Tenderlokomotiven	107

# 1. Verbrennung, Wärmewirtschaft und Feuerbehandlung

## 1.1. Verbrennung

Unter Verbrennung versteht man allgemein die Verbindung eines brennbaren Körpers mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft unter Feuererscheinung und Wärmeentwicklung. Hierbei gehen die Grundstoffe des Körpers neue Verbindungen mit dem Sauerstoff ein. Bedingungen für das Zustandekommen der Verbrennung sind ein bestimmter Wärmegrad (Entzündungswärmegrad) und das Vorhandensein einer genügenden Menge Sauerstoff. Bevor auf die Verbrennung näher eingegangen wird, soll zunächst die Zusammensetzung der bei der Verbrennung mitwirkenden Stoffe, wie Luft, Wasser und Brennstoff, erläutert werden.

### 1.1.1. Bestandteile der Luft

Die Luft setzt sich im wesentlichen aus Sauerstoff und Stickstoff zusammen. In  $1 \text{ m}^3$  Luft sind rund 21 % Sauerstoff und 79 % Stickstoff enthalten. Der Einfluß dieser Bestandteile auf die Verbrennung läßt sich aus folgenden Versuchen erkennen.

Setzt man eine Kerze in einen offenen Glaszylinder, so brennt sie ruhig weiter (Bild 1); der Flamme wird aus dem Luftraum, mit dem der offene Glaszylinder in Verbindung steht, stets neuer Sauerstoff zugeführt. Schließt man den Glaszylinder luft-

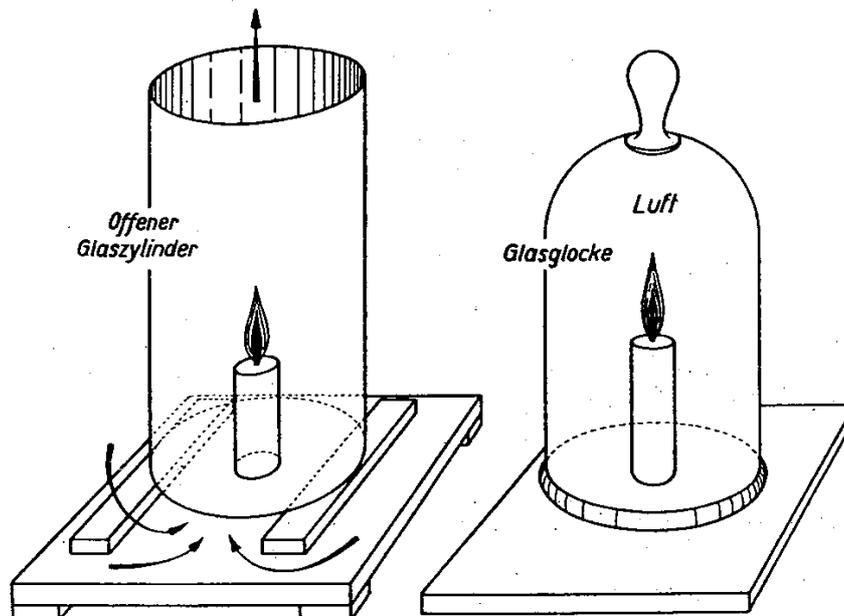


Bild 1.

Bild 2.

Nachweis des Sauerstoffes in der Luft

dicht ab (Glasglocke Bild 2), so brennt die Kerze nur kurze Zeit weiter, bis der Sauerstoff unter der Glasglocke verbraucht ist, dann erlischt sie.

Daraus erkennt man, daß zur Aufrechterhaltung der Verbrennung stets genügend Sauerstoff vorhanden sein muß.

Ein zweiter Versuch zeigt die Einwirkung des Stickstoffs auf die Verbrennung. Ein Schälchen mit einem Stück Phosphor wird auf den Wasserspiegel einer Glaswanne gesetzt, der Phosphor entzündet und ein oben geschlossener Standzylinder darüber gestülpt (Bild 3a). Der Standzylinder ist in fünf gleiche Teile geteilt. Sobald der Sauerstoff unter dem Standzylinder verbraucht ist, erlischt der Phosphor; die Schale hebt sich, und das Wasser dringt bis zum Teilstrich 1 in den Glaszylinder ein (Bild 3b). Der Phosphor hat bei seiner Verbrennung den fünften Teil (etwa 21 %) der im Standzylinder vorhandenen Luft (den ganzen Sauerstoffgehalt) aufgezehrt. Der Raumanteil, den vor der Verbrennung der Sauerstoff im Standzylinder einnahm, wird nach der Verbrennung vom Wasser ausgefüllt. Nimmt man jetzt den Standzylinder aus dem Wasser und hält einen brennenden Holzspan hinein, so erlischt der Holzspan (Bild 3c). Man findet die Bestätigung, daß im Standzylinder kein Sauerstoff mehr vorhanden ist, der die Verbrennung aufrechterhalten könnte. Der im Zylinder allein noch vorhandene Stickstoff löscht die brennende Flamme aus.

Stickstoff ist ein unbrennbares Gas, das die Verbrennung unterbindet.

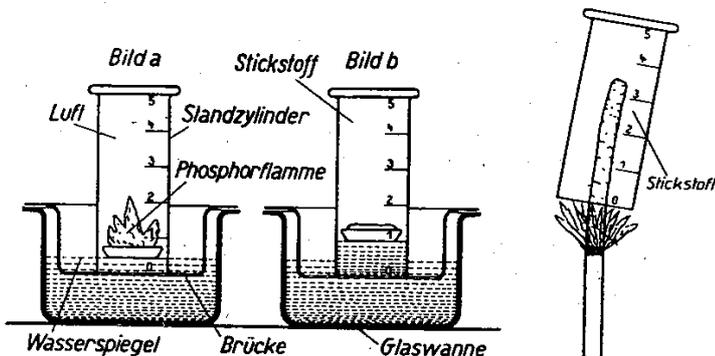


Bild 3. Nachweis des Stickstoffes in der Luft

In geringer Menge ist in der Luft außer den beiden Hauptbestandteilen noch Kohlensäure enthalten (0,05 %). Die Kohlensäure, auch Kohlendioxid genannt, ist eine chemische Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff (chemische Abkürzungen: C = Kohlenstoff, O = Sauerstoff,  $\text{CO}_2$  = Kohlensäure); sie ist 1,5mal so schwer wie Luft und erstickt die Atmung und die Verbrennung. Kanalschächte und Gruben sind daher vor dem Einsteigen mit einem brennenden Licht auf Vorhandensein von Kohlensäure zu untersuchen. Genutzt wird die Kohlensäure zu Feuerlöschzwecken. Die Kohlensäure läßt sich durch Kalkwasser nachweisen. In eine U-Röhre (Bild 4) wird klares Kalkwasser gefüllt. Setzt man den Heber H des Gefäßes durch Öffnen des Hahnes G in Tätigkeit, so wird Frischluft durch die U-Röhre gesaugt. Das Kalkwasser trübt sich beim Durchströmen der Luft. Die gleiche Erscheinung beobachtet man, wenn aus der Kohlensäureflasche F (Bild 5) Kohlensäure in das Kalkwasser des Glases G strömt. Läßt man Kohlen-

säure aus der Flasche F in das Zylindergefäß strömen, so werden die im Gefäß H brennenden Kerzen von unten herauf ausgelöscht, ein Beweis dafür, daß Kohlensäure die Verbrennung erstickt.

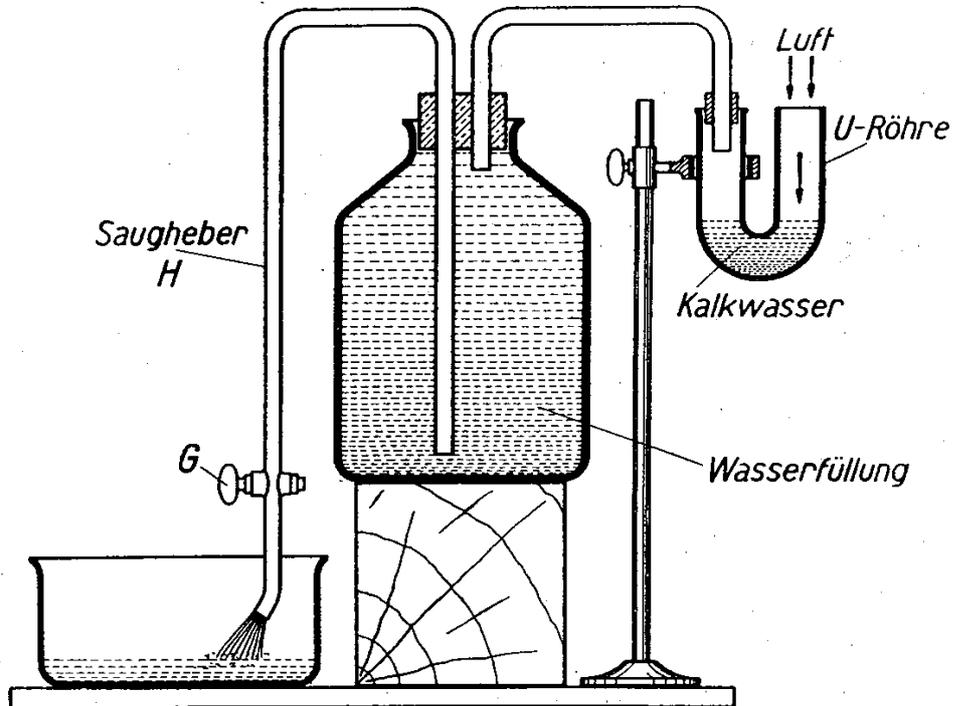


Bild 4. Nachweis der Kohlensäure in der Luft

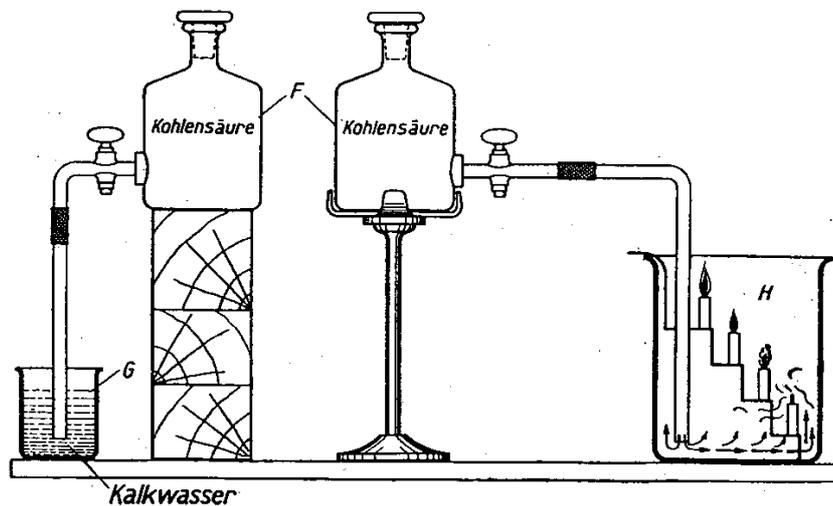


Bild 5. Eigenschaften und Schwere der Kohlensäure

### 1.1.2. Bestandteile des Wassers

Das Wasser ist eine chemische Verbindung aus Wasserstoff und Sauerstoff (chemische Abkürzungen: H = Wasserstoff, O = Sauerstoff,  $H_2O$  = Wasser). Die einzelnen Bestandteile des Wassers lassen sich aus folgenden Versuchen erkennen:

a) In einem eisernen Rohr R (Bild 6) liegen Eisenspäne. Das Rohr wird so lange erhitzt (+ 1100 °C), bis die Eisenspäne glühen. Jetzt wird der Trichterhahn H einen Augenblick geöffnet, so daß Wasser in das glühende Rohr gelangt. Das eintretende Wasser verdampft sofort und wird auf über 1000 °C erhitzt. Bei dieser Temperatur zerfällt der hocherhitzte Wasserdampf in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff. Der Sauerstoff wird von den im Rohr liegenden glühenden Eisenspänen gebunden und aus der Rohrmündung strömt Wasserstoff, ein Gas, das mit schwach gelblicher Flamme verbrennt. Hält man einen Platindraht in die Flamme, so wird er weißglühend, ein Zeichen für die beträchtliche Wärme, die bei der Wasserstoffverbrennung frei wird (Verbrennungstemperatur + 2650 °C).

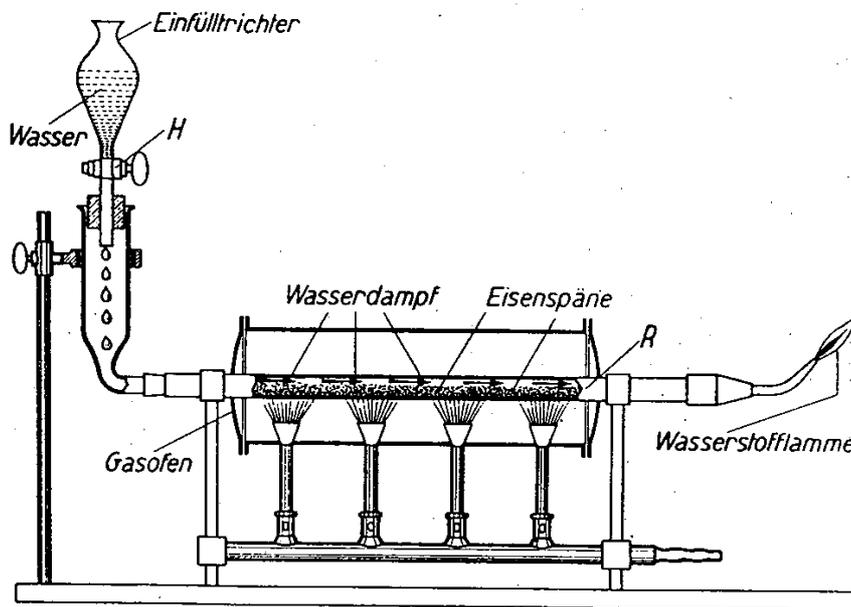


Bild 6. Nachweis des Wasserstoffes im Wasser

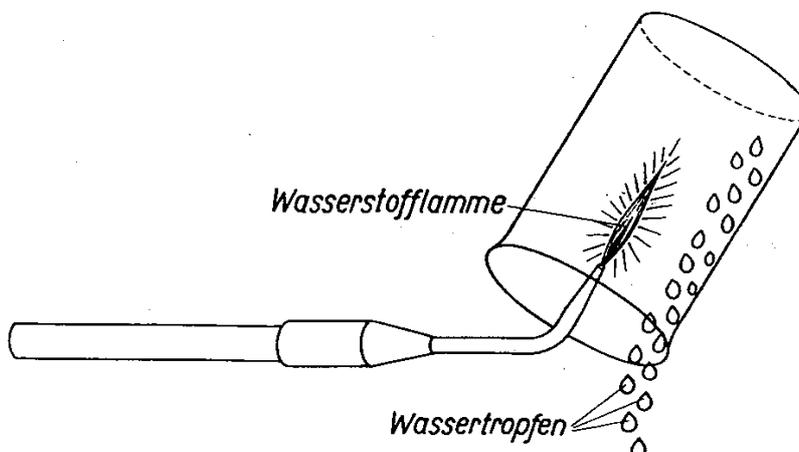


Bild 7. Bildung von Wasser beim Brennen von Wasserstoffgas

Hält man über die Wasserstoff-Flamme ein kaltes Probierringlas, so schlagen sich an der Innenwandung des Glases Wassertropfen nieder (Bild 7). Bei der Verbrennung von Wasserstoff entsteht also wieder Wasser, indem sich der Sauerstoff der Luft mit dem Wasserstoff verbindet.

b) Wird in den Dampfraum des Glasgefäßes (Bild 8) ein Streifen brennendes Magnesiumband eingeführt, so brennt es im Wasserdampf weiter. Im Wasserdampf ist also der zur Erhaltung der Verbrennung notwendige Sauerstoff vorhanden. Der Sauerstoffanteil des Wasserdampfs wird beim Hineinhalten des brennenden Magnesiums durch die hohe Temperatur der Flamme (mehr als 1000 °C) freigesetzt, ähnlich wie wir es beim Versuch im erhitzten Eisenrohr sahen.

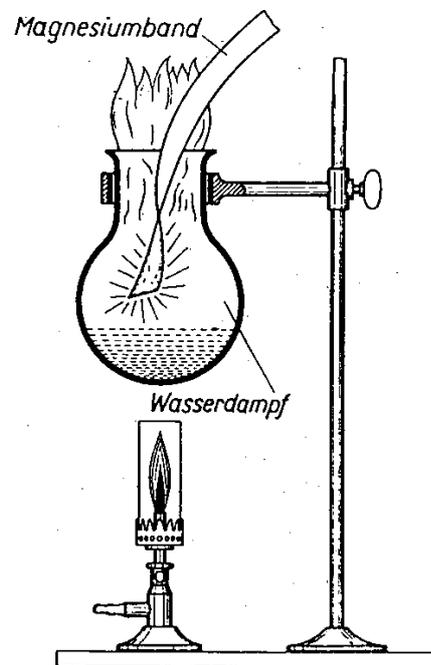


Bild 8. Nachweis des Sauerstoffes im Wasser

### 1.1.3. Zusammensetzung und Eigenschaften der Brennstoffe

Die Hauptbestandteile der Brennstoffe sind Kohlenstoff und Wasserstoff. Dazu kommen als Nebenbestandteile in geringen Mengen Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff. Ferner enthalten die Brennstoffe noch Wasser und Asche. Die einzelnen Bestandteile lassen sich aus folgendem Versuch erkennen:

In einem Glaskolben G werden Holzstücke unter Luftabschluß erhitzt (Bild 9). Die Glasröhre beschlägt sich zunächst im Innern mit Wassertropfen. Nach einiger Zeit werden aus dem Holz Gase ausgetrieben. Das aus der Röhre strömende Gas läßt sich anzünden und brennt mit gelblicher Flamme; es besteht aus einem Gemisch von Kohlenwasserstoffen (Rohgas). In der Vorlage V sammeln sich flüssige und teerartige Bestandteile. Der im Glaskolben zurückgebliebene Bestandteil besteht aus Holzkohle (Kohlenstoff) und geringen Mengen Asche.

Bei dieser sog. „trockenen Destillation“ wird also der Brennstoff Holz in seine Bestandteile zerlegt, nämlich Wasser, Kohlenwasserstoffe (die flüchtigen Bestandteile), festen Kohlenstoff und Asche.

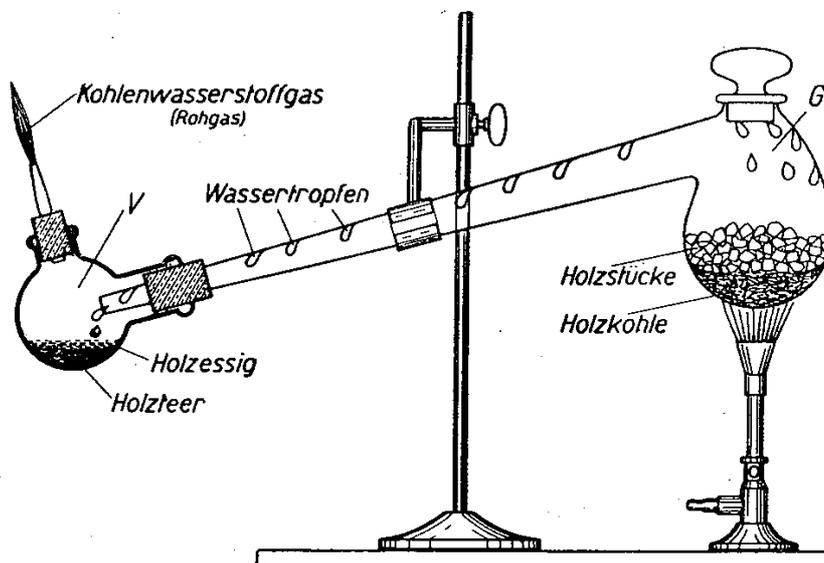


Bild 9. Zerlegung von Holz in seine Bestandteile (trockene Destillation)

Die gleiche Zusammensetzung, nur mengenmäßig anders verteilt, finden wir auch in der Kohle wieder. Den größten Bestandteil der Kohle bildet der feste Kohlenstoff. In geringen Mengen ist Kohlenstoff auch noch, chemisch gebunden, in den Kohlenwasserstoffverbindungen enthalten. Die Kohlenwasserstoffverbindungen werden als flüchtige Teile bezeichnet, weil sie bei der Erhitzung der Kohlen sehr bald als brennbare Gase entweichen. Kühlt man diese wieder ab, so schlagen sie sich als teerartige Masse nieder, wie wir es beim Versuch im Glaskolben sahen. Aus den in der Kohle enthaltenen Kohlenwasserstoffverbindungen wird heute ein Teil der künstlichen flüssigen Brennstoffe gewonnen.

Der feste Kohlenstoff und die Kohlenwasserstoffverbindungen bilden zusammen die brennbaren Bestandteile der Kohle. Die Menge der brennbaren Teile ist für den Heizwert und damit für die Güte des Brennstoffs maßgebend. Je mehr brennbare Teile im Brennstoff enthalten sind, desto höher ist der Heizwert.

Der Gehalt an flüchtigen Teilen, die bei der Erhitzung zuerst entweichen und verbrennen, bestimmt die Entzündbarkeit des Brennstoffs. Je höher dieser Anteil ist, desto schneller zündet der Brennstoff.

Als wichtigste feste Brennstoffe sind in der Reihenfolge ihres zunehmenden Alters zu nennen: Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit.

Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit sind vor Jahrmillionen aus Pflanzen entstanden, die bei Umbildungen der Erdoberfläche verschüttet wurden und dann unter großem Druck und hoher Temperatur allmählich vermoderten.

Mit zunehmendem Alter des Brennstoffes steigt im allgemeinen sein Gehalt an festem Kohlenstoff und sinkt der Gehalt an flüchtigen Teilen und der Wassergehalt im Brennstoff. Daher brennen die jungen Brennstoffe, wie Holz und Torf, mit ihrem

großen Gehalt an flüchtigen Teilen rasch an, haben aber infolge des größeren Wassergehalts und des geringeren Kohlenstoffgehalts einen kleineren Heizwert. Die älteren Brennstoffe, wie z.B. Steinkohle, brennen schwerer an, erreichen aber einen wesentlich höheren Heizwert. Für die Lokomotivfeuerung wird in Deutschland vorwiegend Steinkohle verwendet.

#### 1.1.4. Heizwert der Brennstoffe

Alle Brennstoffe entwickeln je nach ihrer Zusammensetzung bei der Verbrennung eine mehr oder weniger große Wärmemenge. Der Heizwert eines Brennstoffes wird in Kilokalorien (abgekürzt: kcal) ausgedrückt. Unter einer Kilokalorie versteht man die Wärmemenge, die aufgewendet werden muß, um ein Kilogramm Wasser von 14,5 °C auf 15,5 °C zu erwärmen. Eine Kilokalorie wird auch Wärmeeinheit genannt (abgekürzt WE). Als Heizwert bezeichnet man diejenige Wärmemenge, die 1 kg eines Brennstoffes bei vollkommener Verbrennung abgeben kann. In Tabelle 1 sind die Heizwerte verschiedener Brennstoffe genannt.

Tabelle 1. Heizwerte von Brennstoffen

Feste Brennstoffe	Heizwert in kcal/kg	Flüssige und gasförmige Brennstoffe	Heizwert in kcal/kg bzw. kcal/m <sup>3</sup>
Holz (lufttrocken)	3200—3900	Petroleumgasöl	10250
Torf	3200—3900	Braunkohlenteeröl	9600
Braunkohle und Braunkohlenbriketts	4200—5500	Benzol	9600
Oberschlesische Kohle	6800—7400	Benzin	10200
Rheinisch-Westfälische Steinkohlen	7200—7900	Ölgas	9600
Rheinisch-Westfälische Steinkohlenbriketts	7400—7600	Generatorgas	1200—1600

#### 1.1.5. Verbrennung des Kohlenstoffs

##### a) Verbrennung zu Kohlensäure

In der Hartglasröhre A (Bild 10) befindet sich Holzkohle. Im Probierrglas B wird durch Erwärmung des Kaliumchlorat Sauerstoff entwickelt. Der Sauerstoff wird über die Holzkohle geleitet und gleichzeitig wird die Röhre A erwärmt. Die Holzkohle in der Glasröhre entzündet sich von selbst (Entzündungswärmegrad). Der Gasbrenner unter A wird weggenommen; die Holzkohle verbrennt mit leuchtender Flamme. Das der Ausflußröhre entströmende Gas macht das Kalkwasser im Glase trüb. Wir schließen daraus, daß das ausströmende Gas Kohlensäure ist. Aus der Vorführung erkennt man: Wird reiner Kohlenstoff bei genügender Sauerstoffzu-

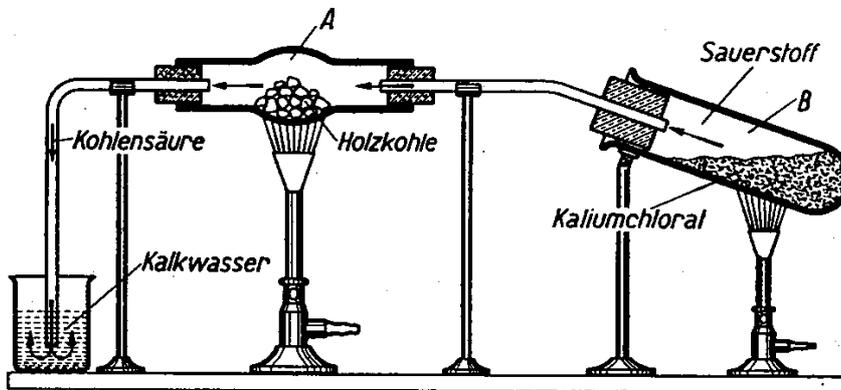


Bild 10. Verbrennung zu Kohlensäure

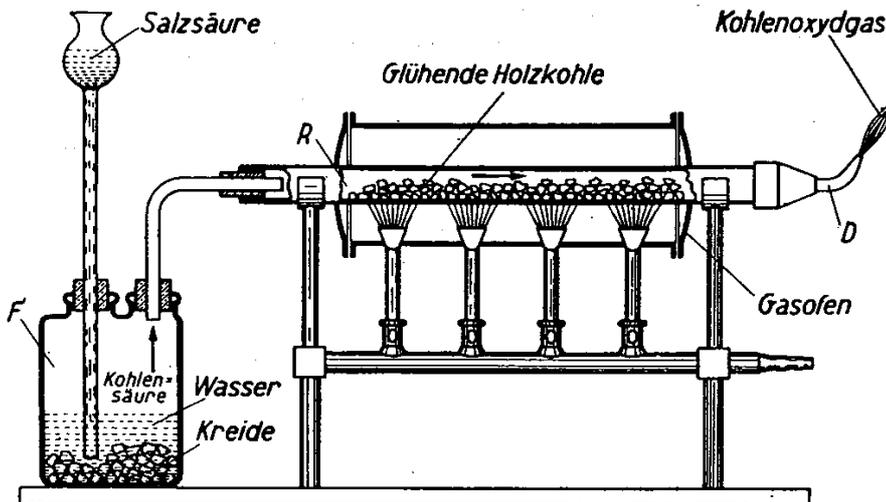


Bild 11. Verbrennung zu Kohlenoxyd

für verbrannt, so verbindet sich der Kohlenstoff (chem. Abkürzung C) mit dem Sauerstoff (chem. Abkürzung O) zu Kohlensäure (chem. Abkürzung  $\text{CO}_2$ ).

Dieser Vorgang wird als vollkommene Verbrennung bezeichnet. Dabei entwickelt der Brennstoff seine größtmögliche Wärmemenge. Zur vollkommenen Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff sind theoretisch  $2 \text{ m}^3$  Sauerstoff oder  $9,5 \text{ m}^3$  Luft notwendig. Ein Kilogramm reiner Kohlenstoff entwickelt bei der Verbrennung 8150 WE.

#### b) Verbrennung zu Kohlenoxyd

In der eisernen Röhre R (Bild 11) befindet sich Holzkohle. Durch Erhitzen der Röhre R wird die Holzkohle zum Glühen gebracht. Aus der Flasche F wird Kohlensäure über die glühende Holzkohle geleitet. Das dem Abflußrohr D entströmende Gas brennt, wenn angezündet, mit bläulicher Flamme. Ein in die Flamme gehaltener Platinstift wird nicht so heiß wie bei Vorführung 5. Man erkennt: Wird Kohlensäure über glühende Kohlen geleitet, so entzieht der im Brennstoff enthaltene Kohlenstoff

der Kohlensäure einen Teil des in ihr enthaltenen Sauerstoffs und verbrennt mit diesem zu Kohlenoxid. Die chemische Verbindung von je einem Atom Kohlenstoff (C) mit einem Atom Sauerstoff (O) ergibt das brennbare Gas Kohlenoxid (chem. Abkürzung CO). Bei der Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxid werden nur 2440 WE entwickelt, während bei der Verbrennung von Kohlenstoff zu Kohlensäure etwa die 3,5 fache Wärmemenge freigemacht wird. Die Verbrennung zu Kohlenoxid bezeichnet man daher auch als unvollkommene Verbrennung. Die im Kohlenstoff enthaltene Wärmemenge wird bei der Verbrennung zu Kohlenoxid nur unvollständig ausgenutzt. Für die Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff zu Kohlenoxid ist  $1 \text{ m}^3$  Sauerstoff oder  $4,75 \text{ m}^3$  Luft, also nur die Hälfte der bei vollkommener Verbrennung gebrauchten Luftmenge nötig.

## 1.2. Wärmewirtschaft

### 1.2.1. Verbrennungsvorgänge im Kesselfeuer

#### Vorgang nach dem Aufschütten frischer Kohlen

In der eisernen Röhre R (Bild 12a) befinden sich Steinkohlenstücke. Die Röhre R wird erhitzt. Aus dem Abzugsrohr D entweicht gelbbrauner Qualm. Zündet man den Qualm an, so verbrennt er mit gelber Flamme unter starker Rauchentwicklung. Hält man in den Rauch ein Blech (Bild 12b), so beschlägt es sich mit Ruß. Ruß ist nahezu reiner Kohlenstoff (unverbrannter Brennstoff). Die vorgeführte Verbrennung ist eine unvollkommene und hat ihre Ursache darin, daß den brennbaren Gasen nicht genügend Luft zugeführt wurde.

Der Qualm aus Vorführung 12 wird in die Vorlage V (Bild 13) und von da in das Brennerrohr B, das mit vielen kleinen Bohrungen versehen ist, geleitet. Das aus dem Brennerrohr B ausströmende Gas (Rohgas) wird angezündet. Jede einzelne Flamme brennt nun ohne jede Rauchentwicklung. Die Verbrennung ist hierbei nahezu

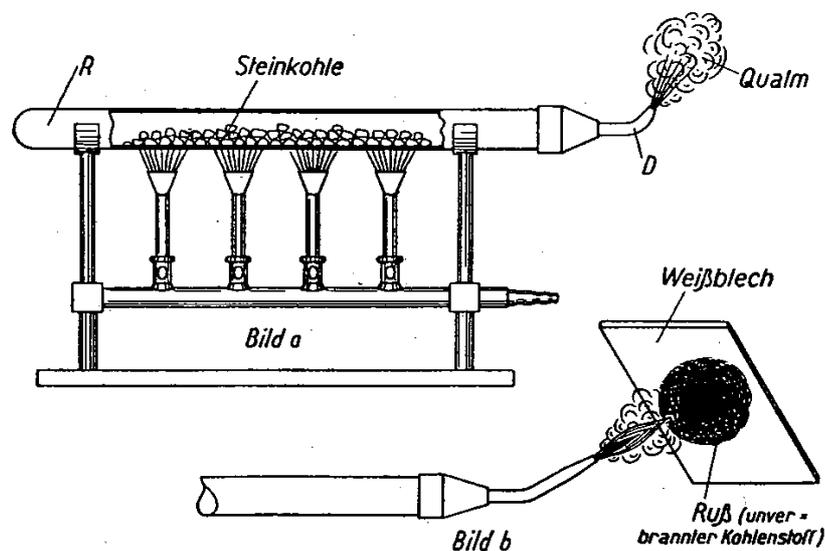


Bild 12a, b. Verbrennung bei ungenügender Luftzufuhr

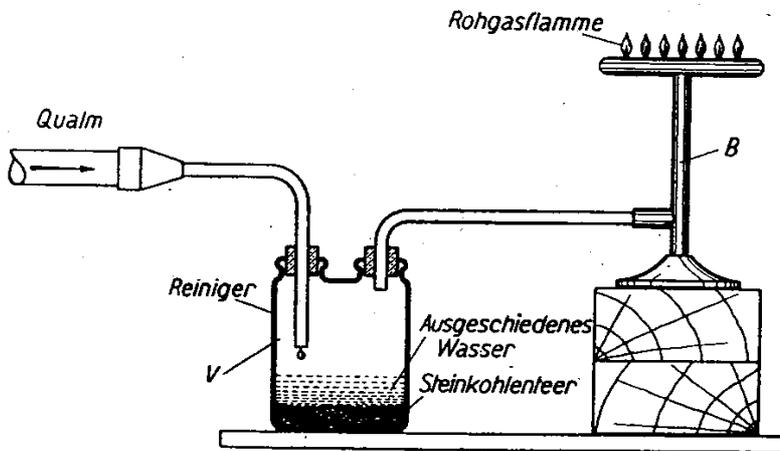


Bild 13. Verbrennung bei genügender Luftzufuhr

vollkommen, weil zu jedem ausstretenden Gasteilchen genügend Luft hinzutreten kann. Aus Vorführung 12 und 13 erkennt man:

- Eine gute und rauchfreie Verbrennung ist abhängig von der richtigen Luftzufuhr.
- Ist die Luftzufuhr ungenügend, so entstehen Rauch und Ruß.

Die gleichen Vorgänge, wie in Vorführung 12 und 13 beschrieben, finden statt, wenn auf den Rost der Lokomotive frische Kohlen aufgeschüttet werden. Beim Stillstand der Lokomotive oder wenn der Dampfbremser gleich nach dem Aufschütten frischer Kohle geschlossen wird, genügt die durch den Rost eindringende Außenluft nicht, um die sich entwickelnden brennbaren Gase rauchlos zu verbrennen. Ein Teil des Brennstoffes entweicht dann unverbrannt (als Rauch und Ruß) durch den Schornstein. Dieser unvollkommenen Verbrennung kann man dadurch vorbeugen, daß man durch Einsatz des Hilfsbläfers die Luftzufuhr zum Feuerbett verstärkt.

#### Vorgang beim Feuern während der Fahrt unter Dampf

Wird auf das durchgebrannte Feuer frische Kohle aufgeschüttet, so entweichen aus dieser große Mengen von gasförmigen Kohlenwasserstoffen (Entgasung der Kohlen). Diese Gase verbrennen nur dann, wenn sie über der aufgeworfenen Kohlschicht mit frischer Luft zusammentreffen, deren Sauerstoff noch nicht verbraucht ist.

Der Sauerstoff eines Teils der durch den Rost zuströmenden Luft verbindet sich beim Durchstreichen durch die unteren glühenden Kohlschichten mit dem Kohlenstoff unter Verbrennung zu Kohlensäure. Beim Durchgang der Kohlensäure durch die oberen Schichten des glühenden Brennstoffes wird, wenn kein weiterer Luftsauerstoff vorhanden ist, weiterer Kohlenstoff aufgenommen, und es entsteht an der Oberfläche des Feuers Kohlenoxid. Das Kohlenoxid verbrennt unter genügender Zufuhr von Oberluft (der unverbraucht durch das Brennstoffbett gegangenen und der durch die Kanäle neben der Feuertür zugeführten Luft) wieder zu Kohlensäure. Die aus dem frisch aufgeworfenen Brennstoff entweichenden Kohlenwasserstoffe verbrennen mit ihrem Kohlenstoffan-

teil ebenfalls zu Kohlensäure, mit ihrem Wasserstoffanteil ebenso wie der in den Kohlen sonst etwa enthaltene Wasserstoff zu Wasser. Das so entstandene Wasser entweicht zusammen mit dem in den Kohlen enthaltenen hygroskopischen Wasser (Feuchtigkeit) bei der Verbrennung als Wasserdampf.

### 1.2.2. Einfluß des Luftüberschusses auf die Feuerung

Die Mischung von Luft und Brennstoff und den brennbaren Gasen kann auf dem ganzen Rost nicht so vollkommen sein, daß man bei der Verbrennung mit der theoretisch notwendigen Luftmenge allein auskommen könnte. Die Höhe der Feuerschicht kann nie ganz gleichmäßig gehalten werden, und auch die luftdurchlässigkeit des Brennstoffbettes wird auf den einzelnen Rostabschnitten verschieden sein. Beim schnellen Verlauf der Verbrennung kann sich außerdem nicht jedes Sauerstoffteilchen erst sein Kohlenstoffteilchen suchen.

Man muß daher dem Brennstoffbett einen gewissen Luftüberschuß zuführen, damit stets genügend Sauerstoff für jedes Kohlenstoffteilchen zur Verfügung steht. Im Lokomotivkessel wird im allgemeinen mit einem Luftüberschuß von 40 bis 50 % gefahren. Da theoretisch zur Verbrennung von 1 kg Kohle etwa 8 m<sup>3</sup> Luft erforderlich sind, müssen praktisch der Kohle etwa 11 bis 12 m<sup>3</sup> je kg Brennstoff zugeführt werden. Die überschüssige Luft geht unverbraucht durch die Feuerung, muß aber beim Durchgang durch die Feuerschicht miterwärmt werden. Dadurch wird die in der Feuerbüchse erzeugte Temperatur um so mehr vermindert, je größer der Luftüberschuß ist. Man muß daher bestrebt sein, den Luftüberschuß nur gerade so groß, wie unbedingt zur vollkommenen und doch lebhaften Verbrennung notwendig, zu halten. Ein zu großer Luftüberschuß bringt stets Verluste für die Feuerung. Es ist unwirtschaftlich, das Blasrohr schärfer wirken und den Unterdruck in der Rauchkammer höher ansteigen zu lassen, als es zur rauchfreien Verbrennung der Kohlen erforderlich ist. Die Saugzugeinrichtungen der Einheitslokomotiven und der meisten übrigen Lokomotiven sind auf den günstigsten Luftüberschuß eingestellt.

Bei ungenügendem Luftüberschuß oder Luftmangel verbrennt ein Teil des Brennstoffs unvollkommen zu Kohlenoxid und entwickelt dabei nur eine erheblich geringere Wärmemenge als bei vollkommener Verbrennung. Die im Kohlenoxid chemisch noch gebundene Wärmemenge zieht ungenutzt durch den Schornstein ab. Außerdem entweicht ein großer Teil hochwertiger Heizgase als Rauch und Ruß durch den Schornstein. Unvollkommene Verbrennung ist am Qualmen des Schornsteins zu erkennen. Für die gleiche Dampferzeugung muß infolge der geringeren Wärmeentwicklung je kg Brennstoff dem Rost eine größere Brennstoffmenge zugeführt werden, als es bei einwandfreier Verbrennung notwendig wäre. Ebenso wie bei zu großem Luftüberschuß sinkt also auch bei zu geringem Luftüberschuß oder bei Luftmangel der Wirkungsgrad der Feuerung; dementsprechend steigt der Brennstoffverbrauch. Luftmangel kann trotz einwandfreier Saugzugeinrichtung eintreten, wenn die Feuerschicht zu hoch oder das Feuer verschlackt ist; dem Durchtritt der Verbrennungsluft durch das Feuerbett steht dann ein zu großer Widerstand entgegen. Ferner kann Luftmangel durch Schäden an der Saugzugeinrichtung oder Undichtigkeiten in der Rauchkammer verursacht werden.

Wenn in einer Kesselanlage der ganze Brennstoff nur zu Kohlenoxid statt zu Kohlensäure verbrennt, was allerdings praktisch wohl niemals eintritt, so würden je Kilogramm Kohle nur 2440 kcal entwickelt werden. Für eine Kohle mit 7400 kcal/kg Heizwert würde dann der Heizwertverlust

$$V = \frac{7400 - 2440}{7400} \times 100 = 67 \%$$

betragen. Tatsächlich wird bei falscher Feuerbedienung nur ein Teil der Kohle unvollkommen verbrennen, aber auch dann ist schon mit fühlbarem Kohlenmehrverbrauch zu rechnen.

### 1.2.3. Wirkungsgrad des Kessels

Als Wirkungsgrad eines Kessels bezeichnet man das Verhältnis der im Dampf nutzbar gemachten Wärmemenge zu der dafür im Brennstoff aufgewendeten Wärmemenge. Durch Versuche mit Lokomotivkesseln ist ermittelt worden, daß man bei sachgemäßer Feuerbedienung im Dauerbetrieb mit 1 kg guter Kohle 7...8, im Mittel etwa 7,5 Liter Wasser verdampfen kann (7...8fache Verdampfung). Um diese Wassermenge von 95 °C Temperatur (beim Austritt aus dem Vorwärmer) in Dampf von 20 atü Druck und 400 °C Überhitzung zu verwandeln, sind  $(777 - 95) \times 7,5 = 5120$  WE nötig. Bei vollkommener Verbrennung liefert 1 kg guter Kohle etwa 7400 kcal/kg. Der Wirkungsgrad des Kessels errechnet sich dann zu:

$$W = \frac{5120}{7400} \times 100 = 69,2 \%$$

Die restlichen  $(7400 - 5120) = 2280$  WE sind für die Verdampfung verloren und stellen die Verluste der Kesselfeuerung dar. Die Verluste setzen sich zusammen aus der Wärmemenge, die in den Abgasen unausgenutzt durch den Schornstein ins Freie abzieht (18...20 %), den Brennstoffrückständen, die unverbrannt durch die Rostspalten fallen und in der Schlacke eingeschlossen bleiben (2...3 %), den Löscherückständen in der Rauchkammer (1...2 %) und den Wärmeabstrahlungsverlusten.

### 1.2.4. Nutzen der Wasservorwärmung

Je wärmer das Speisewasser dem Kessel zugeführt wird, desto weniger Brennstoff braucht für die Verdampfung des Wassers aufgewendet zu werden.

Im Bereich bis zu 100 °C ist für die Erwärmung von 1 Liter Wasser um 1 ° rd. 1 WE notwendig. Wird also das Speisewasser vor der Einspeisung in den Kessel von 10 °C auf 95 °C vorgewärmt, so entspricht das einer Wärmemenge von 85 WE/l.

Um Dampf von 14 atü zu erzeugen, sind bei 10 °C Speisewassertemperatur  $667 - 10 = 657$  WE, bei 95 °C Speisewassertemperatur nur  $667 - 95 = 572$  WE erforderlich. Durch die Vorwärmung des Speisewassers werden also

$$\frac{657 - 572}{657} \times 100 = 12,9 \%$$

Wärme bei der Dampferzeugung gespart. Bezieht man in die Berechnung den Überhitzer ein, um auf die Kohlenersparnis zu kom-

men, so vermindert sich zwar dieser Betrag auf

$$\frac{777 - 692}{777} = 11,0 \%$$

(Überhitzung auf 397 °C angenommen), bleibt aber immer noch recht fühlbar. Für die Wasservorwärmung wird ein Teil - etwa 1/6 bis 1/7 - des Abdampfs ausgenutzt, der noch ohne Schädigung der Feueranfandung dem Blasrohr entzogen werden kann. Infolgedessen entsteht für die Vorwärmung kein besonderer Brennstoffaufwand.

Der Nutzen der Vorwärmung und die Ersparnis an Brennstoff sind so groß, daß stets auf ausreichende Vorwärmung geachtet werden muß. Falsche Bedienung der Vorwärmanlage oder mangelnde Reinhaltung des Vorwärmers verringern den erzielbaren Wärmegewinn und erhöhen den Brennstoffverbrauch.

### 1.3. Kesselfeuerung und Kesselbedienung

#### 1.3.1. Behandlung des Feuers

Damit der Sauerstoff der Luft leicht an die einzelnen Kohlenstoffteilchen herantreten kann und dadurch die Verbrennung beschleunigt wird, muß die Kohle im Brennstoffbett der hindurchströmenden Luft eine möglichst große Angriffsfläche bieten. Das läßt sich am besten durch Zerkleinerung der Kohle auf etwa faustgroße Stücke erreichen. Die Oberfläche eines großen Kohlenstücks von etwa 30 cm Durchmesser ist im Verhältnis zu seiner Masse erheblich kleiner als die Gesamtoberfläche vieler Kohlenstücke gleicher Masse, die durch Zerkleinerung des großen Stücks gewonnen wurden. Ein großes unzerkleinertes Kohlenstück wird daher eine erheblich längere Zeit zur Verbrennung brauchen als viele kleinere Stücke. Außerdem kann zwischen kleineren Kohlenstücken mit großer Angriffsfläche bedeutend weniger Verbrennungsluft unausgenutzt hindurchströmen als zwischen wenigen schweren Stücken. Damit die Luft beim Durchgang durch das Feuerbett einen möglichst geringen Widerstand findet und dadurch stets genügend Verbrennungsluft zur Verfügung steht, soll die Brennstoffschicht niedrig gehalten werden. Hohe Feuerschicht führt leicht zu unvollkommener Verbrennung und höherem Kohlenverbrauch.

Zur Einschränkung des Qualmes ist darauf zu achten, daß niemals auf der ganzen Rostfläche frische Kohle liegt, sondern immer noch auf einer genügend großen Fläche helles Feuer brennt, um die aus der frisch aufgeworfenen Kohle entweichenden Gase zu entzünden.

Jede plötzliche Abkühlung der Feuerbüchswände verursacht starke Wärmespannungen im Feuerbüchsblech und ist auch oft der Grund für größere Stehbolzen- und Rohrschäden. Rasche Abkühlung der Feuerbüchswände, insbesondere der Rohrwand, durch Eintritt kalter Luft in die Feuerbüchse ist daher sorgfältig zu vermeiden.

