

Lehrmaterial für die Ausbildung zum
Dampflokomotivführer/-heizer

Lokomotivkunde Dampflokomotiven

Heft 2

I. Lokomotivkessel

II. Ausrüstung für den Kesselbetrieb

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 3-928720-05-8

Inhaltsverzeichnis

1.	Lokomotivkessel	5
1.1.	Ausrüstungsteile	5
1.2.	Theoretische und wirtschaftliche Grundlagen	6
1.2.1.	Allgemeine Wärmewirtschaft	6
1.2.2.	Verbrennung	7
1.2.3.	Verdampfung	10
1.2.4.	Kesselwirkungsgrad	13
1.3.	Aufbau eines genieteten Kessels mit Rostfeuerung	15
1.3.1.	Hinterkessel	15
1.3.2.	Langkessel	32
1.3.3.	Rauchkammer	36
1.4.	Aufbau eines geschweißten Lokomotivkessels	39
1.5.	Lokomotiv-Ersatzkessel	42
1.6.	Lokomotivkessel mit Kohlenstaubfeuerung	46
1.7.	Lokomotivkessel mit Ölfeuerung	49
1.8.	Lokomotivkessel mit Franco-Crosti-Vorwärmer	50
1.9.	Kesselbaustoffe	51
1.10.	Kesselbekleidung	52
1.11.	Kesselbefestigung	53
1.12.	Kesselbedienung	54
2.	Ausrüstung für die Sicherheit des Kesselbetriebes	57
2.1.	Speisepumpen	57
2.1.1.	Dampfstrahlpumpe	58
2.1.2.	Kolbenspeisepumpe	62
2.2.	Kesselspeiseventil	78
2.3.	Wasserstandseinrichtungen	80
2.4.	Sicherheitsventile	83
2.5.	Dampfdruckmesser	87
2.6.	Anschluß für den Prüfdruckmesser	87
2.7.	Fabrikschild	87
3.	Ausrüstung für die Regelung des Kesselbetriebes	89
3.1.	Feuertür	89
3.2.	Blasrohr	90
3.3.	Hilfsbläser	93
3.4.	Funkenfänger	93
3.5.	Dampfgregler	94
3.6.	Dampfleitungen	99
3.7.	Dampfversorgung der Hilfseinrichtungen des Kessels	99
3.8.	Feuerlöschstutzen	100

4.	Ausrüstung für die wirtschaftliche Betriebsführung des Kessels	101
4.1.	Speisewasservorwärmer	101
4.2.	Speisewasserreinigungsanlage	103
4.3.	Kesselablaß- und -abschlammvorrichtung	105
4.4.	Heißdampfernthermometer	108
4.5.	Näßeinrichtungen für Aschkasten und Rauchkammer	109
5.	Gesamtanordnung der Kesselausrüstungsteile	112
6.	Wiederholungsfragen	115
6.1.	Lokomotivkessel	115
6.2.	Ausrüstung für die Sicherheit des Kesselbetriebes	115
6.3.	Ausrüstung für die Regelung des Kesselbetriebes	116
6.4.	Ausrüstung für die wirtschaftliche Betriebsführung des Kessels	117

1. Lokomotivkessel

1.1. Ausrüstungsteile

Der Betrieb eines Lokomotivkessels erfordert eine Reihe von Ausrüstungsteilen, deren Bauart das Lokomotivpersonal genau kennen muß, damit es beim Versagen oder Schadhafwerden der Ausrüstungsteile möglichst schnell die Ursachen erkennen und beseitigen kann.

Bei den älteren Kesseln begnügte man sich mit den Einrichtungen, die zum sicheren Betrieb sowie zur Zuführung der notwendigen Betriebsstoffe, wie Kohle und Wasser, dienten. Bei den neueren Kesseln ist man darüber hinaus bestrebt, den Kesselbetrieb möglichst wirtschaftlich zu gestalten, also mit einer bestimmten Brennstoffmenge eine möglichst große und hochwertige Dampfmenge zu erzeugen und außerdem den Kessel lange in gutem Betriebszustand zu erhalten. Daher finden wir bei den neueren Kesseln zusätzliche Ausrüstungsteile, die hauptsächlich der wirtschaftlichen Betriebsführung dienen.