Kalte Luft kann entweder durch größere Löcher in der Feuerschicht oder durch die Feuertür eintreten. Am schädlichsten wirkt die kalte Luft, die durch freie Stellen auf dem Rost eintritt, da sie auf kürzestem Wege ohne ausreichende Vorwärmung

an die Feuerbüchswände gelangt. Löcher in der Brennstoffschicht müssen daher unbedingt vermieden werden. Außerdem soll das Feuer an der Rohrwand stets mit heller Flamme brennen, um besonders die Rohrwand vor rascher Abkühlung zu schützen. Die Feuertür soll beim Beschicken des Rostes nur so lange geöffnet bleiben, wie es zum Aufwerfen der Kohle unbedingt notwendig ist.

Muß die Feuertür während der Fahrt bei geschlossenem Regler geöffnet werden, so ist vorher der Hilfsbläser anzustellen, um ein Herausschlagen der Flamme aus der Feuertür zu verhüten.

Zur Vermeidung des Funkenflugs sind die Kohlen, falls staubende oder Kleinkohle verfeuert wird, genügend zu nässen. Die in Fahrtrichtung hintere Aschkastenklappe ist stets geschlossen zu halten; der Luftzug muß durch die vordere Aschkastenklappe geregelt werden.

Vom Schürzeug ist nur zum Entfernen der Schlacke oder zur Verteilung des Feuers am Ende der Fahrt Gebrauch zu machen. Durch das Schüren während der Fahrt wird der Zerfall der Kohle nur unnötig gefördert und der Durchfall noch brennbarer Kohleteilchen in den Aschkasten begünstigt, wobei die Brennstoffverluste ansteigen.

Das Feuerbett soll in Form einer niedrigen, flachen, nach vorn offenen Mulde angelegt werden. Der Rost ist also hauptsächlich an den Seitenwänden und an der Feuerbüchrückwand sowie in den hinteren Ecken zu beschicken. Durch die Erschütterungen der Fahrt wird der Brennstoff auf dem geneigten Rost meist von selbst zur Rostmitte und auf den vorderen Teil des Rostes gelangen.

Die Kohle soll stets nur in kleineren Mengen (4...6 Schaufeln) auf einmal aufgeworfen werden. Je nach Belastung des Kessels muß nach kurzen oder längeren Zeitabständen gefeuert werden. Das Aufwerfen von größeren Kohlenmengen bei einer Beschickung führt stets eine Zeitlang zu unvollkommener Verbrennung und höherem Brennstoffverbrauch.

Auf jeden Fall sind stärkere, unregelmäßige Brennstoffhäufungen auf einer Stelle des Rostes schädlich, da hier unvollkommene Verbrennung einsetzen muß. Die gleichmäßig durch den Rost strömende Verbrennungsluft kann dem auf einer Stelle zusammengeballten Sauerstoffbedarf nicht nachkommen und wird überdies gerade an dieser Roststelle durch die höhere Brennstoffschicht noch unnötig gedrosselt, obwohl hier eher mehr als weniger Sauerstoff zugeführt werden müßte.

### **1.3.2. Kennzeichen einer guten und schlechten Verbrennung**

Die Rauchgase, die aus dem Schornstein austreten, bestehen bei vollkommener Verbrennung nur aus Kohlensäure, Stickstoff und Wasserdampf. Von diesen Gasen ist nur der Wasserdampf in niedergeschlagener Form sichtbar. Ist die Verbrennung unvollkommen, so ist in den Rauchgasen unverbrannter Kohlenstoff (als Rauch und Ruß) in kleinerer oder größerer Menge vorhanden. Ist die Farbe des ausgestoßenen Rauches schwarz oder gelblichgrau, so ist die Verbrennung sehr schlecht. Ist seine Farbe bläulich, so ist die Verbrennung mangelhaft. Ist kein Rauch sichtbar, sondern wird nur niedergeschlagener Wasserdampf ausgestoßen, so ist die Verbrennung gut.

### 1.3.3. Einfluß des Blasrohres auf das Feuer

Der Querschnitt des Blasrohres muß zum Querschnitt aller Heiz- und Rauchrohre und der Größe der Rostfläche in einem bestimmten Verhältnis stehen. Mit der Zeit wird der Querschnitt des Blasrohres durch Ablagerung von Ölrückständen verengt und seine Mündung durch Aufkrustung verklebt. Der ausströmende Dampf füllt dann den Schornstein nicht mehr so gut aus, und die Zugwirkung auf das Feuer ist beeinträchtigt. Infolge des verengten Blasrohrquerschnittes ist der Rückdruck auf den Dampfkolben stärker, die Lokomotive läuft schwer und braucht zur Fortbewegung mehr Dampf. Es muß deshalb von Zeit zu Zeit die Ablagerung entfernt oder der Blasrohrkopf ausgewechselt werden. Der ursprüngliche Durchmesser des Blasrohres darf nicht verändert werden, da er für jede Lokomotivgattung auf Grund von Versuchen der günstigsten Dampferzeugung angepaßt ist.

Die Wirkung der Saugzugeinrichtung wird dann stark beeinträchtigt, wenn die Maße des Blasrohres und der Abstand vom Schornstein gegenüber den zeichnungsmäßig festgelegten Werten willkürlich geändert sind. Ebenso leidet die Feueranfachung, wenn das Blasrohr schief steht oder die Mittelachse des Blasrohres nicht mit der des Schornsteins übereinstimmt. Bei mangelhafter Feueranfachung ist daher der gute Zustand und richtige Sitz des Blasrohres nachzuprüfen.

### 1.3.4. Benutzung des Aschkasten- und Rauchkammerspritzers

Während der Fahrt sind von Zeit zu Zeit Aschkasten- und Rauchkammerspritzer anzustellen, um die glühenden Aschenteilchen im Aschkasten und in der Rauchkammer zu löschen und so der Beschädigung dieser Teile vorzubeugen. Die Spritzeinrichtung ist möglichst nur bei geschlossenem Dampfregler zu betätigen.

### 1.3.5. Behandlung des Kessels

Vor der Fahrt

Der Wasserstand im Kessel ist nachzuprüfen. Wasserstands- und Prüfhähne dürfen nicht verlagert und müssen gangbar sein. Die Rauchkammer, der Aschkasten, die Rohre sowie Funkenfänger und Aschkastensiebe müssen gut gereinigt und in Ordnung sein. Die Rauchkammertür ist fest zu schließen. Die Speisepumpen sind anzustellen und auf ihr gutes Arbeiten zu prüfen. Die für den Dienst notwendigen Betriebsstoffe müssen vorhanden sein.

Während der Fahrt

Das Feuer ist so zu regeln, daß die erforderliche Dampfmenge bei vollem Kesseldruck jederzeit zur Verfügung steht und eine möglichst hohe Dampfüberhitzung erreicht wird. Wenn der Dampfdruck zu hoch steigt, ist neben der Speisepumpe die Dampfstrahlpumpe zu benutzen. Ist das plötzliche Steigen des Dampfdrucks durch ein unerwartetes Haltsignal mit Absperren des Dampfes bedingt, so ist vorwiegend die Strahlpumpe zu benutzen. Die Kolbenpumpe darf bei geschlossenem Regler zur Vermeidung des Speisens von kaltem Wasser nur langsam mit etwa 4 Hüben in der Minute laufen. Der Wasserstand im Kessel soll während der ganzen Fahrt möglichst auf mittlerer Höhe gehalten werden. Ge-

gen Ende der Fahrt soll das Feuer nach und nach abbrennen; zum Schutz der Rohrwand gegen Abkühlung ist bei stark abgebranntem Feuer die Aschkastenklappe zu schließen.

Nach der Fahrt

Rauchkammer reinigen. Hierbei müssen die Aschkastenklappen und die Feuertür geschlossen bleiben, damit nicht kalte Luft an die Rohrwand treten kann. Sodann Rost und Aschkasten reinigen und nach der Reinigung Aschkasten schließen. Der Druck im Kessel ist dem weiteren Dienst der Lokomotive entsprechend zu erniedrigen. Bei Frostwetter sind die Entwässerungshähne an den Heiz- und Speiseleitungen sowie an den Wasser- und Luftpumpen und an den Schmierpumpen zu öffnen.

## 1.4. Wiederholungsfragen

### 1.4.1. Verbrennung

1. Aus welchen Gasarten besteht die atmosphärische Luft ?
2. Welche besonderen Eigenschaften hat der Sauerstoff und welche der Stickstoff ?
3. Wieviel Raumteile jedes Gases sind in einem Raumteil Luft vorhanden ?
4. Welche besondere Eigenschaft hat die Kohlensäure ?
5. Durch welches Mittel kann die Kohlensäure nachgewiesen werden ?
6. Wozu wird die Kohlensäure benutzt ?
7. Was ist zu beachten beim Einsteigen in Kanalschächte und Gruben ?
8. Welches sind die Bestandteile des Wassers ?
9. Wieviel Raumteile beider Gase sind in einem Raumteil Wasser vorhanden ?
10. Welche besonderen Eigenschaften hat der Wasserstoff ?
11. Welches sind allgemein die Bestandteile der Brennstoffe ?
12. Was versteht man unter Heizwert eines Brennstoffes ?
13. Wie hoch sind die Heizwerte der verschiedenen Brennstoffe ?
14. Was versteht man unter vollkommener Verbrennung ?
15. Was ist das Ergebnis bei der vollkommenen Verbrennung ?
16. Was versteht man unter unvollkommener Verbrennung ?
17. Was ist das Ergebnis bei der unvollkommenen Verbrennung ?
18. Woran kann man Kohlenoxidgas bei der Kesselfeuerung erkennen ?
19. Wie groß ist der Heizwert der Kohle bei der Verbrennung zu Kohlenoxid ?

### 1.4.2. Wärmewirtschaft

20. Wie ist der Verbrennungsvorgang im Kesselfeuer nach Aufschütten frischer Kohle ?
21. Wovon ist eine gute und rauchfreie Verbrennung abhängig ?
22. Was entsteht, wenn bei der Verbrennung die Luftzufuhr ungenügend ist ?
23. Was entsteht bei der Verbrennung aus dem in der Kohle enthaltenen Wasserstoff ?
24. Wie groß ist unter normalen Verhältnissen der Wirkungsgrad der Feuerung ?

25. Welchen Einfluß hat Luftmangel auf den Wirkungsgrad der Feuerung ?
26. Welchen Zweck hat die Wasservorwärmung und wie macht sich ihr Nutzen praktisch bemerkbar ?

#### 1.4.3. Behandlung des Feuers

27. Wie hoch darf die Brennstoffschicht über dem Rost gehalten werden ?
28. Was ist beim Feuern zur Einschränkung des Qualmes zu beachten ?
29. Was ist beim Feuern zu beachten, um die Abkühlung der Feuerbüchse einzuschränken ?
30. Wann ist die Feuerbedienung zu unterlassen ?
31. Was ist zu tun, wenn bei geschlossenem Regler die Feuertür geöffnet werden muß ?
32. Welche Aschkastenklappe ist während der Fahrt geschlossen zu halten ?
33. Durch welche Aschkastenklappe wird der Luftzug geregelt ?
34. Wann nur soll vom Schürzeug Gebrauch gemacht werden ?
35. Wie ist die Behandlung des Kessels und des Feuers vor der Fahrt ?
36. Wie ist die Behandlung des Feuers während der Fahrt und wie nach der Fahrt ?
37. Was ist bei Frostwetter zu beachten bei der Abstellung der Lokomotive ?
38. Wie ist die Feuerbeschickung bei den verschiedenen Kohlenarten ?
39. Wie ist die Feuerbeschickung bei leichter und bei schwerer Fahrt ?
40. Woran erkennt man eine gute und eine schlechte Verbrennung ?
41. Welchen Einfluß hat das Blasrohr auf das Feuer ?
42. Welchen Zweck hat die Spritzeinrichtung und wie ist sie zu bedienen ?

## 2. Dampfkunde und Dampfwirtschaft

### 2.1. Dampfkunde

#### 2.1.1. Verdampfung

##### Verdampfungsvorgang

Soll eine Flüssigkeit verdampfen, so muß ihr fortwährend Wärme zugeführt werden.

Das Gefäß G (Bild 14) wird erwärmt. Auf der Flüssigkeit im Gefäß G ruht der äußere Luftdruck. Die Temperatur der Flüssigkeit im Gefäß steigt bis  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Die noch weiter zugeführte Wärme bringt die Flüssigkeit zum Verdampfen. Man erkennt: Bei der Verdampfung wirkt die zugeführte Wärme in verschiedener Weise.

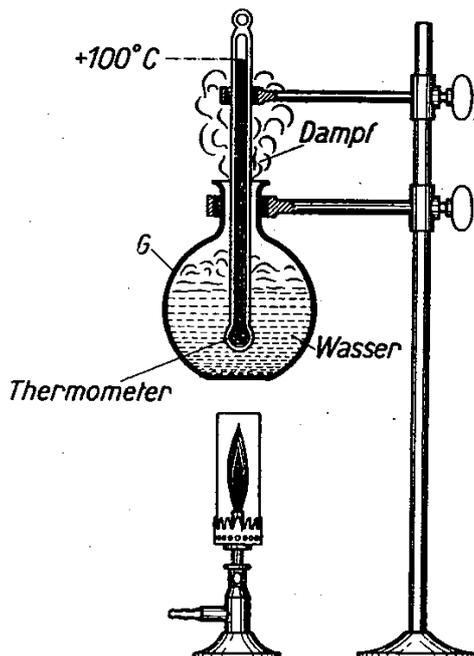


Bild 14. Vorgang bei der Verdampfung

Ein Teil der zugeführten Wärme dient zur Temperaturerhöhung der Flüssigkeit bis zum Siedepunkt (Flüssigkeitswärme). Der andere Teil der zugeführten Wärme dient dazu, die Flüssigkeit in Dampf zu verwandeln (Verdampfungswärme).

##### Flüssigkeits- und Verdampfungswärme

Der Maßstab zum Messen der Wärme (Wärmemenge) ist die Wärmeeinheit (WE) oder Kalorie. Eine Wärmeeinheit ist die Wärmemenge,

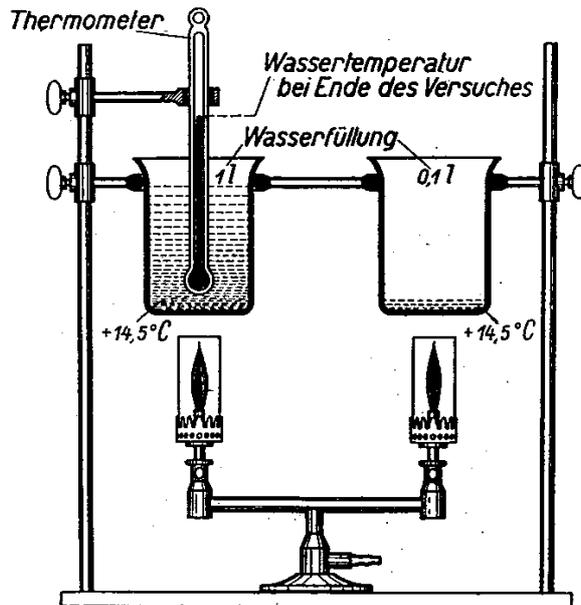


Bild 15. Mengennachweis der Flüssigkeits- und Verdampfungswärme

die man aufwenden muß, um ein kg gleich 1 Liter Wasser von 14,5 °C auf 15,5 °C zu erwärmen.

Die Wasserfüllung im Gefäß rechts beträgt 0,1 Liter, diejenige im Gefäß links 1 Liter (Temperatur + 14,5 °C, Bild 15). Beiden Gefäßen wird durch gleiche Regelung der beiden Brenner die gleiche Wärmemenge zugeführt.

In dem Augenblick, in dem alles Wasser im Gefäß rechts verdampft ist, beträgt die Temperatur des Wassers im Gefäß links + 76,95 °C.

Man findet: Zur Verdampfung von 0,1 Liter Wasser von 14,5 °C sind  $(76,95 - 14,5) = 62,45$  WE zugeführt worden. Für 1 Liter Wasser also  $62,45 \times 10 = 624,5$  WE.

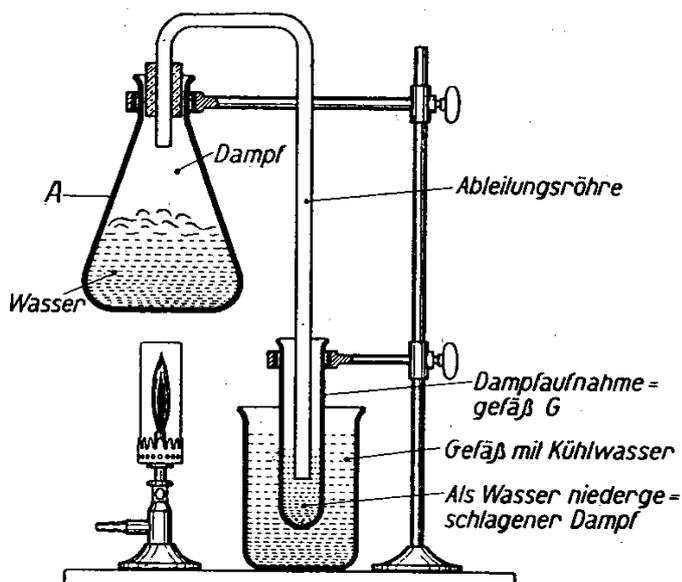


Bild 16. Nachweis der Wasserbildung bei Abkühlung des Dampfes (Kondensation)

Man erkennt: Zur vollständigen Verdampfung eines Liters Wasser von 0 °C sind (um das Wasser von 0 °C auf 14,5 °C zu erwärmen) noch weitere 14,5 WE zuzuführen, insgesamt also:

$624,5 + 14,5 = 639$  WE, und zwar:

- a) 100 WE zur Erwärmung des Wassers von 0 °C bis zum Siedepunkt;
- b) 539 weitere WE zur Verdampfung der Flüssigkeit. Die Flüssigkeitswärme beträgt also 100 WE, die Verdampfungswärme 539 WE. Diese 539 WE sind an den Dampf gebunden und können mit dem Thermometer nicht nachgewiesen werden.

### Kondensation

Kühlt man Dampf bis zum Siedepunkt oder darunter ab, so wird er flüssig.

Der im Dampfgefäß A (Bild 16) erzeugte Dampf wird in das von Wasser umgebene Gefäß G geleitet; er verdichtet sich in diesem zu Wasser. Man findet: Kühlt man Dampf unter den Siedepunkt ab, so geht er in einen flüssigen Zustand über.

Diesen Vorgang nennt man Kondensation. Hierbei ist eine der Verdampfungswärme entsprechende Wärmemenge durch das Kühlmittel (Wasser oder Luft) abzuführen.

### 2.1.2. Wasserdampf

#### Vorbemerkung:

Die technische Einheit zum Messen von Gas- und Dampfdrücken ist die Atmosphäre (abgekürzt: at). Sie ist gleich dem Druck von 1 kg auf 1 cm<sup>2</sup> Fläche (kg/cm<sup>2</sup>). Den gleichen Druck übt eine Wassersäule von 10 Meter Höhe und eine Quecksilbersäule von 735,6 mm Höhe bei 20 °C auf 1 cm<sup>2</sup> Fläche aus. Die uns umgebende Luft hat die Spannung von fast genau 1 at (1,033 at am Meeresspiegel). Diese Spannung nennt man den absoluten Druck. Im Gegensatz dazu wird der Druck von Wasserdampf meist in Atmosphären-Überdruck angegeben, d.h. dem Druck, um den der Dampfdruck über dem absoluten Druck liegt. Herrscht z.B. in einem Dampfkessel ein Druck von 12 at Überdruck (abgekürzt: atü), so entspricht das einem absoluten Druck von 13 Atmosphären (abgekürzt: ata). Für die Festigkeit des Kessels kommt nur der Überdruck in Betracht, weil gegen die 13 at absolut im Kessel nach außen die äußere Luft mit 1 at absolut nach innen drückt.

#### Rauminhalt und Druck des Wasserdampfes

Der Rauminhalt von 1 kg Dampf beträgt bei 0 atü 1,727 m<sup>3</sup>. Verdampft man jetzt 2 kg Wasser in einem geschlossenen Gefäß von 1,727 m<sup>3</sup>, so wird sich der Druck im Gefäß so lange nicht ändern, bis 1 kg Wasser verdampft ist, das gerade diesen Raum einnimmt. Führt man dem Gefäß weiter Wärme zu, um auch das zweite Kilogramm Wasser zu verdampfen, so ist das nur dadurch möglich, daß die Dampfteilchen im Gefäß zusammengedrückt werden, damit auch der Dampf des zweiten Kilogramm Wasser noch Platz findet. Dadurch wird dann der Druck im Gefäß erhöht, und zwar bei unserem Beispiel auf 0,75 at Überdruck. Die Drucksteigerung geht so vor sich, daß zunächst nach Erreichung der Siedetemperatur von 100 °C der im Gefäß herrschende Druck ein weiteres Austreten der Dampfbläschen aus der Wasseroberfläche

verhindert. Bei weiterer Wärmezufuhr erhöht sich die Temperatur des Wassers so lange, bis wieder Dampfbläschen austreten können und die Dampfmenge im Gefäß und damit den Dampfdruck weiter erhöhen. Hieraus ergibt sich, daß zu jedem Dampfdruck eine bestimmte Wassertemperatur gehört, bei der in einem Kessel der Dampfdruck im Dampfraum und die aus der Wasseroberfläche herausdrängenden Dampfbläschen sich gerade das Gleichgewicht halten. Eine Erhöhung des Dampfdrucks ist nur durch Steigerung der Wassertemperatur möglich, wie andererseits beim Absinken der Wassertemperatur auch der Druck im Kessel sinkt. In einem geschlossenen Gefäß haben der Dampf und das Wasser stets die gleiche Temperatur.

Folgender Versuch kennzeichnet den sehr verschiedenen Rauminhalt, den Wasser und Dampf einnehmen:

Die mit Dampf von + 100 °C gefüllte Kugelhöhre (Bild 17) wird in das Quecksilber des Gefäßes G eingetaucht und gleichzeitig der Hahn H geschlossen. Das Quecksilber aus dem Gefäß G dringt beim Abkühlen des Dampfes und seinem Niederschlag zu Wasser in die Kugel ein und füllt sie bis auf den Raumteil a an. Der Raumteil a enthält das Niederschlagwasser. Aus diesen wenigen Tropfen Wasser, die den Raumteil a ausfüllen, ist der Dampf entstanden, der die Kugelhöhre vorher vollständig ausgefüllt hat.

Man erkennt: Der Dampf als solcher nimmt einen viel größeren Raum ein als das Wasser, aus dem er entstanden ist.

Entsprechend dem oben theoretisch behandelten Verhalten des Dampfes muß man zum Hochheizen eines Kessels die Wärmetemperatur durch Wärmezufuhr so lange erhöhen, bis diejenige Temperatur erreicht wird, die zur Erzeugung des beabsichtigten Dampfdruckes notwendig ist. Um diesen Druck im Kessel aufrechtzuerhalten, braucht man dann weiter nur so viel Wärme zuzuführen, daß die Wärmeverluste nach außen (durch Abstrahlung oder

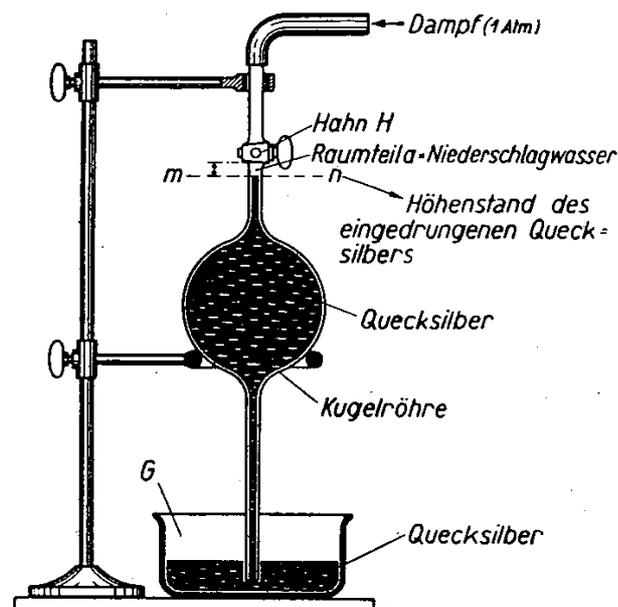


Bild 17. Nachweis des Raumverhältnisses von Dampf und verdampftem Wasser

Ableitung) gerade ersetzt werden und die Wassertemperatur auf gleicher Höhe stehenbleibt. Dies gilt natürlich nur für den Fall, daß aus dem Kessel kein Dampf entnommen wird. Bei Dampfentnahme aus dem Kessel muß die Wärmezufuhr außerdem noch die Flüssigkeits- und Verdampfungswärme decken, die zur Erzeugung der abgegebenen Dampfmenge notwendig ist.

Durch Einspeisen von Wasser kann man den Kesseldruck vermindern. Die Temperatur des Speisewassers wird auch bei guter Vorwärmung unter der Temperatur des Kesselwassers liegen. Durch Zuspeisen senkt man also die Kesselwassertemperatur und damit den Kesseldruck, wenn nicht die Wärmezufuhr durch den Brennstoff die Abkühlung durch das Speisewasser gerade ausgleicht. So wird durch Zuspeisen kälteren Wassers das unwirtschaftliche Abblasen hochgespannten Dampfes aus den Sicherheitsventilen vermieden.

#### Naßdampf und Sattedampf

Unter trockengesättigtem Dampf oder Sattedampf versteht man solchen Dampf, der noch mit der Flüssigkeit in Berührung steht, aus der er entstanden ist. In jedem beheizten Kessel ist also oberhalb des Wasserspiegels Sattedampf vorhanden, solange kein Dampf entnommen wird. Trockengesättigt bedeutet, daß in diesem Dampf keine Flüssigkeitsteilchen als feinste schwebende Tröpfchen mehr enthalten sind.

Tabelle 2: Zahlentafel für gesättigten Wasserdampf

Überdruck kg/cm <sup>2</sup> at	Gesättigter Dampf			
	Absoluter Druck kg/cm <sup>2</sup> , at	Temperatur in °C	Gesamtwärme in WE/kg	Rauminhalt eines kg in m <sup>3</sup>
0	1	99,1	639,0	1,727
1	2	119,6	649,9	0,903
2	3	132,9	651,6	0,618
3	4	142,9	654,9	0,472
4	5	151,1	657,3	0,383
7	8	169,6	662,3	0,245
10	11	183,2	665,2	0,181
12	13	190,7	666,6	0,155
13	14	194,1	667,0	0,144
14	15	197,4	667,4	0,135
15	16	200,4	667,8	0,126
18	19	208,8	668,5	0,107
20	21	213,8	668,8	0,097

Flüssigkeitsteilchen können leicht in den Dampf gelangen, wenn aus dem Kessel große Dampfmen gen entnommen werden; bei der lebhaften Verdampfung besteht die Möglichkeit, daß die im Wasser aufsteigenden Dampfbläschen bei ihrem Durchtritt durch die Wasseroberfläche und dem dabei stattfindenden Platzen des Bläschens Flüssigkeitsteilchen losreißen und mit in den Dampfraum führen. Der Feuchtigkeitsgrad des Dampfes kann sehr verschieden sein und wird von dem Anteil der im Naßdampf mitschwebenden Flüssigkeitsteilchen bestimmt. Bei richtiger Kesselbedienung ist der Feuchtigkeitsgrad des aus dem Lokomotivkessel entnommenen Dampfes sehr gering. Die Zahlentafel (Tabelle 2) gibt

einige zusammenhängende Werte von Druck, Temperatur, Wärme und Rauminhalt des gesättigten Dampfes. Man erkennt darin auch den kleinen Unterschied zwischen der technischen Atmosphäre,  $1 \text{ kg/cm}^2$ , und dem äußeren Luftdruck in Seehöhe, der (physikalischen) älteren Atmosphäre mit  $1,033 \text{ kg/cm}^2$ . Dieser letzteren ist der Siedepunkt des Wassers mit  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  Temperatur zugeordnet, zur üblichen technischen Atmosphäre gehören nur  $99,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Diese Unterschiede sind jedoch, wie man sieht, nur gering, so daß man nur bei besonders genauen Rechnungen darauf Rücksicht nehmen braucht.

### Heißdampf

Wird Naßdampf außerhalb des Dampfkessels in besonderen Rohren noch weiter erwärmt, und zwar derart, daß er sich bei der Erwärmung ausdehnen kann (Überhitzereinrichtung), so entsteht überhitzter Dampf. Das ist solcher Dampf, der nicht mehr mit der Flüssigkeit, aus der er erzeugt wurde, in Berührung steht und auf eine höhere Temperatur erhitzt wurde, als sie reiner Satttdampf bei dem entsprechenden Druck besitzt. Ist die Dampfüberhitzung beträchtlich, beträgt sie also mehr als  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , meist sogar erheblich über  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  über die Temperatur des Kesseldampfes, so spricht man von Heißdampf. Der Heißdampf nähert sich in seinem physikalischen Verhalten den Gasen.

Der Heißdampf hat stets den gleichen Druck wie der Kesseldampf, aus dem er erzeugt ist. Er besitzt jedoch eine höhere Temperatur und nimmt einen größeren Raum ein wie jener. Bei  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  Überhitzung ist der Rauminhalt des Heißdampfes etwa  $30 \%$  größer als der des Naßdampfes, aus dem er entstanden ist.

Der Wärmeinhalt des überhitzten Dampfes nimmt mit steigender Temperatur je Grad Überhitzung um einen Betrag zu, der für die üblichen Heißdampftemperaturen von  $300$  bis  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  in nachstehender Zusammenstellung angegeben ist und für überschlägige Rechnungen genügend genaue Werte ergibt.

Überdruck in at:	7—8	9—10	11—12	13—14	15—16	17—18	19—20
WE/° Überh.	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58

Wird z.B. Satttdampf von  $16 \text{ at}$  Überdruck mit einem Wärmeinhalt von  $668 \text{ WE}$  und einer Temperatur von  $203 \text{ }^\circ$  auf  $400 \text{ }^\circ$  überhitzt, so wächst sein Wärmeinhalt um  $(400 - 203) \times 0,56 = 110 \text{ WE}$ . Der Gesamtwärmeinhalt des Dampfes beträgt dann  $668 + 110 = 778 \text{ WE}$ .

### 2.1.3. Verhalten des Naß- und Heißdampfes im Zylinder

#### Naßdampf

Der Naßdampf ist ein guter Wärmeleiter und gibt seine Wärme sehr leicht an kältere Wandungen ab. Die Wärmeabgabe geht so vor sich, daß einzelne Dampfteilchen ihre Verdampfungswärme abgeben, zu Wasser werden und dann weiter als Flüssigkeitsteilchen im Dampf mitschweben. Der Gehalt an Flüssigkeitsteilchen im Dampf vergrößert sich also bei der Wärmeabgabe und der Dampf wird feuchter. Da ein Flüssigkeitsteilchen einen bedeutend kleineren Raum einnimmt als das gleich schwere Dampfteilchen, wird auch der Rauminhalt des feuchteren Dampfes nach der Wärmeabgabe kleiner. Ist umgekehrt der Raum gegeben, z.B. bei einer bestimmten Füllung im Zylinder, so wird der Platz, den die nie-

dergeschlagenen Teilchen einnahmen, durch nachströmenden Dampf wieder aufgefüllt, so daß infolge des Dampfniederschlags während der Einströmung der Zylinder mehr Dampf aus dem Kessel verschluckt, als seinem Füllungsraum entspricht. Hierdurch und aus den Verlusten durch weiteren Niederschlag während des Arbeitshubes und durch Wärmeleitung entstehen die verhältnismäßig großen Arbeitsverluste beim Naßdampf.

Als kleineren Vorteil des Naßdampfes kann man die Möglichkeit bezeichnen, Kolben und Schieber mit geringwertigeren Ölen zu schmieren, zumal sein Feuchtigkeitsgehalt zur Schmierung mit beiträgt.

### Heißdampf

Der Heißdampf ist ein schlechterer Wärmeleiter und erleidet deshalb bei weitem nicht so leicht Verluste durch Abkühlung wie gesättigter Dampf. Vor allem treten, solange der Dampf überhitzt bleibt, keine Niederschlagsverluste und dementsprechend auch keine großen Druckverluste ein. Durch Abkühlung sinkt lediglich die Temperatur des Heißdampfes. Der Füllungsraum des Zylinders verschluckt nur die ihm entsprechende Dampfmenge und nicht noch obendrein die zum Ersatz des durch Dampfniederschlag wieder freigewordenen Raumes notwendige Dampfmenge.

Infolge dieser Eigenschaften kann das Arbeitsvermögen des Heißdampfes bedeutend besser ausgenutzt werden als das des Naßdampfes. Die gewichtsmäßige Dampfersparnis der Heißdampfmaschinen beträgt wegen des größeren Arbeitsvermögens (Wärmeinhalts) von 1 kg Heißdampf je nach der Höhe der Überhitzung gegenüber den Naßdampfmaschinen im Durchschnitt etwa ein Drittel (33 %). Die Kohlenersparnis für eine PS ist allerdings etwas kleiner, weil der Heißdampf ja dadurch entsteht, daß man dem Naßdampf noch die Überhitzungswärme zuführen muß und die Erzeugungswärme des Heißdampfes infolgedessen höher ist.

Die hohe Temperatur des Heißdampfes und das Fehlen jeglichen Feuchtigkeitsgehaltes macht eine Schmierung der unter Dampf laufenden Teile mit hochwertigem Ölen notwendig. Ungeeignetes Schmieröl oder zu reichliche Ölzufuhr kann leicht zu Verkrostungen im Schieberkasten oder im Zylinder führen. Die obere Grenze der Dampfüberhitzung liegt für Dampflokomotiven heute etwa bei 420 °C.

### 2.1.4. Unregelmäßigkeiten beim Dampfkesselbetrieb

#### Wasserüberreißen

Bei der Verdampfung müssen sämtliche Dampfbläschen durch die Wasseroberfläche hindurchgehen, ehe sie sich im Dampfraum des Kessels vereinigen können. Strömen die Dampfbläschen mit sehr großer Geschwindigkeit durch die Wasseroberfläche, wie es bei lebhafter Verdampfung oder einer im Verhältnis zur Dampfmenge kleinen Verdampfungsoberfläche der Fall ist, dann können aus der Wasseroberfläche Flüssigkeitsteilchen mit in den Dampf gerissen werden, wie wir es schon bei der Entstehung des Naßdampfes kennenlernten. Führt der Naßdampf größere Mengen von Flüssigkeitsteilchen mit sich, dann spricht man von Wasserüberreißen. Die Gefahr besteht immer bei unvorsichtigem Aufreißen des Reglers.

Durch Versuche ist festgestellt worden, daß Wasserüberreißen um

so eher zu befürchten ist, je größer die durch den Quadratmeter Verdampfungsoberfläche und den Kubikmeter Verdampfungsraum austretende Dampfmenge ist.

Die Verdampfungsoberfläche und der Dampfraum werden kleiner, wenn der Wasserstand im Kessel steigt; daher neigen die Kessel auch besonders bei hohem Wasserstand zum Überreißen. Der Kesselwasserstand soll möglichst während der ganzen Fahrt auf halber Höhe gehalten werden.

Der feuchte Kesseldampf muß im Überhitzer nachverdampft werden, wodurch der eigentlichen Überhitzung Wärme entzogen wird und die Überhitzungstemperatur absinkt. An dem schnellen Fall der Überhitzungstemperatur kann der Lokomotivführer stets das Wasserüberreißen erkennen.

Verunreinigungen des Kesselwassers und eine zu hohe Kesselwasserdichte begünstigen ebenfalls das Überreißen. Jedes Kesselwasser nimmt in der Zeit zwischen 2 Auswaschtagen ständig an Dichte zu, da die im Speisewasser enthaltenen Salze nicht mitverdampfen, sondern gelöst im Kesselwasser verbleiben und es allmählich nach Art einer Lauge immer stärker verdichten. Die Wasserdichte wird mit der Spindel (Wasserwaage) in Grad Baumé gemessen. Sobald die Kesselwasserdichte einen bestimmten Wert überschritten hat, der für die Volleistung unserer Lokomotivkessel etwa bei 0,4 bis 0,5 ° Baumé liegt, setzt das Wasserüberreißen ein. Daher neigen die Lokomotivkessel kurz vor dem Auswaschtage besonders leicht zum Überreißen. Die Zeit bis zur Erreichung der genannten Grenze ist je nach Art des Speisewassers und der Beanspruchung der Lokomotive verschieden lang.

Durch häufiges Abschlammen des Kessels, das mit den Abschlammentilen neuerer Bauart auch während der Fahrt ausgeführt werden kann, wird der Salzgehalt des Kesselwassers vermindert und kann über einen längeren Zeitraum niedrig gehalten werden. Das Abschlammen verzögert also nicht nur die Schlammansammlung im Kessel, sondern setzt auch die Neigung zum Wasserüberreißen wesentlich herab.

#### Zerknall des Kessels

Die größte Gefahr im Dampfkesselbetrieb ist der Zerknall des Kessels. Man versteht unter „Zerknall“ ein Auftreten so großer Risse in einem Kesselteil, daß ein plötzlicher Ausgleich des Kesseldrucks mit dem äußeren Luftdruck stattfindet. Hierbei wird die ganze im Kessel gespeicherte Energie in sehr kurzer Zeit frei, und dementsprechend groß sind dann die entstehenden Schäden. Kleinere Risse mit nur allmählichem Druckabfall oder Wasserverlust (z.B. Reißen eines Heizrohres) werden nicht als Zerknall bezeichnet.

Verschiedene Ursachen können zum Kesselzerknall führen:

Ausglühen von Kesselteilen durch Wassermangel, zu hohe Dampfdrücke im Kessel, unzulässige Abnutzung einzelner Bauteile und Herstellungs- und Baustofffehler.

Während die zuletzt genannten Ursachen meistens nicht mit der Bedienung des Kessels zusammenhängen, ist das Ausglühen von Kesselteilen fast immer auf einen schweren Bedienungsfehler zurückzuführen. Die Vorgänge beim Glühendwerden von Kesselteilen sollen daher an einem Beispiel noch besonders deutlich gemacht werden.

Sobald Kesselteile, die von Wasser entblößt sind, erhitzt werden, sinkt ihre Festigkeit. Die Zerreißfestigkeit eines Kessel-

bleches beträgt bei 550 °C nur noch etwa 1/4 von der bei 200 °C. Bei Wassermangel wird die vom Wasser nicht mehr gekühlte Feuerbüchse immer heißer und die Festigkeit des Bleches sinkt, bis es dem Kesseldruck nicht mehr standhalten kann und zerreißt. Dieser Vorgang kann noch durch die nachstehend beschriebene plötzliche Drucksteigerung, die als Leidenfrostsche Erscheinung bekannt ist, beschleunigt werden. Das auf die glühende Blechplatte (Bild 18) gegossene Wasser verdampft nicht, sondern schwebt in Tropfenform über dieser hin und her. Unter dem Tropfen bildet sich überhitzter Dampf, der den Tropfen trägt und ihn dadurch an der unmittelbaren Berührung mit der glühenden Platte hindert. Wird der Brenner weggenommen und hat sich die Platte dann entsprechend abgekühlt, so wird die Spannung der Dampfschicht unter dem Wassertropfen geringer und er fällt auf die Platte. Die ganze Wassermasse des Tropfens verwandelt sich jetzt plötzlich in Dampf. Ein ähnlicher Vorgang findet im Dampfkessel statt, wenn infolge Wassermangels Kesselteile glühend geworden sind und kaltes Wasser zugepumpt wird. Es entstehen dann plötzlich eine große Dampfmenge und ein sehr großer Dampfdruck, die um so leichter zu Kesselzerstörungen führen können, da die Kesselbleche bei hoher Temperatur nur eine verminderte Festigkeit haben.

Ist der Wasserstand im Kessel so tief gesunken, daß Kesselteile (wie z.B. die Feuerbüchse) vom Wasser entblößt sind (Wasserstand unter NW), so darf niemals Wasser zugepumpt, sondern es muß das Feuer herausgerissen und der Kessel sich selbst überlassen werden.

Die gewaltige zerstörende Wirkung eines Kesselzerknalls erklärt sich aus folgender Überlegung. Reißt der Kessel an irgendeiner Stelle auf, so gleicht sich der Kesseldruck durch die entstandene Öffnung sehr rasch mit dem atmosphärischen Druck aus, er fällt also stark ab. Wie wir oben gesehen haben, gehört zu jedem Kesseldruck eine bestimmte Wassertemperatur. Diese Temperatur kann sich naturgemäß dem rasch abgefallenen Druck nicht so schnell angleichen, sondern liegt nach dem Druckabfall erheblich höher, als es dem nach Ausgleich mit der Außenluft zunächst nur noch vorhandenen Kesseldruck entspricht. Infolgedessen setzt unmittelbar nach dem Druckabfall eine sehr starke Dampfentwicklung aus der großen überschüssigen Wärme des Kes-

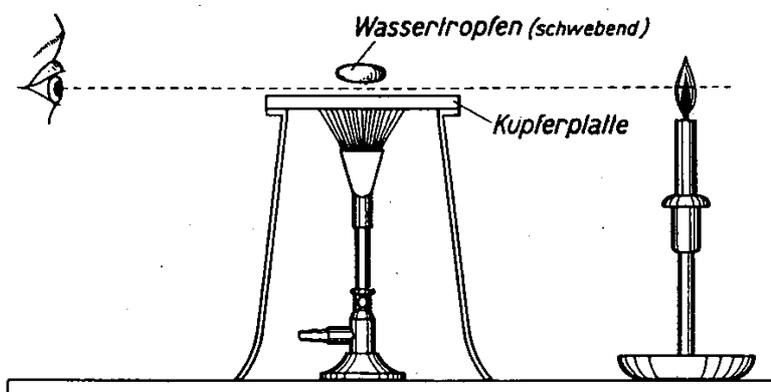


Bild 18. Darstellung des Vorganges beim Zupumpen kalten Wassers auf glühend gewordenen Kesselteile

selwassers ein, die zu außerordentlich hoher Drucksteigerung und auf diese Weise zur weiteren Zerstörung des Kessels führt. Solche Kesselzerstörungen haben im Lokomotivbetrieb besonders schwerwiegende Folgen.

Es muß daher auch geringfügigen Kesselschäden größte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Vor allem muß im Dampfkesselbetrieb unbedingt darauf geachtet werden, daß in einem beheizten Kessel alle feuerberührten Kesselwände (Feuerbüchse) stets von Wasser bedeckt sind.

### 2.1.5. Dampf als bewegende Kraft

#### Verhalten des Dampfes bei der Dehnung und Verdichtung

Wir hatten schon früher bei der Erläuterung der Eigenschaften des Wasserdampfes gesehen, daß 1 kg Dampf bei einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur einen gewissen Rauminhalt einnimmt. Stellt man nun einem Kilogramm Dampf zunächst diesen Rauminhalt zur Verfügung und vergrößert dann den Raum (durch einen im Zylinder beweglichen Kolben), so dehnt sich der eingeschlossene Dampf nach festliegenden physikalischen Gesetzen aus. Der Druck und die Temperatur des Dampfes sinken dabei ab. Nach der Zahlentafel auf S. würde also z.B. der Dampfdruck von 1 kg Satttdampf, das in einen Raum von 0,097 m<sup>3</sup> eingeschlossen ist, 20 atü und die Temperatur 213,8 °C betragen. Vergrößert man diesen Raum auf 0,181 m<sup>3</sup>, etwa das Doppelte, so sinkt der Dampfdruck im Raum auf 10 atü, die Temperatur auf 183,2 °C, bei weiterer Raumvergrößerung auf 0,903 m<sup>3</sup> sinkt der Dampfdruck auf 1 atü und die Temperatur auf 119,6 °C. Das umgekehrte Spiel können wir feststellen, wenn der verfügbare Rauminhalt für eine gewisse Dampfmenge verkleinert wird. Der Dampf wird dann verdichtet, Druck und Temperatur steigen an.

Als allgemeines Gesetz erkennt man daraus:

Bei der Dehnung von Gasen und Dämpfen sinken der Druck und die Temperatur, bei der Verdichtung steigen der Druck und die Temperatur.

Diese Vorgänge spielen sich laufend im Zylinder einer Dampfmaschine beim Hin- und Hergang des Kolbens ab.

#### Arbeitsvermögen des Dampfes

Die Spannkraft des in geschlossenem Raum entwickelten Dampfes drückt den durch den äußeren Luftdruck oder dazu noch durch ein besonderes Gewicht belasteten Kolben K (Bild 19) in die Höhe, wobei sich der Dampf ausdehnt.

Man erkennt: Der gespannte Dampf ist imstande, Arbeit zu verrichten, wobei die Dampfmenge zunimmt.

Bei der Lokomotive sind Kessel und Zylinder getrennt. Hier strömt beim Fortschieben des Kolbens während der Einströmung Dampf aus dem Kessel nach und der Dampfdruck bleibt annähernd gleich. Ist aber während der Dehnung die im Dampfzylinder eingeschlossene Dampfmenge ohne Verbindung mit dem Verdampfungsraum des Kessels, so nimmt beim Fortschieben des Kolbens der sich dehnende Dampf nach Druck und Temperatur ab. Eine überschüssige Kolbenkraft gegenüber der Gegenkraft ist dann nur so lange vorhanden, als der Dampfdruck noch nicht unter den Gegen- druck auf der anderen Kolbenseite gesunken ist.

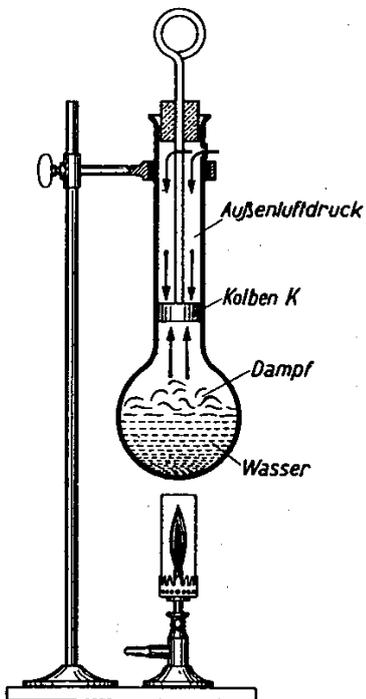


Bild 19. Nachweis der Kraftwirkung des gespannten Dampfes

## 2.2. Dampfwirtschaft

### 2.2.1. Nutzen der Dampfdehnung

Bild 20 stellt das Arbeitsschaubild des Dampfes im Zylinder dar, wenn der Arbeitsdruck vor Beendigung des Kolbenweges abge-

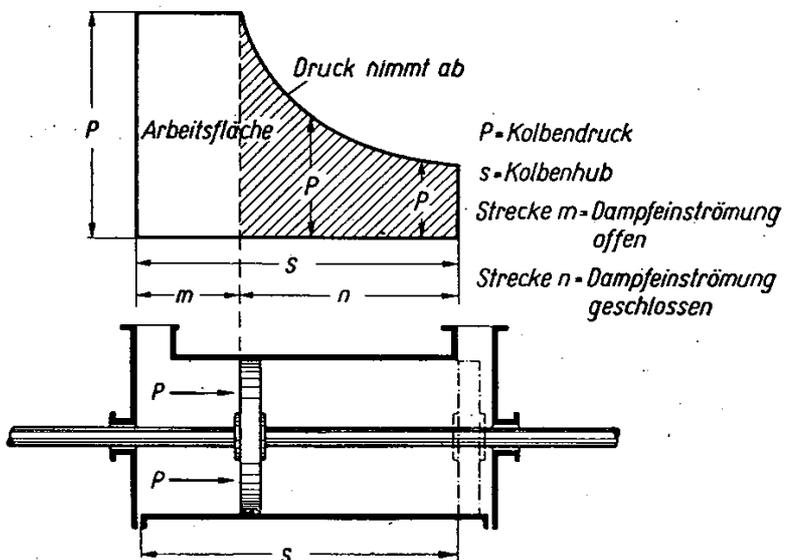


Bild 20. Schaubild des Arbeitsgewinnes durch die Dehnung

sperrt wird. Während der Kolbenlaufstrecke  $m$  strömt der Dampf in den Zylinder ein; während der Kolbenlaufstrecke  $n$  dehnt sich der im Zylinder eingeschlossene Dampf aus. Da die mechanische Arbeit gleich Kraft mal Weg ist, wobei die Kraft gleich Kolbenfläche mal Dampfdruck wird, ist die zwischen der Drucklinie und der den Kolbenweg darstellenden Grundlinie eingeschlossenen Fläche ein Maß der vom Dampf geleisteten Arbeit.

Man erkennt: Durch die Dehnung wird die schraffiert gezeichnete Fläche als Arbeit zuwachs kostenlos gewonnen. Würde man von der Dehnung keinen Gebrauch machen, sondern den Dampf mit seiner vollen Anfangsspannung entweichen lassen, so würde als Arbeit nur das weiße Rechteck geleistet.

Die in Bild 20 dargestellte Figur ist im wesentlichen das, was man nach Aufnahme mit einem besonderen Gerät als „Dampfschaulinie“ bezeichnet.

### 2.2.2. Wert hoher Eintrittsspannung

Die Arbeitsschaubilder A und B (Bild 21) haben gleichen Flächeninhalt. Die im Schaubild A dargestellte Arbeitleistung ist genau so groß wie die des Schaubildes B. Aus beiden Schaubildern ist zu erkennen: Der Dampf von 16 at absoluter Eintrittsspannung leistet bei  $1/10$  Zylinderfüllung genau so viel Arbeit wie der Dampf von 8 at absoluter Eintrittsspannung bei  $3/10$  Zylinderfüllung. Der Dampf verläßt im ersten Fall den Zylinder mit einer Spannung von 1,6 ata, im zweiten Fall jedoch mit einer Spannung von 2,4 ata. Der Dampfverbrauch beträgt trotz gleicher Leistung bei 16 ata Eintrittsspannung nur  $1/3$  der im zweiten Fall aufgewendeten Dampfmenge.

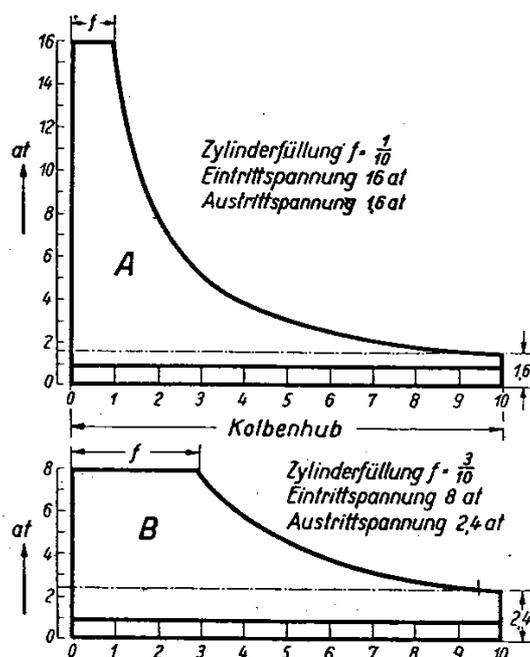


Bild 21. Arbeitsschaubilder gleicher Leistung bei verschieden hoher Eintrittsspannung

Die in vorliegendem Falle erzielte Kohlenersparnis errechnet sich folgendermaßen:

Aus  $1 \text{ m}^3 = 1 \text{ t}$  Wasser erhält man  $245 \text{ m}^3$  Dampf von 8 ata. Zu dessen Erzeugung ohne Berücksichtigung des Kesselwirkungsgrades, sind  $662,3 \times 1000 = 662\,300 \text{ WE}$  oder auf Kohle umgerechnet,  $662\,300 : 7400 = 89,6 \text{ kg}$  Kohle aufzuwenden.

Um dieselbe Leistung bei einem Dampfdruck von 16 ata zu erhalten, ist nur ein Drittel dieses Rauminhaltes an Dampf aufzuwenden. Allerdings ist der Dampf von 16 ata schwerer als der von 8 ata, aus einem  $\text{m}^3$  Wasser entstehen jetzt nicht mehr  $245 \text{ m}^3$ , sondern nur noch  $126 \text{ m}^3$  Dampf.

Es sind also bei 16 ata

$(245 : 3) \times (1000 : 126) \text{ kg} = (245\,000 : 126) \times (1:3) \text{ kg}$  Dampf für die gleiche Arbeit aufzuwenden.

Hierzu sind nur

$667,8 \times 648 = 433\,000 \text{ WE}$  oder  $433\,000 : 7400 = 58,6 \text{ kg}$  Kohle nötig. Die Ersparnis beträgt  $(89,6 - 58,6) = 31 \text{ kg}$  Kohle oder  $34,6 \%$ .

Man erkennt: Die Ausnutzung der Dehnungskraft des Dampfes ist bei hohem Druck wirtschaftlicher als bei niedrigem Druck.

Solange es der Lauf der Lokomotive zuläßt, soll daher mit vollem Kesseldruck und kleiner Füllung und nicht mit großer Füllung und gedrosseltem Kesseldruck gefahren werden.

### 2.2.3. Nutzen des Heißdampfes

Bei der Verwendung von Heißdampf beträgt der Gewinn durch Überhitzung etwa  $30 \%$ . Mit den Zahlen des oben benutzten Beispiels beträgt die zu verdampfende Wassermenge bei 16 ata Kesseldruck in diesem Fall statt  $648 \text{ kg}$  nur  $7/10 \times 648 = 454 \text{ kg}$ .

Zur Überhitzung des Dampfes von 16 ata (Dampf Temperatur im Kessel +  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ) auf  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  sind für jeden Grad Überhitzung  $0,56$  oder im ganzen:  $(400 - 200) \times 0,56 = 112 \text{ WE}$  für jedes  $\text{kg}$  Dampf aufzuwenden. Zur Erzeugung des Heißdampfes braucht man daher:  $(668 + 112) \times 454 = 354\,000 \text{ WE}$  oder  $354\,000 : 7400 = 48 \text{ kg}$  Kohle. Man erspart in diesem Fall trotz des höheren Wärmeaufwandes für den Heißdampf immer noch  $(58,6 - 48) = 10,6 \text{ kg}$  Kohle oder  $18 \%$ .

Hieraus folgt: Die Ersparnis an Kohle nimmt zu mit der Höhe des Dampfdrucks und der Höhe der Überhitzung. Die Lokomotive arbeitet um so wirtschaftlicher, d.h. der Kohlenverbrauch wird um so geringer, je höher der Dampfdruck und je höher die Überhitzung ist.

### 2.2.4. Wirkungsgrad der Dampfmaschine

#### Vorbemerkungen

Bevor wir auf die Dampfausnutzung in der Dampfmaschine eingehen, wollen wir hier nochmals kurz auf den Begriff der Arbeit und der Leistung zu sprechen kommen.

Eine Arbeit wird geleistet, wenn eine Kraft längs einer Wegstrecke in ihre Richtung wirkt. Es ist also:

Arbeit = Kraft x Weg.

Wird z.B. eine Last von  $100 \text{ kg}$  um  $2 \text{ m}$  gehoben, so wird dabei die Arbeit  $A = 2 \times 100 = 200 \text{ mkg}$  geleistet. Übt eine Lokomotive zur Beförderung eines Zuges die Zugkraft von  $2000 \text{ kg}$  über eine

Strecke von 10 km (10 000 m) aus, so hat sie dabei die Arbeit  $A = 2000 \times 10\,000 = 20\,000\,000$  mkg geleistet.

Für die Bemessung technischer Anlagen ist nun nicht allein die Arbeit, sondern auch die Zeit wichtig, in der die Arbeit geleistet werden muß. Die Zeit ist in dem Begriff der Leistung enthalten. Die Leistung ergibt sich, wenn man die Arbeit durch die Zeit teilt, in der die Arbeit ausgeführt wurde. Das heißt: Leistung = Arbeit : Zeit;  $L = \text{mkg} : \text{sec}$ .

Werden in dem oben gewählten Beispiel bei der Zugförderung die 10 km Weg in 10 min (600 sec) zurückgelegt, so ist dafür eine Leistung von  $L = 20\,000\,000 : 600 = 33\,300$  mkg/sec notwendig.

Die technische Einheit der Leistung ist die Pferdestärke (PS), die einer Leistung von 75 mkg/sec entspricht.

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ mkg/sec.}$$

Die zur Zugförderung aufgewendete Leistung beträgt also, in Pferdestärken ausgedrückt:

$$L = 33\,300 : 75 = 444 \text{ PS.}$$

Diese Leistung müßte die Lokomotive am Zughaken ausüben, um den Zug mit einer Zugkraft von 2000 kg in 10 min über eine Strecke von 10 km zu befördern.

Nach einem physikalischen Grundgesetz stehen Arbeit und Wärme in einem bestimmten Verhältnis zueinander, und zwar ist eine Wärmeeinheit der Arbeit von 427 mkg gleichwertig.

$$1 \text{ kcal} = 1 \text{ WE} = 427 \text{ mkg.}$$

Für die Arbeit von 20 000 000 mkg müßten  $20\,000\,000 : 427 = 46\,800$  WE eingesetzt werden.

Das gilt aber nur theoretisch, denn Wärme läßt sich nach physikalischen Grundgesetzen nie restlos in Arbeit umsetzen. Ein Teil der zugeführten Wärme strömt mit dem Auspuffdampf ab.

#### Errechnung des Wirkungsgrades der Dampfmaschine

Neuzeitliche Lokomotivmaschinen verbrauchen je PS Zylinderleistung und Stunde etwa 6 kg Dampf von 20 atü und 400 °C Überhitzung. 1 kg dieses Dampfes hat einen Wärmeinhalt von  $i = 669 + (400 - 214) \times 0,58 = 669 + 108 = 777$  WE. Zur Erzeugung von 1 kg Dampf brauchen aber nur  $777 - 95 = 682$  WE aufgewendet zu werden, da 95 WE durch die Vorwärmung gewonnen werden. Die Lokomotivdampfmaschine verbraucht dann je PS und Stunde eine Wärmemenge von

$$M_d = 6 \times (777 - 95) = 4\,090 \text{ WE.}$$

Hierbei wird 1 PS eine Stunde (3600 sec) lang geleistet, also eine Arbeit von  $75 \times 3600 = 270\,000$  mkg. Diese Arbeit entspricht einer Wärmemenge von

$$M_z = 270\,000 : 427 = 632 \text{ WE.}$$

Der Wirkungsgrad der Dampfmaschine ergibt sich aus dem Verhältnis der im Zylinder nutzbar gemachten Wärmemenge zur dafür im Dampf aufgewendeten Wärmemenge.

Er errechnet sich bei unserem Beispiel zu

$$w = 632 : 4090 = 15,4 \text{ \%}$$

Um den gesamten thermischen Wirkungsgrad der Dampflokomotive zu erhalten, müssen wir den Wirkungsgrad der Dampfmaschine noch mit dem auf Seite xx errechneten Wirkungsgrad des Kessels (69,2 %) vervielfachen.

Der gesamte thermische Wirkungsgrad der Dampflokomotive ergibt sich dann zu:

$$w_{\text{gesamt}} = (632 : 4090) \times 69,2 = 10,7 \%$$

Das bedeutet, daß von der in der Kohle enthaltenen Wärmemenge in der Dampflokomotive etwa 11 % in Arbeit umgewandelt werden können.

Ältere Lokomotivdampfmaschinen, die mit niedrigeren Drücken (12 bis 14 atü) und geringerer Überhitzung (330 bis 350 °C) arbeiten, haben einen höheren Dampfverbrauch von 7 bis 7,5 kg/PS und Stunde Zylinderleistung. Infolgedessen erreichen diese Maschinen auch nur einen niedrigeren Wirkungsgrad.

Einen theoretischen Wirkungsgrad von 100 % könnte man nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie nur erreichen, wenn man mit der Auspufftemperatur auf  $-273\text{ °C}$  heruntergehen könnte, was praktisch nicht annähernd möglich ist. Setzt man die bei einer physikalisch idealen verlustlosen Maschine wirklich mögliche Arbeitsausbeute aus der Wärme = 100, so kommt man mit der wirklichen Maschine zu einem sogenannten thermodynamischen Wirkungsgrad von etwa 75 bis 80 %.

Zu unterscheiden von dem Wärmewirkungsgrad ist der sogenannte mechanische Wirkungsgrad. Leistet eine Dampfmaschine am Kolben 100 PS und gehen durch die Maschinenreibung 10 PS bis zur Schwungradwelle verloren, so liegt hier ein mechanischer Wirkungsgrad von

$$(100 - 10) : 100 \times 100 = 90 \% \text{ vor.}$$

## 2.3. Wiederholungsfragen

### Dampfkunde

1. Was versteht man unter Flüssigkeitswärme ?
2. Was versteht man unter Verdampfungswärme ?
3. Was bewirkt beim Verdampfen die Flüssigkeits- und was die Verdampfungswärme ?
4. Durch welches Maß wird die Wärme gemessen ?
5. Was versteht man unter Wärmeeinheit ?
6. Wie verhält sich der Dampf bei der Kondensation ?
7. Welche Arten von Wasserdampf unterscheidet man ?
8. Was versteht man unter gesättigtem Dampf ?
9. Was geschieht, wenn man Dampf in einem geschlossenen Gefäß erzeugt ?
10. Wie wird der Druck der Dämpfe und Gase gemessen ?
11. Wie groß ist die technische Druckeinheit für Gase und Dämpfe ?
12. Wovon ist der Druck des gesättigten Dampfes allein abhängig und wovon unabhängig ?
13. Was geschieht, wenn man gesättigten Dampf abkühlt ?
14. Was versteht man unter Heißdampf ?
15. Wie wird Heißdampf erzeugt ?
16. Wie verhalten sich Druck, Rauminhalt und Temperatur des Heißdampfes im Vergleich zum Kesseldampf, aus dem er erzeugt ist ?

17. Wieviel Raumteile Dampf von einer Atmosphäre entstehen aus einem Raumteil Wasser ?
18. Wieviel Wärmeeinheiten entfallen auf die Verdampfungswärme ?
19. Was hat zu geschehen, wenn infolge Wassermangel Kesselteile glühend geworden sind ?
20. Warum darf in diesem Fall kein Wasser zugepumpt werden ?
21. Wie verhält sich der Dampf bei der Dehnung und wie bei der Pressung ?
22. Wie äußert sich das Arbeitsvermögen des Dampfes ?

### **Dampfwirtschaft**

23. Worin besteht der Nutzen der Dehnung ?
24. Worin liegt der Wert hoher Eintrittsspannung ?
25. Welches sind die Vorteile und welches die Nachteile des Satt- und Heißdampfes ?
26. Wie äußert sich der praktische Nutzen des Heißdampfes ?
27. Warum ist ein zu hoher Wasserstand im Kessel beim Fahren schädlich ?
28. Wie hoch soll der Wasserstand im Kessel zweckmäßig gehalten werden ?
29. Was versteht man unter dem Wirkungsgrad der Dampfmaschine ?

### 3. Lokomotiveinrichtungen

#### 3.1. Führerstand

##### 3.1.1. Zweck der allgemeinen Einrichtungen an der Dampflokomotive

Die allgemeinen Einrichtungen an der Dampflokomotive dienen teils zum Schutz des Personals (Führerhaus) und zur Erleichterung der Arbeit (elektrische Beleuchtung), teils zur sicheren Durchführung des Betriebes (Dampfpfeife, Läutewerk, Sandstreuer, Bahnräumer, induktive Zugbeeinflussung) sowie zur Verbesserung des Reisens selbst (Heizung und Beleuchtung). Hierzu gehören auch die Schmiervorrichtungen; ohne sie würden alle beweglichen Teile in kürzester Zeit festliegen und die Lokomotiven bewegungsunfähig werden.

##### 3.1.2. Führerhaus der Lokomotive

Bei den ersten Lokomotiven stand das Lokomotivpersonal vollkommen frei auf einer Plattform hinter dem Stehkessel und war dem Qualm des Schornsteines und allen Witterungsunbilden ausgesetzt.

Erst allmählich entwickelte sich die heutige Form des Führerhauses.

Die Führerhausvorder- und -seitenwände werden aus 3 bis 4 mm dicken Blechen hergestellt und mit Holzverschlägen versteift. Seitlich am Rahmen sind Kragträger befestigt, auf denen die Hauptlast des Führerhauses ruht. Die Vorderwand liegt außerdem auf dem Stehkessel auf. Sie ist aber nicht mit der Kesselbekleidung verbunden, da sich der Kessel bei Erwärmung um 12 bis 14 mm ausdehnt.

Um ein Ausgleiten zu verhüten und das Personal vor ungünstigen Temperatureinflüssen zu schützen, wird der Fußboden aus Holz hergestellt. Vor der Feuertür schützt man den Holzfußboden durch ein aufgenageltes Blech.

Zur guten Beobachtung der Strecke ist links und rechts vom Stehkessel je ein Fenster in der Führerhausvorderwand vorgesehen. Durch Staub und Schmutz sowie durch übergerissenes Wasser und Rußteile werden diese Fenster sehr leicht blind und undurchsichtig. Lokomotivführer und Heizer müssen also in der Lage sein, diese Fenster leicht und gefahrlos reinigen zu können. Aus diesem Grunde führt man sie drehbar um eine senkrechte Achse aus. Bei Neubaulokomotiven gestatten durch Luft angetriebene rotierende Klarsichtscheiben einen stets einwandfreien Ausblick.

Die Seitenwände sind meist mit je zwei Fenstern ausgerüstet, von denen die vorderen als feste, die hinteren als Schiebefenster ausgebildet wurden.

Wenn durch Regen oder Schnee die Fenster in der Vorderwand un-

durchsichtig geworden sind, müssen Lokomotivführer und Heizer die Strecke durch die seitlichen Schiebefenster beobachten. Um hierbei aber die Augen vor Wind und Wetter zu schützen, hat man seitliche Schutzfenster angebaut. Bei einigen Lokomotivgattungen mit Schlepptender, die häufig für Rückwärtsfahrten in Betracht kommen (Baureihen 38, 52 und 55), wurden seitliche Schutzfenster nach vorn und hinten angebracht. Bei den größten neueren Lokomotivgattungen entsprechen die äußeren Kanten dieser Windschutzscheiben oftmals dem größten zulässigen Breitenmaß für Fahrzeuge nach Anlage E und F der B0 (3150 mm).

Beim Herauslehnen über diese Außenkanten ist deshalb größte Vorsicht geboten, da sonst Unfallgefahr besteht !

Zum Abzug von Gasen, Staub und Wrasen und zu großer Wärme ist auf dem aus dickem Holz hergestellten und mit Blech verkleideten Dach ein Lüftungsaufsatz mit Lüftungsclappen aufgebaut. Die Lüftungsclappen können durch einen Handzug geöffnet und geschlossen werden.

Aus dem gleichen Grunde und um die Armaturen auf dem Stehkessel aufzuhellen, wurden bei einer großen Anzahl von Lokomotiven in der Führerhausvorderwand über dem Stehkessel noch zwei Klappfenster angebracht.

Trittstufen, deren vordere Kanten meist mit einer Holzleiste zum Schutz gegen Abgleiten versehen sind, dienen auf beiden Seiten des Führerhauses zum Besteigen der Lokomotive.

Den Abschluß nach außen bilden Drehtüren, die nur bis in die Höhe der Fensterbrüstung reichen. Lediglich bei den Gattungen 42 und 52 hat man die Türen bis an die Dachleiste hoch ausgeführt und mit einem Fenster versehen.

Ein Schutzvorhang aus Segeltuch gewährt bei den Lokomotivgattungen mit Schlepptender, die kein völlig geschlossenes Führerhaus besitzen, Schutz gegen Wind und Kohlenstaub und im Winter gegen Kälte. In jeder Hälfte des Vorhanges gestattet ein kleines Fenster Aussicht auf die Strecke, wenn die Lokomotive mit geschlossenem Schutzvorhang rückwärts fährt.

Bei den Einheitslokomotiven wurden zum Schutz gegen Wind und Staub beim Rückwärtsfahren auf den Tendern Rückwandbleche aufgebaut, die mit Fenstern versehen sind.

Das Führerhaus der BR 42 und 52 erhielt eine vollständige Blechrückwand, die beiderseits mit aufklappbaren bzw. drehbaren Fenstern versehen wurde. An dieser Rückwand befinden sich oben in der Mitte die Werkzeugkästen.

Unter diesen Kästen ist bei diesen Lokomotivgattungen in der Rückwand eine Aussparung vorgesehen, durch die das Kohlschaukelblech des Tenders ragt. Während bei den Schlepptenderlokomotiven in der Regel das Nachrutschen der Kohle in das Führerhaus durch Vorsatzbretter verhindert wird, sind bei den Tendern der geschlossenen Bauart Doppeltüren in der Aussparung angebracht. Damit die Kohlen hinter den geschlossenen Türen genäßt werden können, wurden runde, verschließbare Schauluken eingebaut.

Die Lücke zwischen Lokomotive und Tender hat man durch ein starkes an der Lokomotive befestigtes Riffelblech überbrückt. Dieses Blech trägt seiner Aufgabe gemäß die Bezeichnung „Tenderbrücke“. Lediglich bei den Lokomotiven der BR 42 und 52 kam die Tenderbrücke in Wegfall.

Als vollkommenen Abschluß zwischen Lokomotive und Tender und gleichzeitig als Wind- und Wetterschutz wurde bei den BR 42 und 52 ein Faltenbalg eingebaut.

An den Seitenwänden sind rechts und links Dreh- oder Klappsitze

angebaut. Bei den Lokomotiven der Baureihe 52 wurde auf jeder Seite ein Kasten als Sitzgelegenheit aufgestellt, der gleichzeitig als Schrank für Taschen, Eßgeschir, Dienstmappe und sonstige Gegenstände dienen kann.

Ein Aufsatzblech über der Feuertür dient zum Wärmen von Ölkannen und von Speisen. Bei der Lokomotivreihe 52 ist außerdem zum Wärmen von Speisen ein besonderer Blechkasten angebracht, dessen Rückwand durch ein Stück nichtisolierter Stehkesselrückwand gebildet wird.

Möglichst jede Stelle des Kessels muß gefahrlos erreicht werden können. Aus diesem Grunde sind um den Kessel herum Laufbleche und am Kessel, an der Rauchkammer und an den vorderen Pufferträgern Handstangen und Tritte angebracht.

### **Achtung !**

**Sicherheitsabstand bei Arbeiten unter Fahrleitungen beachten !**

Bei den Tenderlokomotiven ist das Führerhaus allseitig geschlossen. Baustoffe und Anordnung des Führerhauses sind im wesentlichen die gleichen wie bei den Lokomotiven mit Schlepptender. Im folgenden sollen deshalb nur noch die Abweichungen behandelt werden.

Da die Tenderlokomotiven grundsätzlich für Fahrten in beiden Richtungen bestimmt sind, wurden die seitlichen Schutzfenster (Windschutzscheiben) bei diesen Lokomotiven nach vorn und hinten angebracht.

Um den Führerstand bei schlechtem Wetter vollständig nach außen abschließen zu können, sind bei den meisten Tenderlokomotiven Schutzvorhänge an den Seiten vorgesehen.

Die Rückwand bildet gleichzeitig den Abschluß des hinten aufgesetzten Kohlenkastens. Zur Entnahme der Kohlen ist eine durch einen Blechschieber oder auch durch Türen abgeschlossene Öffnung in der Mitte der Rückwand vorgesehen. Oftmals sind auch im oberen Teil der Rückwand noch Türen eingebaut, damit man die Möglichkeit hat, die Kohlen nach der Mitte zu ziehen, wenn der Kohlenvorrat zur Neige geht.

Rechts und links trägt die Rückwand meist ovale, um eine senkrechte Achse drehbare Fenster zur Beobachtung der Strecke bei Rückwärtsfahrt.

### Übersichtliche Anordnung der Bedienungseinrichtungen

Sämtliche Bedienungseinrichtungen sind so zweckentsprechend angeordnet, daß der Lokomotivführer alle von ihm zu betätigenden Einrichtungen auf seiner rechten Seite griffbereit hat, während sich die zur Bedienung und Überwachung des Kessels notwendigen Einrichtungen auf der Heizerseite befinden.

Auf der rechten Seite (Führerseite) findet man deshalb Reglerhandhebel, Steuerung, Führerbremsventil und Zusatzbremsahn, Auslöseventil, Anstellventil für Druckausgleicher und Luftsaugeventil, Sandstreuer, Dampfpeife, Handhebel zum Zylinderventilzug sowie die Druckmesser für Schieberkasten, Bremszylinder, Bremsluftleitung und Hauptluftbehälter. Zur Kontrolle der Geschwindigkeit ist außerdem in der rechten vorderen Ecke ein Geschwindigkeitsmesser und zur Beobachtung der Überhitzung bei Heißdampflokomotiven oben neben den übrigen Anzeigeninstrumenten noch ein Fernthermometer (Pyrometer) vorgesehen.

Der Heizer hat auf seiner Seite (Heizerseite) den sichtbaren

Wasserstand, das Anstellventil zum Hilfsbläser, das Anstellventil zur Speisepumpe, das Anstellventil zur Dampfheizung, den Dreiwegehahn zur Dampfheizung bzw. Umschaltventil bei Einheitslokomotiven, den Heizungsdruckmesser, den Hubanzeiger der Speisepumpe, das Ventil für Aschkasten-, Rauchkammer- und Kohlen-spritze (Dillinghahn), die Schmierpresse oder Schmierpumpe, die Kurbel zum Kipprost und die Aschkasten-Luftklappenzüge.

Die zweite Speiseeinrichtung (Dampfstrahlpumpe) wurde in der Regel auf der Führerseite angebaut, da sie gewöhnlich nur beim Stillstand der Lokomotive in Gang gesetzt wird, also zu einer Zeit, in der der Lokomotivführer vorübergehend von seiner verantwortlichen Tätigkeit entbunden ist, während der Heizer sich bereits wieder um die Bedienung des Feuers für die Weiterfahrt bemühen muß.

Bei den Lokomotiven der BR 42 und 52, die mit zwei Dampfstrahlpumpen ausgerüstet sind, wurden beide Pumpen auf der Heizerseite übereinander angeordnet, damit sie abwechselnd betätigt werden können.

Die zweite Wasserstandseinrichtung (3 Probierhähne oder auch das zweite Wasserstandsglas) dient auf der Lokomotivführerseite als Kontrolleinrichtung.

Der Kesseldruckmesser, den sowohl der Lokomotivführer als auch der Heizer zu jeder Zeit einwandfrei erkennen müssen, befindet sich in der Regel auf dem Stehkessel oben in der Mitte.

Der Zug der Aschkastenbodenklappen, der nur beim Ausschlacken, also wesentlich seltener als die Aschkastenluftklappen, betätigt wird, befindet sich rechts neben der Feuertür.

Eine Deckenleuchte wird durch eine Blechklappe so abgeblendet, daß nur die wichtigsten Armaturen, der Kesseldruckmesser, der Wasserstand sowie die Druckmesser für Schieberkasten und Brems-einrichtungen, angestrahlt werden. Wird während des Stillstandes der Lokomotive größere Helligkeit auf dem Führerstand benötigt, dann kann die Blechklappe geöffnet werden.

Eine große Anzahl von Lokomotiven ist außerdem noch mit Leuchten für den Wasserstand und für die Steuerungsskala ausgerüstet.

Die Anordnung der Einrichtungen bei Tenderlokomotiven ist im allgemeinen die gleiche wie bei den Lokomotiven mit Schlepptender.

### 3.1.3. Verbindungen zwischen Lokomotive und Tender

#### Kuppelkasten

Um die Zuckbewegungen der Lokomotiven auf ein Mittelmaß zu beschränken, müssen Lokomotiven und Tender eine zusammenhängende Masse bilden. Die Kupplung muß andererseits aber so viel Bewegungsfreiheit haben, daß sich Lokomotive und Tender bei den Bewegungen im Gleis und besonders in Kurven nicht behindern.

Die wichtigste Verbindung zwischen Lokomotive und Tender bildet das Hauptkuppelleisen (Bild 22). An ihm hängt die gesamte von der Lokomotive zu befördernde Last. Es muß deshalb besonders stark ausgebildet sein. Im Kuppelkasten der Lokomotive und des Tenders wird es jeweils durch einen starken Hauptkuppelbolzen gehalten. Aus Sicherheitsgründen sind bei fast allen Lokomotivgattungen zu beiden Seiten des Hauptkuppelleisens noch Notkuppelleisen vorgesehen, die durch Notkuppelbolzen gehalten werden. Wie Bild 23 zeigt, sind die Augen des Hauptkuppelleisens nicht

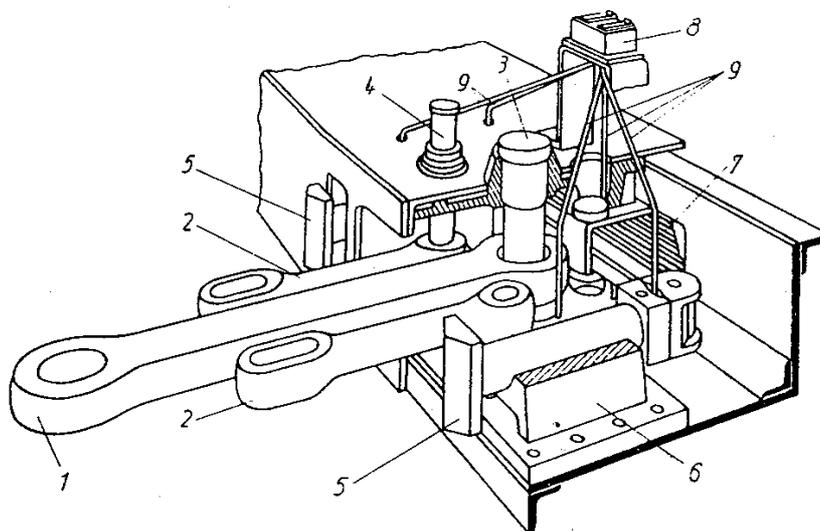


Bild 22. Kuppelkasten des Tenders

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1 Hauptkuppelleisen | 6 Stoßpufferführung |
| 2 Notkuppelleisen   | 7 Stoßpufferfeder   |
| 3 Hauptkuppelbolzen | 8 Dochtschmiergefäß |
| 4 Notkuppelbolzen   | 9 Ölrohre           |
| 5 Stoßpuffer        |                     |

zylindrisch gebohrt, sondern nach beiden Seiten aufgeweitet, also ballig ausgeführt. Dadurch wird es ermöglicht, daß sich Lokomotive und Tender senkrecht gegeneinander bewegen können. Das ist sehr wichtig beim Befahren von Drehscheiben und Schiebebühnen, bei Unebenheiten im Gleis sowie bei Ergänzung bzw. Erschöpfung der Kohlen- und Wasservorräte des Tenders.

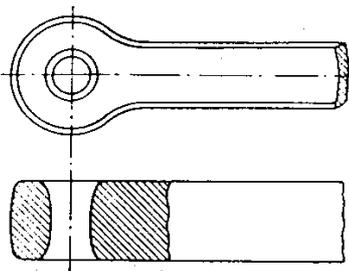


Bild 23. Schnitt durch das Auge des Hauptkuppelleisens

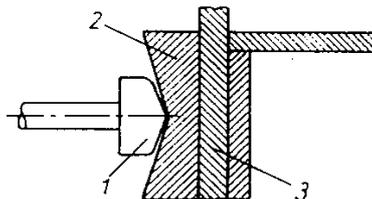


Bild 24. Stoßpuffer und Stoßpufferplatte  
 1 Stoßpuffer  
 2 Stoßpufferplatte  
 3 Kuppelkasten der Lokomotive

Damit die Notkuppelleisen die Bewegungen von Lokomotive und Tender nicht beeinträchtigen, sind deren Augen auf der Lokomotivseite als Langlöcher ausgebildet.

Um die Verbindung zwischen Lokomotive und Tender starr genug zu gestalten, müssen beide durch Federkraft so weit auseinanderge-

drückt werden, daß das Hauptkuppelleisen immer unter Spannung steht. Aus diesem Grunde wird der Tender mit zwei Stoßpuffern ausgestattet, die mit der Kraft der Stoßpufferfeder gegen die Stoßpufferplatten am Kuppelkasten der Lokomotive gepreßt werden.

Beim Kuppeln der Lokomotive zieht man mit einer besonderen Spannvorrichtung Lokomotive und Tender so weit zusammen, daß die Stoßpufferfeder eine sehr starke Vorspannung erhält.

Aus den Bildern 23 und 24 ist zu ersehen, daß die Köpfe der Stoßpuffer prismatisch ausgebildet sind, so daß sie sich auch in kleinsten Gleisbögen gut auf der keilförmig ausgeführten Stoßpufferplatte abwälzen können.

Da hierbei die Stoßpufferköpfe auf den Keilflächen aufwärts gleiten, wird die Stoßpufferfeder wieder stärker gespannt, so daß auch in Gleiskrümmungen und beim Schlingern der Lokomotive die Verbindung mit dem Tender stets straff bleibt und die Schlingerbewegung stark gemildert wird. Die Einstellung der Stoßvorrichtung in der Geraden und in Kurven zeigt Bild 25.

Die Stoßpufferplatten sind bei den älteren Lokomotiven von Hand zu schmieren. Bei den Einheitslokomotiven wurden im Führerhaus besondere Dochtschmiergefäße angebaut, von denen aus das Öl durch Röhrchen an die Stoßpufferplatten geleitet wird.

Verbindungen für Wasser, Luft, Dampfheizungen und elektrisches Licht

Von der tiefsten Stelle des Wasserkastenbodens führen zwei Speisewasserkupplungen zu den Saugleitungen der Speiseeinrichtungen auf der Lokomotive.

Die Speisewasserkupplungen bestehen aus je zwei mit einem Kupplungsstück (3) verbundenen Gummischläuchen (1), die durch Drahringe (2) versteift sind. Das Kupplungsstück trägt einen Dichtungskegel (4); am Verbindungs- oder Anschlußstück (5) sitzt ebenfalls ein Dichtungskegel (6) und ein Gewindestück (7).

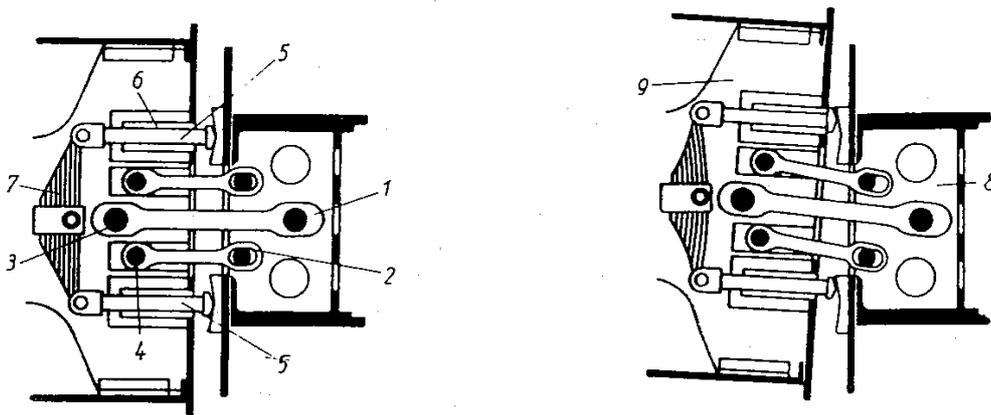


Bild 25. Kupplung zwischen Lokomotive und Tender  
a) in der Geraden      b) in der Kurve

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 1 Hauptkuppelleisen | 6 Stoßpufferführung        |
| 2 Notkuppelleisen   | 7 Stoßpufferfeder          |
| 3 Hauptkuppelbolzen | 8 Kuppelkasten der Lok     |
| 4 Notkuppelbolzen   | 9 Kuppelkasten des Tenders |
| 5 Stoßpuffer        |                            |

Kupplungsstück und Hülse werden durch die Überwurfmutter (8) mit dem Gewindestück (9) verbunden. Zur Sicherung gegen selbsttätiges Lösen ist an der Überwurfmutter noch ein Gewicht (10) angebracht.

An der tiefsten Stelle der Speisewasserkupplungen sitzt ein Entleerungshahn (11), damit die Kupplungen bei Frost völlig entwässert werden können.

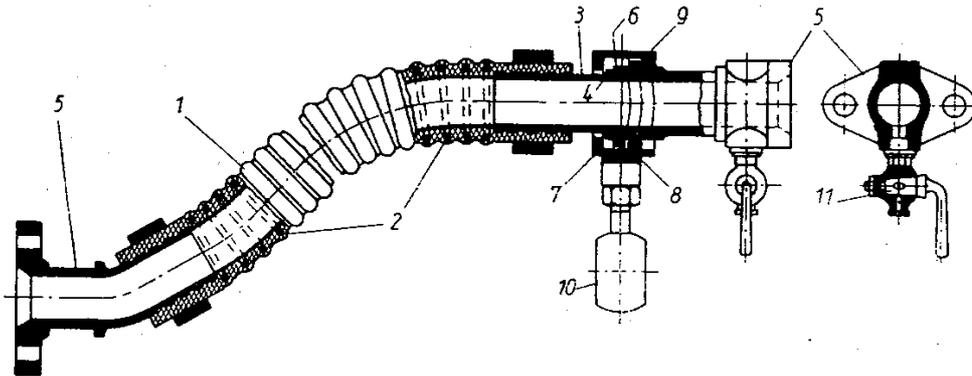


Bild 26. Speisewasserkupplung zwischen Lokomotive und Tender

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1 Gummischlauch    | 7 Gewindestück     |
| 2 Drahringe        | 8 Überwurfmutter   |
| 3 Kupplungsstück   | 9 Gewindestück     |
| 4 Dichtungskegel   | 10 Gegengewicht    |
| 5 Verbindungsstück | 11 Entleerungshahn |
| 6 Dichtungskegel   |                    |

Über dem Anschluß der Speisewasserkupplungen sitzen die Tenderabsperrentile, die oben auf dem Führerstand an der vorderen Stirnseite des Tenders durch Ventilhebel geöffnet und geschlossen werden können.

Vorn und hinten an der Lokomotive sind Bremskupplungen mit Luftabsperrröhren und Kupplungsköpfen angebracht. Zwischen Lokomotive und Tender dagegen sind nur einfache Schlauchverbindungen vorgesehen. Sie bestehen lediglich aus einem Kupplungsschlauch, der an jedem Ende ein Gewindestück oder eine Rohrverschraubung trägt.

Auf der Lokomotive muß stets ein Kurzkupplungsschlauch für die Hauptluftleitung als Ersatz mitgeführt werden, da beim Schadhafwerden des Schlauches die Lokomotive sonst nicht mehr imstande wäre, die Zugbremse zu bedienen.

Ebenso wie bei der Luftleitung sind auch bei der Heizdampfleitung in der Verbindung zwischen Lokomotive und Tender bei den neueren Lokomotiven keine Absperrhähne mehr vorgesehen.

Bei den älteren Lokomotivgattungen sind einteilige Gummischlauchkupplungen mit Schraubenbügel, Kurbel und Gegenmutter angebracht (Bild 27).

Da die innere lichte Weite mit 35 mm Durchmesser den Dampf ziemlich stark drosselt, baute man bei den neueren Lokomotiven zweiteilige Heizkupplungen (Pintsch-Halbkupplungen) zwischen Lokomotive und Tender an. Diese Kupplungen bestehen aus isolierten Rohren mit einem inneren Durchmesser von 56 mm, die an ein festes Anschlußstück angeflanscht werden. Der Absperrhahn ist im Anschlußstück der Heizkupplung selbst eingebaut.

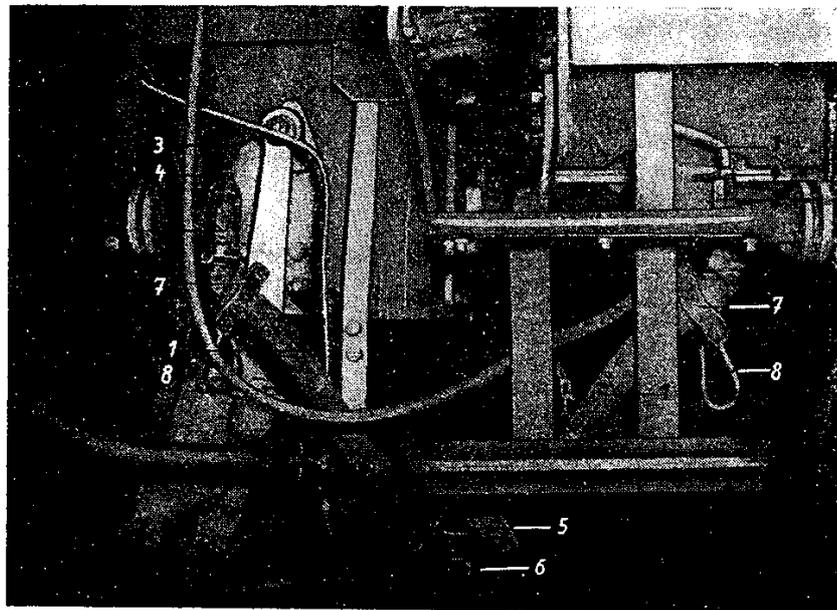


Bild 27. Einteilige Gummischlauchkupplung für Dampfheizung

- |                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| 1 Heizschlauch   | 5 Schlauchmittelstück |
| 2 Schraubenbügel | 6 Entwässerungshahn   |
| 3 Kurbel         | 7 Schlauchschelle     |
| 4 Gegenmutter    | 8 Aufhängehaken       |

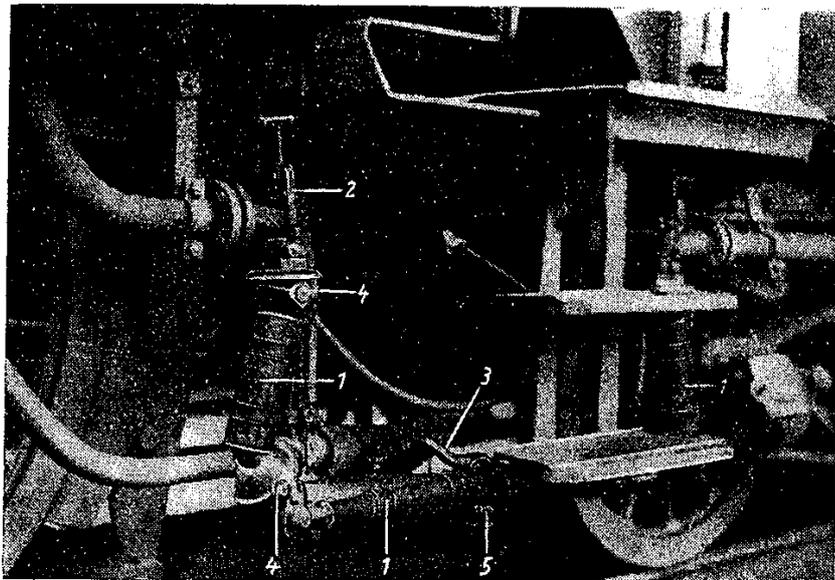


Bild 28. Zweiteilige Gummischlauchkupplung für Dampfheizung

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1 Heizkupplungsrohr | 4 Rohrgelenk          |
| 2 Schraubenbügel    | 5 Entwässerungsventil |
| 3 Verschlussbaken   |                       |

Außerdem werden zweiteilige Heizkupplungen mit dem gleichen Durchmesser von 56 mm geschaffen, die mit einem anschraubbaren Pintschhahn ausgerüstet sind.