Die für die Sicherheit des Kesselbetriebes notwendigen Einrichtungen sind gesetzlich vorgeschrieben. Diese Vorschriften sind in der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (abgekürzt EBO) für alle Lokomotivkessel bindend niedergelegt. Nach der EBO müssen die Dampfkessel der Lokomotiven folgende Ausrüstungen erhalten:

- zwei voneinander unabhängige Speisevorrichtungen, von denen jede für sich imstande ist, dem Kessel die erforderliche Wassermenge zuzuführen. Mindestens eine Vorrichtung muß auch beim Stillstand des Fahrzeugs arbeiten können.
- an jeder Einmündung einer Speiseleitung in den Kessel ein Speiseventil, das den Wasser- oder Dampfabfluß aus dem Kessel selbständig verhindert. Die Speiseventile müssen auch von Hand geschlossen werden können, oder es muß zwischen Kessel und selbsttätigem Speiseventil eine besondere, von Hand zu betätigende Absperrvorrichtung eingeschaltet werden.
- wenigsten zwei voneinander unabhängige Vorrichtungen zum zuverlässigen Erkennen des Wasserstandes. Mindestens eine dieser Vorrichtungen muß ein Wasserstandsglas sein.
- am Wasserstandsglas und an der Kesselwand Marken für den festgesetzten niedrigsten Wasserstand, die mindestens 100 mm über dem höchsten wasserbenetzten Punkt der Feuerbüchse liegen.
- zwei Sicherheitsventile, die so eingerichtet sein müssen, daß ihre Belastung nicht ohne Lösen des Bleisiegelverschlusses oder Verändern der Kontrollhülse über das bestimmte Maß hinaus gesteigert werden kann. Die Sicherheitsventile müssen so ausgestaltet sein, daß sie vom strömenden Dampf nicht fortgeschleudert werden können, wenn eine unbeabsichtigte Entlastung eintritt.

- einen Kesseldruckmesser, der den Dampfdruck des Kessels fortwährend anzeigt und auf dessen Zifferblatt der festgesetzte höchste Dampfüberdruck durch eine unverstellbare, in die Augen fallende Marke bezeichnet ist.
- eine Einrichtung zum Anschließen eines Prüfdruckmessers.
- ein Fabrikschild aus Metall, auf dem der jeweils festgesetzte höchste Dampfüberdruck, der Name des Herstellers, die Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung angegeben sind und das so am Kessel befestigt ist, daß es auch nach der Bekleidung des Kessels sichtbar bleibt.

1.2. Theoretische und wirtschaftliche Grundlagen

Den Eisenbahnen fällt im Rahmen der gesamten Wirtschaft eine besondere Bedeutung zu. Obgleich in fast allen Ländern der Welt seit geraumer Zeit die Dampflokomotive durch Dieselfahrzeuge und auch durch den elektrischen Zugbetrieb verdrängt wird, beanspruchen die Eisenbahnen immer noch einen wesentlichen Teil der gesamten Kohleförderung. Kohle ist jedoch nicht nur ein begehrter Brennstoff, sondern vor allem ein wertvoller Rohstoff, der für die verschiedenen Zweige der Wirtschaft dringend benötigt wird. Daher ist durch eine ständige technische Verbesserung der Kesselanlagen und durch eine wirtschaftliche Kesselführung eine möglichst sparsame Verwendung der Brennstoffe anzustreben.

1.2.1. Allgemeine Wärmewirtschaft

Die Dampflokomotive ist mit einem fahrbaren Kraftwerk zu vergleichen. Zu ihren wichtigsten Teilen gehören der Dampfkessel, die Kolbendampfmaschine und das Fahrgestell.

Die Kesselleistung wird bestimmt durch den Dampfbedarf der Antriebs- und Hilfsmaschinen und den Verbrauch der Zugheizung. Der Kessel darf trotz Strebens nach unbedingter Betriebssicherheit nicht zu schwer werden. Er ist auch in seinen Abmessungen einer gewissen Einschränkung unterworfen, da die Lokomotive die durch die EBO vorgeschriebene Fahrzeugbegrenzungslinie nicht überschreiten darf.