Endlich gibt es als Übergangslösung noch zweiteilige Heizkupplungen mit einem inneren Durchmesser von 42 mm, die als Anschluß den alten Schraubenbügel mit Kurbel und Gegenmutter besitzen (Bild 28).

Schließlich ist noch eine Verbindung der Lichtleitung zwischen Lokomotive und Tender erforderlich. Hierzu dient eine vierpolige Kupplung.

## 3.2. Behandlung der Lokomotive

### 3.2.1. Allgemeines über Ausrüstung der Lokomotive mit Beleuchtungsmöglichkeiten

Das Regelspitzensignal während der Dunkelheit besteht aus zwei leuchtenden Laternen in gleicher Höhe vorn am ersten Fahrzeug. Deshalb ist jede Lokomotive vorn und hinten mit je 2 Signallaternen auf dem Pufferträger über den Puffern ausgerüstet. Lokomotiven mit Schlepptender tragen die hinteren Laternen auf dem Pufferträger des Tenders.

Außer der Beleuchtung der Signallaternen muß die Lokomotive noch an verschiedenen Stellen mit Beleuchtungsmöglichkeiten versehen sein, um die Bedienung der Lokomotive während der Nacht zu erleichtern. Aus diesem Grunde ist auf dem Führerstand jeder Lokomotive eine besondere Wasserstandslaterne vorgesehen. Bei den neueren Lokomotiven wird auch die Steuerungsskala von einer besonderen Leuchte angestrahlt, die so abgeblendet ist, daß das Licht nur auf die Skala fällt.

Eine größere Anzahl der neueren Lokomotiven ist ferner mit einer Triebwerkbeleuchtung ausgerüstet. Dadurch wird das Vorbereiten, Untersuchen und Abölen des Triebwerkes wesentlich erleichtert.

Während früher fast ausschließlich Petroleum und Ölgas als Beleuchtungsmittel dienten, herrscht heute die elektrische Beleuchtung vor.

### 3.2.2. Elektrische Beleuchtung

#### Turbogenerator

Den Strom zur elektrischen Beleuchtung der Lokomotive erzeugt ein Turbogenerator. Am häufigsten wird der Turbogenerator der Bauart AEG mit einer Leistung von 0,5 kW verwendet. Das zusammengesetzte Wort Turbogenerator sagt uns, daß die Lichtmaschine aus einer Turbine besteht, die einen Generator (Stromerzeuger) antreibt.

Die Dampfturbine besteht aus einem Düsenkranz und einem Laufrad. Das Laufrad oder Turbinenrad ist aus Stahl gefertigt und hat einen Schaufelkranz, dessen Schaufeln durch Stifte befestigt und hart gelötet sind. Zur Sicherung hat man noch einen starken Schrumpfring aufgezogen. Durch den stählernen Düsenkranz beaufschlagt der Dampf den Schaufelkranz in Richtung der Längsachse (Bild 29).

Die hinter dem Laufrad sitzenden Umkehrschaufeln aus Bronze leiten den Dampf, sobald er aus dem Schaufelkranz des Laufrades

ausgetreten ist, zum zweiten Male auf das Rad. Das Laufrad sitzt auf einer Welle des Generators, die auf Kugellagern läuft.

Die Geschwindigkeit der Turbine wird durch einen Fliehkraftregler mit Federbelastung geregelt. Aus Bild 29 ist zu erkennen, daß die Reglergewichte (2) mit gehärteten Schneiden (4) auf Tragarmen des Laufrades gelagert sind. Die Bewegungen der Gewichte werden durch Winkelhebel auf die gehärtete Spurscheibe und von hier aus über die als Spurlager ausgebildete Kohlenscheibe auf den Drosselschieber (13) übertragen. Eine zusätzliche Feder drückt den Drosselschieber stets gegen die Spurscheibe, so daß der Drosselschieber jedem Ausschlag des Reglers folgen muß.

Steigt die Geschwindigkeit des Turbinenrades (Laufrad), dann werden die Reglergewichte auseinandergeschleudert, Spurscheibe, Spurlager und Drosselschieber axial nach dem Regler zu verschoben und die Dampfeinströmung somit gedrosselt. Um den Ausschlag des Fliehkraftreglers zu begrenzen, sitzen am Laufrad besondere Ausschlagsbegrenzungen (1).

Läßt die Geschwindigkeit nach, dann wird die Fliehkraft (Zentrifugalkraft) geringer, und der Ausschlag der Gewichte verkleinert sich. Das Zusammenziehen der Gewichte wird durch die Federn (3) noch unterstützt. Der Drosselschieber öffnet die Dampfeinströmung jetzt wieder stärker.

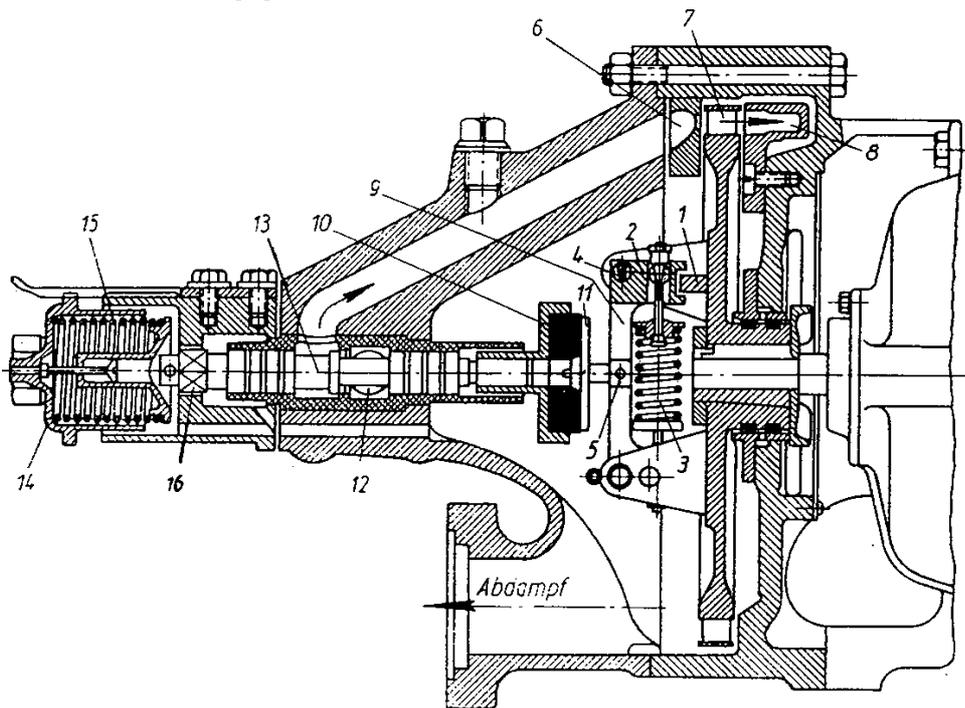


Bild 29. Dampfturbine der Lichtmaschine

- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| 1 Ausschlagbegrenzer      | 9 Fliehkraftregler |
| 2 Reglergewichte          | 10 Spurlager       |
| 3 Reglerfeder             | 11 Spurscheibe     |
| 4 gehärtete Drehschneiden | 12 Dampfeintritt   |
| 5 Gelenk                  | 13 Drosselschieber |
| 6 Düsen                   | 14 Verschlusskappe |
| 7 Laufrad                 | 15 Zusatzfeder     |
| 8 Umkehrschaufel          | 16 Vierkant        |

Durch diese Wirkung des Fliehkraftreglers wird die Drehzahl der Turbine bei allen Kesselspannungen von 4,5 bis 16 at Überdruck konstant auf 3600 U/min gehalten.

#### Schalteinrichtungen

Der Strom läuft von dem Turbogenerator nach einem im Führerhaus angebrachten Schaltkasten. Im Schaltkasten sind drei Schalter, die zu je einem Stromkreis gehören, sowie die Sicherungen untergebracht.

Vom ersten Stromkreis werden die beiden vorderen Laternen sowie zwei außen an der Lokomotive angebrachte Steckdosen gespeist. Bei Lokomotiven mit Triebwerksbeleuchtung liegt diese mit in diesem Stromkreis; dafür fallen in der Regel die äußeren Steckdosen weg.

Im zweiten Stromkreis liegt die Führerhaus-Deckenbeleuchtung, der Anschluß der Wasserstandslampe sowie eine weitere Steckdose auf dem Führerstand. Dieser weitere Anschluß wird häufig für die Beleuchtung der Steuerungsskala verwendet.

Die beiden hinteren Laternen werden vom dritten Stromkreis gespeist. Lokomotiven mit Schlepptender tragen in diesem dritten Stromkreis noch je eine Steckdose rechts und links außen am Tender.

Ist noch eine besondere Tenderbühnenlampe vorgesehen (Bild 30), dann liegt sie gewöhnlich im zweiten Stromkreis.

Auf dem Schaltbrett sind die einzelnen Schaltstellungen und Anschlüsse besonders gekennzeichnet.

Die Verbindung zwischen Lokomotive und Tender bildet eine vierpolige Kupplung.

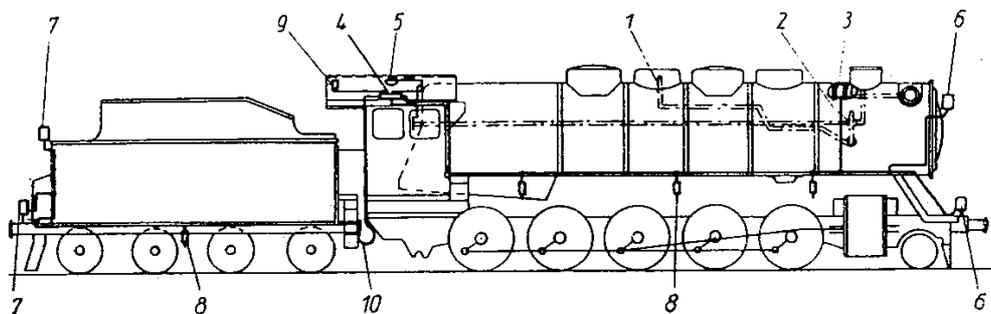


Bild 30. Anordnung der elektrischen Beleuchtungseinrichtung der Lokomotive

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 1 Dampfleitung      | 6 vordere Signallaterne |
| 2 Dampfeinlaßventil | 7 hintere Signallaterne |
| 3 Turbogenerator    | 8 Triebwerkbeleuchtung  |
| 4 Schaltkasten      | 9 Tenderbühnenlampe     |
| 5 Führerhauslaterne | 10 vierpolige Kupplung  |

#### Bedienungsweise

Ein besonderer Dampfenntnahmestutzen, der meist am Dampfdom sitzt, dient zur Frischdampfenntnahme für die Turbine. Das Dampfventil kann mit Hilfe eines Handrades mit Spindel vom Führerhaus aus angestellt werden.

Vor der Inbetriebnahme des Turbogenerators muß die Frischdampfleitung gründlich entwässert werden. Alle Schalter im Lokomotivlichtkasten müssen auf Stellung „aus“ stehen, damit die Lichtmaschine ohne Belastung anlaufen kann. Nun muß das Anstellen langsam und sehr vorsichtig geschehen. Vor allen Dingen soll erst mindestens eine Minute lang bei ganz wenig ange-  
stelltem Ventil vorgewärmt werden, damit der Schaufelkranz nicht durch Wasserschläge beschädigt wird.

Wenn bei weiterem langsamen Öffnen des Anstellventils die Lichtmaschine Neigung zum Durchdrehen zeigt, dann muß das Ventil sofort geschlossen und die Lichtmaschine erneut langsam an-  
gestellt werden. Zeigt sich weiter die Neigung zum Durchdrehen, dann ist der Dampfschieber verschmutzt.

Die Herausnahme des Schiebers aus dem Gehäuse zur Reinigung ist Aufgabe der Werkstatt.

Sobald die Lichtmaschine ihre Nenndrehzahl erreicht hat, wird das Frischdampfventil vollständig geöffnet und die Lampen werden eingeschaltet. Wie bereits im Abschnitt „Turbogenerator“ geschildert wurde, regelt die Maschine die Drehzahl und im warmen Zustand auch die Spannung (25 V) nun selbst. Es ist also in der Regel während des Betriebes keine Änderung der Ein-  
stellung des Frischdampfventils mehr erforderlich.

Ein Sieb in der Frischdampfleitung soll Schmutz und sonstige mitgerissene Teile zurückhalten. Trotzdem kann es vorkommen, daß Spannung und Drehzahl wegen Verschmutzung des Schiebers nachlassen. Man stellt die Lichtmaschine ab und bewegt den Drosselschieber durch mehrfaches vorsichtiges An- und Abstellen hin und her. Häufig wird die Verschmutzung dadurch weggespült. Deshalb ist auch stets darauf zu achten, daß die Entwässerungs-  
leitung frei ist.

Arbeiten am Turbogenerator, besonders das Verstellen des Drehzahlreglers, darf das Lokomotivpersonal nicht ausführen, da bei falscher Einstellung die Turbine durchdrehen und zerstört werden kann.

An den neueren Lokomotiven mit Triebwerkbeleuchtung würde während der Fahrt die Gefahr der Zertrümmerung und Verschmutzung der Lampen bestehen. Sie werden deshalb durch Kappen geschützt.

### 3.3. Dampfheizung

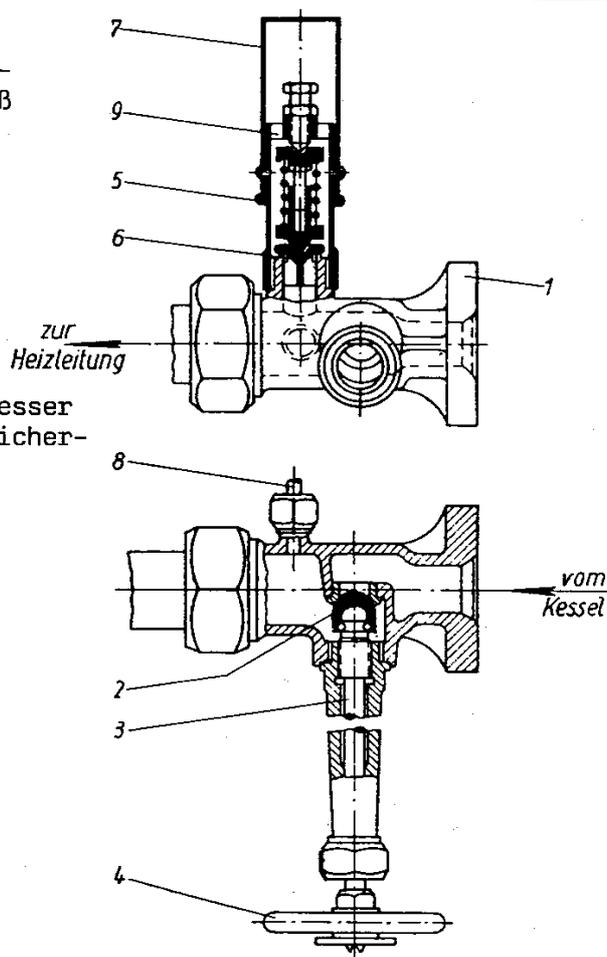
#### 3.3.1. Dampfheiz-Anstellventil

Alle der Personenbeförderung dienenden Züge, die von Dampflokomotiven gefahren werden, sind mit Dampfheizeinrichtungen versehen. Der Heizdampf wird von der Lokomotive geliefert. Hierzu ist ein besonderes Dampfheizventil vorgesehen, das entweder unmittelbar auf dem Stehkessel aufgesetzt oder an einem Dampfentnahmestutzen angeflanscht ist. Bei neueren Lokomotiven hat man einen Dampfverteilerkasten vorgesehen, in dem alle Dampfentnahmestellen, u. a. auch das Dampfheizventil, vereinigt sind.

Bild 31 zeigt das Dampfheizventil mit Sicherheitsventil. Durch Handrad und Ventilspindel kann das Absperrventil von seinem Sitz abgehoben und dem Kesseldampf der Weg zur Heizleitung freigegeben werden. Das Ventil wird allmählich und nur so weit geöffnet, daß der Dampf in der Heizleitung je nach Zuglänge und

Bild 31.  
Dampfheizung mit Sicherheitsventil und Anschluß für Druckmesser

- 1 Gehäuse
- 2 Absperrventil
- 3 Ventilspindel
- 4 Handrad
- 5 Ventilaufsatz
- 6 Federteller
- 7 Schalldämpfer
- 8 Anschluß zum Druckmesser
- 9 Auslaßöffnung des Sicherheitsventils



Witterung bis zu  $4 \text{ kp/cm}^2$  steigt. Bei ausnahmsweise langen Zügen und bei sehr kalter Witterung kann der Druck in der Hauptdampfleitung bis auf  $4,5 \text{ kp/cm}^2$  gebracht werden. Dieser Höchstdruck darf mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Heizkupplungen nicht überschritten werden. Kurz hinter dem Ventil Sitz des Dampfventils (Bild 31) ist ein Sicherheitsventil angebaut, das bei  $4,5 \text{ kp/cm}^2$  abbläst. Am gleichen Ventilstutzen hat man einen Druckmesser angeschlossen, an dem der jeweilige Druck in der Hauptdampfleitung angezeigt wird.

### 3.3.2. Dreiwegehahn

Da sowohl eine Tenderlokomotive als auch eine Lokomotive mit Schlepptender in der Lage sein muß, in jeder Richtung einen Zug zu heizen, wird der Heizdampf vom Dampfheizventil aus nicht direkt in die Hauptdampfleitung gelassen. Vom Heizventil aus wird der Dampf zuerst zu einem Dreiwegehahn geführt, der sich auf der Heizerseite des Führerhauses befindet. Von hier aus kann der Dampf nun entweder nach dem vorderen oder dem hinteren Heizanschluß geleitet werden.

Hat eine Lokomotive einen Zug in Vorwärtsfahrt befördert und dann, ohne zu drehen, einen Gegenzug übernommen, dann muß der Dreiwegehahn umgestellt werden, so daß der Dampf jetzt nach vorn geleitet wird.

### 3.3.3. Umschaltventil

Bei den Einheitslokomotiven wurde an Stelle eines Dreiwegehahnes ein Umschaltventil vorgesehen (Bild 32).

Durch Handrad und Ventilspindel kann das Umschaltventil einmal nach vorn zum Abdichten gebracht und dem Dampf der Zutritt zur hinteren Heizleitung freigegeben werden, oder es wird nach hinten abgedichtet und läßt den Dampf in die vordere Heizleitung. In einer Zwischenstellung kann Dampf in geringer Menge gleichzeitig nach beiden Seiten strömen, so daß ein Einfrieren verhindert wird.

Wenn bei starker Kälte nach der einen Seite Heizdampf gegeben wird (z.B. nach hinten), dann muß das Umschaltventil zunächst bis zum Abdichten der entgegengesetzten Seite (nach vorn) gedreht und dann ein oder zwei Umdrehungen zurückgenommen werden. Dann erhält auch die nach vorn führende Heizleitung etwas Dampf und kann nicht einfrieren.

Soll als Gegenleistung ein Güterzug befördert werden, bei dem gar nicht zu heizen ist, dann stellt man das Umschaltventil in die Zwischenstellung.

Bei neuen Umschaltventilen werden für eine volle Bewegung von vorn nach hinten in der Regel etwa 12 Umdrehungen benötigt; bei 6 Umdrehungen liegt genau die Zwischenstellung.

Zwischen Lokomotive und Tender strömt der Dampf durch eine zweiteilige Dampfheizkupplung. Bei einigen neueren Lokomotiven hat man wieder einteilige Gummischlauchkupplungen mit 56 mm lichter Weite vorgesehen.

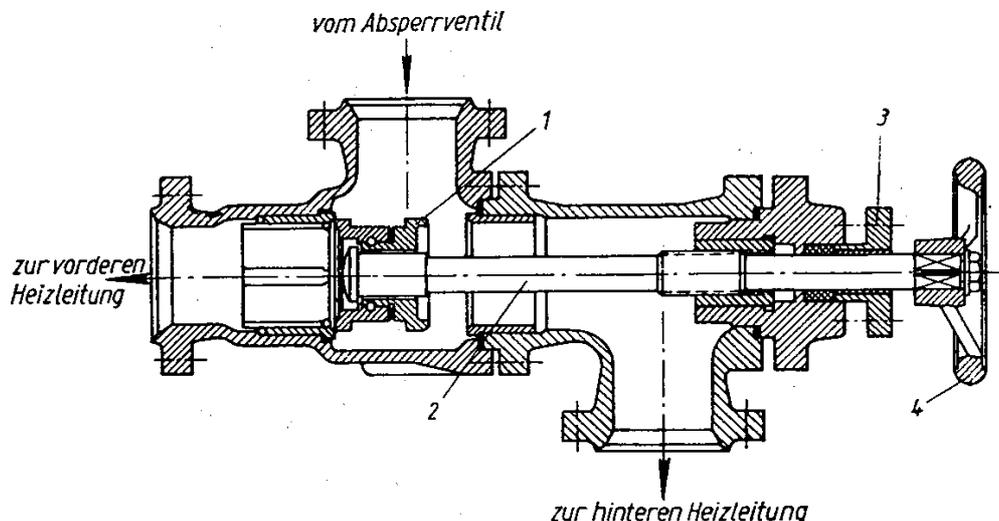


Bild 32. Umschaltventil zur Dampfheizung

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| 1 Umschaltventil | 3 Stopfbuchse |
| 2 Ventilspindel  | 4 Handrad     |

### 3.3.4. Absperrhähne

Während zwischen Lokomotive und Tender an den Heizleitungsenden nur Krümmen zur Befestigung der Bügel der Heizkupplungen vorgesehen sind, befinden sich an den Enden der Dampfheizleitungen am vorderen und hinteren Kopfstück der Lokomotive Dampfabsper-

hähne (Bild 33). In der Stellung I ist der Absperrhahn geöffnet. Der Dampf strömt von der Heizleitung der Lokomotive zum Heizschlauch und von hier aus in die Heizdampfleitung. In der Stellung II ist der Hahn abgesperrt. Durch eine kleine Bohrung im Hahnküken (1) und eine Bohrung (2) im Gehäuse wird die Heizkupplung mit der freien Luft verbunden. In die Stellung III wird der Hahn des letzten Wagens gestellt. Der entspannte Dampf und das Kondensat können hierbei ins Freie entweichen.

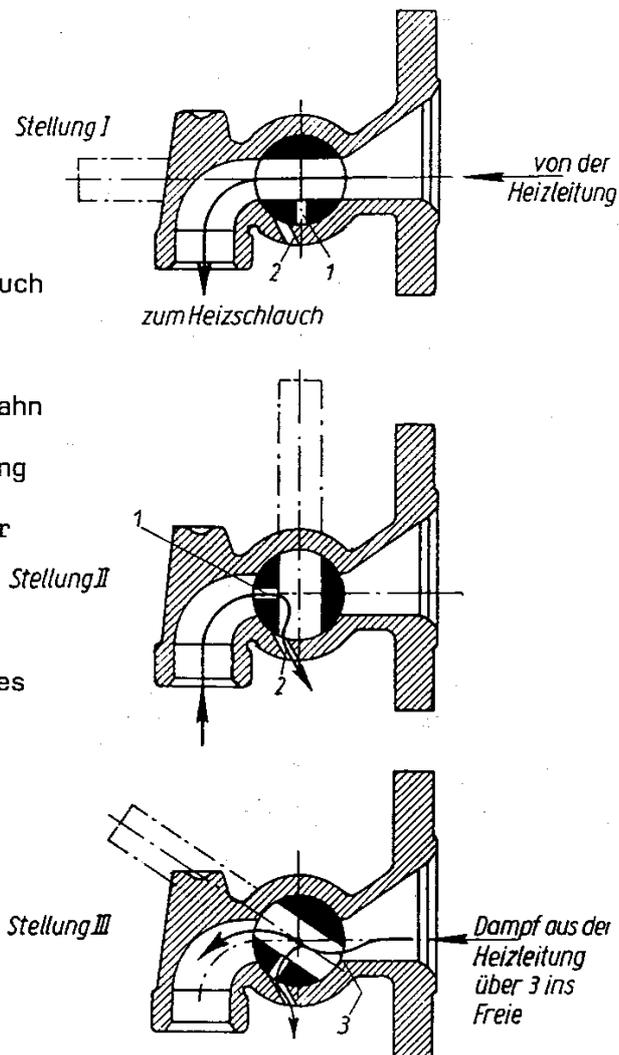
Bild 33.  
Absperrhahn zur  
Dampfheizleitung

Stellung I:  
Absperrhahn geöffnet

Stellung II:  
Absperrhahn geschlossen  
Dampf aus dem Heizschlauch  
über 1 und 2 ins Freie

Stellung III:  
Absperrhahn als Schlußhahn  
der Heizleitung  
Dampf aus der Heizleitung  
über 3 ins Freie  
Niederschlagswasser über  
1 und 2 ins Freie

- 1 Bohrung mit Hahnküken
- 2 Bohrung im Gehäuse
- 3 Gedrosselte Öffnung des  
Schlußhahnes



### 3.4. Schmiervorrichtungen

#### 3.4.1. Zweck der Zentralschmierung

Unter Zentralschmierungen versteht man solche Einrichtungen, die von einer zentralen Stelle aus mehrere Schmierstellen gleichzeitig mit Schmierstoff versorgen. Die ersten Zentralschmierungen von de Limon und von Michalk so-

wie von Dicker und Werneburg gestatteten nur ein Schmieren der Schieber und Zylinder vom Führerhaus aus. Später ging man dazu über, auch die Schieberstangen und Kolbenstangen von der Zentralschmiervorrichtung aus zu schmieren. Bei den heutigen Hochdruckschmierpumpen und Boschschmierpumpen sind durchweg Anschlüsse an Kolben und Schieber, Kolbenstangen und Schieberstangen vorgesehen.

Bei einigen neueren Lokomotiven sowie bei mehreren ausländischen Lokomotivgattungen ist man sogar dazu übergegangen, die Achslager und Achslager-Gleitplatten von einer auf dem Führerstand angebrachten zentralen Schmiervorrichtung aus mit Öl zu versorgen.

Dampf- und Luftzylinder sowie Kolbenstange bzw. Stopfbüchse der Luftpumpen und Dampfzylinder und Kolbenstangen der Speisepumpen erhalten ihre Schmierstoffe zentral von einer auf der Pumpe angebauten DK-Schmierpresse.

Die Wirkungsweise der einzelnen Zentralschmierungen lernen wir im folgenden Abschnitt kennen.

### 3.4.2. Verschiedene Arten der Zentralschmierung

Sichtöler für Naßdampflokomotiven von de Limon

Die älteste Vorrichtung zur zentralen Zuführung des Schmierstoffes zu den Kolben und Schiebern der Naßdampflokomotiven ist der Schmierapparat von de Limon.

Die Bilder 34 und 35 zeigen diesen Sichtöler von de Limon in zwei verschiedenen Schnitten. Seine Wirkungsweise beruht auf dem Prinzip des Auftriebes und ist folgende:

Durch das absperrbare Rohr (1) strömt Kesseldampf in das erweiterte Überdruckrohr (2). Hier kondensiert der Dampf zum Teil und strömt weiter durch das Röhrchen (3), das in das Überdruckrohr (2) ragt, und gelangt von hier aus in die Ölrohrleitungen (4 und 5), die nach den Schieberkästen und Zylindern führen.

Das in dem erweiterten Rohr (2) angesammelte Niederschlagswasser fließt durch einen kleinen Kanal (18) (Bild 36) und das Röhrchen (6), das in den Ölbehälter (7) hineinragt, und tritt unter den Schmierstoff (Naßdampföl). Durch den Überdruck der Wassersäule in dem Rohr (2) (Wasserdrucksäule 8 bis 9), wird nun das Öl, das spezifisch leichter als das Wasser ist und im Ölbehälter auf dem Niederschlagswasser schwimmt, bis zu den Einstellventilen (10) gedrückt. Sobald man diese Ventile öffnet, steigen die Öltropfen aus den Tropfspitzen in die Tropfkammer (11, 12) zwischen den Schaugläsern. Die Tropfkammern haben sich von dem Rohr (2) aus selbsttätig mit Niederschlagswasser gefüllt. Durch das geringere spezifische Gewicht lösen sich die Tropfen von den Spitzen und steigen nach den Ventilen (13) auf.

Beim Aufsteigen werden die Tropfen durch die Schaugläser sichtbar, so daß man die Geschwindigkeit der Tropfenfolge und somit die Ölmenge regeln kann. Von den Ventilen (13) gelangen die Öltropfen in die Düsen (14) der Ölleitungen. Der aus dem Röhrchen (3) kommende Dampf nimmt hier das Öl auf, löst es völlig auf und fließt nun als gefetteter Dampf nach den Schieberkästen und Zylindern.

Soll der Sichtöler erstmalig gefüllt werden, dann muß man die Einstellventile (10) und das Wasserventil (15) schließen und das Dampfstellventil am Kessel sowie die beiden Absperr-

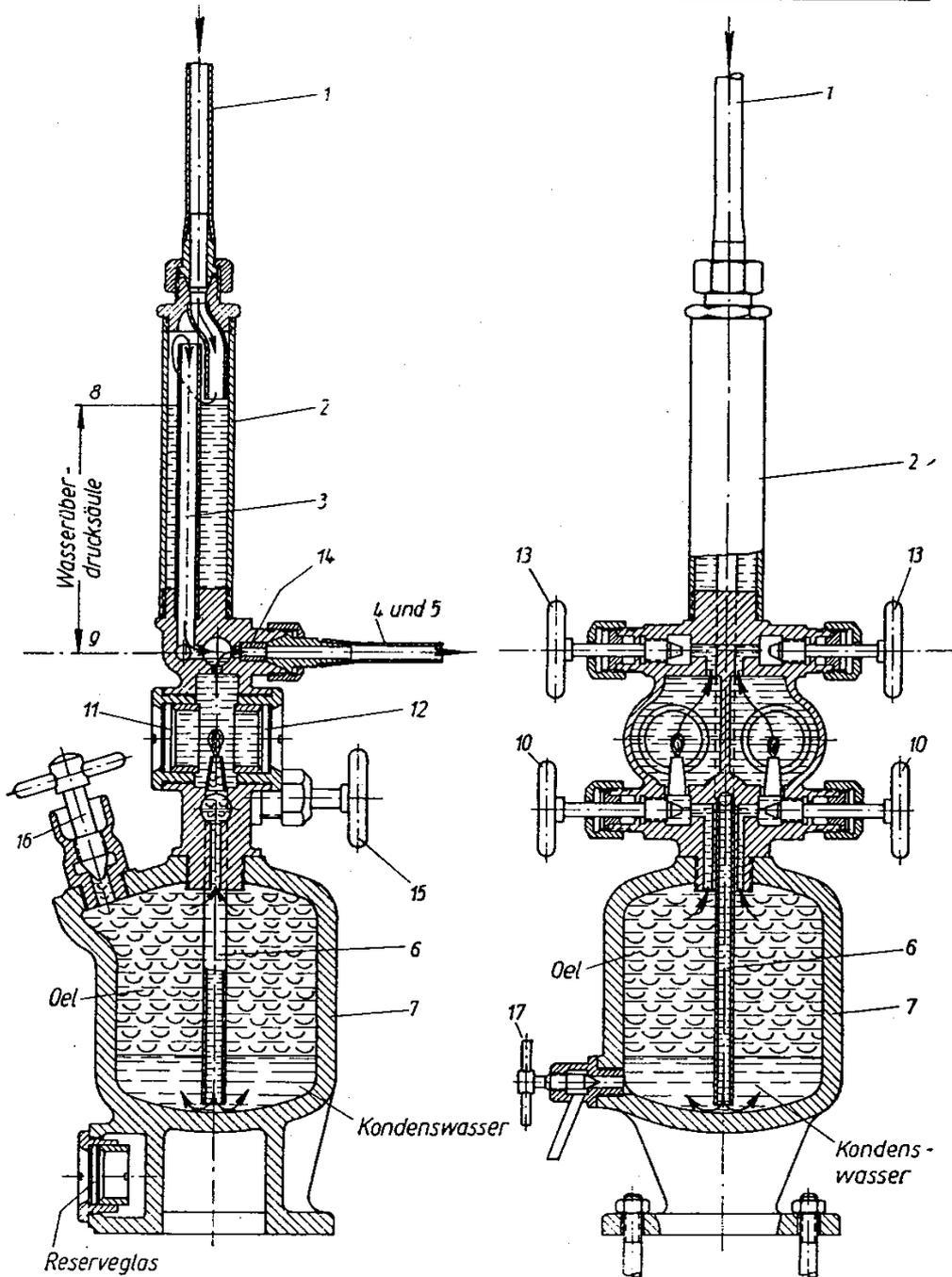


Bild 34. De Limon-Sichtöler für Schieber und Zylinder

Bild 35.

- |   |   |       |                       |
|---|---|-------|-----------------------|
| 1 | abgesperrbares Dampfrohr                  | 8...9 | Wasser-Überdrucksäule |
| 2 | Überdruckrohr                             | 10    | Einstellventil        |
| 3 | Dampfleitungsrohrchen                     | 11    | Tropfkammer           |
| 4 | Ölrohrleitung                             | 12    | Tropfkammer           |
| 5 | Ölrohrleitung                             | 13    | Absperrventile        |
| 6 | Rohr für Niederschlagswasser              | 14    | Öldüsen               |
| 7 | Ölbehälter                                | 15    | Wasserventil          |
| 8 | oberster Spiegel des Niederschlagswassers | 16    | Füllventil            |
| 9 | untere Sohle des Niederschlagswassers     | 17    | Wasserablaßventil     |

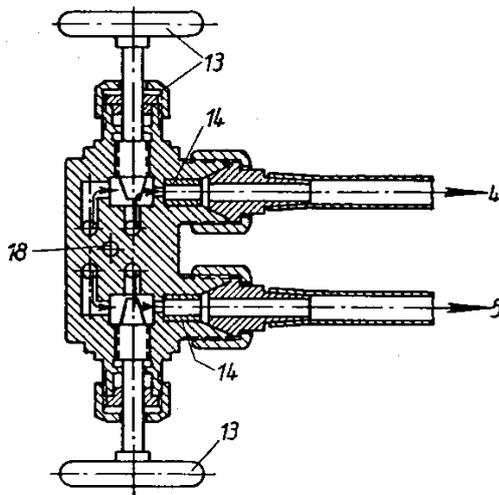


Bild 36.  
De Limon-Sichtöler  
Schnitt durch Absperr-  
ventile und Öldüsen

- 4 Ölrohrleitung
- 5 Ölrohrleitung
- 13 Absperrventile
- 14 Öldüsen
- 18 Kanal für Niederschlagswasser

ventile (13) öffnen. Jetzt kann sich in den Tropfkammern (11 und 12) und in dem Überdruckrohr (2) Niederschlagswasser bilden und ansammeln. Nun wird der Ölbehälter (7) durch das Füllventil (16) völlig mit Naßdampföl gefüllt. Sobald der Behälter voll und das Füllventil (16) wieder abgeschlossen ist, muß das Wasserventil (15) sofort wieder geöffnet werden.

Zur Inbetriebnahme öffnet man nun die beiden Einstellventile (10) so weit, daß in den Tropfkammern Öltropfen aufsteigen. Je nach der Anstrengung der Lokomotive soll alle 10 bis 20 Sekunden aus jeder Tropfdüse ein Tropfen aufsteigen.

Vor Inbetriebsetzen der Lokomotive darf keinesfalls vergessen werden, das Dampfventil zum Öler am Kessel zu öffnen, auch wenn nicht sofort geschmiert werden sollte. Andernfalls würde der Apparat drucklos sein, und beim Öffnen des Reglers würde sich der Druck von Schieberkasten und Zylinder auf den Apparat auswirken.

Ist das Öl völlig verbraucht, dann sind die Einstellventile (10) und das Wasserventil (15) zu schließen und das Wasserablaßventil (17) zu öffnen. Erst wenn kein Druck mehr vorhanden ist, kann auch das Füllventil (16) geöffnet werden. Nach Schließen des Füllventils (16) ist das Wasserventil (15) sofort wieder zu öffnen.

Wenn die Schmiervorrichtung außer Betrieb gesetzt werden soll, dann sind lediglich die Einstellventile (10) und das Dampfstellventil am Kessel zu schließen. Das Wasserventil (15) muß stets offenbleiben, weil andernfalls der Ölbehälter völlig abgeschlossen wäre und bei Erwärmung und Ausdehnung des Öles zerspringen würde.

In der Regel wurde der Sichtöler auf dem Reglerbock aufgebaut.

#### Schmierpumpen

Der unter „Sichtöler von de Limon“ beschriebene Öler arbeitet nach dem Auftriebssystem. Dadurch sind keine beweglichen Teile erforderlich, die einem mehr oder weniger großen Verschleiß unterliegen.

Die Stärke der Schmierung konnte durch die Sichtbarkeit der Tropfen überwacht werden.

Der Öler benötigt wenig Platz, besonders wenn er auf dem Reg-

lerbock aufgebaut wurde, behindert er den Aufbau der übrigen Kesselausrüstung in keiner Weise.

Das Öl wird dem Schieber und Zylinder einer Lokomotivseite in einer Ölleitung zugeführt, so daß entweder der Schieber zuviel und der Zylinder zuwenig Öl oder umgekehrt erhalten können. Die Arbeitsweise des Ölers ist nicht von der Fahrgeschwindigkeit abhängig, er arbeitet ständig; die Schmierung ist also stets gleichbleibend, ob die Lokomotive langsam oder schnell fährt oder ob sie steht, wenn der Umfang der Schmierung nicht durch die Einstellventile geregelt wird.

Bei Heißdampflokomotiven, bei denen wesentlich höhere Temperaturen in den Schieberkästen und Zylindern auftreten, ist eine sicherere und gleichmäßigere Schmierung unbedingt erforderlich. Man entwickelte deshalb zunächst die sogenannten Schmierpressen. Bei diesen wurde das Öl durch Preßstempel in die Ölleitungen nach den Schiebern und Zylindern gedrückt.

Vom Gestänge der Lokomotive oder auch von Hand wurde ein Schaltwerk bewegt. Durch Schnecke und Schneckenrad konnte somit eine Spindel angetrieben werden, durch die ein Querhaupt, das beide Preßkolben miteinander verband, abwärts bewegt wurde. Die Preßkolben drückten dann das Öl in die Leitungen.

Gegenüber dem Sichtöler hatten die Schmierpressen den Vorteil, daß sie nur während der Fahrt arbeiteten und dadurch auch die geförderte Ölmenge der Fahrgeschwindigkeit anpaßten.

Der Ölbedarf der Schieber, Zylinder, Schieberstangen und Kolbenstangen ist aber ganz verschieden. Erhalten Schieber und Zylinder zuviel Öl, dann besteht die Gefahr der Bildung von Ölkohle und der Verkrustung der Kolben, Schieber und Wandungen der Zylinder- und Schieberbohrungen; erhalten sie zuwenig, dann laufen sie trocken, der Verschleiß der Ringe steigt und die Zylinder werden durch Auflaufen des Kolbens unrund. Die durch die Schmierpressen erzeugten Drücke lagen durchschnittlich etwa 50 Prozent über den Schieberkastendrücken. Die Praxis hat aber gezeigt, daß Drücke bis zu 250 kp/cm<sup>2</sup> entstehen können, wenn die Ölleitungen stark verkrustet sind. Diesen Drücken waren die Schmierpressen meist nicht gewachsen.

Es war also notwendig, Schmiervorrichtungen zu entwickeln, die derartig hohen Drücken standhalten konnten und die außerdem die Ölzufuhr für jede Schmierstelle abzustufen imstande waren.

Diese Forderung erfüllten schließlich die Schmierpumpen. Durch Einbau mehrerer Einzelpumpen kann hierbei jede Schmierstelle die ihr zukommende Ölmenge erhalten.

Während bei den Schmierpressen sowohl die Preßzylinder als auch die Leitungen unter Druck standen, stehen bei den Schmierpumpen nur noch die Ölleitungen unter Druck.

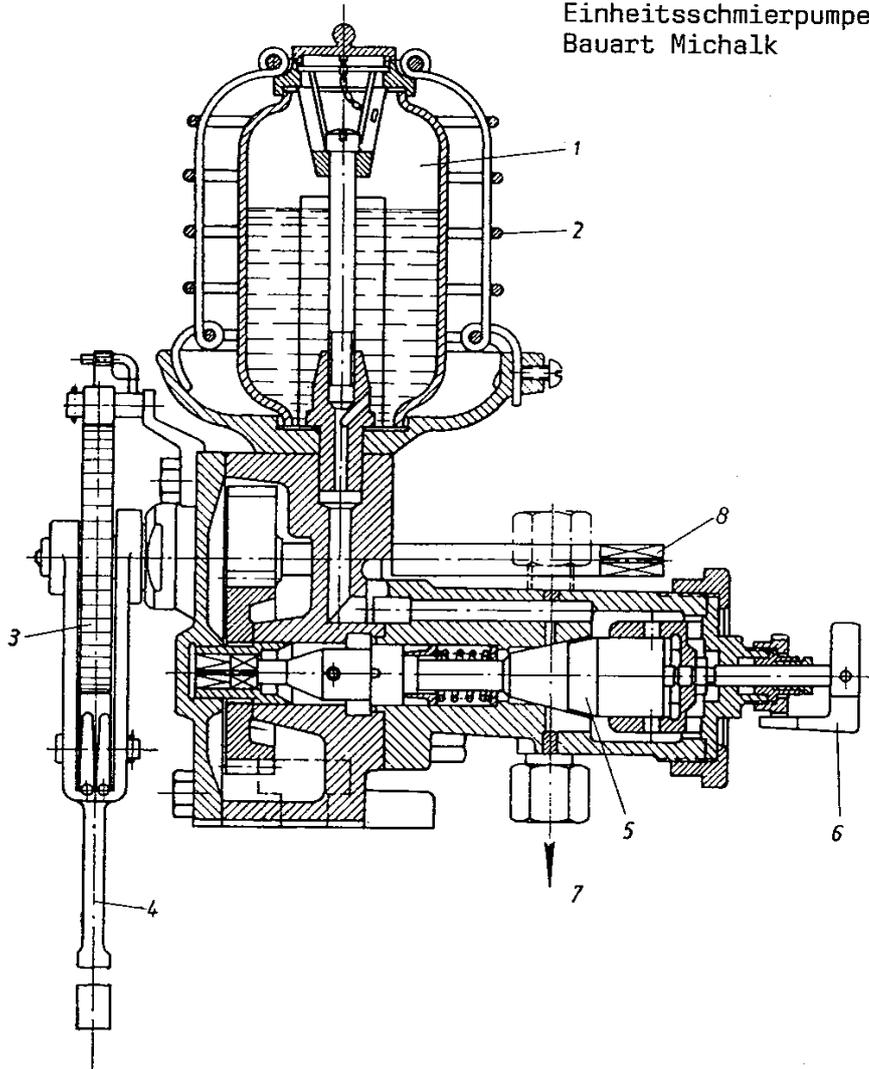
Schmierpressen sind heute kaum noch in Betrieb und verdienen deshalb auch keine größere Beachtung mehr; dagegen sind die älteren Einheitsschmierpumpen von Michalk noch sehr oft anzutreffen. Seltener findet man noch die Schmierpumpen von Dicker und Werneburg.

Das Grundprinzip aller älteren Schmierpumpen ist gleich. Deshalb soll es genügen, im folgenden die Einheitspumpe von Michalk einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

#### Einheitsschmierpumpe Bauart Michalk

Die Schmierpumpe Bauart Michalk war eine der ersten Schmierpumpen, die einheitlich für alle in den Jahren 1922 bis 1925 in

Bild 37.  
Einheitsschmierpumpe  
Bauart Michalk



- |                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| 1 Ölbehälter       | 5 Verteiler                      |
| 2 Draht-Schutzkorb | 6 Fördermengen-Einstellung       |
| 3 Schaltrad        | 7 Anschluß zu den Schmierstellen |
| 4 Schwinghebel     | 8 Vierkant zum Handantrieb       |

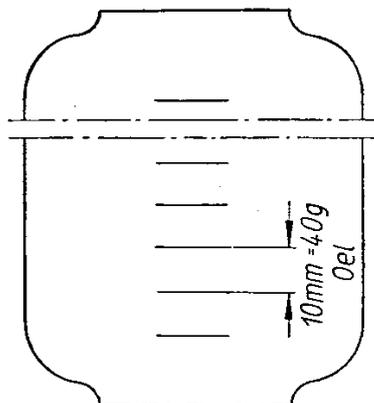


Bild 38.  
Ölbehälter der Schmierpumpen  
Bauart Michalk sowie Dicker  
und Werneburg

der Deutschen Reichsbahn zusammengefaßten ehemaligen Länderbahnlokomotiven eingeführt wurde.

Bild 37 zeigt die Michalk-Schmierpumpe im Schnitt. Der Ölvorratsbehälter besteht aus drei ovalen Gläsern, die meist mit Eichstrichen versehen sind. Die Eichstriche sind 10 mm voneinander entfernt. Die zwischen zwei Eichstrichen befindliche Ölmenge beträgt stets 40 g (Bild 38).

Auf der linken Seite des Bildes 37 ist der Antrieb zu sehen; er besteht aus einem Schwinghebel, der von der letzten Kuppelachse aus in Pendelbewegungen versetzt wird. Eine an diesem Hebel beweglich befestigte Schaltklinke setzt das gezähnte Schaltrrad in Drehung. Das Schaltrrad soll bei jeder Antriebsbewegung mindestens um 2 Zähne weiterschaltet werden. Auf der gleichen Schaltwelle ist ein Zahnrad befestigt, von dem aus durch Übersetzungen und Gelenkkupplungen (Bild 37) die eigentlichen Pumpeneinheiten betätigt werden. In der Regel enthält eine Pumpe drei Einheiten; jede Einheit versorgt zwei Schmierstellen mit Öl.