Im Gegensatz zu vielen stationären Dampferzeugern ist der Lokomotivkessel ständig schwankenden Belastungen ausgesetzt. Während beim Anfahren schwerer Züge und auf Steigungen die volle Kesselleistung beansprucht wird, geht unter bestimmten Betriebsverhältnissen der Dampfverbrauch stark zurück. Bei Talfahrten und längeren Aufenthalten wird nur eine geringe Menge Dampf für den Antrieb der Hilfsmaschinen entnommen. Dennoch wird über einen möglichst großen Leistungsbereich ein hoher Kesselwirkungsgrad verlangt.

Diesen Anforderungen entspricht am besten ein Großwasserraumkessel, der mit zahlreichen Rohren durchsetzt ist. Er zeichnet sich infolge seines natürlichen Wasserumlaufes durch einen einfachen Aufbau aus und entspricht somit am ehesten den Anforderungen, die der raue Eisenbahnbetrieb stellt. Ein Lokomotivkessel hat eine große Verdampfungsoberfläche und ist auch bei unregelmäßiger Dampfenahme ziemlich unempfindlich gegen Druck- und Wasserstandschwankungen.

Trotz zahlreicher Versuche mit Hoch- und Höchstdruckkesseln und auch mit den verschiedensten Sonderbauarten von Dampferzeugern wurde der von Stephenson entwickelte Lokomotivkessel der Regelbauart bis heute beibehalten. Er besteht, wie aus Bild 1 hervorgeht, aus dem Hinterkessel, dem Langkessel und der Rauchkammer.

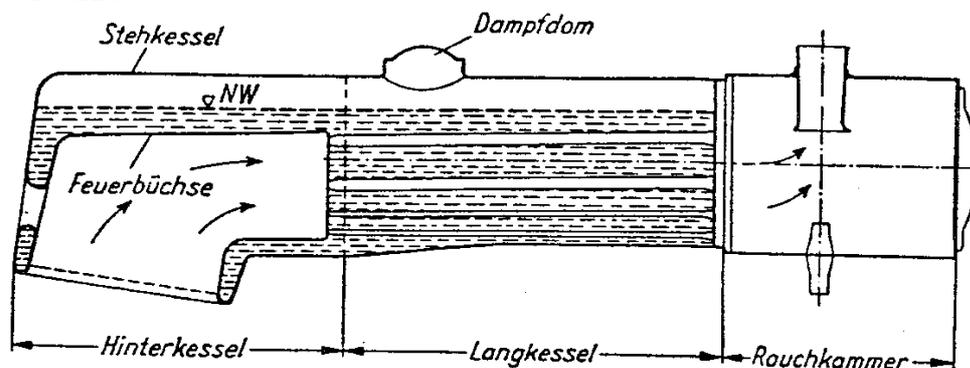


Bild 1. Lokomotivkessel (Zusammenstellung)

Neuere Lokomotiven verwenden Heißdampf, dessen Energie in der Kolbendampfmaschine mechanische Arbeit leistet. Der Kesseldruck beträgt p_j 14...16 at. Eine weitere Steigerung ist im allge-

meinen nicht zweckmäßig, da bei höheren Drücken sehr große Anforderungen an die Güte des Kesselbaustoffes gestellt werden und diese Kessel nur mit einem hohen Kostenaufwand im Betrieb dicht zu halten sind. Auch tritt bei einfacher Dampfdehnung die wärmewirtschaftliche Überlegenheit der hohen Drücke in den Hintergrund.

Bei den Vorgängen im Kessel unterscheidet man zwischen der Verbrennung der Kohle und der Verdampfung des Wassers.

1.2.2. Verbrennung

Unter Verbrennung versteht man die chemische Verbindung brennbarer Stoffe, vor allem Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Schwefel (S) mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff (O). Dabei wird die im Brennstoff chemisch gebundene Energie in Form von Wärme frei, und es entstehen als neue Verbindungen Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂), Wasserdampf (H₂O) und Schwefeldioxid (SO₂).

Um eine vollkommene Verbrennung sämtlicher brennbaren Stoffe zu erreichen, muß genügend Sauerstoff zugeführt werden.

So braucht z.B. reiner Kohlenstoff, der den Hauptbestandteil der Steinkohle bildet, zur vollkommenen Verbrennung je kg etwa 2,67 kg Sauerstoff, mit dem er unter Abgabe von 8080 kcal/kg zu Kohlendioxid verbrennt.

Eine gute Vermischung mit dem Brennstoff ist jedoch nur möglich, wenn mehr Luft zugeführt wird als die Rechnung ergibt. Die Luftüberschußzahl, die das Verhältnis der zugeführten Luftmenge zur theoretisch erforderlichen Luftmenge angibt, beträgt bei Steinkohlenfeuerung 1,5...1,6. Sie kann bei Öl- und Kohlenstaubfeuerungen wesentlich kleiner sein, weil der Brennstoff feiner verteilt ist und dadurch eine gleichmäßigere Durchmischung mit der Verbrennungsluft erfolgt.

Reicht jedoch die zugeführte Luftmenge nicht aus, so kann ein Teil des Kohlenstoffes nur unvollkommen verbrennen. Es verbindet sich dann 1 kg Kohlenstoff mit nur 1,33 kg Sauerstoff, wobei ein noch brennbares Gas, das Kohlenmonoxid, entsteht. Bei dieser unvollkommenen Verbrennung werden nur 2470 kcal/kg entwickelt, so daß je kg Kohlenstoff Wärmeverluste von 5610 kcal eintreten.

Zuführung der Verbrennungsluft

Theoretisch werden für die Verbrennung von 1 kg Steinkohle 8 m³ Luft benötigt. Um eine vollkommene Verbrennung zu gewährleisten, müssen jedoch 10...12 m³ Luft je kg Steinkohle zugeführt werden. Da der durch den Schornstein hervorgerufene natürliche Saugzug nicht ausreicht, um diese große Luftmenge heranzuschaffen, ist der Lokomotivkessel mit einer besonderen Saugzuganlage ausgerüstet. Die Verbrennungsluft tritt zunächst in den Aschkasten ein, wo sie vorgewärmt wird. Dann strömt sie an den Stegen der Roststäbe vorbei und gelangt durch die Rostspalte in den Verbrennungsraum. Die Luftmenge kann durch Luftklappen an den Stirnwänden des Aschkastens geregelt werden. Bei neueren Lokomotiven wird die Verbrennungsluft meist durch einen seitlichen Luftkanal in Höhe des Bodenringes zugeführt.

Brennstoffe

Bei den üblichen Rostlokomotiven wird fester Brennstoff mit unterschiedlicher Stückgröße auf dem Rost verbrannt, während bei Kohlenstaublokomotiven feingemahlene Kohle mit Frischluft vermischt in den Verbrennungsraum gesaugt wird. Bei Lokomotiven mit Ölfeuerung wird der Brennstoff im allgemeinen durch Druckluft oder Dampf fein zerstäubt und in den Feuerraum eingeblasen.

Die bei der Verbrennung eines Stoffes freiwerdende Wärmemenge bezeichnet man als Heizwert. Die Heizwerte der Brennstoffe sind sehr unterschiedlich (Tabelle 1).

Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß Heizöl als Brennstoff am besten geeignet ist, da man mit ihm je Mengeneinheit die größte Wärmemenge erzeugen kann. Lokomotiven mit Ölfeuerung ermöglichen eine schnelle und leichte Brennstoffübernahme. Sie

Tabelle 1.1. Heizwerte von Brennstoffen

Brennstoff	Heizwert Hu kcal/kg
Heizöle	9000...11000
Westfälische Steinkohle	7200... 7900
Magersteinkohle	6800... 7200
Braunkohlenbriketts	4500... 5100
Rohbraunkohle (Mitteldeutschland)	1900... 2600
Torf	3200... 3900
Holz	3000... 3500

erfordern für die Feuerbedienung keine schwere körperliche Arbeit, da das Öl dem Brenner selbsttätig zugeführt wird. Auch läßt sich die Feuerung der wechselnden Kesselbelastung gut anpassen. Heizöl wird jedoch als Lokomotivbrennstoff im allgemeinen nur in den Ländern verwendet, in denen es in größeren Mengen anfällt.