Ein sehr wichtiger Teil der Pumpeneinheit ist der konisch ausgeführte Verteiler. Er wird durch eine Feder auf seinen Sitz gedrückt. Wie aus Bild 39 zu ersehen ist, trägt er eine als Zylinder bestimmte Bohrung, in der sich der Pumpenkolben bewegt. Am äußeren Ende des Pumpenkolbens ist ein Führungsstück befestigt, das Knaggen mit abgeschragten Flächen trägt.

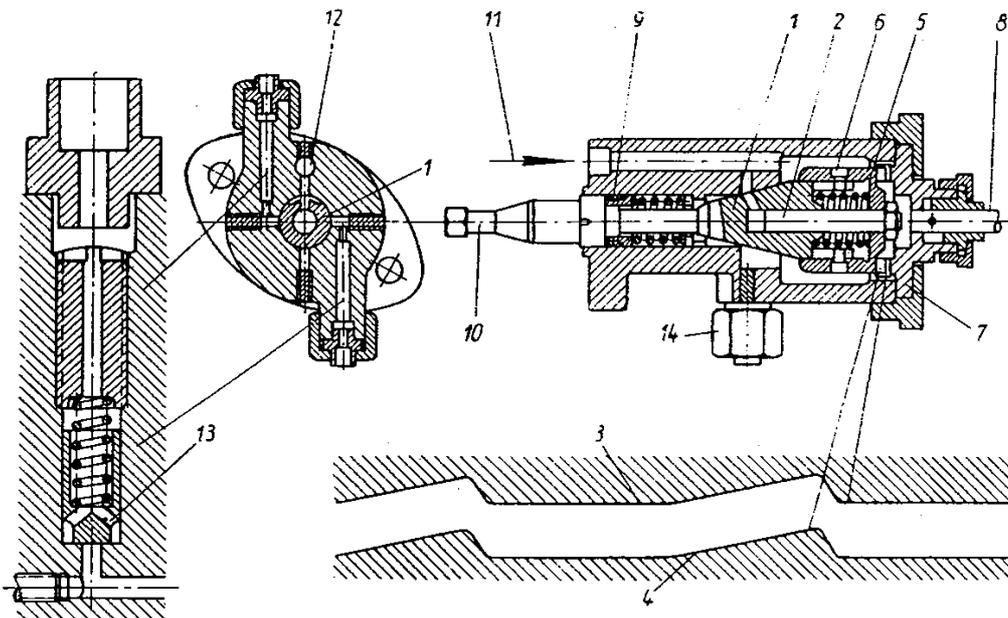


Bild 39. Hochdruckpumpeneinheit der Einheitsschmierpumpe  
Bauart Michalk

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1 Verteiler                | 9 Dichtung                              |
| 2 Pumpenkolben             | 10 Gelenkkupplung                       |
| 3 Deckenknagge             | 11 Zutritt vom Ölbehälter               |
| 4 Knagge am Führungsstück  | 12 Saugkanal                            |
| 5 Führungsstück            | 13 Rückschlagventil in den Druckkanälen |
| 6 Führungsschraube         | 14 Anschluß zu den Schmierstellen       |
| 7 Deckel                   |   |
| 8 Fördermengen-Einstellung |   |
| Anschlag zur Hubbegrenzung |   |

Die untere Kurve im Bild 39 zeigt die Abwicklung der Knaggen am Kolbenführungsstück. Der Deckel ist mit den gleichen abge-schrägten Knaggen versehen (Bild 39, obere Kurve).

Da kleine Führungsschrauben im Führungsstück in Schlitze des Verteilers greifen, wird der Kolben bei der Drehbewegung des Verteilers mitgenommen. Eine Feder drückt das Führungsstück und somit den Kolben gegen den Deckel.

Bei der Drehbewegung des Kolbens steigen nun dessen Knaggen allmählich auf den Knaggen des Deckels aufwärts, der Kolben wird in den Verteiler gepreßt und spannt gleichzeitig die Feder. Sobald die Knaggen die höchste Stellung überschreiten, schnellt der Kolben, unterstützt von der Federspannung, auf der kurzen, steilen Flanke der Knaggen wieder zurück und übt eine Saugwirkung aus. Es entsteht also eine Hubbewegung des Pumpenkolbens; auf jede Umdrehung des Verteilers entfallen zwei Hübe. Die Größe eines Kolbenhubes kann durch einen Anschlag festgelegt werden. Mit Hilfe eines Einstellzeigers (Bild 39, rechts) kann man den Anschlagbolzen in das Gehäuse hineinschrauben und den Hub verkleinern oder heraus-schrauben und damit den Hub vergrößern. Je größer der Hub wird, um so größer ist die geförderte Ölmenge. Mit der Verstellung des Einstellzeigers reguliert man also die Fördermenge, und zwar für beide Schmierstellen gleichzeitig.

Der Raum vor dem Kolben (Zylinder) wird durch eine kleine Aussparung im Verteiler einmal mit dem Saugkanal und somit mit dem Ölvorratsbehälter und je einmal mit dem linken und mit dem rechten Druckkanal verbunden.

Sobald der Kolben den höchsten Punkt der Knagge überschreitet, saugt er aus dem Vorratsbehälter (Ölglas) Öl an. Zum Ende des Saughubes hat sich der Verteiler so weit gedreht, daß der Saugkanal wieder angeschlossen ist.

Alsdann verbindet der Verteiler die Pumpe mit dem einen Druckkanal. In Bild 39 ist links ein Druckkanal mit Feder und Rückschlagventil in größerem Maßstabe gezeichnet. Am Ende des Druckhubes hat die Aussparung des Verteilers bereits die dem ersten Saugkanal gegenüberliegende Bohrung erreicht und verbindet den Pumpenzylinder wieder mit dem Ölvorratsbehälter.

Auf diese Weise saugt der Kolben bei jeder Umdrehung zweimal Öl an und drückt es in jeden Anschluß je einmal. Die Drücke, die ein Pumpenelement erzeugt, steigen bis zu 300 kp/cm<sup>2</sup>.

Ursprünglich trugen die Schmierpumpen an den Einstellvorrichtungen je eine Skala. Man stellte die Einstellzeiger für die Schieber auf 2 und den Zeiger für die Zylinder auf 4. Durch mehrfaches Aufarbeiten der Pumpenelemente und besonders der Verteilerzonen wurden aber die Hübe der einzelnen Pumpenelemente verschieden, so daß die Nullstellungen der Skalen stets berichtigt werden mußten. Es hat sich deshalb in der Praxis erwiesen, daß es besser ist, die Fördermenge nach dem Ölspiegel zu beobachten und einzustellen.

Bei 2-Zylinder-Lokomotiven soll auf 100 km der Ölspiegel im vorderen Ölglas (beide Schieber vorn) um 10 mm (40 g), im mittleren (linker und rechter Zylinder) um 20 mm (80 g) und im hinteren Ölglas (beide Schieber hinten) um 10 mm (40 g) absinken. Da beim mittleren Ölglas ein Anschluß für den rechten und einer für den linken Zylinder bestimmt ist, erhält jeder Zylinder bei einer Umdrehung des Verteilers nur einmal Öl. Die geförderte Ölmenge muß deshalb hier doppelt so groß sein wie bei den anderen Anschlüssen.

Bei 3-Zylinder-Lokomotiven hat jedes Ölgefäß 3 Anschlüsse. Hierbei soll der Ölspiegel bei 100 km Fahrt im vorderen Ölglas (3 Schieber vorn) um 15 mm (60 g), im mittleren Ölglas (Zylinder links, innen und rechts) um 30 mm (120 g) und im hinteren Ölglas (3 Schieber hinten) um 15 mm (60 g) absinken.

Die ähnlich arbeitenden Schmierpumpen von de Limon und von Friedmann sind mit Ölstandsgläsern versehen, die ebenfalls Eichstriche tragen. Bei diesen Gläsern beträgt der Abstand der Striche 8 mm, dieser Abstand entspricht einer Ölmenge von 40 g (Bild 40).

Diese Pumpen sind so einzustellen, daß der Ölspiegel bei 100 km Fahrt für je einen Zylinder um 8 mm (40 g) und für je einen Schieber um 4 mm (20 g) im Ölglas absinkt.

Bei dieser Einstellung der Schmierpumpen Michalk, de Limon und Friedmann werden für jeden Zylinder 800 g = 0,8 kg je 1000 km von der Ölpumpe gefördert.

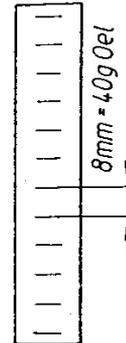


Bild 40. Ölstandsglas der Schmierpumpen von de Limon und Friedmann N

#### Hochdruckschmierpumpe Bauart Bosch

Unsere Einheitslokomotiven sind mit der Hochdruckschmierpumpe Bauart Bosch ausgerüstet. Ihr Antrieb geschieht ebenfalls über ein Hebelgestänge vom letzten Kuppelradsatz aus. Wenn die Schmierpumpe auf dem Umlauf angebracht ist, erfolgt der Antrieb vom Steuerungsgestänge aus. In jedem Falle macht auch bei dieser Pumpe bei jeder Umdrehung der Treibachse der Antriebshebel an der Ölpumpe eine Pendelbewegung. Durch ein Rollenschaltwerk wird diese Bewegung auf die Antriebswelle der Ölpumpe übertragen (1 in Bild 41). Der Ausschlagwinkel des Hebels am Rollenschaltwerk soll nicht unter 10 ° betragen.

In der Mitte des Ölbehälters (7) steht eine senkrechte Welle (2), die über ein Schraubenräderpaar von der Antriebswelle (1) aus angetrieben wird. Auf der senkrechten Welle sind zwei Taumelscheiben (3 und 4) aufgekeilt. Eine größere Anzahl Steuer- und Arbeitskolben (in der Regel je 10 Stück) sind um die senkrechte Welle herum so angeordnet, daß sie durch die Taumelscheibe auf- und abwärts bewegt werden, also eine senkrechte Hubbewegung ausführen können.

Die untere Taumelscheibe (4) betätigt die Steuerkolben (in dem Bild 42 z.B. den Steuerkolben 6). Bosch nannte deshalb diese unterste Taumelscheibe das „Steuerhubrad“.

Die obere Taumelscheibe (3) treibt die Arbeitskolben an (in den Bildern 41 und 42 z.B. den Arbeitskolben 5). Nach Bosch hieß diese Taumelscheibe „Arbeitshubrad“.

Je zwei Steuer- und zwei Arbeitskolben arbeiten stets paarweise zusammen. In Bild 42c erhalten die Arbeitskolben (5) durch das Arbeitshubrad (3) eine Aufwärtsbewegung. Dadurch wird aus dem Ölbehälter (7) über das am Boden befindliche Reinigungssieb (8) das Öl nach der Ansaugleitung (9) gesaugt. Von hier aus steigt das Öl weiter durch die im Steuerkolben (6) befindliche Bohrung (10) zu dem unter dem Arbeitskolben (5) frei werdenden Kanal (11).

Sobald der Arbeitskolben (5) durch das Arbeitshubrad (3) nach unten bewegt wird, drückt er das angesaugte Öl aus dem Kanal

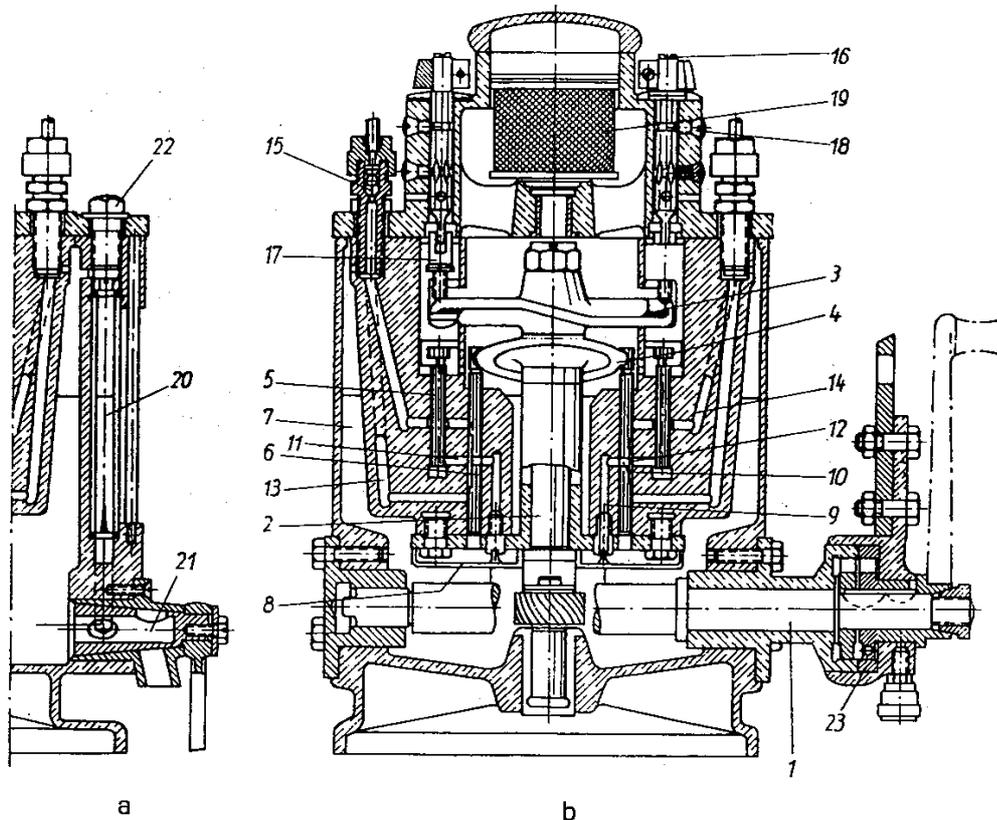


Bild 41. Hochdruckschmierpumpe Bauart Bosch  
 a Ölstandsglas und Dreiwegehahn  
 b Pumpe in Saugstellung

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1 Schmierpumpenwelle         | 13 Druckleitung                        |
| 2 Getriebewelle              | 14 Druckleitung                        |
| 3 Arbeitshubrad              | 15 Rückschlagventil im Ölauslaß        |
| 4 Steuerhubrad               | 16 Einstellknebel, Zeiger              |
| 5 Arbeitskolben Saugstellung | 17 Regulierzapfen                      |
| 6 Steuerkolben               | 18 Sicherungsschraube                  |
| 7 Behälter                   | 19 Einfüllsieb                         |
| 8 Sieb                       | 20 Ölstandsglas                        |
| 9 Ansaugleitung              | 21 Dreiwegehahn                        |
| 10 Bohrung im Steuerkolben   | 22 Verschlussschraube zum Ölstandsglas |
| 11 Saug- und Druckkanal      | 23 Rollenschaltwerk                    |
| 12 Verbindungsmuschel        |  |

(11) über die Muschel (12) im Steuerkolben (6) nach dem Kanal (13) (Bild 42b). Steht jetzt der Steuerkolben in seiner höchsten Stellung (Bild 42a), dann wird das Öl aus dem Kanal (11) über die Muschel (12) nach dem Kanal (14) gedrückt.

Vom Kanal (13 bzw. 14) aus gelangt das Öl über das Rückschlagventil (15) in die Ölleitungen, die oben am Gehäuse angeschlossen sind.

Wenn die senkrechte Welle (2) eine Umdrehung ausführt, macht der Arbeitskolben (5) zwei Saug- und zwei Druckhübe; der Steuerkolben (6) führt dagegen in der gleichen Zeit nur einen Aufwärts- und einen Abwärtshub aus.

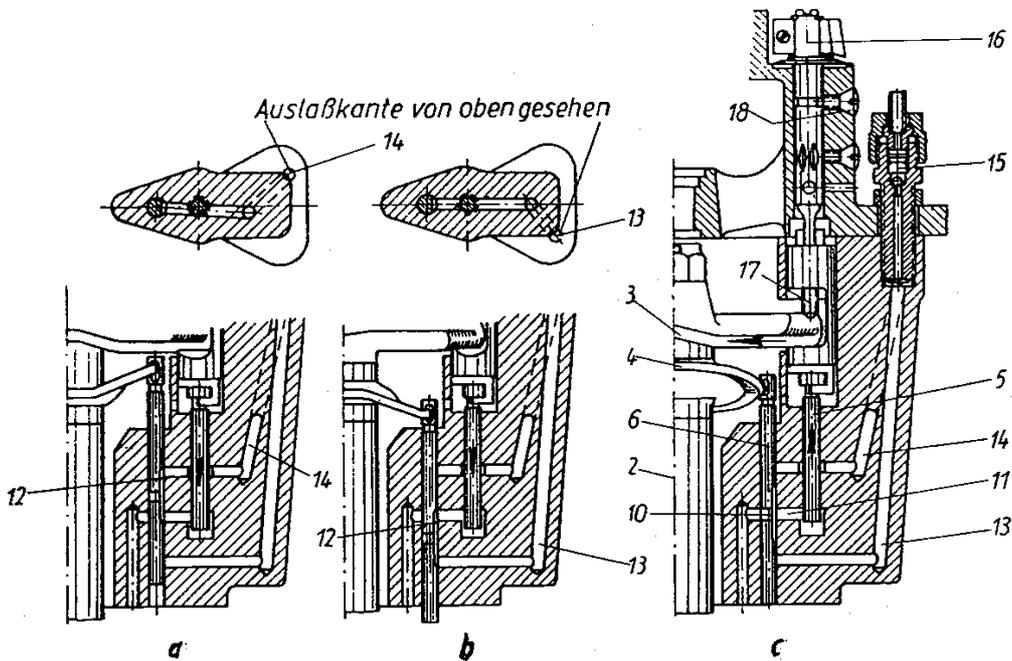


Bild 42. Wirkungsweise der Boschpumpe

a Druckstellung für den  
linken Auslaß

b Druckstellung für den  
rechten Auslaß  
c Saugstellung

Für die zwei Saughübe des Arbeitskolbens steht also jedesmal die Bohrung (10) des Steuerkolbens zur Verfügung, während bei den zwei Druckhüben des Arbeitskolbens die Muschel (12) im Steuerkolben einmal unter die Verbindung nach Kanal (13) und einmal oben nach Kanal (14) freigibt.

Ein Arbeitskolben liefert also während einer Umdrehung der Welle nach zwei Schmierstellen Öl.

Durch Drehen des Einstellzeigers (16) auf dem Gehäuse kann die Höhe des Zapfens (17) verschieden eingestellt werden. Dadurch wird der Zeitpunkt verändert, in dem das Arbeitshubrad den Arbeitskolben beim Saughub mitnimmt. Durch Anziehen der Schraube (18) kann die eingestellte Höhe gesichert werden.

Eine Anzahl Boschpumpen der Lokomotivreihe 52 ist nicht mit Einstellzeigern versehen. Bei diesen Pumpen befinden sich die Ölbehälter am Kopf der Arbeitskolben Verstellerschrauben, die mittels Schraubenziehers einzustellen sind.

Je mehr Kolbenhübe eine Lokomotive in einer bestimmten Zeit macht, um so mehr Öl benötigt der Zylinder. Ein Treibrad mit großem Durchmesser legt bei einer Umdrehung, also bei einem Doppelhub des Kolbens, einen größeren Weg zurück als ein Treibrad mit kleinem Durchmesser. Der Ölbedarf einer Lokomotive wird in der Regel auf 1000 km berechnet. Lokomotiven mit großem Treibraddurchmesser haben also auf 1000 km einen geringeren Ölbedarf als Lokomotiven mit kleinem Durchmesser.

Nach dem „Merkblatt über die Zylinderschmierung“ - 947.05 - werden zur Erzielung eines einwandfreien Schmierzustandes bestimmte Mengen Zylinderschmieröl auf je 1000 km benötigt (Tabelle 3).

Tabelle 3. Menge Zylinderschmierstoff je 1000 km

	Schnellzuglokokomotive Treibrad Durchmesser 2,00 m	Güterzuglokokomotive Treibrad Durchmesser 1,40 m
Für 1 Zylinder	240 g	340 g
Für 1 Kolbenschieber	240 g	340 g
Für 1 Kolbenstange	120 g	170 g
Für 1 Schieberstange	40 g	60 g
	640 g/ 1000 km	910 g/ 1000 km

Bei richtiger Einstellung der Ölpumpen wurden mit diesen Werten je Zylinder und 1000 km bei den Einheitslokomotiven gute Erfahrungen gemacht. Wird weniger geschmiert, dann besteht die Gefahr größeren Verschleißes an Kolben- und Schieberringen, Stopfbüchsenmaterial und Zylinderlaufflächen. Bei stärkerer Schmierung entsteht eine größere Bildung von Rückständen durch Verkokung, Zersetzung und Oxydation des Öles.

Für die übrigen älteren Lokomotivgattungen, bei denen Kolben- und Schieberstangen nicht mit Heißdampf- oder Naßdampföl geschmiert werden, rechnet man einen Durchschnittsverbrauch von 0,8 kg Zylinderschmieröl für jeden Zylinder auf 1000 km. Beim Boschöler sind normalerweise folgende Schmierstellen vorgesehen, die je an einen Ölauslaß des Ölers angeschlossen sind:

Zylinder	1 Schmierstelle	(Ölbedarf 240 bzw. 340 g)
Schieber	2 Schmierstellen	(ölbedarf 120 bzw. 170 g)
Kolbenstange	2 Schmierstellen	(Ölbedarf 60 bzw. 85 g)
Schieberstange	2 Schmierstellen	(Ölbedarf 20 bzw. 30 g)
( je 1000 km )		

Diese Verbrauchsrichtsätze werden bei folgender Einstellung der Boschschmierpumpen LHA und LHB eingehalten:

Zylinder auf Förderstellung	4,5
Schieber auf Förderstellung	2,5
Kolbenstange auf Förderstellung	2,0
Schieberstange auf Förderstellung	1,5

Bei den Boschpumpen ohne Einstellzeiger wird die Einstellschraube zunächst mit dem Schraubenzieher rechts herum bis zum Anschlag gedreht. Jetzt steht das Pumpenelement in Nullstellung, es würde also gar nicht fördern. Von hier aus wird die Einstellschraube nun links herum gedreht, und zwar je Förderstellung eine Umdrehung.

Wird die Einstellschraube für die Schmierstelle der Zylinder eingestellt, dann ist die Förderstellung 4,5, es sind also 4 1/2 Umdrehungen der Einstellschraube erforderlich.

#### Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe Typ JM

Die Neubaulokomotiven der DR werden für die zentrale Zylinderschmierung mit Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpen JM ausgerüstet. Dieselben Schmierpumpen ersetzen nach und nach alle verbrauchten und nicht mehr aufarbeitungswürdigen Hochdruckschmierpumpen der Bauart Bosch.

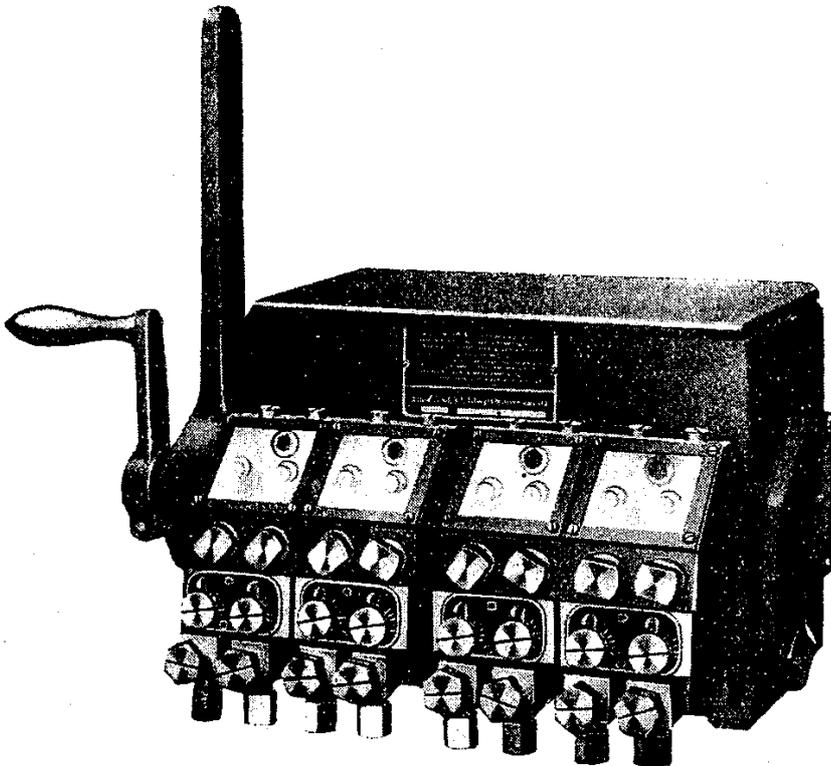


Bild 43. Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe Typ JM

Bild 43 zeigt die Ansicht der Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe JM mit 8 Ölauslässen; Bild 44 stellt die Pumpe im Schnitt dar.

Die Pumpe besteht aus dem Ölbehälter (25), der nach oben durch einen Deckel (26) verschlossen wird. Um etwaige Verschmutzungen des Öles zurückzuhalten, ist in den Behälter ein feinmaschiges Sieb (27) eingesetzt.

Nach vorn wurden schräg liegende Fenster (2) angebracht, durch welche die Tropfdüse (1) sowie der Ansaugkanal (3) beobachtet werden können. Unterhalb der Fenster befindet sich die Einstellvorrichtung (7) mit der Skala (6). Die Skala trägt eine Einteilung von 1 bis 8; nach Lösen einer Madenschraube kann sie mittels Schraubenziehers verstellt werden.

Der Antrieb geschieht wie bei den anderen Hochdruck-Schmierpumpen über ein Hebelgestänge vom letzten Kuppelradsatz aus. Bei Anbau der Pumpe auf dem Umlauf kann der Antrieb vom Steuerungsgestänge abgeleitet werden.

Im Ölbehälter (25) ist eine Exzenterwelle (18) gelagert. Durch die exzentrische Bewegung der Welle (18) werden die Gabel (19) und der mit der Gabel fest verbundene Druckkolben (17) in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt. Gleichzeitig wird der Zubringerkolben (20) von der Gabel (19) zeitweise mitgenommen. Die Gabel (19) ist unten links mit einer Aussparung versehen, die es ihr ermöglicht, sich von der vorderen Totpunktlage der Exzenterwelle (18) bis fast zu deren tiefsten Hub (Bild 45) zu bewegen, ohne den Zubringerkolben (20) mitzunehmen.

Von der hinteren Totpunktlage der Exzenterwelle (Bild 46) bis kurz nach deren höchstem Hub (Bild 47) bleibt der Zubringerkol-

ben wieder in Ruhe, bis die Gabel mit ihrer vorderen Flanke den rechten Ansatz des Zubringerkolbens erfaßt.

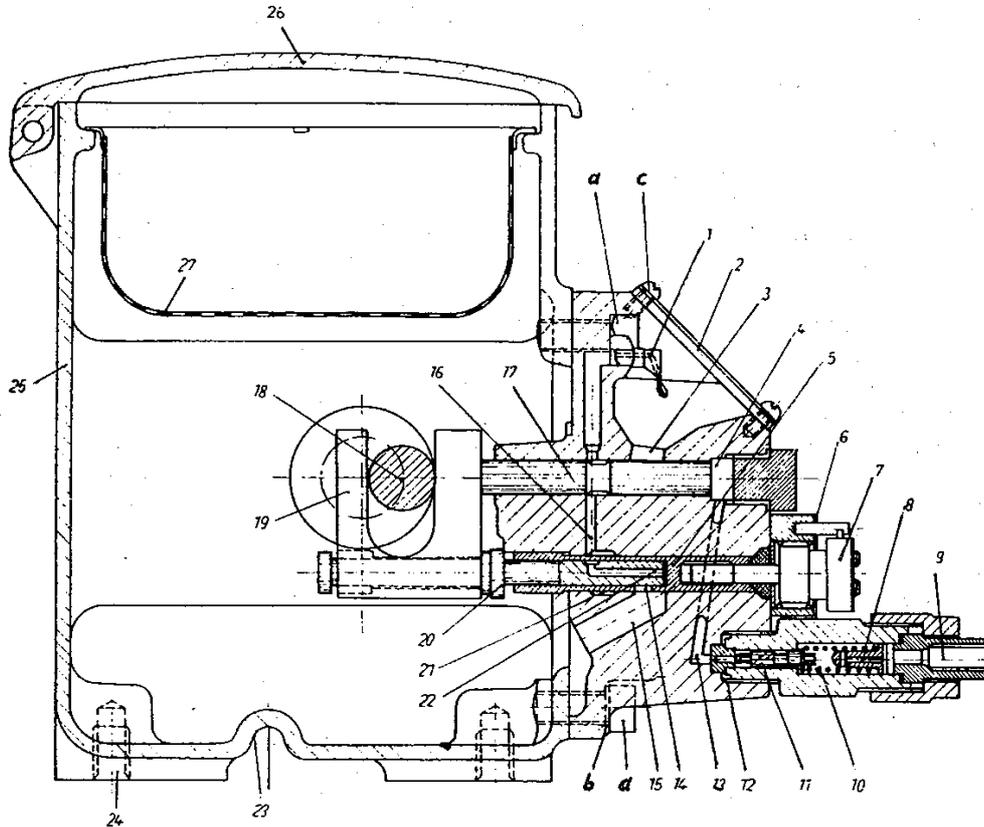


Bild 44. Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe JM im Schnitt

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1 Tropfdüse  | 16 Steigkanal zur Tropfdüse     |
| 2 Fenster  | 17 Druckkolben                  |
| 3 Ansaugkanal Druckkolben                                    | 18 Exzenterwelle                |
| 4 Zylinderraum   | 19 Gabel                        |
| 5 Zubringerkolbenbüchse                                      | 20 Zubringerkolben              |
| 6 Skala Einteilung von 0...8                                 | 21 Ringnut                      |
| 7 Stellschraube, von 0...8                                   | 22 Kanal im Zubringerkolben     |
| 8 Kanal zum Rohranschluß                                     | 23 Aussparung für Heizrohr      |
| 9 Rohranschluß   | 24 Befestigungsbohrung          |
| 10 Feder   | 25 Ölbehälter                   |
| 11 Ventil  | 26 Einfülldeckel                |
| 12 Gesamtes auswechselbares Element                          | 27 Siebeinsatz                  |
| 13 Kanal zwischen Druckzylinder und Ölventil                 | a Elementenbefestigungsschraube |
| 14 Kanal in der Zubringerkolbenbüchse                        | b Dichtung                      |
| 15 Ansaugkanal zwischen Ölbehälter und Zubringerkolbenbüchse | c Halbrundschraube              |

Der Druckkolben (17) trägt in der Mitte eine etwa 6 mm breite Rille als Steuerkanal. Der Zubringerkolben ist in seinem vorderen Teil hohl ausgeführt. Diese Bohrung endet in einer nach einer Rille im Kolben führenden kleinen Bohrung und bildet mit dieser zusammen den Saugkanal (22).

Die Führungsbuchse des Zubringerkolbens wurde mit 2 Ansaugbohrungen (14) versehen und trägt in Höhe des Ringkanals (21) eine weitere kleine Bohrung.

In bestimmten Stellungen des Zubringer- und Druckkolbens ist der Ringkanal (21) über den Kanal (16) mit der Tropfdüse (1) verbunden.

Vom Druckzylinderraum (4) führt der Kanal (13) zu dem von der Feder (10) und dem Gegendruck belasteten Ventil (11).

Am Rohranschluß (9) wird die zur Ölstelle führende Ölleitung angeschlossen. Je nach der Anzahl der Schmierstellen werden die Pumpen mit 1 bis 20 Ölauslässen hergestellt; sie enthalten dementsprechend 1 bis 20 der beschriebenen Elemente.

Sollen noch mehr Ölstellen bedient werden, dann müssen in die Ölleitungen Schmierleitungsverteiler eingebaut werden.

Die Antriebswelle trägt einen Vierkant, der es gestattet, die Schmierpumpe von Hand durchzukurbeln.

Die Bohrungen (24) dienen zur Montage der Schmierpumpen. Wird eine Heizung des Apparates für erforderlich gehalten, dann kann ein Heizrohr in die Aussparung (23) eingelegt werden.

Durch die im Ölbehälter (25) gelagerte Exzenterwelle (18) wird die Gabel (19) mit dem Druckkolben (17) in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt.

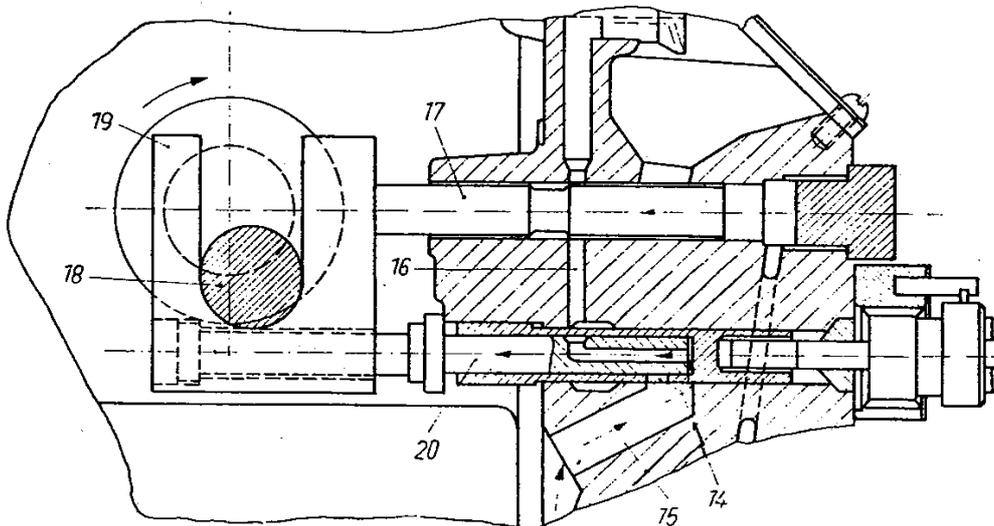


Bild 45. Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe Typ JM  
Saughub des Zubringerkolbens

- |  |                    |
|--|--------------------|
| 14 Kanal in der Zubringerkolbenbuchse                        | 17 Druckkolben     |
| 15 Ansaugkanal zwischen Ölbehälter und Zubringerkolbenbuchse | 18 Exzenterwelle   |
| 16 Steigkanal zur Tropfdüse                                  | 19 Gabel           |
|  | 20 Zubringerkolben |

Beim Zurückgehen des Druckkolbens (17) (Bild 44) steht der Zubringerkolben (20) zunächst solange still, bis die breite Rille des Druckkolbens über den Kanal (16) hinweggeglitten ist und der Kolben diesen Kanal zugesteuert hat (Bild 45).

Jetzt liegt der linke Ansatz des Zubringerkolbens in der Aussparung der Gabel an und wird von dieser mitgenommen. Der Zubringerkolben saugt jetzt über die Kanäle (14 und 15) Öl aus dem Ölbehälter an.

Inzwischen hat der Druckkolben seine linke Totpunktlage erreicht und steuert nach der Gegenrichtung um (Bild 46).

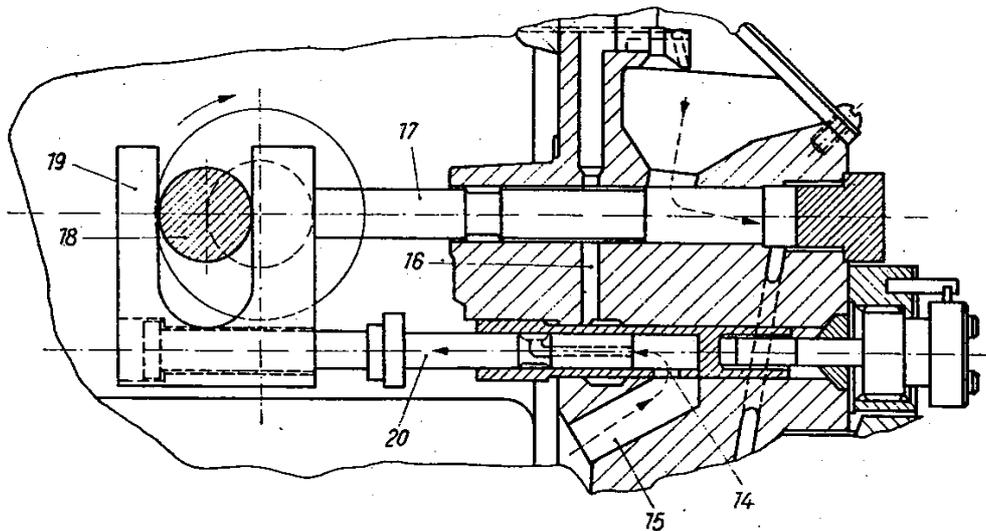


Bild 46. Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe Typ JM  
Saughub beider Kolben beendet

14 Kanal in der Zubringerkolbenbüchse	17 Druckkolben
15 Ansaugkanal zwischen Ölbehälter und Zubringerkolbenbüchse	18 Exzenterwelle
16 Steigkanal zur Tropfdüse	19 Gabel
	20 Zubringerkolben

Der Ansaugkanal (3) ist völlig geöffnet, so daß das vom vorhergehenden Druckhub durch die Tropfdüse gedrückte und in dem Ansaugkanal gesammelte Öl in den Zylinderraum (4) fließen kann. Der Zubringerkolben verharrt wieder in seiner Stellung, bis der Druckkolben mit seiner Rille den Kanal (16) aufgesteuert hat (Bild 47).

Bild 47 zeigt den Beginn der Öffnung des Kanals (16); die Gabel liegt mit ihrer rechten Flanke am rechten Ansatz des Zubringerkolbens an.

Der Druckkolben beginnt nach dem Zusteuern des Ansaugkanals (3) das im Zylinderraum (4) angesammelte Öl nach Kanal (13) zu drücken.

Sobald die Exzenterwelle den höchsten Hub überschritten hat, wird der Zubringerkolben nach rechts bewegt und drückt das vorher angesaugte Öl durch Kanal (22) und Ringnut (21) über Kanal (16) zur Tropfdüse (1) (Bild 48). Das Öl sammelt sich im Ansaugkanal (3).

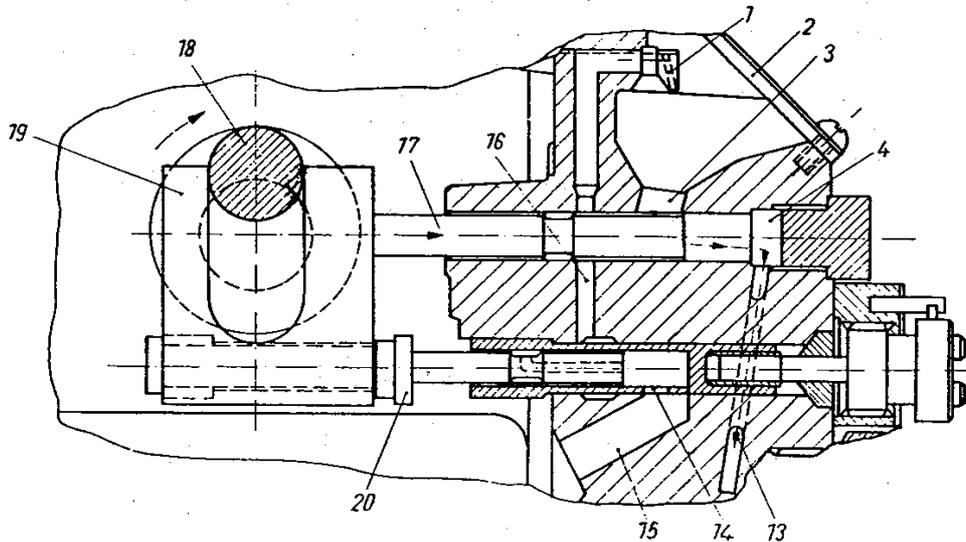


Bild 47. Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe Typ JM  
 Druckhub des Druckkolbens  
 Zubringerkolben steht kurz vor Beginn des Druckhubes

- |                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1 Tropfdüse                | 15 Ansaugkanal zwischen Ölbehälter |
| 2 Fenster                  | und Zubringerkolbenbüchse          |
| 3 Ansaugkanal Druckkolben  | 16 Steigkanal zur Tropfdüse        |
| 4 Zylinderraum             | 17 Druckkolben                     |
| 13 Kanal zwischen Druck-   | 18 Exzenterwelle                   |
| zylinder und Ölventil      | 19 Gabel                           |
| 14 Kanal in der Zubringer- | 20 Zubringerkolben                 |
| kolbenbüchse               |                                    |

Der Druckkolben drückt gleichzeitig das Öl aus dem Zylinderraum (4) weiter über den Kanal (13) und von hier aus nach Öffnung des von der Feder (10) und dem Gegendruck belasteten Ventils (11) durch den Kanal (8) zum Rohranschluß (9) und in die Ölleitung.

Die Stellung der Kolbenbüchse (5) des Zubringerkolbens bestimmt die Fördermenge. Die Zubringerkolbenbüchse kann von außen durch die Stellschraube (7) mittels Gewinde nach der Skala (6) eingestellt werden. Durch Rechtsdrehen der Stellschraube wird die Kolbenbüchse nach außen, durch Linksdrehen nach innen verschoben, dementsprechend wird der Hubraum vergrößert bzw. verringert.

Wenn beim Druckhub des Druckkolbens Öl durchtreten sollte, dann entspannt es sich in dem vom Ansaugraum (3) gebildeten Ringraum. Es wird beim nächsten Hub wieder angesaugt; ein Zurückströmen des Öles zum Ölbehälter (25) wird damit verhindert. Das Ventil (11) öffnet sich nur durch Öldruck; sollte bei geringer Fördermenge und niedrigem Gegendruck Luft durch Kanal (13) zum Ventil (11) gelangen, dann genügt die adiabatische Verdichtung nicht, das Ventil zu öffnen. Die Luft steigt nach dem Druckzylinder (4) und entweicht durch den Ringraum des Ansaugkanals (3) ins Freie. Es kann somit keine Luft in die Druckleitung gepumpt werden.

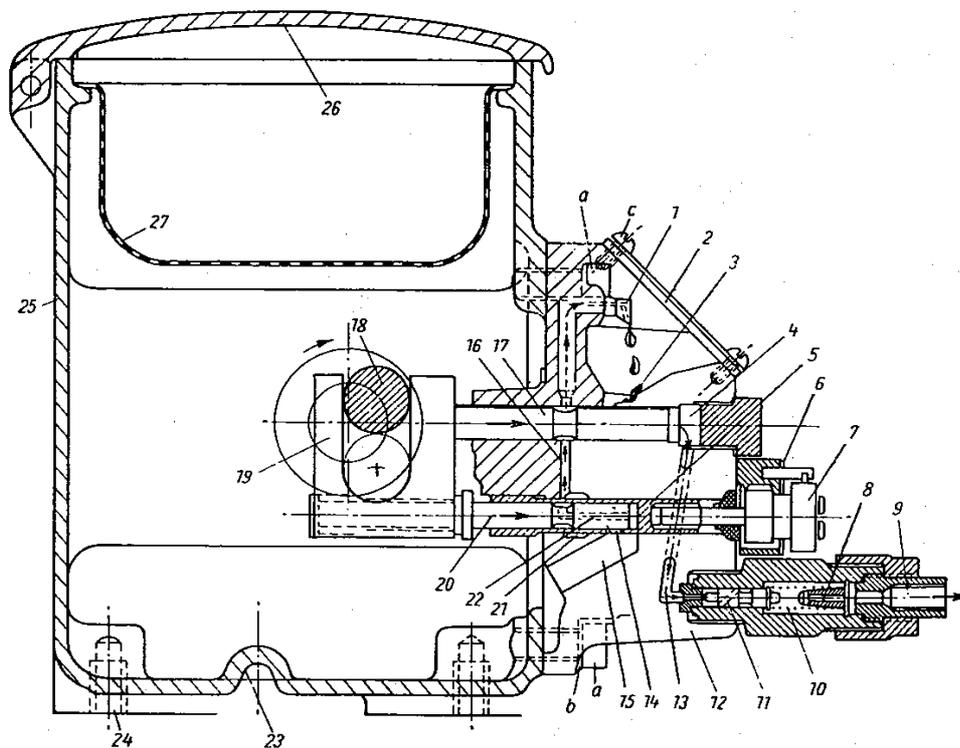


Bild 48 Michalk-Hochleistungs-Ölschmierpumpe Typ JM  
Druckhub beider Kolben

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1 Tropfdüse  | 16 Steigkanal zur Tropfdüse |
| 2 Fenster  | 17 Druckkolben              |
| 3 Ansaugkanal  | 18 Exzenterwelle            |
| 4 Zylinderraum   | 19 Gabel                    |
| 5 Zubringerkolbenbüchse                                      | 20 Zubringerkolben          |
| 6 Skala mit Einteilung von 0 bis 8                           | 21 Ringnut                  |
| 7 Stellschraube von 0 bis 8                                  | 22 Kanal im Zubringerkolben |
| 8 Kanal zum Rohranschluß                                     | 23 Aussparung für Heizrohr  |
| 9 Rohranschluß   | 24 Befestigungsbohrung      |
| 10 Feder   | 25 Ölbehälter               |
| 11 Ventil  | 26 Einfülldeckel            |
| 12 Gesamtes auswechselbares Element                          | 27 Siebeinsatz              |
| 13 Kanal zwischen Druckzylinder und Ölventil                 | a Elementenbefestigung      |
| 14 Kanal in der Zubringerkolbenbüchse                        | b Dichtung                  |
| 15 Ansaugkanal zwischen Ölbehälter und Zubringerkolbenbüchse | c Halbrundschraube          |

Die Fördermengen je Zylinder sollen die gleichen sein wie bei den Hochdruckschmierpumpen der Bauart Bosch. Hierzu ist es erforderlich, den Antriebsschwinghebel so zu kuppeln, daß auf etwa 35 bis 40 Radumdrehungen eine Umdrehung der Exzenterwelle entfällt. Eine Umdrehung der Exzenterwelle verursacht je einen Doppelhub vom Zubringer- und Druckkolben. Ein Ausschlagwinkel des Antriebsschwinghebels von  $10^\circ$  würde 36 Radumdrehungen für einen Doppelhub des Kolbenpaares bedingen.