In Deutschland wurde früher fast ausschließlich Steinkohle als Lokomotivbrennstoff verwendet. Diese ist wegen des hohen Heizwertes gut geeignet und zeichnet sich bei guter Feuerführung durch geringe Rauchentwicklung, hohe Feuerstandfestigkeit und geringen Funkenflug aus.

Nach Kriegsende wurden die Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn vorwiegend mit Braunkohle oder Braunkohlenbriketts gefeuert. Diese Umstellung machte zunächst einige bauliche Veränderungen am Aschkasten, Rost, Funkenfänger usw. erforderlich, wie z.B. die zusätzliche Aschkasten-Näßeinrichtung, das tote Feuerbett und das Prallblech in der Rauchkammer. Als Brennstoff für stärker belastete Lokomotiven ist ein Gemisch von Braunkohlenbriketts und Steinkohle gut geeignet.

Durch Umbau von Rostlokomotiven auf Kohlenstaubfeuerung war es möglich, Stein- und Braunkohlenabfälle mit besonders feiner Körnung - Kohlenstaub - im Lokomotivbetrieb wirtschaftlich zu verwenden. Obgleich sich für das Lokomotivpersonal - ähnlich wie bei der Ölfeuerung - mancherlei Vorteile ergeben, konnte sich die Kohlenstaublikomotive wegen Schwierigkeiten bei der Staubversorgung nicht endgültig durchsetzen.

Für die Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn werden also überwiegend feste Brennstoffe verwendet, die auf dem Rost zur Entzündung gebracht und verbrannt werden. Dieser besteht im allgemeinen aus flachen Gußeisenstäben, die hochkant so nebeneinandergelegt sind, daß durch die Rostspalte genügend Luft an die Kohle herangeführt werden kann. Bei der Wahl der Spaltenbreite ist darauf zu achten, daß nicht zu viel kleine Kohlestückchen hindurchfallen. Die Rostfläche wird durch die Länge und die Breite des Rostes bestimmt. Als freie Rostfläche bezeichnet man die Summe der Grundrißflächen der Rostspalten. Sie wurden bei den mit Steinkohle gefeuerten Einheitslokomotiven mit 43 % der gesamten Rostfläche bemessen. Versuche, bei denen Magerkohle auf Spezialrosten verbrannt wurde, führten zu der Erkenntnis, daß die freie Rostfläche unter bestimmten Voraussetzungen bis auf etwa 20 % der gesamten Rostfläche eingeschränkt werden kann.

Teilt man die in einer Stunde insgesamt verbrannte Kohlenmenge durch die Größe der Rostfläche in m^2 , so erhält man die spezifische Rostbelastung. Diese gibt an, wieviel kg eines Brennstoffes in einer Stunde auf einem m^2 Rostfläche verbrannt werden. Sie beträgt für eine Dampflokomotive bei angestrengtem Betrieb etwa 400 kg Brennstoff je m^2 Rostfläche in der Stunde und steigt bei sauberem Rost und Verbrennung hochwertiger Steinkohle unter günstigen Bedingungen bis zu 500 kg/m^2h an. Auf dem 4,5 m^2 großen Rost einer Einheitslokomotive der Baureihe 01 werden demnach etwa

$$4,5 \text{ m}^2 \times 400 \text{ kg/m}^2\text{h} = 1800 \text{ kg/h}$$

Steinkohle verfeuert. Diese Kohlenmenge kann noch von einem

Heizer im Dauerbetrieb verfeuert werden. Bei größeren Rosten ist der Einbau einer mechanischen Brennstoffzuführung zu empfehlen.

1.2.3. Verdampfung

Die bei der Verbrennung der Kohle entstehenden Rauchgase geben den größten Teil ihrer Wärme an die vom Wasser umgebenen Wandungen des Kessels ab. Man unterscheidet zwischen der unmittelbaren Wärmeübertragung des Feuerbettes und der Flamme an die Feuerbüchswände durch Strahlung und der mittelbaren Wärmeübertragung der Heizgase an die Rohre durch Berührung. Während über dem Rost Temperaturen von 1200 bis 1500 °C entstehen, kühlen sich die Heizgase auf dem Weg durch die Feuerbüchse und die Rohre bis zum Schornsteinausgang auf 250...350 °C ab. Die Wärmemenge, die stündlich durch eine Metallwand entsprechender Dicke bei einem bestimmten Temperaturunterschied zwischen Feuer- und Wasserseite hindurchgehen kann, ist begrenzt. Daher genügt es nicht, um große Dampfmengen zu erzeugen, lediglich den Verbrennungsraum reichlich zu bemessen, sondern der Kessel muß auch große Verdampfungsheizflächen erhalten, um genügend Wärme von den Heizgasen aufnehmen und an das Wasser ableiten zu können. Die Dampfleistung eines Kessels hängt also in erster Linie von der Größe und Beschaffenheit der Heizfläche ab. Als Verdampfungsheizfläche bezeichnet man den auf der Feuerseite gemessenen Flächeninhalt der einerseits von den Heizgasen und andererseits vom Wasser berührten Wandungen. Beim Lokomotivkessel besteht die Verdampfungsheizfläche H_v aus der unmittelbaren Strahlungsfläche $H_{\text{Feuerbüchse}}$ und der mittelbaren Berührungsheizfläche H_{Rohre} . Da man durch Versuche fest-

stellen konnte, daß die Verdampfungsleistung eines m^2 Strahlungsheizfläche etwa 6mal so groß ist wie die eines m^2 Berührungsheizfläche, ist man bei der Konstruktion neuer Kessel dazu übergegangen, den Anteil der Strahlungsheizfläche durch Einbau einer Verbrennungskammer zu vergrößern.

Die stündlich je m^2 Heizfläche erzeugte Dampfmenge gibt die mittlere Heizflächenbelastung an. Sie schwankt der Natur des Lokomotivbetriebes entsprechend in weiten Grenzen und ist bei hohen Geschwindigkeiten, bei Bergfahrt oder beim Anfahren schwerer Züge am größten. Bei der Berechnung der Lokomotivkessel der Deutschen Reichsbahn wurde bisher eine Heizflächenbelastung von 57 kg/m^2h als Kesselgrenze zugrunde gelegt. Das heißt, es können stündlich je m^2 Heizfläche 57 kg Wasser verdampft werden, ohne daß bei einer vorübergehenden Überlastung des Kessels unzulässige Beanspruchungen des Materials auftreten, die zu Rohrläufen oder anderen Kesselschäden führen. Die meisten Neubau- und Rekonstruktionslokomotiven haben Kessel mit Verbrennungskammer, deren Heizflächenbelastung ohne weiteres auf etwa 70 kg/m^2h erhöht werden kann. Durch Versuche wurde festgestellt, daß die durchschnittliche Heizflächenbelastung im Betrieb wesentlich tiefer liegt und 40...50 kg/m^2h nur selten übersteigt.

Führt man einem offenen Gefäß, das mit 1 kg Wasser gefüllt ist, bei normalem atmosphärischem Luftdruck von 760 Torr Wärme zu, so steigt die Temperatur des Wassers an, bis bei 99,09 °C die

sogenannte Siedetemperatur erreicht ist. Bei weiterer Wärmezufuhr findet keine Temperaturerhöhung mehr statt, sondern das Wasser beginnt zu verdampfen. Dabei entwickeln sich viele kleine Dampfblasen, die unter heftigem Wallen nach oben steigen und an der Wasseroberfläche zerplatzen. Zur Erwärmung von 1 kg Wasser von 0 °C bis zur Siedetemperatur sind bei normalem Luftdruck etwa 99,1 kcal erforderlich. Diese Wärme bezeichnet man als Flüssigkeitswärme. Um dieses 1 kg siedendes Wasser jedoch im offenen Gefäß vollständig zu verdampfen, müssen noch weitere 539,4 kcal, die sogenannte Verdampfungswärme, zugeführt werden. Der gesamte Wärmeinhalt des aus 1 kg Wasser entstandenen Dampfes beträgt somit $99,1 + 539,4 = 638,5$ kcal. Dieser Dampf hat ebenfalls die Masse von 1 kg, benötigt jedoch einen wesentlich größeren Raum als die gleiche Menge Wasser. Aus Tabelle 1.2. geht hervor, daß bei normalem Luftdruck 1 kg Dampf einen Rauminhalt von 1,725 m³ erfordert.