Tabelle 4. Fördermengen der Hochdruckpumpe Michalk Typ JM

Ein- stellung der Skala	Hubraum- Ölmenge in cm <sup>3</sup>	Gefördertes Heißdampföl g	Öl je Hub Achsenöl g	Normale Einstellung für
0,5	0,01375	0,0128	0,0127	
1,0	0,0275	0,0256	0,0253	Schieberstangen
1,5	0,04125	0,0384	0,0380	
2,0	0,055	0,0512	0,0506	Kolbenstangen
2,5	0,06875	0,0637	0,0633	Schieber
3,0	0,0825	0,0767	0,0759	
3,5	0,09625	0,0895	0,0886	
4,0	0,11	0,1023	0,1012	
4,5	0,12375	0,1151	0,1139	Kolben
5,0	0,1375	0,1279	0,1265	
5,5	0,15125	0,1407	0,1392	
6,0	0,165	0,1535	0,1518	
6,5	0,17875	0,1662	0,1645	
7,0	0,1925	0,1790	0,1771	
7,5	0,2063	0,1918	0,1898	
8,0	0,22	0,2046	0,2024	

Die Hochdruckpumpe Michalk Typ JM liefert in den einzelnen Stellungen der Skala die in Tabelle 4 genannten Ölmengen je Doppelhub.

Wie aus Tabelle 4 zu ersehen ist, genügt im allgemeinen eine Einstellung des Ölanschlusses für die

Zylinder auf 4,5,  
Schieber auf 2,5,  
Kolbenstangen auf 2,0 und  
Schieberstangen auf 1,0.

Bei dieser Einstellung beträgt der Gesamtölverbrauch einer Lokomotive der Baureihe 23.10 für 1000 km 2 kg.

Da der Treibraddurchmesser der Güterzuglokomotiven kleiner ist (z.B. BR 52 = 1400 mm), müssen bei diesen Lokgattungen die Kolben eine größere Anzahl Hübe auf 1000 km ausführen, der Ölbedarf ist deshalb etwas größer. Bei der gleichen Einstellung verbraucht eine Lokomotive der BR 52 für 1000 km 2,5 kg Zylinderöl.

Bei neuangebauten Schmierpumpen mit noch völlig dichten Elementen können die Ölmengen für Kolben- und Schieberstangen unbedenklich noch um 0,5 Punkte der Einstellskala gedrosselt werden.

Ist an die Schmierpumpe auch die Achsschmierung angeschlossen, dann müssen diese Elemente so eingestellt werden, daß jedes Achslager etwa 0,7 bis 0,9 kg Öl für 1000 km erhält.

Die richtige Einstellung kann nach folgender Formel errechnet werden:

$$m = (D \times 3,14 \times \ddot{U} \times M) : 1000^2$$

worin m Ölförderung je Pumpenhub,

$\ddot{U}$  Übersetzungsverhältnis, d.h. Anzahl der Radumdrehungen der Lok für eine Umdrehung der Exzenterwelle der Pumpe,

M verlangte Ölmenge je 1000 km,  
D Treibraddurchmesser in m,

bedeutet.

Steht das Übersetzungsverhältnis nicht fest, so kann es während der Fahrt der Lokomotive ermittelt werden. Es stellt die Anzahl der Treib- oder Kuppelradumdrehungen dar, die notwendig sind, um einen Tropfen Öl zur Tropfdüse hinter dem Fenster zu befördern.

**Aufgabe:** Wie muß bei einer Lokomotive der BR 23.10 die Ölskala für die Treibachse eingestellt sein, wenn der Ölverbrauch je 1000 km 800 g nicht überschreiten soll und wenn jedes Achslager einen besonderen Anschluß an der Ölpumpe hat? Der Anschlußwinkel des Pumpenantriebes beträgt  $10^\circ$ .

$m = (D \times 3,14 \times \ddot{U} \times M) : 1000^2$ , worin m gesucht wird.

$$D = 1,75 \text{ m}$$

$$\ddot{U} = 360^\circ : 10^\circ = 36$$

$$M = 800 \text{ g}$$

$$m = (1,75 \times 3,14 \times 36 \times 800) : (1000 \times 1000)$$

$$m = 0,1584 \text{ g}$$

Würden beide Achslager der Treibachse von einem Ölanschluß aus geschmiert, dann müßte die Skala auf 6 eingestellt sein (siehe Spalte „Achsenöl“ in Tabelle 4).

Da jedes Achslager einen besonderen Anschluß hat, muß jeder Anschluß etwa 0,0792 g/Hub liefern, also etwa auf 3 eingestellt sein.

#### DK-Schmierpumpe de Limon für Luft- und Speisewasserpumpen

Die ältesten Rangierlokomotiven und ein Teil der Werklokomotiven sind zum Schmieren der Dampfzylinder der Luftpumpe noch mit einer Handölpumpe ausgerüstet. Um diese Handpumpen zu füllen, muß der Handhebel heruntergedrückt werden. Dadurch gibt ein Abdichtteller, der an der Stange des Pumpenkolbens befestigt ist, Füllbohrungen im Anschlußdeckel frei, durch die das Öl in den Ölbehälter fließen kann.

Das von der Handpumpe nach der Luftpumpe gedrückte Öl wird über zwei getrennte Schmierhähne dem Dampfzylinder zugeführt.

Alle übrigen Lokomotiven und Einheitslokomotiven sind zur Schmierung der Luft- und Speisepumpen mit selbsttätigen Schmierpumpen versehen.

Diese Schmierpumpe (Bild 49) befindet sich auf dem Deckel der Luft- und Speisepumpe und wird vom Pumpendampfkolben durch die Hubspindel (15), die dampfdicht in das Innere des Dampfzylinders ragt, bewegt.

Sie setzt sich aus einzelnen, von einer gemeinsamen Welle angetriebenen Kolbenpumpen zusammen, die während des Ganges der Luft- und Speisepumpe das Öl zu den Teilen E 1 bis E 5 (Bild 50) und durch Rohrleitungen mit Ölsperren selbsttätig zu den Schmierstellen drücken. Da die DK-Schmierpumpe Dampf- und Luftzylinder schmiert, sind 2 Ölvorratsbehälter (D) und (L) in der Pumpe vorgesehen. Der Vorratsbehälter (D) wird mit Naßdampföl und der Behälter (L) mit Kompressorenöl gefüllt. An Stelle von Naßdampföl kann auch Heißdampföl oder besser ein Gemisch

von 2 Teilen Heißdampföl und 1 Teil Kompressorenöl in den Behälter (D) gefüllt werden.

Bei strengem Frost empfiehlt es sich, das Gemisch im Verhältnis 1 : 1 herzustellen.

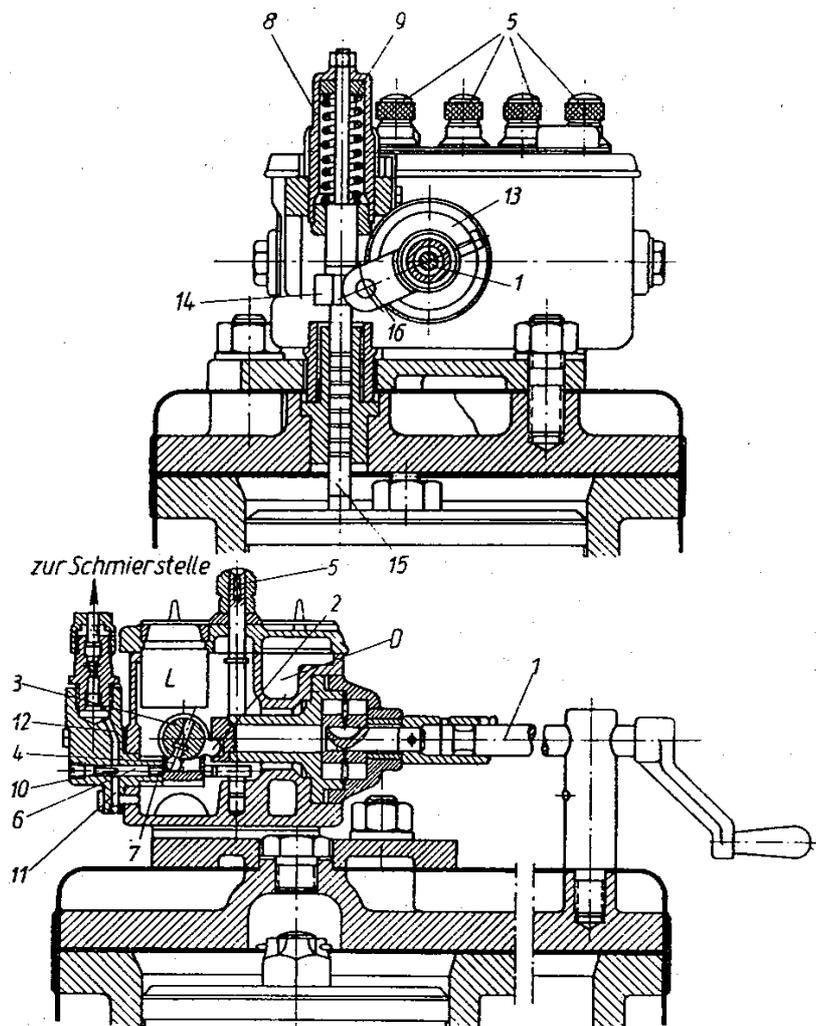


Bild 49. Selbstätige Schmierpumpe DK von de Limon für Luft- und Speisepumpen

- |  |  |
|--|--|
| 1 Antriebsspindel mit<br>exzentrischer Scheibe | 11 Saugkanal   |
| 2 Hebel  | 12 Druckkanal  |
| 3 Welle  | 13 Schaltwerk  |
| 4 Kugelnzapfen                                 | 14 Hubmuffe  |
| 5 Einstellschraube                             | 15 Hubspindel  |
| 6 Förderkolben                                 | 16 Bolzen  |
| 7 Feder  | D Vorratsbehälter für Dampf-<br>zylinderöl (Naßdampföl)  |
| 8 Federhülse                                   | L Vorratsbehälter für Luftzy-<br>linderöl (Kompressoröl) |
| 9 Rückdruckfeder                               |  |
| 10 Steuerschlitz                               |  |

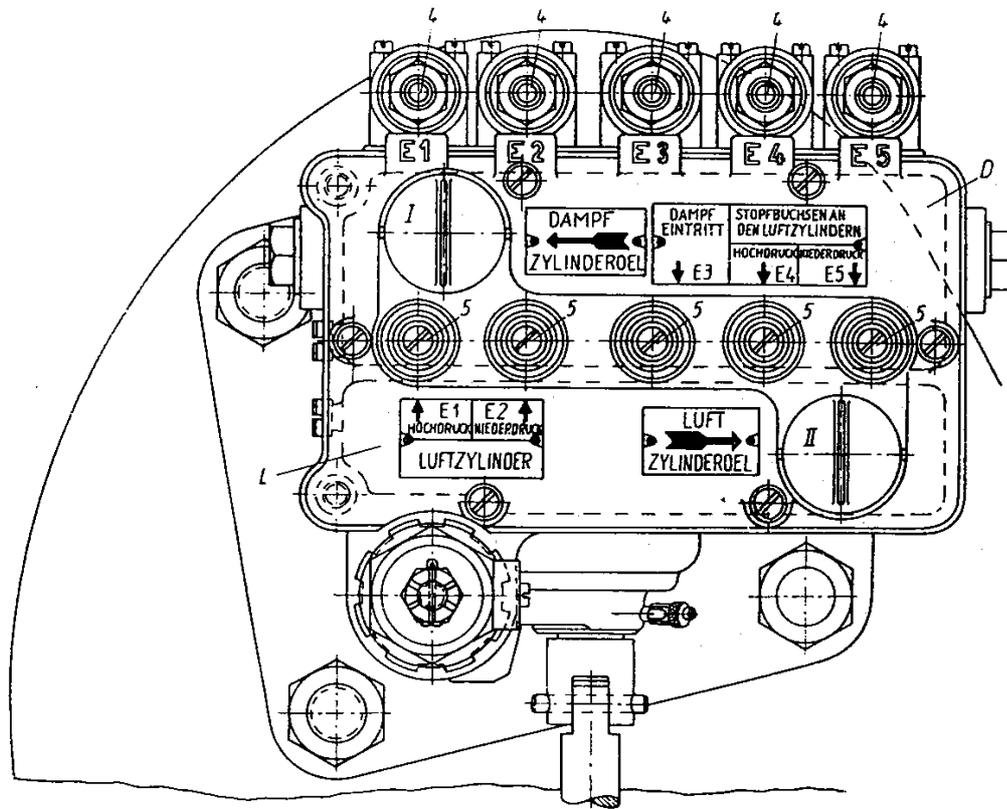


Bild 50. Aufsicht auf die Schmierpumpe mit 5 Schmierstellen

- 4 Pumpenteil, Anschluß zur Schmierstelle
- 5 Einstellschraube
- D Vorratsbehälter für Dampfzylinderöl
- L Vorratsbehälter für Luftzylinderöl
- I Einfüllöffnung für Dampfzylinderöl
- II Einfüllöffnung für Luftzylinderöl

Bild 50 zeigt die Teile E 1 bis E 5 sowie die als Ölvorratsbehälter bestimmten Abteilungen (L) und (D). Die Schrauben (5) besitzen Zeiger und Teilung und dienen zum Einstellen der Fördermengen. In der Zeigerstellung (8) hat die Pumpe die größte Fördermenge; für ein Pumpenteil beträgt sie  $0,2 \text{ cm}^3$  Öl bei einer Umdrehung der Antriebswelle.

Die Zahl der Ölanschlüsse ist verschieden. Zu einer Speisepumpe gehört eine Schmierpumpe mit 2 Anschlüssen, zu einer zweistufigen Luftpumpe gehört eine Schmierpumpe mit 3 Anschlüssen, und zwar für Dampfzylinder, Luftzylinder und Kolbenstangen. Zu einer Doppelverbundluftpumpe gehört eine Schmierpumpe mit 5 Anschlüssen, und zwar für den Hochdruckdampfzylinder, die beiden Luftzylinder und die beiden Kolbenstangen.

Die Antriebsspindel (1) wird beim Aufwärtsgang der Hubspindel (15) über die Hubmuffe (14), den Bolzen (16) und das Schaltwerk (13) stets in gleicher Richtung gedreht. Wenn die Hubspindel (15) durch Federkraft wieder nach unten gedrückt wird, läuft die Sperre des Schaltwerkes leer.

Auf dem Ende der Antriebsspindel sitzt eine exzentrische Scheibe (1), die den Hebel (2) und die Welle (3) in eine drehende

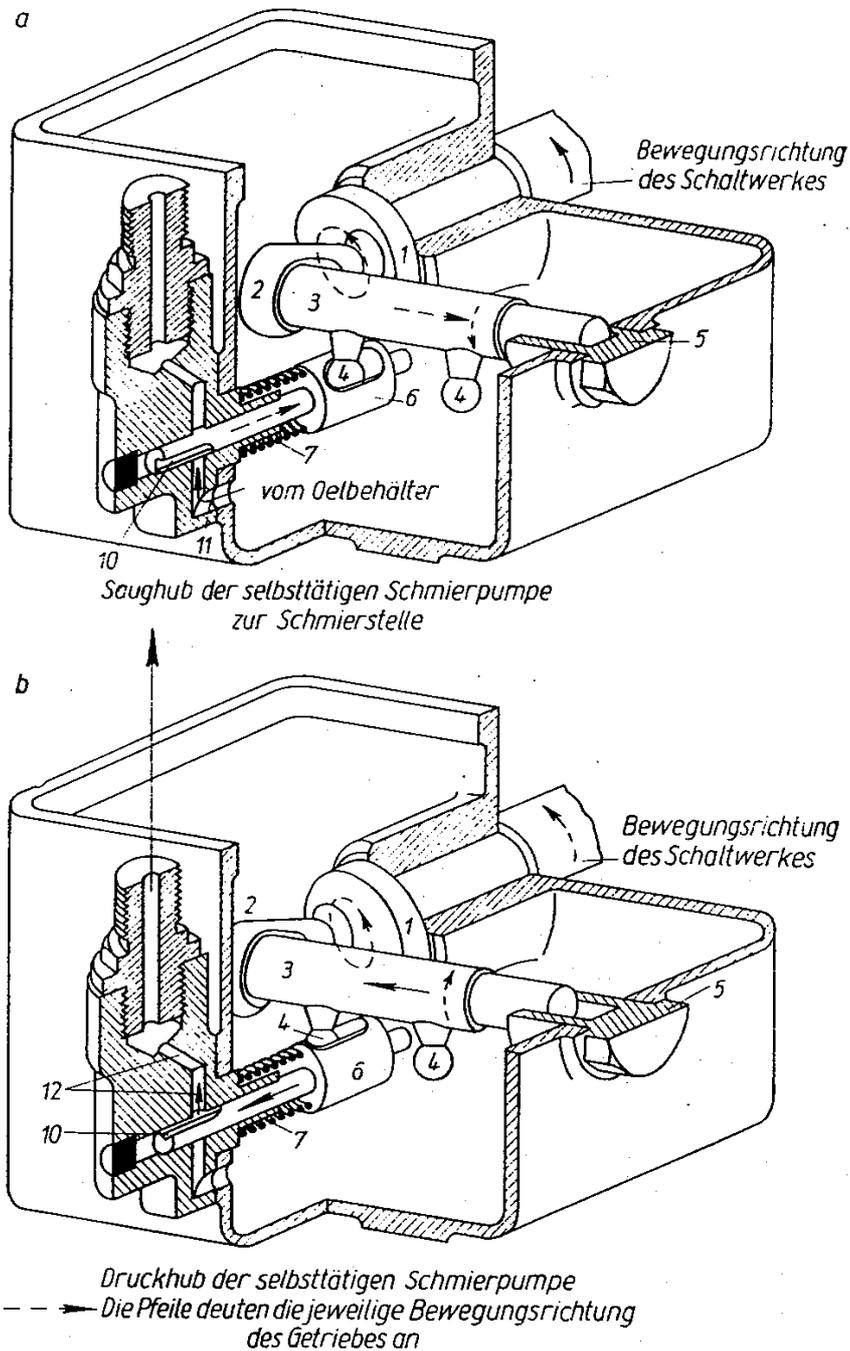


Bild 51. Wirkungsweise der Schmierpumpe

a Saughub      b Druckhub

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1 Antriebsspindel mit exzentrischer Scheibe | 6 Förderkolben   |
| 2 Hebel                                     | 7 Feder          |
| 3 Welle                                     | 10 Steuerschlitz |
| 4 Kugelzapfen                               | 11 Saugkanal     |
| 5 Lagermutter                               | 12 Druckkanal    |

und gleichzeitig hin- und hergehende Bewegung versetzt. An der Welle (3) sitzen Kugelnzapfen (4), die in Aussparungen in den verlängerten Pumpenschäften der Förderkolben (6) greifen. Dem Förderkolben wird dadurch ebenfalls eine hin- und hergehende Bewegung übermittelt; gleichzeitig drehen sich die Kolben etwas um die eigene Achse. Wird der Förderkolben nach außen gedrückt (Hingang), dann entsteht ein Druckhub (Bild 51b). Am Ende des Druckhubes zieht die Feder (7) den Kolben wieder zurück, das wird dadurch ermöglicht, daß der Kugelnzapfen in der Aussparung nach hinten Spiel hat. Dieser Rückhub ist der Saughub des Kolbens. In jedem Förderkolben ist ein Steuerschlitz (10) enthalten.

Beim Saughub tritt, sobald der Saugkanal (11) freigegeben ist, Öl durch den Steuerschlitz (10) in den Raum vor dem Förderkolben (Bild 51a).

Kurz vor Beginn des Druckhubes wird der Förderkolben durch die Welle (3) bzw. den Kugelnzapfen (4) so weit gedreht, daß der Steuerschlitz nach oben kommt. Während des Druckhubes wird nun das angesaugte Öl durch den Steuerschlitz (10) in die Druckkanäle (12) und von hier aus in die angeschlossene Ölleitung gedrückt.

Durch die hin- und hergehenden und gleichzeitig drehenden Bewegungen des Förderkolbens werden also auch die Öffnungen der Saug- und Druckkanäle gesteuert, so daß überhaupt keine Ventile erforderlich sind.

Auf die Antriebswelle (1) kann eine Handkurbel aufgesetzt werden, durch die die Schmierpumpe beim Stillstand der Luft- oder Speisepumpe oder beim Versagen des mechanischen Antriebes von Hand betätigt werden kann.

Durch Verstellen der Stellschraube (5) auf dem Deckel der Schmierpumpe (Bilder 49 und 50) wird eine bis zum Förderkolben (6) reichende Spindel bewegt, wodurch der Rückhub oder Saughub des Kolbens begrenzt werden kann. Die bei jedem Hub angesaugte und geförderte Ölmenge läßt sich hierdurch gut regeln. Zeiger und Teilung an der Stellschraube gestatten ein genaues Einstellen der Fördermenge. Tabelle 5 enthält die Einstellwerte der Schmierelemente.

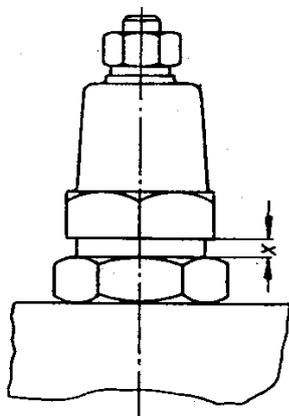


Bild 52.  
Federhülse der entfeinerten DK-Schmierpumpe

An Speisepumpen ist die Elementeneinstellung entsprechend. Wird eine Pumpe neu angebaut, dann ist während der ersten Woche stärker zu schmieren. In dieser Zeit gelten die letzten beiden Spalten für die Einstellung der Förderleistung der einzelnen Elemente.

Wird die Federhülse (8) (Bild 49) verstellt, dann wird der Hub der Hubspindel (15) verändert. Damit verändert man aber die Ölmenge für sämtliche Schmierstellen gleichzeitig.

Entfeinerte DK-Schmierpumpen besitzen keine Einzeleinstellungen (Einstellschrauben und -skalen 5), bei ihnen kann nur der Gesamtverbrauch geregelt werden, indem durch Verstellen der Federhülse das Hubspiel begrenzt wird (Bild 52).

Tabelle 5. Schmierung der Luft- und Speisepumpen mit selbsttätiger DK-Schmierpumpe  
Einstellung der Elemente

Elementeneinstellung	Normaleinstellung auf Marke		Ersteinstellung beim Anbau einer Pumpe nach Vollaufarbeitung	
	Sommer	Winter	Sommer	Winter
<b>1. Zweistufige Luftpumpen</b>				
E 1 für Niederdruckluftkolben	2...3	3...4	4...5	5...6
E 2 für Dampfeintritt	5...6	6...7	7...8	8...9
E 3 für Kolbenstange	2...3	2...3	2...3	2...3
<b>2. Doppelverbund-Luftpumpe</b>				
E 1 für Hochdruckkolben	3...4	5	5...6	5...6
E 2 für Niederdruckkolben	3...4	5	5...6	5...6
E 3 Dampfeintritt	6...7	7...8	8...9	9...10
E 4 für Kolbenstange HD-Luftzylinder	2...3	2...3	2...3	2...3
E 5 für Kolbenstange ND-Luftzylinder	2...3	2...3	2...3	2...3

Wird diese Federhülse bis auf die Gegenmutter zurückgedreht, dann wird die größte Förderleistung erreicht. Als Ersteinstellung nach Anbau einer Pumpe gilt ein Abstand der Federhülse von 3 mm, und zwar sowohl im Sommer als auch im Winter. Nach einer Woche ist die Hülse auf normale Ölabgabe einzustellen; der Abstand x soll dann im Sommer 10 mm, im Winter 8 mm betragen.

Michalk-Ölschmierpumpen Typen JMK2, JMK3 und JMK5 für Luft- und Speisepumpen

Der äußere Aufbau und die Wirkungsweise der Typenreihe JMK sind die gleichen wie die der Type JM. Der Antrieb geschieht aber nicht durch Schwinghebel, sondern durch den Stößel der Luft- oder Speisepumpe, der ein Klemmrollenschaltwerk antreibt. Entsprechend der Verschiedenartigkeit der Luft- und Speisepumpen werden die Zentral-Ölschmierpumpen mit zwei, drei und fünf Schmierstellen ausgeführt. Bild 53 zeigt eine Schmierpumpe mit 3 Schmierstellen für zweistufige Luftpumpen. Diese Pumpe ist mit zwei Ölbehältern von je 0,5 l Inhalt für Luft- bzw. Dampfzylinderöl ausgerüstet.

Um keine Schwierigkeiten beim Anbau zu erleiden, ist bei der Beschaffung genau zu beachten, für welche Pumpenart die Zentral-Ölschmierpumpe benötigt wird. Die einzelnen Typen werden wie folgt bezeichnet:

JMK 2 K mit 2 Schmierstellen für Speisewasserpumpe Bauart Knorr;

JMK 2 T mit 2 Schmierstellen für Speisewasserpumpe KT 1-250 (Knorr-Tolkien);

JMK 3 mit 3 Schmierstellen für zweistufige Luftpumpen;

JMK 5 N mit 5 Schmierstellen für Doppel-Verbund-Luftpumpe Nielebock-Knorr;

JMK 5 P mit 5 Schmierstellen für Doppel-Verbund-Luftpumpe mit P-Steuerung.

Alle Pumpen sind mit einem Vierkant ausgerüstet, so daß sie mittels Handkurbel durchgedreht werden können.

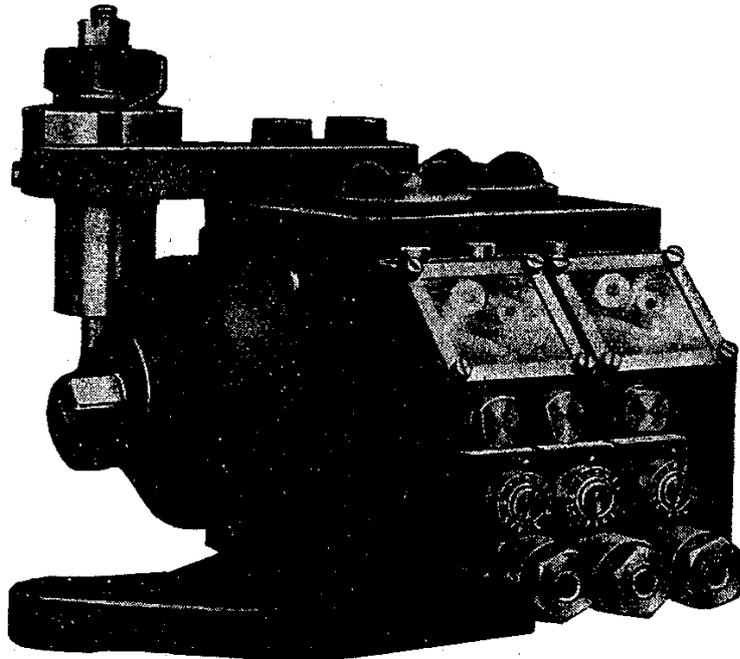


Bild 53. Michalk-Ölschmierpumpe Typ JMK3 mit 3 Schmierstellen für zweistufige Luftpumpe

Durch Lösen einer kleinen Madenschraube an der Einstellskala und Verstellen der Stellschraube (7, Bild 44) nach der Skala 6 in Bild 44 mittels Schraubenziehers wird der Hubraum und somit die Fördermenge verändert.

Die je Doppelhub geförderten Ölmengen in den einzelnen Stellungen der Skala gehen aus Tabelle 6 hervor.

Die Einstellung der einzelnen Elemente ist die gleiche wie bei der DK-Schmierpumpe. In der Tabelle enthält die Spalte 5 Angaben über die Einstellung der Elemente, die der Tabelle "Einstellung der Schmierelemente" entsprechen.

Es bedeuten darin:

Z	zweistufige Luftpumpe	S	Sommer
D	Doppel-Verbund-Luftpumpe	W	Winter
E1, E2 usw.	Element 1, 2 usw.		

Die Stellung 2,5 ist also einzustellen für

Z. E1 S, d.h. zweistufige Luftpumpe, Element 1 für Niederdruckluftkolben im Sommer;

Z. E3 S u. W, d.h. zweistufige Luftpumpe, Element 3 für Kolbenstange im Sommer und Winter;

D. E4 u.5 S u. W, d.h. Doppel-Verbund-Luftpumpe, Element 4 für Kolbenstange des Hochdruck-Luftzylinders und Element 5 für Kolbenstange des Niederdruck-Luftzylinders im Sommer und im Winter.

An den Speisepumpen ist die Elementeneinstellung entsprechend.

Tabelle 6. Geförderte Ölmenge je Doppelhub

Einstellung der Skala	Hubraum- Ölmenge in cm <sup>3</sup>	Gefördertes Öl pro Hub		Normalein- stellung
		der Ölpumpe in g Naßdampföl	Kompressoröl	
0,5	0,0063	0,0059	0,0057	
1,0	0,0125	0,0116	0,0113	
1,5	0,0187	0,0175	0,0169	
2,0	0,0250	0,0233	0,0225	Z.E1S; Z.E3Su
2,5	0,0313	0,0291	0,0282	W.D.E4 u.E5
3,0	0,0375	0,0349	0,0338	Su.W.
3,5	0,0438	0,0407	0,0394	Z.E1W; D.E1u.
4,0	0,0500	0,0465	0,0450	2 S.
4,5	0,0563	0,0524	0,0507	
5,0	0,0625	0,0582	0,0563	D.E1 u.2W
5,5	0,0688	0,0641	0,0620	Z.E2 S
6,0	0,0750	0,0698	0,0676	
6,5	0,0813	0,0757	0,0733	Z.E2W; D.E3S
7,0	0,0875	0,0814	0,0788	
7,5	0,0937	0,0873	0,0845	D.E3 W
8,0	0,1000	0,0930	0,0900	

### 3.4.3. Tropfenanzeiger, Ölsperren und Schmierleitungsverteiler

#### Tropfenanzeiger

Das von den Michalk- oder Bospumpen zu den Schiebern und Zylindern geförderte Öl wurde ursprünglich bei den Einheitslokomotiven durch Tropfenanzeiger geleitet, die in der Anzahl der Pumpenelemente auf dem Führerstand angebracht waren. Durch die Schaugläser der Tropfenanzeiger konnte man die geförderten Öltropfen erkennen und feststellen, wenn die Förderung der Pumpe oder eines Elementes aussetzte.

Bei dem größten Teil der Reichsbahnlokomotiven wurden allerdings die Tropfenanzeiger inzwischen ausgebaut, da die einwandfreie Förderung der Schmierpumpe täglich bei der Untersuchung der Ölsperren kontrolliert wird.

#### Ölsperren

An den Stellen, an denen Schmieröl in Schieber und Zylinder geführt wird, muß eine Absperrvorrichtung dafür sorgen, daß kein Dampf in die Rohrleitung zurücktreten kann und daß andererseits eine ungewollte Entleerung (leerlaufen) der Ölleitung verhindert wird. Diese Aufgaben übernehmen die Ölsperren. Sie sollen bei 18 bis 20 at Öldruck öffnen. Es gibt verschiedene Systeme von Ölsperren, die in folgendem geschildert werden sollen.

#### Ölsperre Bauart Woerner

Bei den älteren Lokomotivgattungen ist die Woerner-Ölsperre noch häufig anzutreffen.

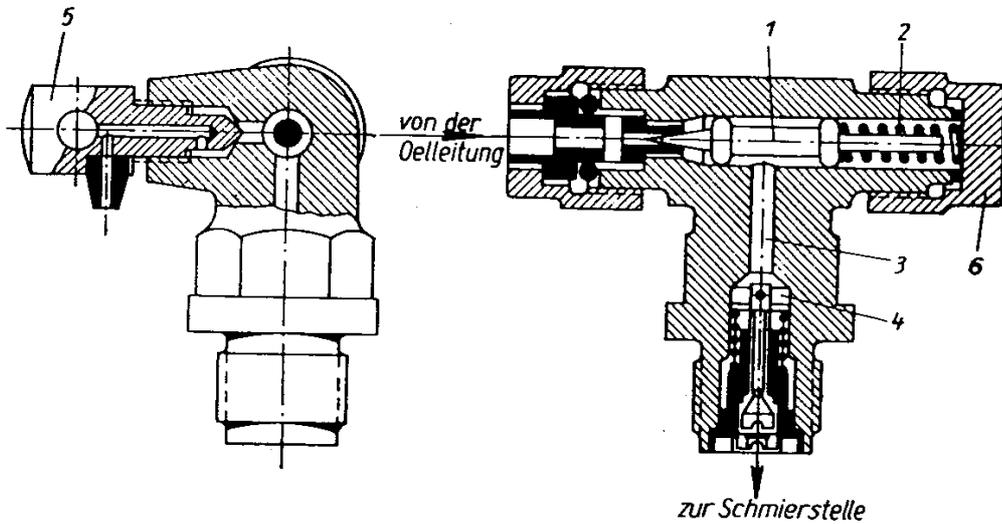
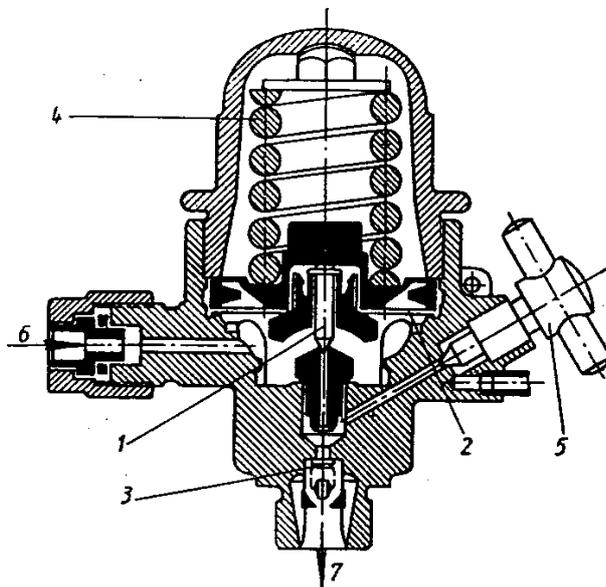


Bild 54. Woerner-Ölsperre

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1 Nadelventil      | 4 Absperrventil    |
| 2 Ventildruckfeder | 5 Prüfschraube     |
| 3 Ölkanal          | 6 Verschlussmutter |

Bild 55.  
Olva-Membranölsperre

- |                                 |
|---------------------------------|
| 1 federbelastetes Ventil        |
| 2 Federplatte (Membran)         |
| 3 Rückschlagventil              |
| 4 Feder                         |
| 5 Prüfschraube                  |
| 6 Anschluß von der Schmierpumpe |
| 7 zur Schmierstelle             |

Die Woerner-Ölsperre hat zwei hintereinander liegende Ventile, und zwar das Nadelventil (1) und das Absperrventil (4). Das von der Schmierpumpe kommende Öl muß den Druck der Ventildruckfeder des Nadelventils überwinden und gelangt dann in einen Kanal (3) über dem Absperrventil (4). Dann muß der Federdruck des Absperrventils überwunden werden, und das Öl fließt zur Schmierstelle.

Um zu prüfen, ob das Öl bis zur Schmierstelle gelangt, wird die Prüfschraube (5) um 1 bis 2 Gänge gelüftet. Jetzt muß bei arbeitender Pumpe Öl aus der Tülle der Prüfschraube treten.

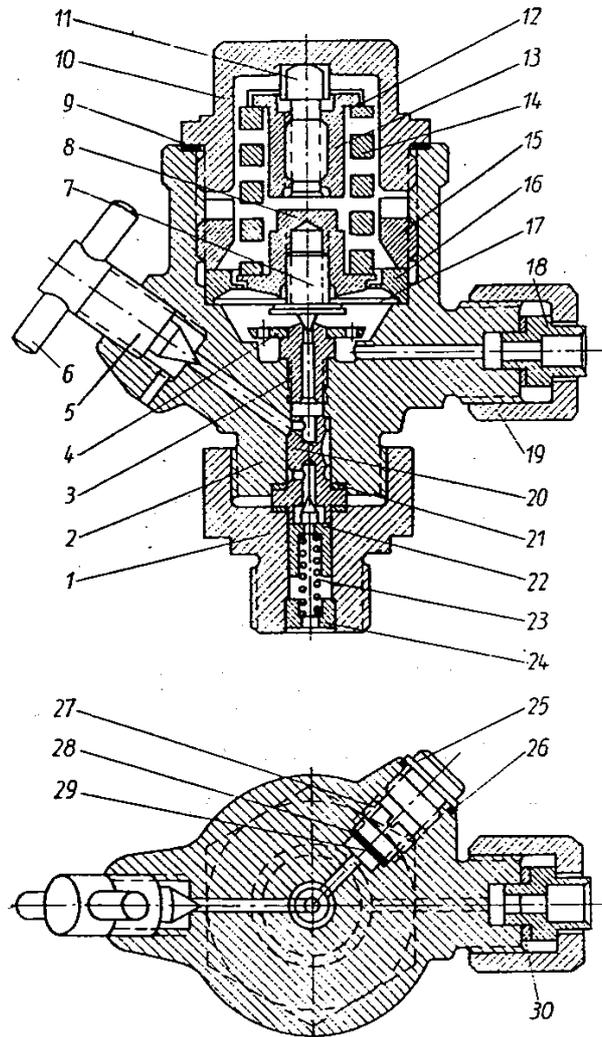
## Olva-Membran-Ölsperre

Bei der Olva-Ölsperre wird ein federbelastetes Ventil (1) gegen seinen Sitz gedrückt. Die gleiche Feder (4) belastet die Membran oder Federplatte (2 - Bild 55). Das von der Schmierpumpe kommende Öl tritt unter die Membran, wird angestaut, überwindet schließlich den Federdruck und hebt das Ventil (1) von seinem Sitz ab. Nun fließt das Öl zu dem federbelasteten Rückschlagventil (3) und tritt in den zu schmierenden Dampfraum ein. Auch diese Ölsperre hat eine Prüfschraube (5), an der durch Lösen um 1 bis 2 Gänge geprüft werden kann, ob Öl bis zur Schmierstelle gelangt.

Bild 56.

## Michalk-Ölsperrventil

- 1 Einschraubzapfen
- 2 Gehäuse
- 3 Ventilsitz
- 4 Schmutzfangplatte
- 5 Prüfschraube
- 6 Knebelkerbstift
- 7 Ventilkegel
- 8 Federauflagestück
- 9 Dichtung
- 10 Kappe
- 11 Einstellschraube
- 12 Sicherungsblech
- 13 Einstellmutter
- 14 Feder
- 15 Druckring
- 16 Ring
- 17 Federplatte (Membran)
- 18 Bundbuchse
- 19 Überwurfmutter
- 20 Kegelsitz
- 21 Dichtung
- 22 Kegel zum Bodenventil
- 23 Rückschlagventilfeder
- 24 Ventilnippel
- 25 Verschlussschraube
- 26 Dichtung
- 27 Sicherung
- 28 Sicherungsplatte
- 29 Dichtung
- 30 Dichtung



## Michalk-Ölsperrventil

Das Michalk-Ölsperrventil ist ebenfalls eine Membranölsperre. Sie weicht lediglich in ihrer äußeren Form und in einigen konstruktiven Feinheiten von der Olvasperre ab. Bevor das Öl unter die Membran gelangt, muß es erst die Schmutzfangplatte (4) passieren. Nach Anheben des Ventils fließt das Öl durch den Ventilsitz (3) und eine labyrinthartige Bohrung des Kegelsitzes

(20) bis zum Bodenventil, das von einer Rückschlagventilfeder auf seinen Sitz gedrückt wird.

Die Kappe (10) mit Dichtung (9) dichtet das Gehäuse ab. Nach Abnehmen der Kappe kann der Druck der Feder (14) durch Verdrehen der Schraube (11) verändert werden. Das Sicherungsblech (12) verhindert ihr ungewolltes Verdrehen.

Eine Prüfschraube (5) gestattet auch bei diesem Ventil ein Nachprüfen der Ölförderung.

Durch Abschrauben der Überwurfmutter (19) vom Eintrittszapfen und Abnehmen des Schmierrohres kann die Ölsperre auf Dampfdichtigkeit geprüft werden.

Wenn die Federplatte (Membran) (17) durch Werkstoffehler versagen sollte, würde die Schmierstelle kein Öl erhalten. Um dies zu vermeiden, wurde die Sicherungsplatte (28) eingebaut. Versagt die Membran, dann steigt vor dem Ventilkegel (7) der Öldruck an, bis die Sicherungsplatte (28) durchbricht und das Öl durch den Kegelsitz (20), Kegel (22) und am Ventilnippel (24) entlang zur Schmierstelle austritt.

### Schmierleitungsverteiler

#### Beschreibung

Um von einer Leitung des Schmierapparates mehrere Schmierstellen zu bedienen, können Schmierleitungsverteiler eingebaut werden. Die Schmierleitungsverteiler Michalk - Modell ZV - sind

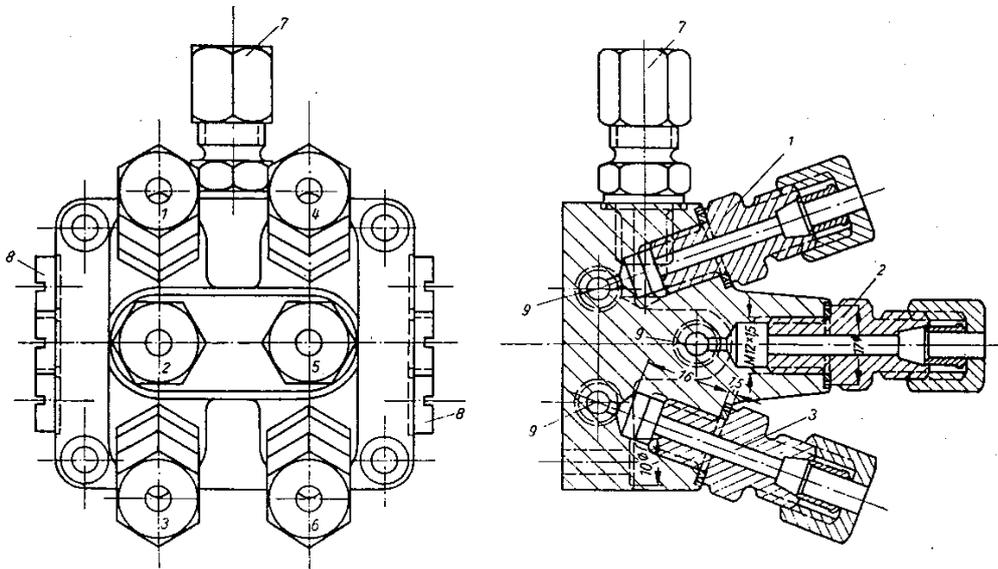


Bild 57. Schmierleitungsverteiler

- |                  |  |
|------------------|--|
| 1, 2, 3, 4, 5, 6 | Ölauslässe für 6stelligen Schmierleitungsverteiler |
| 1, 3, 4 und 6    | Ölauslässe für 4stelligen Schmierleitungsverteiler |
| 1 und 4          | Ölauslässe für 2stelligen Schmierleitungsverteiler |
| 7                | Öleintrittsanschluß                                |

Der Schmierleitungsverteiler muß in horizontaler Lage, wie gezeichnet, angebaut werden.

zwangsläufig arbeitende Verteiler, welche die Zentral-Versorgung mehrerer Schmierstellen einfacher und billiger gestalten. Sie haben bisher bei unseren Neubaulokomotiven Verwendung gefunden.

Die Verteiler sind in der Nähe einer anzuschließenden Schmierstellengruppe (Kolben- und Schieberstangen beiderseits, Achslager und Achslagerführungen beiderseits) anzubringen. Die Leitungen sind möglichst kurz und gleichmäßig anzulegen.

Die Verteiler werden mit 2 bis 6 Abgaben hergestellt, wobei die Fördermenge jedes der 6 Verteiler-Auslässe gleich ist. Die Gesamtölmenge für alle angeschlossenen Schmierstellen muß an der Schmierpumpe eingestellt werden.

Werden Schmierleitungsverteiler für nur zwei oder vier Auslässe benötigt, dann sind jeweils nur die Auslässe 1 und 4 bzw. 1, 3, 4 und 6 vorgesehen.

#### Wirkungsweise

Die Bilder 58a bis c zeigen schematisch die Wirkungsweise des Schmierleitungsverteilers.

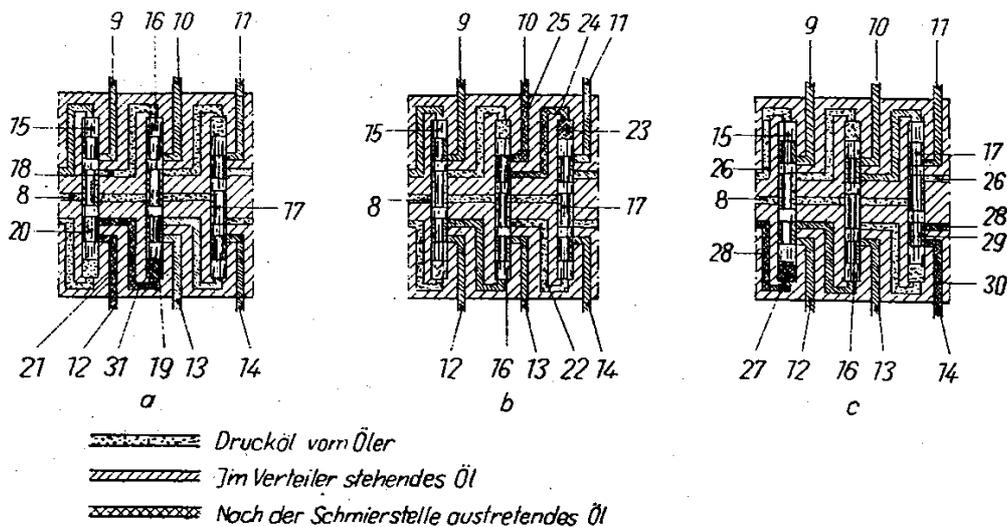


Bild 58. Wirkungsweise des Schmierleitungsverteilers

8	Öleintrittskanal	27	Hubraum vor
9,10,11	Ölauslässe nach den Schmierstellen	15	Kolben
12,13,14	Ölauslässe nach den Schmierstellen	28	Kanal
15,16,17	Kolben mit Ringraum	29	Ringraum des
18	Kanal	17	Kolbens
19	Hubraum vor Kolben 16	30,31	Kanäle
20	Ringraum des Kolbens 15		
21,22	Kanäle		
23	Hubraum vor Kolben 17		
24,25,26	Kanäle		

Im Gehäuse befinden sich die drei Kolben (15, 16 und 17), die mit Ringräumen versehen sind. Die Kolben werden von dem in den Kanal (8) eintretenden Öl zwangsläufig gesteuert.

Die Auslässe nach den Schmierstellen sind mit (9), (10), (11), (12), (13) und (14) bezeichnet.

In Bild 58a tritt das Drucköl vom Schmierapparat in den Kanal (8) ein und gelangt von hier über den Ringraum im Kolben (15) und über den Kanal (18) hinter den Kolben (16).

Der Kolben (16) wird verschoben, dadurch gelangt das im Raum (19) vorgelagerte Öl über Kanal (31), den Ringraum (20) im Kolben (15) über den Kanal (21) zum Auslaß (12) und von hier zur Schmierstelle.

Mit dem Ende der Verschiebung des Kolbens (16) ist der Zustand nach Bild 58b erreicht.

Der untere Ringraum des Kolbens (16) hat jetzt die Verbindung zwischen dem Eintrittskanal (8) und dem Kanal (22) hergestellt. Das Öl gelangt hinter den Kolben (17) (im Bild 58b unten), verschiebt den Kolben (17) (nach oben) und drückt das im Raum (23) dem Kolben vorgelagerte Öl über Kanal (24), den Ringraum im Kolben (16) und den Kanal (25) zum Ölauslaß (10) und von hier zur Schmierstelle.

Am Ende der Verschiebung des Kolbens (17) ist der Zustand nach Bild 58c erreicht.

Das von der Schmierpumpe in den Eintrittskanal (8) eintretende Öl gelangt über den Ringraum im Kolben (17) und den Kanal (26) hinter den Kolben (15) (im Bild 58c oben). Der Kolben (15) wird verschoben (nach unten) und drückt das im Raum (27) vorgelagerte Öl über den Kanal (28), den Ringraum (29) im Kolben (17) und Kanal (30) zum Auslaß (14) und von hier zur Schmierstelle.

Vom nachdrückenden Öl angetrieben, läuft nun der Steuervorgang in dem gleichen Sinne weiter, so daß nach dem Ölauslaß aus Kanal (14) dann nacheinander das Öl aus den Auslässen (9, 13, 11 und schließlich wieder aus 12) zur Schmierstelle gelangt. Hier wiederholt sich der beschriebene Vorgang.

### 3.5. Sandstreuer

#### 3.5.1. Zweck des Sandstreuers

Die Zugkraft der Lokomotive ist von der Reibung zwischen Rad und Schiene abhängig. Die Reibungsziffer zwischen Rad und Schiene beträgt normalerweise 0,2.

Bei feinem Sprühregen oder Laubfall sinkt der Reibungskoeffizient bis auf 0,1. Das gleiche tritt ein, wenn sich in Industriegebenden Kohlenstaub auf den Schienen ablagert.

Damit sinkt aber zugleich die Zugkraft der Lokomotive wesentlich ab. Die Reibung zwischen Rad und Schiene muß nun durch Sandstreuen vergrößert werden. Bei gesandeten Schienen steigt der Reibungskoeffizient bis zu 0,33.

Da beim Anfahren zur Beschleunigung des Zuges die größte Kraft benötigt wird, muß man bei schweren Zügen oder bei schlüpfrigen Schienen ebenfalls sofort Sand streuen.

#### 3.5.2. Druckluftsandstreuer Bauart Knorr

Allgemeine Anordnung der Sandstreueinrichtung

Der Sandvorrat der Lokomotive wird in einem bzw. zwei auf dem Langkessel aufgebauten Behälter (Sandkasten) mitgeführt.

Der Sand muß feinkörnig und trocken sein.

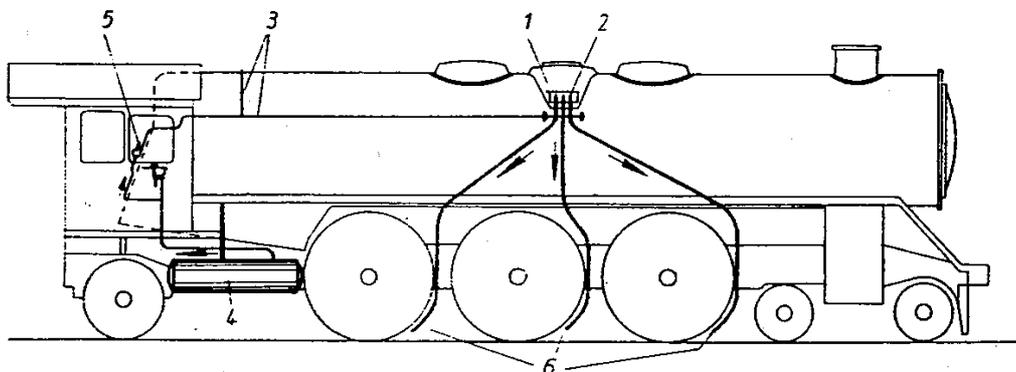


Bild 59. Anordnung der Sandstreuereinrichtung

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1 Sandkasten       | 4 Hauptluftbehälter |
| 2 Stredüsen        | 5 Anstellhahn       |
| 3 Druckluftleitung | 6 Fallrohre         |

An den Sandkasten sind rechts und links die Sandfallrohre angeschlossen (Bild 59). Sie sollen möglichst nahe an die zu besandenden Räder herangeführt werden und müssen genau über dem Schienenkopf stehen. Nach § 28 Abs. 8 der BO dürfen die Sandfallrohre bis 65 mm über SO herabreichen. Wenn sie auch in Gleisbögen innerhalb des durch die Radreifen bestrichenen Raumes bleiben (seitlich nicht verschiebbare Achse), dürfen sie sogar bis auf 55 mm herabreichen.

Um die Reibungskraft durch den Sand zu erhöhen, besandet man möglichst alle gekuppelten Achsen. Bei Tenderlokomotiven wird die Besandung grundsätzlich für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt vorgesehen.

Bei den älteren Lokomotivgattungen und bei einigen Werklokomotiven wird der Sand durch eine von Hand zu betätigende Vorrichtung in die Sandrohre geführt.

Jetzt verwendet man ausschließlich Druckluftsandstreuer. Sie haben den Vorteil, daß sie den Sand direkt an die Berührungsstelle des Rades mit der Schiene blasen.

#### Wirkungsweise des Druckluftsandstreuers

Der Druckluftsandstreuer Bauart Knorr hat vor dem Sandkasten Düsen, denen Druckluft vom Hauptluftbehälter über einen Anstellhahn zugeführt wird.

Die Druckluft tritt, vom Anstellhahn kommend, bei (2) (Bild 60) in die Stredüse ein. Hier wird der Luftstrom geteilt; ein Teil strömt durch (3) in den Sandkasten und wühlt den Sand auf, der andere Teil des Luftstromes geht durch die Bohrung (4) und fördert den aufgewühlten Sand nach dem Sandfallrohr.

Bei den Einheitslokomotiven wurde die in Bild 61 dargestellte Einrichtung mit Borsigsche Sandtreppe angebaut. Hier fließt der Sand aus dem Kasten auf die Borsigsche Sandtreppe. Die Luft vom Anstellhahn verzweigt sich unterhalb des Deckels über der Sandtreppe in 2 Düsen. Die schrägliegende Düse wirbelt den auf der Sandtreppe liegenden Sand auf, die senkrecht nach unten blasende Düse treibt den aufgewirbelten Sand in das Fallrohr.

Bild 60. Wühldüse und Förderdüse des Knorr-Sandstreuers

- 1 Streudüse
- 2 Luftzutritt vom Anstellhahn
- 3 Wühldüse
- 4 Förderdüse

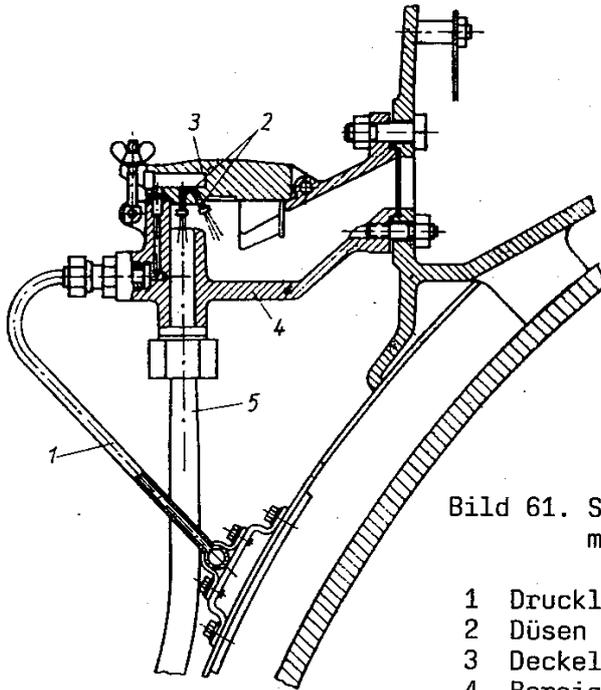
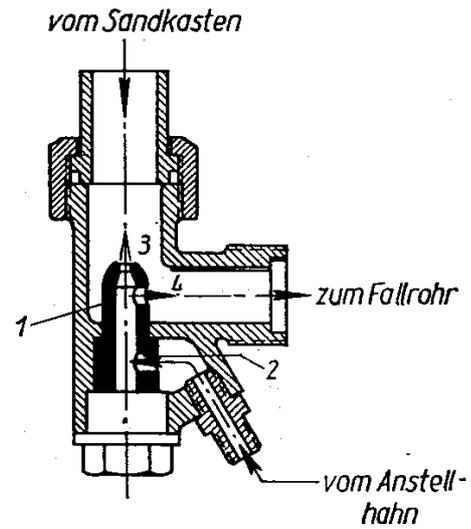


Bild 61. Sandstreuereinrichtung mit Borsigscher Sandtreppe

- 1 Druckluftrohr
- 2 Düsen
- 3 Deckel
- 4 Borsigsche Sandtreppe
- 5 Sandrohr

Stellung I Abschlußstellung

Stellung II schwache Sandung

Stellung III starke Sandung

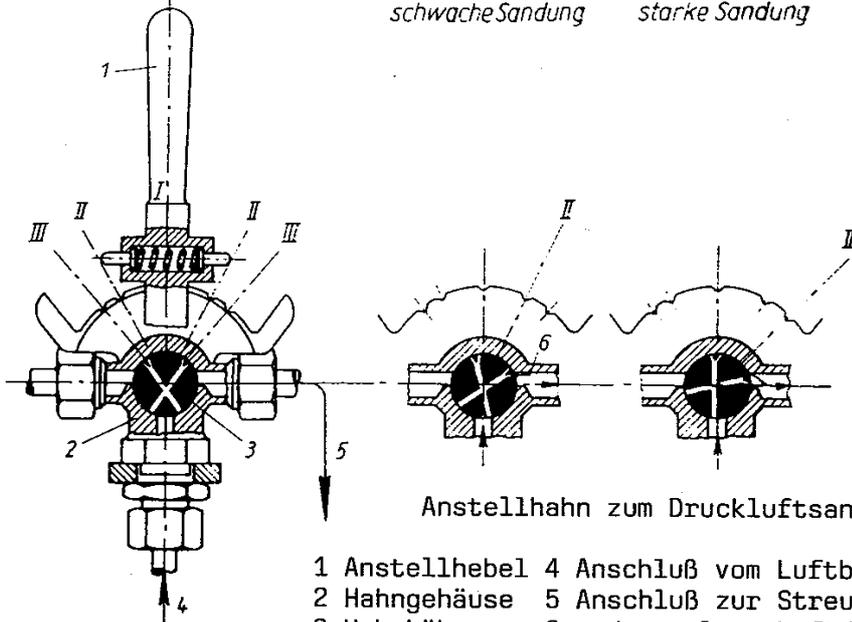


Bild 62.

Anstellhahn zum Druckluftsandstreuer

- 1 Anstellhebel
- 2 Hahngehäuse
- 3 Hahnkügen
- 4 Anschluß vom Luftbehälter
- 5 Anschluß zur Streudüse
- 6 gedrosselter Luftdurchgang

Auf dem Führerstand befindet sich meist rechts an der Stehkeselrückwand der Anstellhahn (Bild 62). Er hat eine Mittelstellung (I), in der die Luftleitung angeschlossen ist. Zum Sandgeben dienen nach beiden Richtungen (Vorwärts- und Rückwärtsfahrt) die beiden Stellungen II und III. In der Stellung II gelangt die Druckluft gedrosselt zur Streudüse, so daß nur eine schwache Besandung stattfindet. In Stellung III sorgt der volle Luftstrom für starke Besandung.

Durch Regen oder Feuchtigkeit von Undichtigkeiten an der Lokomotive kann ein Verstopfen der unteren Öffnungen der Sandrohre eintreten. Bei jedem Vorbereitungsdienst muß deshalb der Sandstreuer untersucht und etwaige Verstopfungen der Rohre durch Abklopfen beseitigt werden.

Beim letzten Halt vor großen Steigungen ist der Sandstreuer nochmals zu prüfen, da in diesen Fällen die weitere sichere Beförderung des Zuges vom einwandfreien Arbeiten der Sandstreuervorrichtung abhängt.

### 3.6. Sonstige Einrichtungen an Dampflokomotiven

#### 3.6.1. Geschwindigkeitsmesser

##### Allgemeine Anordnung

Zur Prüfung der Fahrgeschwindigkeiten werden die Lokomotiven mit Geschwindigkeitsmessern ausgerüstet.

Man verwendet heute fast ausschließlich Geschwindigkeitsmesser der Bauart Deuta (Deutsche Tachometerwerke GmbH Berlin).

Der Geschwindigkeitsmesser wird in der Regel in der rechten vorderen Ecke des Führerhauses so angebracht, daß er genau im Blickfeld des Lokomotivführers liegt. Eine biegsame Welle ist am Kurbelzapfen einer Kuppelachse, in der Regel an der letzten Kuppelachse, befestigt und überträgt die Umdrehungen der Achse auf eine senkrechte Welle des Geschwindigkeitsmessers.

Der am Kurbelzapfen befestigte Ausleger, der die biegsame Welle antreibt, muß genau zur Achsmitte ausgerichtet sein. Ist dies nicht der Fall, dann wird die Geschwindigkeit nicht gleichmäßig übertragen, und der Zeiger des Geschwindigkeitsmessers pendelt. Wird die biegsame Welle oder gegebenenfalls die Gliederkettenwelle zu lang ausgeführt, dann staucht sie sich im Schutzrohr und reibt an dessen Wandung. Der Zeiger würde ebenfalls pendeln.

Der Einbau der biegsamen Welle muß also ganz sachgemäß vorgenommen werden, um auch eine wirklich einwandfreie Übertragung der Geschwindigkeit zu erhalten.

##### Wirkungsweise des Geschwindigkeitsmessers

Auf der von der biegsamen Welle angetriebenen senkrechten Welle (4) des Geschwindigkeitsmessers sitzt der u-förmig gebogene Magnet (2). Die beiden Pole des Magneten drehen sich um eine Aluminiumtrommel (1), die als Kurzschlußanker ausgebildet ist. Der Anker (1) ist drehbar gelagert und wird durch die Feder (3) in seiner Ruhelage gehalten.

Durch den sich drehenden Magneten entstehen in dem Anker Wirbelfelder, die den Anker mitzunehmen versuchen. Er kann sich aber nicht völlig mitdrehen, da er durch die Feder daran ge-

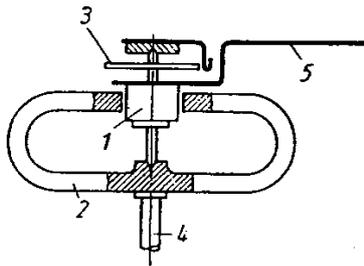


Bild 63.  
Prinzip der Wirkungsweise des  
Geschwindigkeitsmessers

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1 Anker       | 4 Welle  |
| 2 Magnet      | 5 Zeiger |
| 3 Spiralfeder |          |

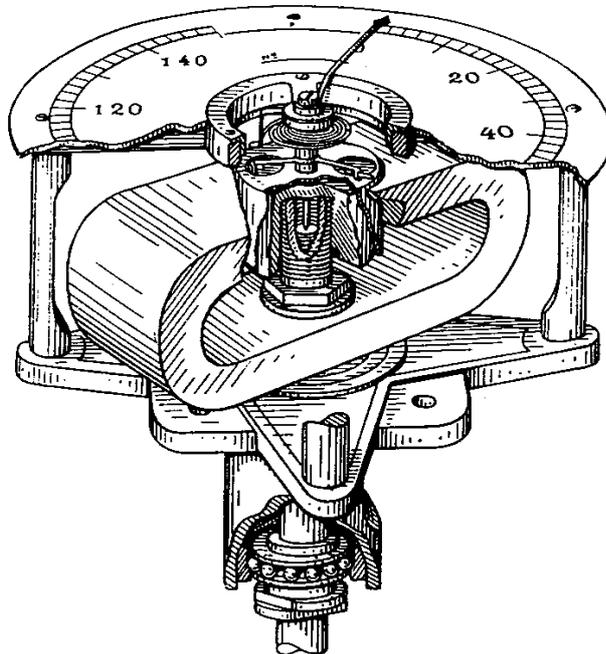


Bild 64. Schnitt durch einen Geschwindigkeitsmesser

hindert wird. Er spannt aber die Feder und dreht sich um einen bestimmten Betrag. Die Wirbelfelder werden um so größer, je schneller sich der Magnet um seine Achse dreht, d.h. also, je größer die Geschwindigkeit der Lokomotive wird. Der mit dem Anker verbundene Zeiger (5) folgt dem Ausschlag des Ankers und zeigt nun direkt die augenblickliche Geschwindigkeit auf dem Zifferblatt an.

Die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive ist auf dem Zifferblatt durch eine rote Marke gekennzeichnet. Fährt ein Zug mit der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit, dann muß dabei berücksichtigt werden, daß der Geschwindigkeitsmesser auf einen mittleren Radreifendurchmesser geeicht ist. Hat die Lokomotive neue Radreifen, dann darf man die Geschwindigkeit nicht völlig bis an die rote Marke ausfahren, da der Zeiger jetzt etwas zu wenig anzeigt, die wirkliche Geschwindigkeit des Zuges also etwas höher ist. Sind die Reifen bereits mehrfach abgedreht worden und unter eine mittlere Dicke von etwa 45 mm geschwächt, dann zeigt der Geschwindigkeitsmesser etwas zuviel an.

### 3.6.2. Dampfpfeife

Bauart und Wirkungsweise der Dampfpfeife haben sich seit der Zeit der ersten Lokomotiven nur unwesentlich verändert.

Das Hauptelement der Pfeife stellt eine Glocke (1) mit scharfer Schneide dar. Ein Untersatz ist so konstruiert, daß genau senkrecht unter der Schneide ein Ringspalt (2) zum Durchströmen des Dampfes offen ist (Bild 65). Der ausströmende Dampf stößt gegen die Schneide und versetzt die Glocke in schnelle Schwingungen, die als Pfeifton wahrnehmbar werden. Ein im Pfeifenuntersatz sitzendes Ventil (4) wird durch eine Feder (6) geschlossen gehalten. Durch einen Handzug kann von Führerstände aus das Ventil geöffnet und damit die Pfeife zum Ertönen gebracht werden. Wie Bild 65 zeigt, befindet sich bei den Pfeifen der Einheitslokomotiven im Hauptventil noch ein kleines Zusatzventil (3). Wird der Pfeifenhebel nur mäßig bewegt, dann hebt sich zunächst das Hilfsventil und läßt durch Bohrungen im Hauptventil (5) nur eine geringe Menge Dampf strömen. Dadurch wird ein schwächerer Ton, ein sogenannter Halbton erzeugt. Dieser Halbton genügt für Signale beim Vershubdienst und sonstigen Verständigungen im Bahnhofsbereich.

Das Hilfsventil hat einen Vorschub von 5 mm; wird der Pfeifenhebel stärker heruntergedrückt, so wird durch einen Bund (7) auf der Spindel (8) das Hauptventil von seinem Sitz gehoben und läßt den vollen Dampfdruck zum Ringspalt strömen. Jetzt ertönt der laute Vollton.

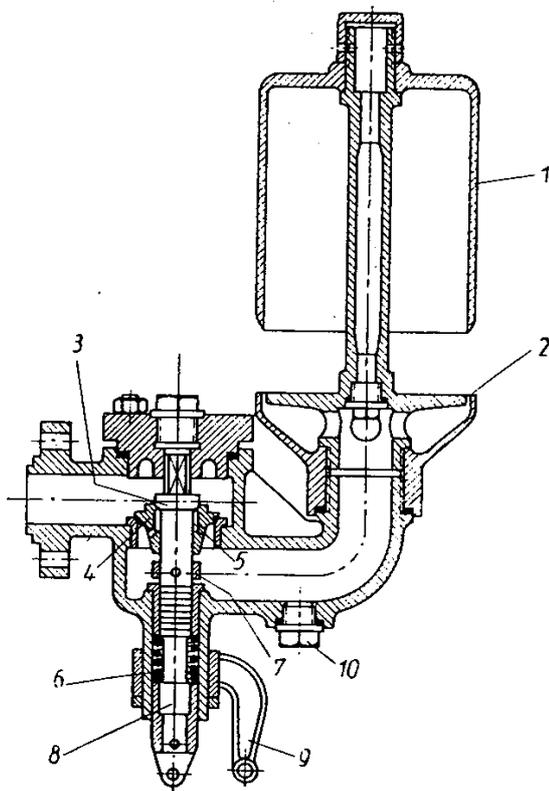


Bild 65.  
Dampfpfeife der  
Einheitslokomotiven

- 1 Glocke
- 2 Ringspalt
- 3 Zusatzventil
- 4 Hauptventil
- 5 Bohrung im Hauptventil
- 6 Feder
- 7 Bund
- 8 Ventilspindel
- 9 Hebelstütze
- 10 Entwässerungsschraube

### 3.6.3. Läutewerk

#### Allgemeines

Nach § 36 der BO müssen Lokomotiven und Triebwagen, die auf Nebenbahnstrecken verkehren, auf welchen vor Wegübergängen zu läuten ist, mit einer Läutevorrichtung ausgerüstet sein.

Die verwendeten Läutewerke können mit Dampf oder auch mit Druckluft betätigt werden. Die älteren Lokomotiven sowie die meisten Werk- und Anschlußbahnlokomotiven sind noch mit Dampf-läutewerken ausgerüstet.

Da heute fast alle Lokomotiven mit Druckluftbremsen ausgerüstet sind, baut man neuerdings fast nur noch Druckluftläutewerke an.

#### Dampf-läutewerk

Als Dampf-läutewerk wird fast ausschließlich dasjenige der Bauart Latowski verwendet (Bild 66).

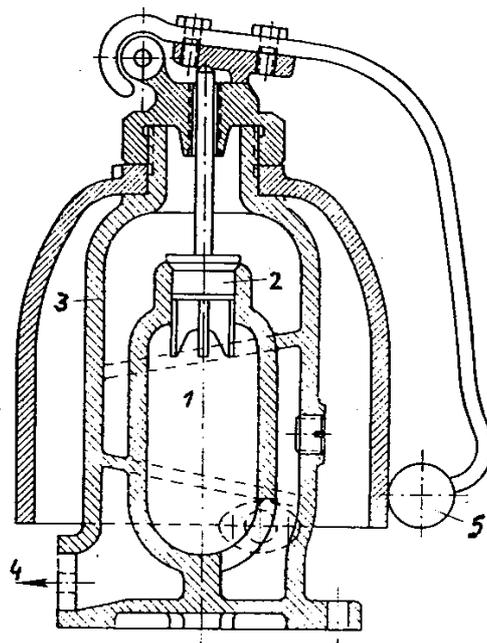
Nach Öffnen des Anstellventils zum Läutewerk auf dem Führerstand strömt Dampf in die innere Kammer (1) des Läutewerkes. Es hebt das oben befindliche, selbststeuernde Ventil (2) an. Dadurch wird der Glockenklöppel gehoben. Ist der höchste Hub erreicht, strömt der Dampf über das Ventil in den Mantel (3) der Glocke und von hier aus ins Freie.

Durch das Eigengewicht fällt der Klöppel zurück und bringt die Glocke zum Ertönen. Gleichzeitig wird das Ventil wieder geschlossen, wodurch sich sofort wieder Druck zum nächsten Hub in der Kammer bildet. Je nachdem, wie weit das Dampfventil geöffnet wird, kann die Aufeinanderfolge der Glockenschläge beschleunigt oder verzögert werden.

Dadurch, daß der verbrauchte Dampf erst in den Glockenmantel geleitet wird, bevor er ins Freie austritt, wird das Läutewerk im Winter vor der Gefahr des Einfrierens geschützt.

Bild 66.  
Dampf-läutewerk  
Bauart Latowski

- 1 innere Kammer
- 2 selbststeuerndes Ventil
- 3 Mantel
- 4 Ausgang ins Freie
- 5 Klöppel



### Druckluftläutwerk

Beim Druckluftläutwerk dient eine Stahlkugel (1), die in einem kurzen Laufzylinder geführt und gegen die Glockenwand geschleudert wird, als Klöppel.

Durch Öffnen des Anstellventils wird Druckluft dem Hauptluftbehälter entnommen und strömt durch die Düse (2) in die unter dem federbelasteten Rückschlagventil (3) befindliche Kammer (4). Sobald der Druck in der Kammer so stark angewachsen ist, daß er die Federkraft überwindet, wird das Rückschlagventil (3) angehoben. Sobald die Bohrungen (5) im Ventil den ringförmigen Kanal (6) erreicht haben, gleicht sich der Druck über und unter dem Ventil aus.

Da die Luft durch die feine Düse (2) nur langsam nachströmt, wird das Rückschlagventil durch die Federkraft wieder auf seinen Sitz gedrückt.

Die über dem Ventil stehende Luft dehnt sich aus und treibt die Kugel (1) vor sich her. Sobald die Kugel die Glockenwand erreicht und die Glocke zum Ertönen gebracht hat, kann die Luft durch die nunmehr von der Kugel freigegebene Bohrung (7) ins Freie entweichen.

Während dieser Zeit ist der Druck in der Kammer (4) bereits wieder so weit angestiegen, daß das Rückschlagventil erneut angehoben wird. Dieses Spiel setzt sich fort, solange das Luftstellventil geöffnet ist.

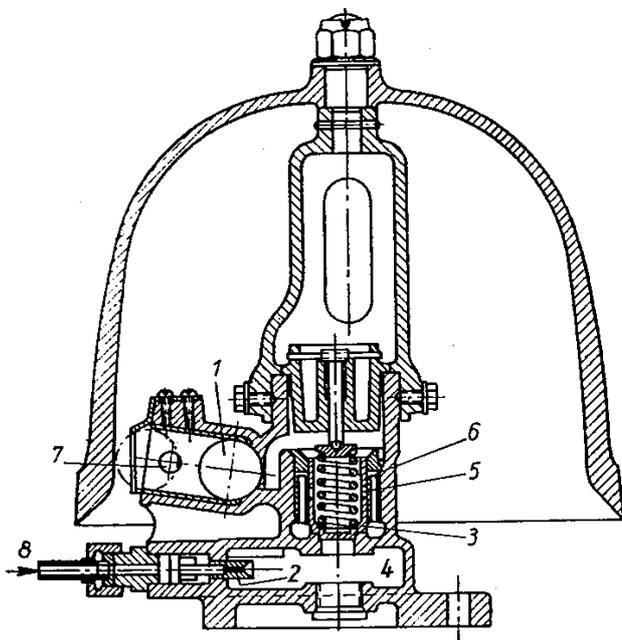


Bild 67.  
Druckluftläutwerk  
Bauart Knorr

- 1 Stahlkugel
- 2 Düse
- 3 Rückschlagventil
- 4 Luftkammer
- 5 Bohrungen  
im Ventil
- 6 ringförmiger  
Kanal
- 7 Austritt  
ins Freie
- 8 Lufteintritt

#### 3.6.4. Bahnräumer und Windleitbleche

Der § 36 der BO schreibt im Abschnitt 2 (4) vor, daß Lokomotiven mit Tender vorn an der Lokomotive und hinten am Tender mit Bahnräubern ausgerüstet sein müssen.

Alle übrigen Lokomotiven (Tenderlokomotiven) und Triebwagen müssen vorn und hinten Bahnräumer haben.

Die Bahnräumer haben den Zweck, etwaige auf den Schienen liegende Hindernisse beiseite schieben zu können. Sie bestehen aus 15 bis 20 mm dicken Blechen und sind unterhalb oder hinter dem Pufferträger angebaut. Ein Bahnräumer kann seinen Zweck natürlich nur dann erfüllen, wenn er tief genug bis über Schienenoberkante herabreicht. Nach § 28 Abs. 8 der BO dürfen bei Lokomotiven, Tendern und Triebwagen die Bahnräumer bis höchstens 65 mm über SO herabreichen.

Neue Radreifen besitzen eine Dicke von 75 bis 80 mm. Das Betriebsgrenzmaß für die Dicke gebremster Radsätze beträgt 30 mm. Im Laufe des Betriebes können sich somit die Radreifen um 45 bis 50 mm abnutzen (einschließlich mehrfachen Überdrehens). Um den gleichen Betrag kommt natürlich auch der Rahmen tiefer; aus diesem Grunde müssen die Bahnräumer verstellbar gebaut sein. Sie sind deshalb mit Langlöchern versehen.

#### Windleitbleche

Um zu vermeiden, daß sich während der Fahrt Dampf und Rauch herabsenken und am Kessel abströmen, werden rechts und links neben der Rauchkammer Windleitbleche angebaut.

Durch die Windleitbleche strömt der Fahrtwind nach oben ab und trägt Rauch und Dampf mit in die Höhe. Die Sicht wird nun nicht mehr behindert.

Je nach der Geschwindigkeit der Lokomotive sind die Bleche vom Umlauf aus bis zu  $\frac{3}{4}$  der Höhe der Rauchkammer oder von der Mitte der Rauchkammer oder darüber bis zur Mündung des Schornsteins ausgeführt.

### 3.7. Lokomotivtender und

#### Vorratsbehälter der Tenderlokomotiven

##### 3.7.1. Lokomotivtender

###### Allgemeines

Jede Lokomotive muß einen Vorrat an Brennstoffen und Wasser mitführen. Je größer die zu durchzufahrende Strecke und die Leistung der Lokomotive sind, um so größer wird der Bedarf an Kohlen und Wasser.

Im Vorort- und Nahverkehr sowie auf Strecken, auf deren Endbahnhöfen ein Drehen der Lokomotive nicht möglich ist, und im leichten und mittleren Rangierdienst setzt man Tenderlokomotiven ein. Bei den Tenderlokomotiven sind die Vorräte an Kohlen und Wasser auf bzw. an der Lokomotive selbst untergebracht. Die Vorratsmengen sind aber begrenzt, da die Unterbringungsmöglichkeiten nicht sehr groß sind und der Achsdruck zu hoch würde.

Aus diesem Grunde werden Lokomotiven für den Fernverkehr mit einem besonderen Schlepptender ausgestattet. Von der Größe des Inhaltes dieses Tenders an Kohlen und Wasser hängt der Aktionsradius der Lokomotive ab, das heißt, je mehr Vorräte mitgeführt werden, desto längere Strecken können bis zur erneuten Ergänzung der Vorräte durchfahren werden.

Während ein großer Teil der Tenderlokomotiven ein Fassungsvermögen von durchschnittlich 3 t Kohlen und 7 m<sup>3</sup> Wasser hat, fassen die größten Tender 10 t Kohlen und 38 m<sup>3</sup> Wasser. Am Ende

dieses Absatzes wird ein Überblick über Fassungsvermögen und Bezeichnung der gebräuchlichsten Tender gegeben.

### Wasserkasten und Kohlenbehälter des Tenders

#### Wasserkasten

Der Tender setzt sich zusammen aus dem Wasserkasten mit dem Kohlenvorratsbehälter, dem Rahmen und dem Laufwerk.

Bild 68 zeigt einen Schnitt durch Wasserkasten und Kohlenbehälter eines Tenders. Der Wasserkasten besteht aus Blechen von etwa 6 mm Dicke, die mit Winkel- und T-Eisen verbunden und zusammenge Nietet bzw. zusammengeschweißt sind.

Der obere Abschluß dient gleichzeitig als Boden des Kohlenkastens. Um die großen Wände des Kastens zu verstellen und um das Gewicht der Kohlen von der Kastendecke auf den Rahmen zu übertragen, sind im Inneren des Wasserkastens Querfachwerke oder Querwände angebracht. Damit sich das Wasser gleichmäßig im ganzen Tender verteilen kann, tragen die Querwände große Ausschnitte.

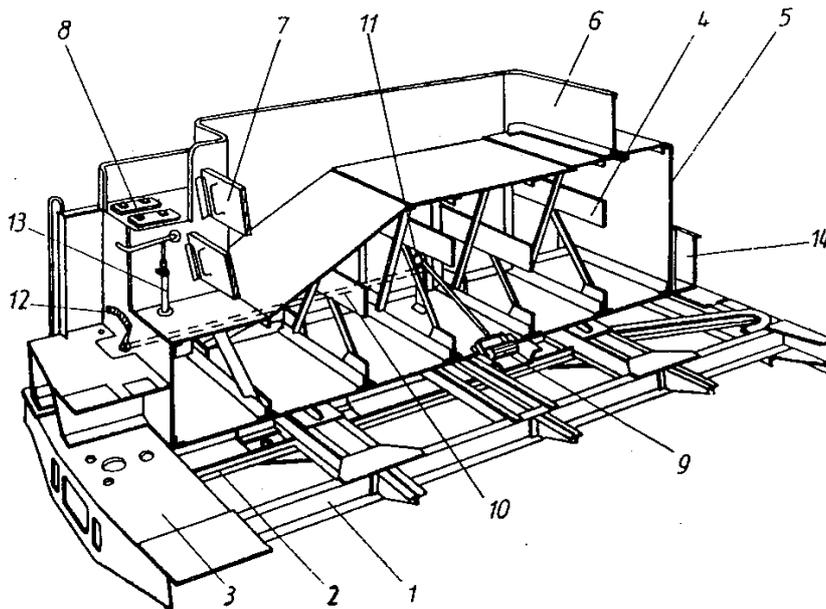


Bild 68. Schnitt durch Wasserkasten und Kohlenbehälter des Tenders

- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1 Längsträger               | 8 Ölkasten              |
| 2 Rahmenverstrebung         | 9 Schwimmer             |
| 3 Kuppelkasten              | 10 Schwimmerwelle       |
| 4 Wasserkastenversteifungen | 11 Gegengewicht         |
| 5 Wasserkasten              | 12 Wasserstandsanzeiger |
| 6 Kohlenkasten              | 13 Absperrventil        |
| 7 Kohlenschutzblech         | 14 Werkzeugkasten       |

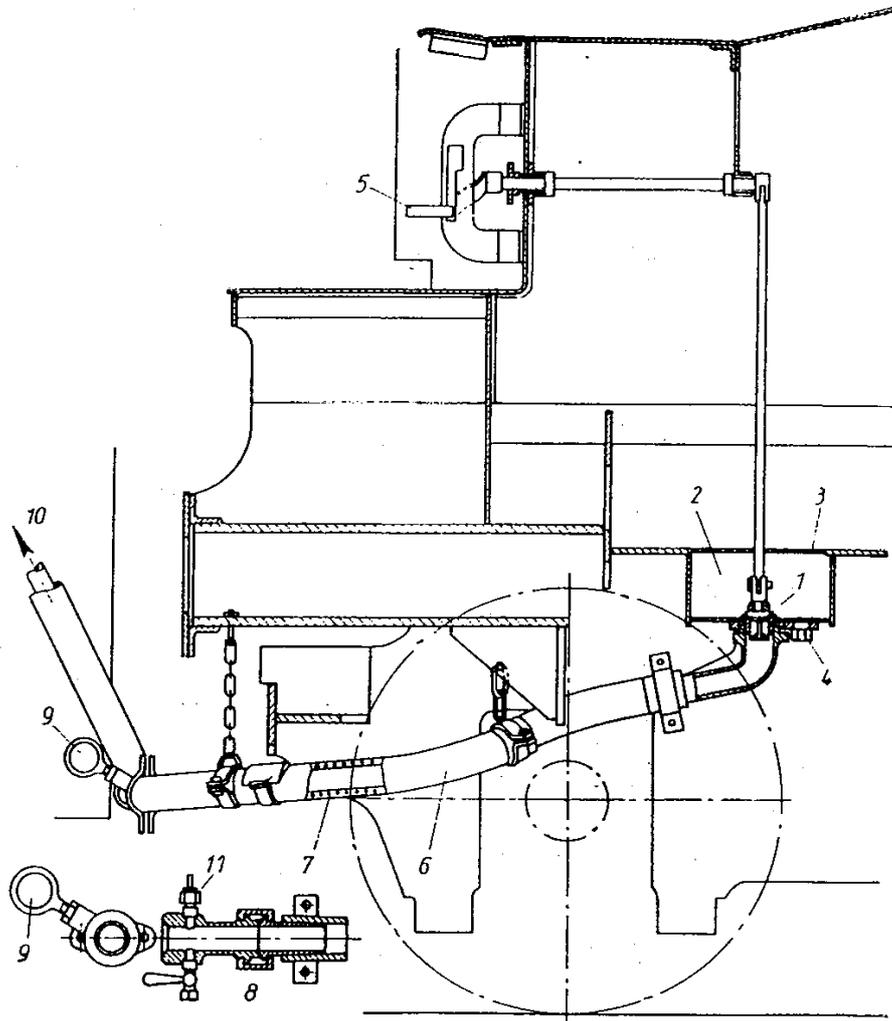


Bild 69. Wasserentnahmeeinrichtung am Tender

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1 Tenderabsperrrventil                          | 6 Wasserschlauch            |
| 2 Saugkasten                                    | 7 Drahteinlage              |
| 3 Sieb  | 8 Verschraubung             |
| 4 Ablasschraube                                 | 9 Gegengewicht              |
| 6 Zug mit Handhebel zum<br>Tenderabsperrrventil | 10 Anschluß zur Speisepumpe |
|   | 11 Anschluß für Heißdampf   |

Häufig deckt man die Ausschnitte mit gelochten Blechen ab. Die Querwände und die Lochbleche sollen außer der Versteifung des Kastens auch bei starkem Bremsen oder bei schnellem Anfahren die Bewegung des Wassers dämpfen, sie dienen also gleichzeitig als Schwallbleche für das Wasser.

Die Tender mit einem Fassungsvermögen von mehr als 30 m<sup>3</sup> Wasser sind über den Hauptlängsträgern des Rahmens noch zusätzlich durch Längsfachwerke versteift.

Die BO schreibt im Abschnitt 3 des § 15 vor: „Die Ausflußöffnungen der Wasserkrane müssen mindestens 2,85 m, bei neu zu beschaffenden Wasserkranen mindestens 3,10 m über Schienenoberkante liegen.“

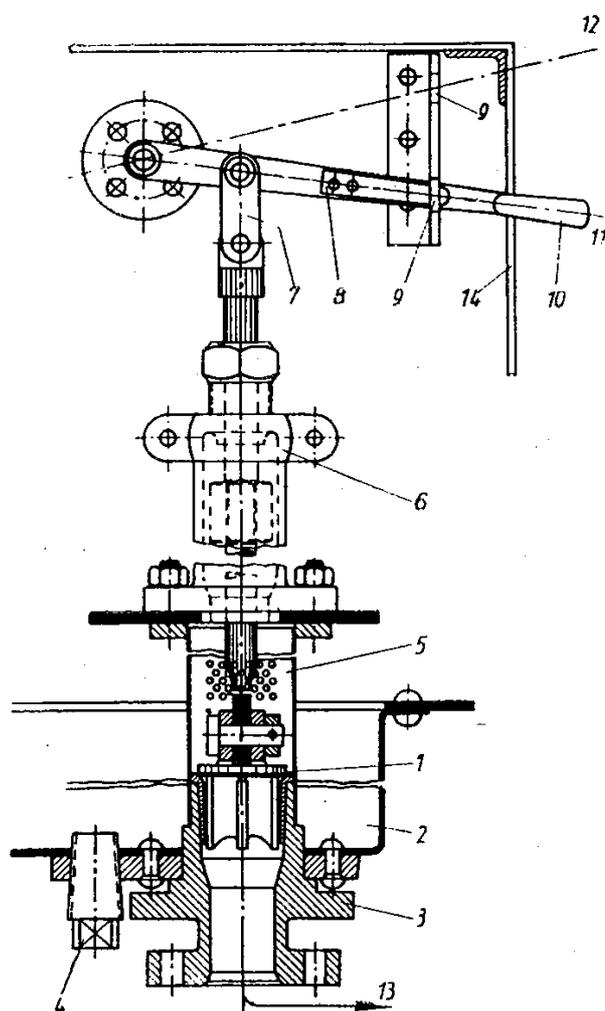


Bild 70.  
Tenderabsperrventil

- 1 Absperrventil
- 2 Saugkasten
- 3 Ventilgehäuse
- 4 Entleerungs-  
schraube
- 5 gelochtes  
Wassereinlauf-  
rohr
- 6 Ventilstangen-  
führung
- 7 Gelenk
- 8 Feder
- 9 Rasten
- 10 Ventilhebel
- 11 Absperrventil  
geschlossen
- 12 Absperrventil  
offen
- 13 Saugleitung zur  
Speisepumpe
- 14 Vorderwand des  
Wasserkastens

Infolgedessen darf der Wassereinlauf an den Vollspurtendern nicht höher als 2750 mm über Schienenoberkante liegen. Bei den größeren Einheitstendern ist der Hauptwassereinlauf 3000 mm über SO angebracht. Da aber fast an allen Strecken noch Wasserkrane zu finden sind, deren Ausflußöffnung 2,85 m über SO liegt, müssen die großen Tender noch mit Noteinläufen in Höhe von 2750 mm über SO versehen sein.

Die Wassereinläufe befinden sich entweder hinten oder auf beiden Seiten des Tenders. Sie dienen gleichzeitig als Einsteigöffnungen bei Ausbesserungs- oder Reinigungsarbeiten im Innern des Wasserkastens. Die Öffnung wird durch einen mit Scharnieren befestigten Deckel abgeschlossen. Nach dem Wassernehmen ist stets darauf zu achten, daß der Einlauf wieder abgedeckt wird, um Unfälle zu vermeiden und um zu verhüten, daß Fremdkörper in das Tenderwasser gelangen.

Die Verbindungen für Wasser, Luft, Dampfheizung und elektrisches Licht zwischen Lokomotive und Tender wurden bereits behandelt. Die Speisewasserkupplungen zwischen Lokomotive und Tender zeigt Bild 26.

Bild 69 stellt nochmals in übersichtlicher Weise die gesamte Wasserentnahmeeinrichtung am Tender dar.

Wenn sich im Tender ein niedriger Wasserstand befindet, könnten sich Wirbel bilden, und dadurch würde Luft mit in die Saugleitung gerissen. Um das zu verhindern, sind an den beiden Wasserentnahmestellen am Boden des Wasserkastens Saugkästen (2) vorgesehen (Bild 69). Am Boden dieser Saugkästen sitzen die Tenderabsperrrventile (1) sowie eine Entleerungsschraube (4). Ein Sieb (Bild 69) oder ein gelochtes Wassereinlaufrohr (Bild 70) verhüten das Eindringen von groben Verunreinigungen.

Bild 70 zeigt das vom Führerstand aus zu betätigende Tenderabsperrrventil. Jede der beiden Saugleitungen kann durch ein solches Ventil abgesperrt werden. Am Tender rechts und links befindet sich je ein Ventilhebel (10). In dessen unterer Stellung ist das Tenderventil geschlossen. Soll es geöffnet werden, dann wird der Ventilhebel angehoben und die Feder (8) in die obere Knagge (9) eingeklinkt. Dadurch wird das mittels Bolzen an der Ventilstange befestigte Absperrventil angehoben, und das Tenderwasser kann zur Saugleitung und zur Pumpe gelangen. Zur Anzeige des Wasserstandes dient ein Zeiger mit Stab, der über eine Hebelübertragung von einem linsenförmigen Schwimmer betätigt wird (Bild 68).

#### Kohlenbehälter

Die Wasserkastendecke bildet den Boden des Kohlenbehälters. Sie ist bei den verschiedenen Tenderbauarten unterschiedlich gestaltet, häufig ist sie von hinten nach der Mitte zu leicht und von hier an bis an das Schaufelblech stärker geneigt, um das Nachrutschen der Kohlen zu erleichtern. Das Schaufelblech ist waagrecht ausgeführt. Nach hinten und an den Seiten bilden Blechwände den Abschluß des Kohlenkastens.

Da die volle Breite des Tenders nach der Begrenzung für Fahrzeuge (Anlage E der 80) nur bis zu einer Höhe von 3175 mm über SO eingehalten werden darf, treten die Kohlenkastenwände gegenüber den Blechwänden des Wasserkastens zurück. Neben diesen Wänden auf dem Umlauf des Tenders befinden sich die Wassereinlauföffnungen (Bild 71).