Tabelle 1.2. Trocken gesättigter Dampf

Absoluter Druck kp/cm ²	Siedetemperatur °C	Flüssigkeitswärme kcal/kg	Verdampfungswärme kcal/kg	Wärmeinhalt kcal/kg	Spezifischer Rauminhalt m ³ /kg
1	99,1	99,1	539,4	638,5	1,725
2	119,6	119,6	525,9	645,8	0,902
3	132,9	133,4	516,9	650,3	0,617
5	151,1	152,1	503,7	655,8	0,382
7	164,2	165,6	493,8	659,4	0,278
9	174,5	176,4	485,6	662,0	0,219
11	183,2	185,6	478,3	663,9	0,181
13	190,7	193,5	471,9	665,4	0,154
15	197,4	200,6	466,0	666,6	0,134
17	203,4	207,1	460,4	667,5	0,119
21	213,9	218,5	450,2	668,7	0,097

Bei der Verdampfung von Wasser in einem geschlossenen Gefäß liegen die Verhältnisse anders. Die Dampfentwicklung beginnt zwar auch dann bei etwa 100 °C, doch werden die zur Oberfläche steigenden Dampfbläschen durch den darüberliegenden Dampf daran gehindert, sich aus dem Wasser zu lösen. Es entsteht daher im Gefäß zunächst ein gewisser Überdruck und ein Anstieg der Temperatur. Auch das Wasser erhöht seine innere Spannung, und es entstehen neue Dampfbläschen, die sich trotz des Dampfpolsters aus dem Wasser lösen und die schon vorhandenen Dampfteilchen zusammendrücken. Bei weiterer Wärmezufuhr wiederholt sich dieser Vorgang fortlaufend von neuem. Aus Tabelle 1.2 geht hervor, welche Siedetemperaturen den verschiedenen Dampfdrücken zugeordnet sind. Bei einem absoluten Druck von 2 at, der einem Überdruck von 1 at entspricht, beträgt die Siedetemperatur und somit auch die Temperatur des aus der Flüssigkeit gebildeten Dampfes 119,6 °C.

Aus Tabelle 1.2. ist noch zu ersehen, daß die Verdampfungswärme mit steigendem Druck etwas langsamer abnimmt als die Flüssigkeitswärme ansteigt. Der Wärmeinhalt des Dampfes wird also mit zunehmendem Druck größer.

Es ist leicht verständlich, daß man mit höher gespanntem Dampf auch größere Kräfte entwickeln kann. Die Frage bleibt nur, ob der Mehraufwand an Erzeugungswärme auch wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Hierüber gibt folgende Überlegung Aufschluß:

Unter der Voraussetzung, daß der Dampf den Zylinder der Dampfmaschine mit atmosphärischem Druck verläßt, gehen je kg Abdampf etwa 639 kcal verloren. Bei einem Anfangsdruck von 5 at beträgt der Wärmeinhalt des Frischdampfes etwa 656 kcal/kg. Im Dampfzylinder werden also $656 - 639 = 17$ kcal/kg ausgenutzt. Beträgt der Druck des Frischdampfes dagegen 20 at, so sind für seine Erzeugung 669 kcal/kg aufzuwenden, vorausgesetzt, daß der Kessel mit Wasser von $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ gespeist wird. Verläßt der Dampf den Zylinder wie im ersten Fall wiederum mit atmosphärischem Druck, so werden $669 - 639 = 30$ kcal/kg ausgenutzt.

Während also bei einem Anfangsdruck von 4 at nur 2,6 % der im Frischdampf enthaltenen Wärmemenge in mechanische Arbeit verwandelt werden können, ist bei Erhöhung des Druckes auf 20 at eine Ausnutzung von 4,5 % möglich. Demgegenüber ist der geringe Mehraufwand von Wärme bei der Dampferzeugung unwesentlich und die Überlegenheit des höher gespannten Dampfes eindeutig zu erkennen.

Aus betrieblichen Gründen geht man bei dem Lokomotivkessel der Regelbauart mit dem Dampfdruck jedoch nicht über 16...20 at hinaus.