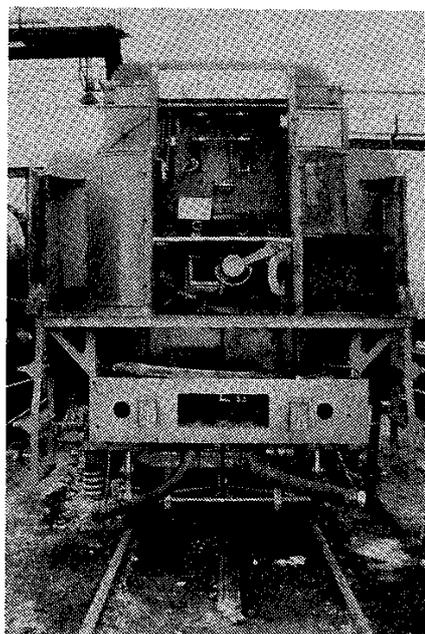


Bild 71.  
Vorderansicht eines  
abgekuppelten  
Tenders

Nach dem Führerstand zu wird die Öffnung des Kohlenkastens rechts und links durch Werkzeug- und Ölkästen und häufig noch durch einen Schrank für Kleidung begrenzt. Zwischen diesen Aufbauten werden Kohlenschutzbretter eingelegt, die ein zu starkes Nachrutschen der Kohlen verhindern. Bei den Tendern der Gattungen 4 T 26, K 4 T 30 und K 4 T 32 hat man an Stelle der Bretter Blechtüren eingebaut, die nach innen geöffnet werden können.

Gewisse Schwierigkeiten bereitet vor jeher die Unterbringung und Handhabung der langen Geräte zur Feuerbehandlung. Sie werden in der Regel auf Tragstützen oder Haltern an den Wänden des Kohlenkastens rechts und links gelagert oder liegen rechts und links auf dem Umlauf des Tenders. Sollen die Geräte benutzt werden, dann sind sie erst zu wenden. Häufig kommt man hierbei über die Umgrenzungslinie der Fahrzeuge hinaus; dadurch entsteht natürlich eine große Unfallgefahr. Vor dem Wenden der Geräte muß sich der Heizer deshalb erst genau überzeugen, ob kein Zug entgegenkommt und ob sich auch neben den Gleisen keine Gegenstände befinden, an die er anstoßen könnte.

Das Wenden der Geräte auf elektrisch betriebenen Strecken ist wegen der damit verbundenen Lebensgefahr **verboten**.

Bei den Tendern der Gattungen K 2'2'T 26 und K 2'2'T 30 und bei Einheitstendern hat man unterhalb der Kohlenentnahmestelle ein Rohr von etwa 200 mm Durchmesser eingebaut, das leicht geneigt in den Wasserraum des Tenders ragt. In dieses Rohr werden die Schürgeräte mit dem Griff nach hinten eingeführt, so daß sie, ohne zu wenden, herausgezogen und in der Feuerbüchse benutzt werden können. Nach Verwendung des Schürgerätes muß sich der Heizer natürlich durch Wärmeschutzhandschuhe oder Putzwolle vor Verbrennungen schützen.

Bei Lokomotiven mit Stromlinienverkleidung wird der Tender ebenfalls mit glatten, stromlinienförmigen Blechen verkleidet, um die großen Luftstauungen in den Ecken und Winkeln des Kohlenbehälters zu vermeiden. Zwei teleskopartig übereinandergreifende Rolldächer überdecken den Kohlenbehälter. Zum Bekohlen können die Dächer mittels Kurbeldrehungen so verschoben werden, daß die ganze Tenderfläche freigelegt wird.

Während der Fahrt darf der Heizer allerdings den Tender zum Hervorholen der Kohlen nicht besteigen.

#### Fassungsvermögen und Gattungsbezeichnung der Tender

Die Größe der Wasser- und Kohlenvorräte richtet sich nach dem Aktionsradius und nach der Leistung der Lokomotive. Mit dem Anwachsen des Gewichtes steigt auch die Achslast, so daß also das Laufwerk ebenfalls von der Größe der Vorräte anhängig ist.

Kleine Tender mit einem Inhalt des Wasserkastens bis zu 16,5 m<sup>3</sup> und mit Kohlenvorräten bis höchstens 7 t sind in der Regel dreiachsig (3 T 12 und 3 T 16,5).

Die neueren und größeren Tender sind vier- oder fünfachsig. Bei den vierachsigen Tendern werden meist je 2 Achsen zu einem Drehgestell vereinigt; allerdings gibt es auch eine Reihe vierachsiger Tender, bei denen nur die beiden ersten Achsen zu einem Drehgestell zusammengefaßt werden, während man die beiden hinteren Achsen als feste Achsen ausführt.

Bei den fünfachsigenden Tendern bilden stets die beiden vorderen Achsen ein Drehgestell, während die drei hinteren als feste Achsen ausgebildet sind.

Außer dem Zeichen T (Tender) gibt man bei der Gattungsbezeichnung der Tender noch die Anzahl und Art der Achsen sowie den Wasserinhalt an. Ein großer Teil der Lokomotiven der Baureihe 55.16-22, 55.25, 55.58, 57.10 und 57.20 ist mit Tendern mit 3 festen Achsen und mit einem Wasserinhalt von  $16,4 \text{ m}^3$  ausgerüstet. Dieser Tender wird mit dem Gattungszeichen

3 T 16,5

gekennzeichnet.

Die Zahl der zu einem Drehgestell vereinigten Achsen erhält als Kennzeichen noch einen hochgestellten Beistrich (´).

Der Tender der Lokomotivbaureihe 45 hat z.B. das Gattungszeichen 2´3 T 38, das heißt, der Tender besitzt ein zweiachsiges Drehgestell (2´), drei feste Achsen (3) und faßt  $38 \text{ m}^3$  Wasser.

Bei Tendern mit Stromlinienverkleidung wurde noch die Bezeichnung „St“ hinzugefügt. Die Lokomotiven der BR 01.10 und 06 wurden mit Tendern der Gattung

2´ 3 T 38 St

ausgestattet.

Aus Tabelle 7 ist für eine Anzahl der wichtigsten Lokomotivgattungen zu ersehen, mit welchen Tendergattungen sie in der Regel gekuppelt sind und wie groß die Kohlevorräte dieser Tender bemessen wurden.

Die Übersicht zeigt außerdem, daß eine Lokomotivgattung nicht unbedingt an eine bestimmte Tendergattung gebunden ist, sondern daß sie je nach den Betriebsverhältnissen auch mit einem anderen Tender gekuppelt werden kann.

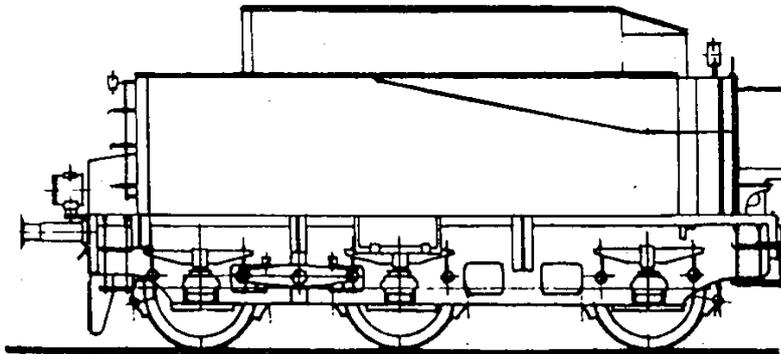


Bild 72.

Dreiachsiger Tender

3 T 16,5

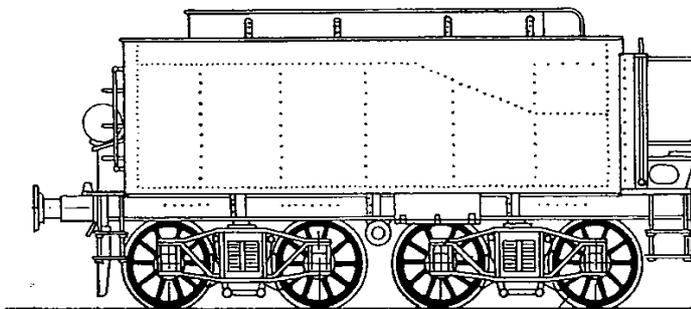


Bild 73.

Vierachsiger Tender

2´2´ T 30

Tabelle 7. Übersicht über die gebräuchlichsten Tender

Tender- gattung	Bauart	Ge- kuppelt mit BR	Was- ser- vorrat m <sup>3</sup>	Koh- len- vorrat t	Gewicht		Gesamt- länge mm
					leer t	beladen t	
3 T 12	preuß	55.16-22 55.23	12,0	5,0	16,9	33,9	6250
3 T 16,5	preuß	55.25 57.10-40	16,5	7,0	22,0	45,5	7310
2'2'T 16	preuß	55.16 57.10-40	16,0	5,0	22,4	45,4	7350
3 T 20	preuß	56.20 58.10-22	20,0	6,0	19,6	45,6	6660
2'2'T 21,5	preuß	17.0 38.10-40	21,5	5,0	22,9	49,4	7300
2'2'T 26	Ein- heits	23.0 50 u 52	26,0	8,0	25,5	59,5	9100
2'2'T 28	Neubau Reko	23.10 50.35-40 58.30	28,0	10,0	25,46	63,46	9250
2'2 T 30	Ein- heits	03.0,43 44	30,0	10,0	28,5	68,5	7950
2'2'T 30	Ein- heits	42, 52	30,0	10,0	18,5	58,5	9200
2'2'T 31	sächs	18.0, 19.0	31,0	7,0	24,4	62,4	8277
2'2'T 31,5	preuß	17.10, 39.0-2 58.10-22	31,5	7,0	26,4	64,9	8650
2'2'T 31,7	bayr	18.5	31,7	9,0	28,3	69,0	9242
2'2'T 32	Ein- heits	01.0, 43,44	32,0	10,0	32,6	74,6	8645
2'2'T 34	Ein- heits- Reko	01.10 41,44, 22.0	34,0	10,0	30,2	74,2	8645
2'2'T 34 St	Strom- linie	03.10	34,0	10,0	32,39	76,49	8645
2'3 T 38	Ein- heits	45	38,0	10,0	32,65	80,65	8820
2'3 T 38 St	Strom- linie	01.10 06	38,0	10,0	34,2	82,2	8820

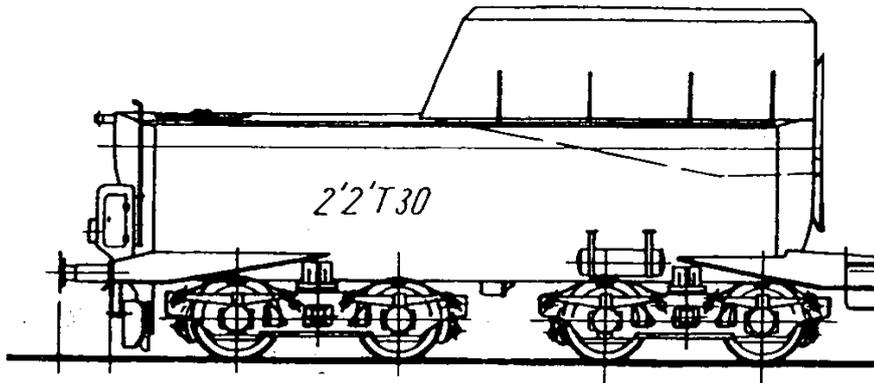


Bild 74.  
Wannentender  
2'2'T 30

#### Tenderrahmen

##### Rahmen für feste Achsen

Die dreiachsigen Tender sind ausschließlich mit festen Achsen ausgerüstet. Der Rahmen setzt sich bei diesen Tendern aus zwei Rahmenwangen (1), dem Kuppelkasten (2) und dem Pufferträger (5) zusammen. Zur Aufnahme der Achsen tragen die Rahmenwangen Ausschnitte, an welchen die Achslagerführungen (8) angenietet sind. Achsgabelstege (9) verhindern das Verwerfen oder Verformen der Ausschnitte. Die gesamte Last des Tenders wird an diesen Stellen auf die Räder übertragen.

Der Kuppelkasten bildet die vordere Querverbindung der beiden Rahmenwangen; demzufolge besteht er aus kräftigen U-Eisen und dicken Blechen. Nach oben und nach unten wird der Kuppelkasten durch dicke Blechplatten abgeschlossen, die mit den Rahmenwangen vernietet sind (Bild 75).

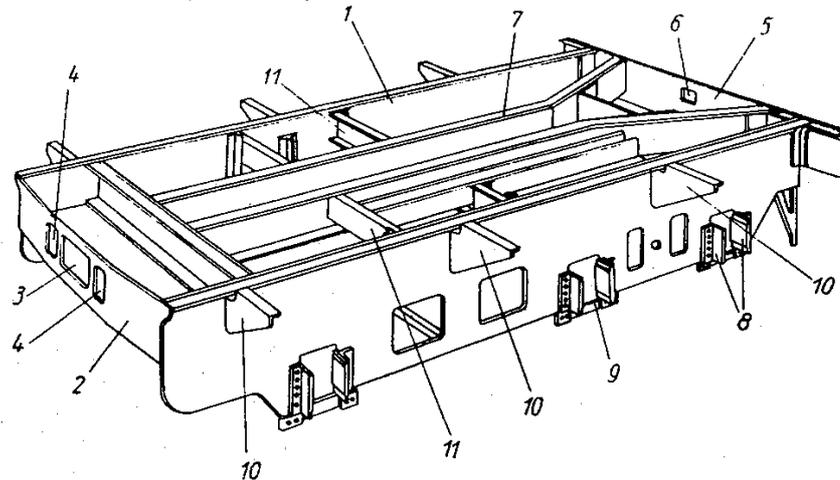


Bild 75. Rahmen eines dreiachsigen Tenders

- |                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1 Rahmenwangen                     | 7 Längsträger         |
| 2 Kuppelkasten                     | 8 Achslagerführung    |
| 3 Aussparung für Hauptkuppelleisen | 9 Achsgabelsteg       |
| 4 Aussparung für Notkuppelleisen   | 10 Wasserkastenträger |
| 5 Pufferträger                     | 11 Querversteifungen  |
| 6 Aussparung für Zughaken          |                       |

Aufgabe des Kuppelkastens sowie der Kupplung zwischen Lokomotive und Tender siehe unter 3.1.3.. Zur Aufnahme von Haupt- und Notkuppeleisen trägt die vordere Platte des Kuppelkastens 3 Aussparungen (3 und 4).

Nach hinten verbindet ein Pufferträger die beiden Rahmenwangen. Der Pufferträger besteht aus einem großen U-Eisenträger, der mittels Winkeleisen und Knotenbleche mit den Rahmenwangen vernietet ist.

Parallel zu den Rahmenwangen liegen 2 U-Eisen als Längsträger (7). Kurz vor dem Pufferträger laufen sie schräg auseinander und sind an den Stellen mit dem Pufferträger vernietet, an denen die Puffer befestigt werden (Bild 75). Dadurch werden die von den Puffern aufgenommenen Stöße gleichmäßig auf die beiden Längsträger des Rahmens übertragen. In der Mitte des Pufferträgers dient eine Aussparung mit Führungsplatten und Verstärkungen zur Aufnahme des Zughakens (6). Als weitere Versteifung des Rahmens hat man auf die unteren Flansche der Längsträger dicke Bleche genietet. Um leichter zum Wasserkastenboden, zur Zugvorrichtung sowie zum Längsträger zu gelangen, sind sie mit Ausschnitten versehen.

Kurze U-Eisen (11) dienen noch zur Versteifung zwischen den Längsträgern und den Rahmenwangen.

Der Wasserkasten wird nun von den Rahmenwangen, den Längsträgern und den Querverbindungen getragen. Da er meist breiter ist als der Rahmen, nehmen besondere Wasserkastenträger (10) die überstehenden Flächen des Kastenbodens auf (Bild 75).

#### Rahmen und Drehgestelle

Die Rahmen für Drehgestelltender sind anders ausgebildet. Bei ihnen drehen sich je 2 zu einem Drehgestell vereinigte Achsen um einen Drehzapfen. Die gesamte Last des Tenders wird hier nicht über Ausschnitte in Rahmenwangen auf die einzelnen Achsen, sondern über Stützzapfen und Stützzapfenlager auf die Wiegebalken der Drehgestelle übertragen (Bild 76).

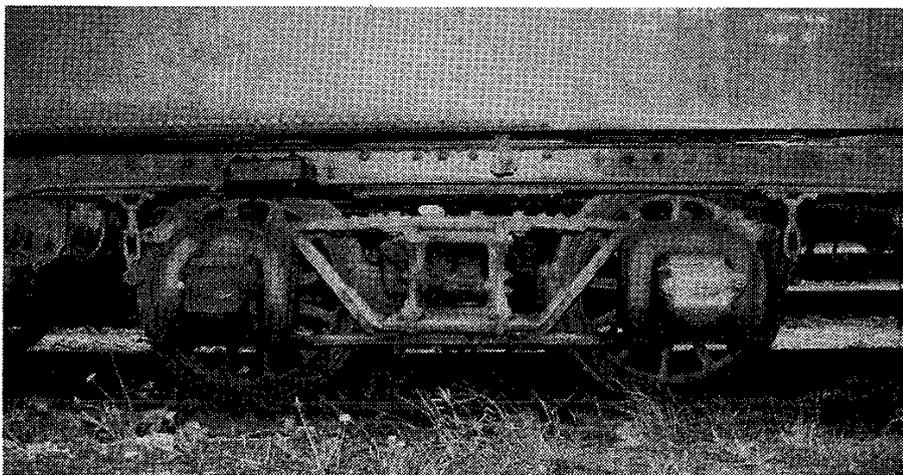


Bild 76. Fachwerkdrehgestell eines Tenders

Bei einem Tender mit Drehgestellen fallen die Rahmenwangen fort. Hier sind vier durchgehende U-Eisen als Hauptlängsträger vorgesehen. Zur Aufnahme der Drehzapfen und Übertragung der Last auf die Drehgestelle sind über den Drehgestellmitten star-

ke Querträger angebracht. Ein weiterer Querträger befindet sich außerdem noch unter der Mitte des Tenders.

Der Kuppelkasten stellt die vordere Querverbindung zwischen den äußersten Längsträgern dar. Seine Aufgabe und seine Gestaltung sind die gleichen wie beim Rahmen für feste Achsen.

Auch die hintere Querverbindung wird wieder durch den Pufferträger dargestellt.

### Zugeinrichtung

Am hinteren Ende trägt der Tender die Zugeinrichtung, die sich aus Zugstange mit Zughaken und der Zughakenfederung zusammensetzt.

Damit beim Befahren von Kurven die Zugstange nicht auf Biegung beansprucht wird, erhält sie seitliches Spiel in der Zugstangenführung im Pufferträger.

Die vom Zughaken aufgenommene Kraft wird auf die Zughakenfeder übertragen. Zu diesem Zweck trägt die Zugstange an ihrem hinteren Ende ein Zugeisen, welches die Kräfte gleichmäßig auf zwei Federn verteilt.

Bei Tendern mit festen Achsen dient eine Querverbindung zwischen den beiden inneren Längsträgern zur Aufnahme eines besonderen Gußstückes, in dem das Zugeisen gelagert ist.

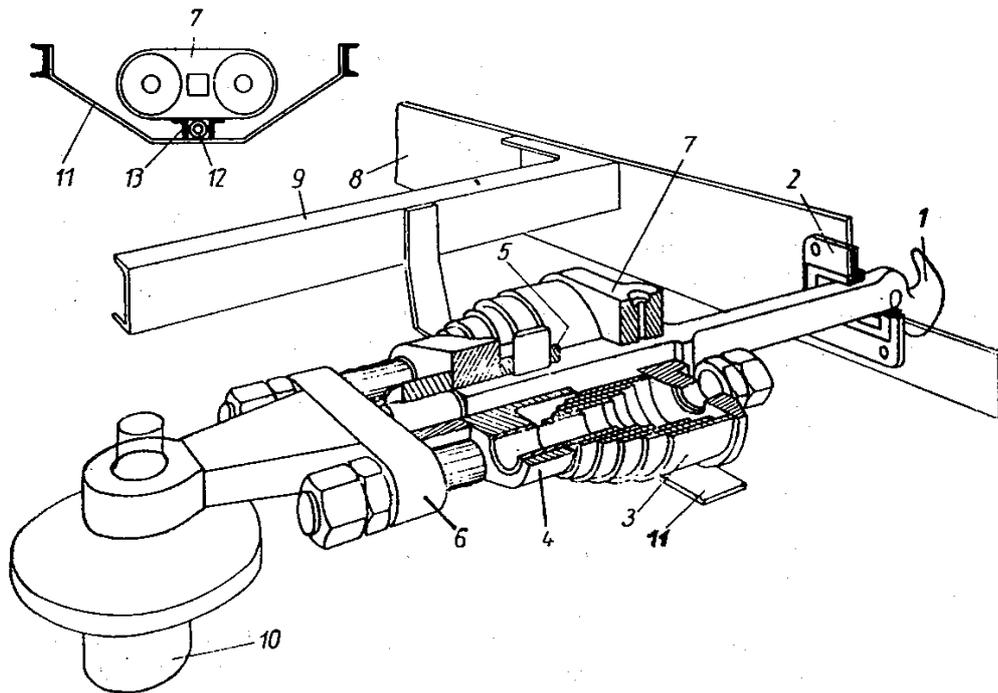


Bild 77. Lagerung des Zughakens bei Tendern mit Drehgestellen

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| 1 Zughaken         | 8 Pufferträger             |
| 2 Zughakenführung  | 9 Rahmenlängsträger        |
| 3 Zughakenfeder    | 10 Zapfen des Drehgestells |
| 4 Federdruckplatte | 11 Rollengleitbahn         |
| 5 Muffe            | 12 Gleitrolle              |
| 6 Zugeisen         | 13 Rollenführung           |
| 7 Federstützplatte |                            |

Bei den Tendern mit Drehgestellen trägt häufig der hintere Drehgestellzapfen eine Verlängerung nach oben, an der das Zug-eisen mit einem Auge angreift (Bild 77).

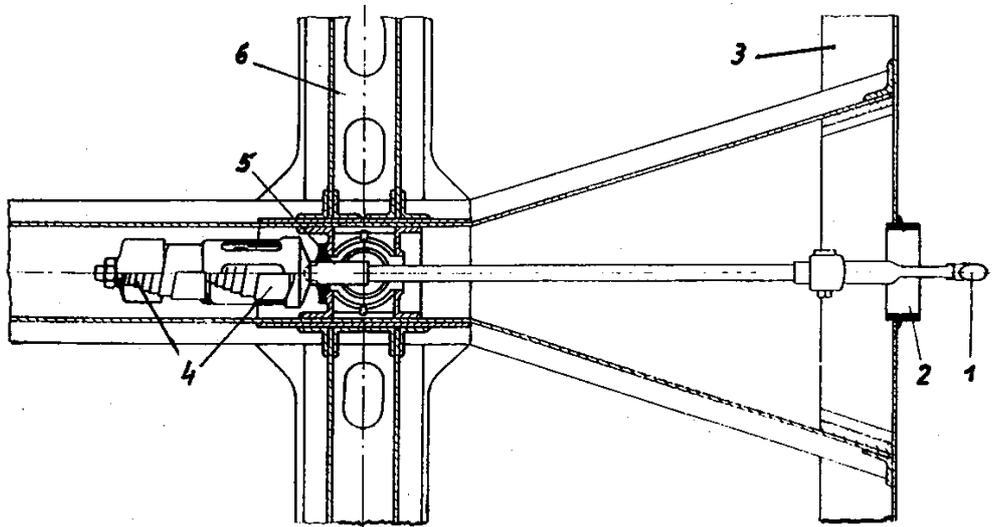


Bild 78. Lagerung des Zughakens an Einheitstendern mit Drehgestellen

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1 Zughaken        | 4 hintereinander angeordnete Zughakenfedern |
| 2 Zughakenführung | 5 schneidenförmiges Widerlager              |
| 3 Pufferträger    | 6 hinterer Querträger                       |

Eine andere Anordnung traf man bei den Einheitstendern. Hier liegen die Zughakenfedern nicht nebeneinander, sondern sie sind hintereinander angeordnet. Infolgedessen wird die Kraft auch nicht durch ein Zugeisen übertragen; die Zugstange legt sich hier gegen ein am hinteren Querträger angebrachtes, schneidenförmiges Widerlager.

#### Laufwerk des Tenders

##### Tenderachslager

Achslager und Federn liegen beim Tender ausschließlich außerhalb der Räder.

Die Achslager haben den Zweck, das Gewicht des Tenders auf die Achsen zu übertragen; Seitendrücker treten nur in unbedeutendem Maße auf. Aus diesem Grunde können auch die Achslagergehäuse aus Grauguß hergestellt werden und benötigen auch keine Stellkeile. Sie tragen lediglich Achslagergleitplatten, die in den Achslagerführungen am Tenderrahmen gleiten. Beim Fachwerkdrehgestell fallen die Gleitplatten fort.

Bild 79 zeigt das Schnittbild eines Tenderachslagers mit Achslagergehäuse. Das Achslagergehäuse (8) wird nach vorn durch einen Deckel (9) abgeschlossen, den eine Feder dicht auf seinen Sitz preßt. Damit Ruß, Staub und Sand nicht in das Gehäuse gelangen können, wird es nach hinten durch einen in einer Aussparung (Staubringtasche) sitzenden Filzring (3) abgedichtet. Die Achslagerschale (1) umfaßt etwa ein Drittel der oberen

Hälfte des Achsschenkels. Sie besteht in der Regel aus Rotguß mit Weißmetallausguß. Damit die von der Feder auf das Achslagergehäuse übertragene Last des Tenders stets auf der Mitte des Achsschenkels ruht, wird zwischen Lagerschale und Gehäuse ein balliges Keilzwischenstück (6) eingelegt.

Bild 79.  
Tenderachslager  
mit Achslager-  
gehäuse

- 1 Achslagerschale
- 2 Weißmetallausguß
- 3 Staubring
- 4 Staubringtasche
- 5 Verschuß der  
Staubringtasche
- 6 Keilzwischenstück
- 7 Keilsicherung
- 8 Achslagergehäuse
- 9 Achslagergehäuse-  
deckel
- 10 Ölmarke

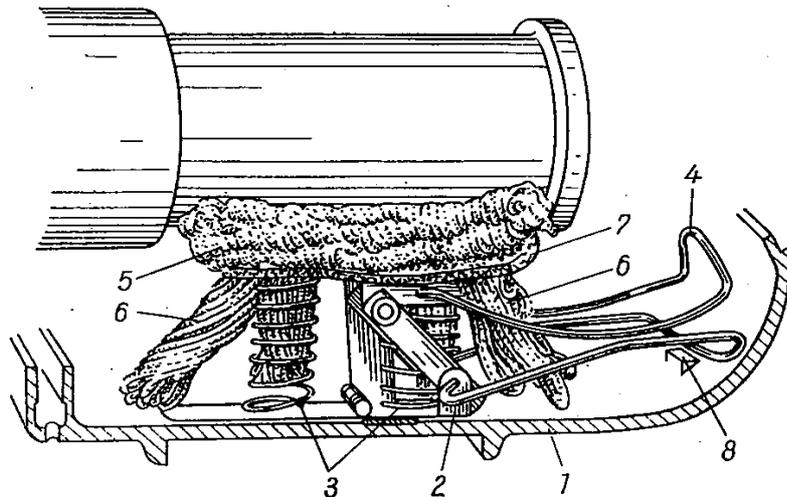
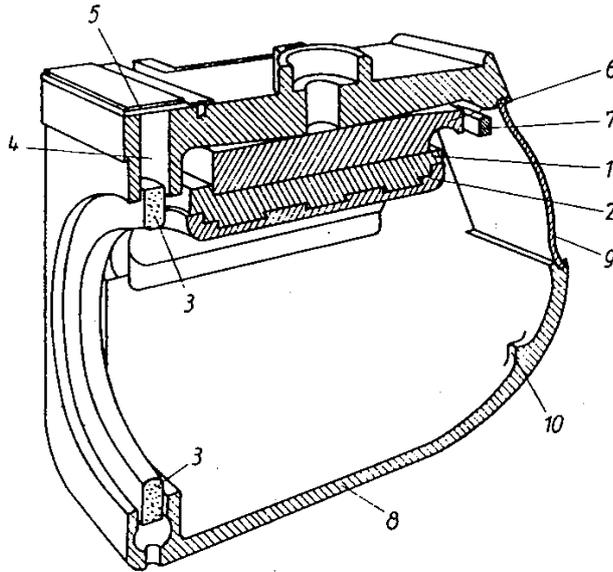


Bild 80. Schmierung des Tenderachslagers

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1 Achslagergehäuse | 5 Schmierpolster |
| 2 Schmiergestell   | 6 Saugdochte     |
| 3 Federn           | 7 Filzplatte     |
| 4 Einsatzbügel     | 8 Ölmarke        |

Eine Keilsicherung (7) verhindert das Verschieben dieses Keilzwischenstückes.

Das Achslagergehäuse darf nur bis zu einer an der vorderen Wand angegossenen Ölmarke (10) gefüllt werden. Bei höherem Ölstand würde das Öl zwischen dem Filzring und dem Achsschenkel ungenutzt auslaufen. Saugdochte des Schmierpolsters reichen bis auf den Boden des Achslagergehäuses, saugen das Öl an und tränken das Polster. Spiralfedern drücken das Schmierpolster an den Schenkel und sorgen für einen ständigen guten Ölfilm auf dem Achsschenkel.

Die rollende Reibung ist wesentlich geringer als die gleitende Reibung. Man hat deshalb bei einer größeren Anzahl von Tendern Rollenlager eingebaut (z.B. Baureihen 2'2'T 26 und 2'2' T 30). Sie bieten außerdem den Vorteil der wesentlich geringeren Wartung; denn die Lager erhalten zur Hauptuntersuchung eine Fettfüllung, werden verschlossen und halten dann bis zur nächsten Untersuchung durch.

#### Federung und Drehgestelle

Tragfedern nehmen die Last des Tenders auf und übertragen sie auf die Achslagergehäuse.

Wie aus Bild 81 zu ersehen ist, sitzen die Tragfedern bei einem dreiachsigen Tender mit ihrem unteren Stützzapfen auf den Achslagergehäusen. Wenn die Lokomotive mit dem Tender voran fahren muß, übernimmt der hinterste Radsatz die Führung. Dieser Radsatz wird deshalb mit dem mittelsten durch Ausgleichhebel verbunden.

Günstigere Bedingungen für die Kurvenläufigkeit und die Rückwärtsfahrt erfüllen die vier- und fünfsachsigen Tender. Die meisten der vierachsigen Tenderbauarten haben zwei Drehgestelle. Bei den fünfsachsigen Tendern ist vorn ein Drehgestell vorgesehen, während die drei hinteren Achsen im Rahmen fest gelagert und durch Ausgleichhebel miteinander verbunden sind.

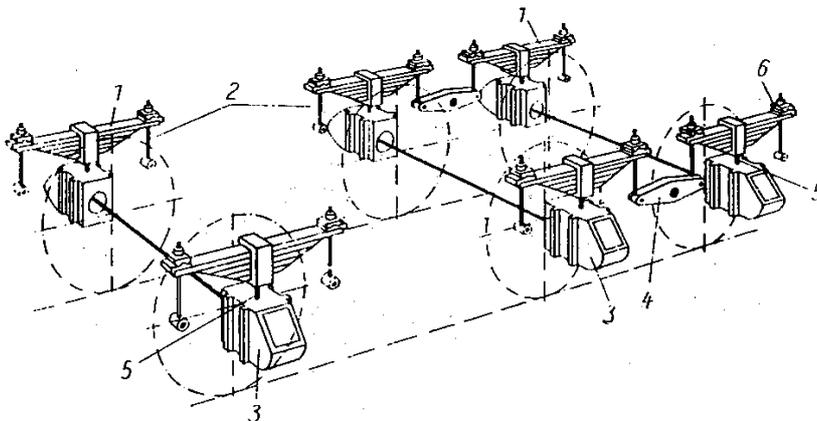


Bild 81. Achs- und Federanordnung bei einem dreiachsigen Tender

- |   |                     |   |                |
|---|---------------------|---|----------------|
| 1 | Tragfeder           | 4 | Ausgleichhebel |
| 2 | Federspannschrauben | 5 | Federstütze    |
| 3 | Achslagergehäuse    | 6 | Sattelscheibe  |

Die ältere Form bilden die Fachwerkdrehgestelle. Bild 82 zeigt ein Fachwerkdrehgestell. Zwei als Ober- und Untergurt angeordnete starke Flacheisen werden durch Rahmenstreben miteinander verbunden. Ein aus U-Eisen und Blechen gebildeter Querträger stellt die einzige Verbindung zwischen den beiden Fachwerken eines Drehgestells dar. Auf diesem Querträger ruhen zwei Doppeltragfedern rechtwinklig zur Längsachse. Diese beiden Doppelfedern, die auf einem Federbügel aufliegen, nehmen zwei ebenfalls quer liegende Wiegebalken auf, deren unterer rechts und links oberhalb der Federn sitzende Stützzapfenlager trägt. Auf diesen Lagern können sich die am oberen Wiegebalken befestigten kugeligen Stützzapfen verschieben, wenn das Drehgestell in Gleiskrümmungen ausschlägt. In ihrer Mitte tragen die beiden Wiegebalken den ballig ausgeführten Drehzapfen mit dem Drehzapfenlager. Der obere Wiegebalken mit den beiden Stützzapfen und dem Drehzapfen ist unten am Wasserkasten befestigt, er gehört zum Tenderrahmen und stellt einen, die vier Hauptlängsträger verbindenden, Querträger dar.

Die Tenderlast wird über die auf den Wiegebalken sitzenden Stützzapfen und Stützzapfenlager auf die Doppelfedern und von hier aus auf das Fachwerk übertragen. Die Achslagergehäuse übernehmen nun von dem Fachwerk die Last. Der Drehzapfen überträgt keine Last, er führt lediglich das Drehgestell.

Bild 83 zeigt nochmals schematisch die Abstützung des Tenderrahmens auf dem Fachwerkdrehgestell.

Für die Einheitstender wurden Drehgestelle konstruiert, deren Rahmen sich aus Stahlgußteilen zusammensetzen (Bild 84). Hierzu gehören zwei Längsträger und drei Querträger, die miteinander verschraubt sind. In letzter Zeit stellte man die Teile auch aus dicken Blechen her und verschweißte sie miteinander.

Im mittleren Querträger wurde ein Kugellager eingebaut, das den Drehzapfen aufnimmt, auf dem es in senkrechter Richtung gleitet. Der Zapfen ist hier zylindrisch ausgeführt. Er hat ebenfalls nur die Aufgabe, das Drehgestell zu führen, die Tenderlast wird nicht durch ihn auf den Querträger übertragen.

Der Tenderrahmen trägt beiderseits Stahlguß-Gleitplatten, die auf Lagerflächen des Drehgestells gleiten. Die Lagerstellen bestehen aus Druckpfannen auf den Federbunden der rechtwinklig zur Längsachse liegenden Doppelfedern. Zwischen den Tendergleitplatten und der Druckpfanne liegt lose ein gußeiserner Kugelzapfen, der die Form einer Kugelkalotte hat. Die kugelförmige Oberfläche ist in die Druckpfanne eingepaßt. Auf der oberen, ebenen Fläche gleitet die Tendergleitplatte.

Die Tenderlast wird also ähnlich wie beim Fachwerkdrehgestell von der Gleitplatte über Kugelzapfen, Druckpfanne, Doppelfeder mit Federbügel auf den Querträger und von hier aus auf die Längsträger übertragen. Mit flachen Bügeln stützen sich die Längsträger auf die Achslagergehäuse.

Um die durch Unebenheiten in der Gleislage auf die Achsen ausgeübten Stöße abzufangen, wurden zwischen Federbügel und Drehgestell-Längsträger vor und hinter jedem Achslagergehäuse je eine Schraubenfeder eingebaut. Die oberen Federenden legen sich gegen Federteller, die am Längsträger angegossen bzw. angeschweißt sind. Die unteren Federteller hängen mit Federgehängen an den flachen Bügeln.

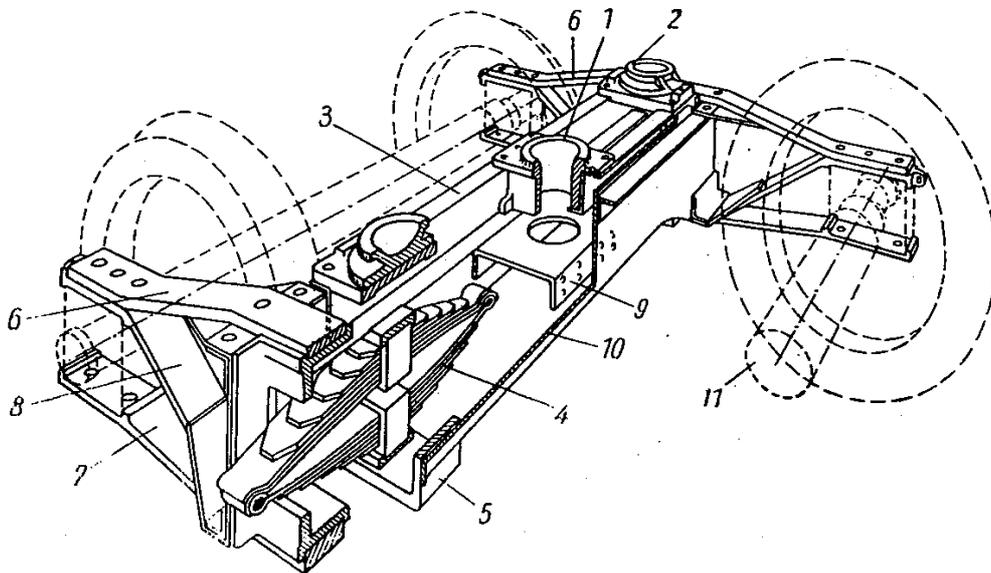


Bild 82. Fachwerkdrehgestell

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 1 Drehzapfenlager       | 7 untere Rahmengurtung |
| 2 Kugelstützzapfenlager | 8 Rahmenstrebe         |
| 3 Wiegebalken           | 9 Verbindungsstück     |
| 4 Trag- und Wiegefedern | 10 Querträgerblech     |
| 5 Federbügel            | 11 Tenderachse         |
| 6 obere Rahmengurtung   |                        |

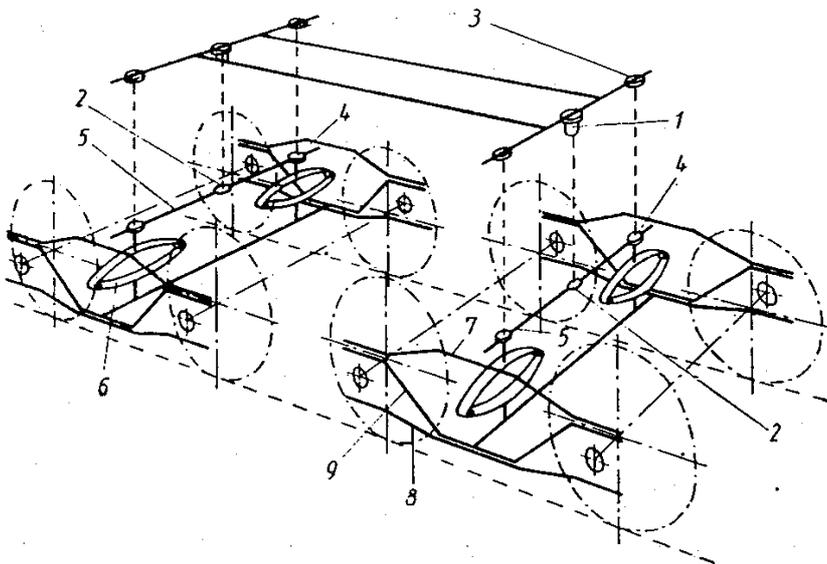


Bild 83. Abstützung des Tenderrahmens auf dem Fachwerkdrehgestell

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 Drehzapfen            | 6 Trag- und Wiegefedern |
| 2 Drehzapfenlager       | 7 obere Rahmengurtung   |
| 3 Kugelstützzapfen      | 8 untere Rahmengurtung  |
| 4 Kugelstützzapfenlager | 9 Rahmenstrebe          |
| 5 Wiegebalken           |                         |

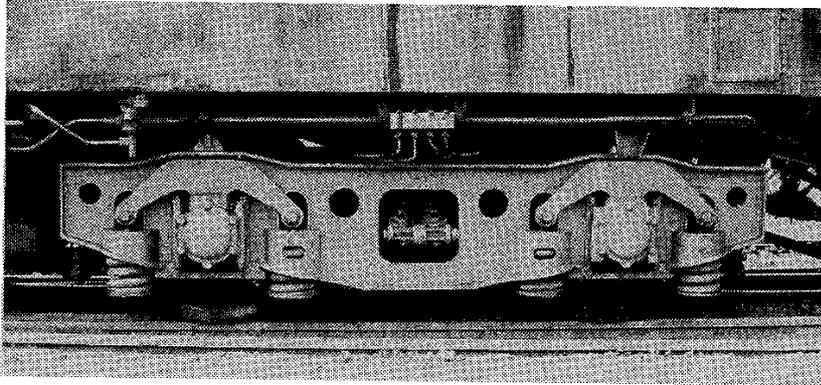


Bild 84. Tenderdrehgestell der Einheitsbauart

### 3.7.2. Vorratsbehälter der Tenderlokomotive

#### Wasserkästen

Bei den Tenderlokomotiven ist ein größtmöglicher Vorrat an Wasser und Kohlen auf kleinstem Raum unterzubringen. Dabei müssen diese Vorräte so verteilt werden, daß bei Entnahme die Achsen gleichmäßig entlastet werden. Ausschlaggebend sind hierbei die Wasservorräte, da diese etwa  $3/4$ , die Kohlen dagegen nur  $1/4$  der Gesamtvorräte ausmachen.

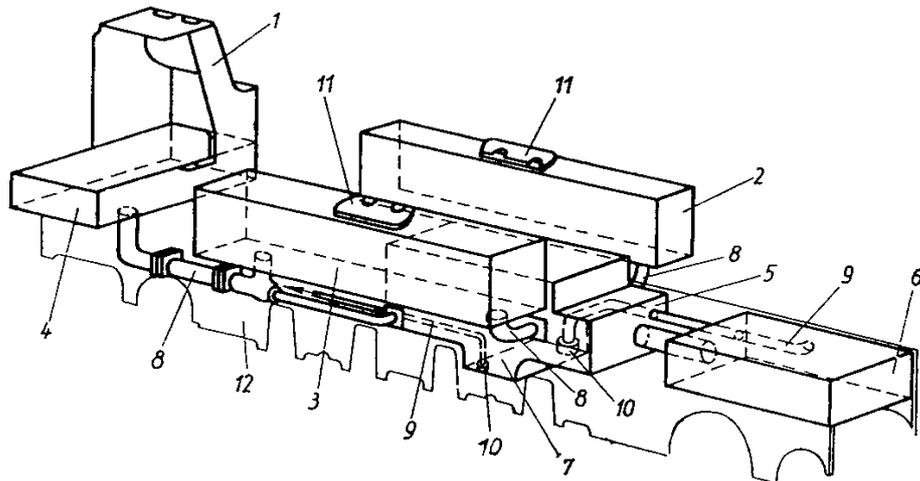


Bild 85. Vorratsbehälter der Tenderlokomotiven

- |                                    |                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Kohlenkasten                     | 7 Saugkasten                        |
| 2 seitlicher Wasserkasten (links)  | 8 Verbindungsrohre der Wasserkästen |
| 3 seitlicher Wasserkasten (rechts) | 9 Saugrohre zu den Speisepumpen     |
| 4 hinterer Wasserkasten            | 10 Saugkörbe                        |
| 5 mittlerer Wasserkasten           | 11 Einlauföffnungen                 |
| 6 vorderer Wasserkasten            | 12 Rahmenwange                      |

Zur Aufnahme der Wasservorräte werden zu beiden Seiten des Kessels, unmittelbar vor dem Führerhaus, Wasserkästen aufgebaut, die in ihrer Höhe begrenzt sind, da sie die Sicht nicht beeinträchtigen dürfen. Der Boden liegt etwa in Höhe des Umlaufbleches, also auf dem Rahmen. Sie werden von Kragträgern, die seitlich am Rahmen angenietet sind, getragen. Bei Ausbesserungsarbeiten können die Kästen ungeteilt vom Rahmen abgehoben werden. Die Wassereinlauföffnungen befinden sich auf diesen seitlichen Wasserkästen.

Ein weiterer Wasserbehälter wird zwischen den Rahmenwangen vorgesehen. Er stellt gleichzeitig eine Versteifung des Rahmens dar.

Schließlich sitzt hinter dem Führerhaus oberhalb des Rahmens noch ein Wasserkasten. Sämtliche Kästen müssen untereinander durch Rohre verbunden werden. An der tiefsten Stelle des mittleren Wasserkastens entnehmen die Speisepumpen aus einem Saugkasten das Wasser. Um zu verhüten, daß Schmutz und Fremdkörper mit angesaugt werden, tragen die Saugrohre gelochte Saugkörper.

#### Kohlenbehälter

Hinter der Führerhaus-Rückwand wird in der Regel der Kohlenkasten aufgesetzt. Die Decke des hinteren Wasserkastens dient gleichzeitig als Boden des Kohlenkastens. Der Kastenaufbau reicht oftmals bis über die Mitte der Rückwandfenster. Um aber die Sicht nicht zu behindern, wird er nach beiden Seiten zu abgeschrägt. Blechschieber oder Türen in der Rückwand gestatten die Entnahme der Kohlen.