Da bei der Dampfbildung von den aufsteigenden Dampfbläschen kleine Wassertropfen mitgerissen werden, liefert der Lokomotivkessel praktisch nur Naßdampf. Solange der Dampf mit dem Wasser in Berührung steht, kann er keine höheren Temperaturen als dieses annehmen. Naßdampf kühlt sich jedoch bei Eintritt in die Dampfzylinder stark ab und schlägt sich zum Teil in Form von Wassertröpfchen nieder. Die Folge ist eine beträchtliche Verminderung des Dampfolumens und des Dampfdruckes und somit ein starker Rückgang der Leistung. Daher haben Naßdampflokomotiven einen verhältnismäßig hohen Dampf- und Kohleverbrauch. Diese Mängel kann man dadurch abstellen, daß man den Naßdampf vom Wasserraum trennt und durch weitere Wärmezufuhr die Wasserteilchen verdampft. Man erhält dann trocken gesättigten Dampf, sogenannten Sattdampf. Die Temperatur dieses Dampfes entspricht also noch der alten Sättigungstemperatur. Erst, wenn diesem Sattdampf noch weitere Wärme zugeführt wird, erhöht sich dessen Temperatur, und man erhält überhitzten Dampf. Dieser Heißdampf enthält keine Wasserteilchen mehr und bietet im Lokomotivbetrieb zahlreiche Vorteile. Da das Volumen und der Wärmeinhalt des Wasserdampfes mit der Überhitzertemperatur zunehmen, strebt man Temperaturen bis zu etwa $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ an. Kessel von Heißdampflokomotiven besitzen daher außer der Verdampfungsheizfläche H_v noch eine Überhitzerheizfläche H_u . Ihre Größe richtet sich nach der angestrebten Temperatur des Heißdampfes und beträgt

$$H_u = 0,3 \dots 0,4 H_v.$$

Die Leistungsfähigkeit eines Lokomotivkessels hängt von dem

spezifischen Dampfverbrauch der Antriebsmaschine und sämtlicher Hilfsmaschinen ab. Dieser richtet sich nach dem Kesseldruck, der Höhe der Überhitzung, der Dampfausnutzung und verschiedenen anderen konstruktiven Merkmalen und beträgt bei neueren Dampflokomotiven 6,0...6,5 kg/PS₁h. Für kleine Tenderlokomotiven genügt daher eine Dampfmenge von 6,0 t je Stunde, während die Kessel schwerer Schnellzuglokomotiven oder auch leistungsfähiger Güterzuglokomotiven bis zu 20 t Dampf je Stunde erzeugen.

1.2.4. Kesselwirkungsgrad

Als Wirkungsgrad einer Kesselanlage bezeichnet man das Verhältnis der im Dampf nutzbar gemachten Wärmemenge zu der im Brennstoff zugeführten Wärmemenge. Die im Lokomotivkessel entstehenden Verluste können durch Versuche und Messungen genau ermittelt werden. Sie hängen von der Konstruktion des Kessels, der Heizflächenbelastung und der Qualität des Brennstoffes ab, werden jedoch auch von dem Unterhaltungszustand des Kessels und der Feuerungsführung durch den Heizer weitgehend beeinflusst. Zu den wichtigsten Verlusten gehören:

- Schornsteinverluste

Während in stationären Kesselanlagen die Heizgase in sogenannten Nachschaltheizflächen weitgehend ausgenutzt werden, um die Verbrennungsluft und das Speisewasser vorzuwärmen, entweichen sie bei Lokomotiven mit einer Temperatur von etwa 300 °C durch den Schornstein. Diese Verluste betragen 15...20 % und können bis auf 30 % ansteigen, wenn durch Löcher in der Brennstoffschicht oder sonstige Bedienungsfehler mehr Kaltluft in den Feuerraum eintritt, als unbedingt für eine vollständige Verbrennung benötigt wird.

- Verluste durch Unverbranntes in den Feuerungsrückständen

Die Verluste im Aschkasten, in der Rauchkammerlöschle und durch Funkenflug hängen von der Qualität des Brennstoffes, der Bedienung des Feuers und der Fahrweise des Lokomotivführers ab und betragen bei Steinkohlenfeuerung zusammen 8...10 %. Bei Braunkohlenbrikettfeuerung steigen sie infolge der geringen Druckfestigkeit des Brennstoffes stark an und können trotz verschiedener konstruktiver Veränderungen im Lokomotivkessel kaum unter 30 % herabgedrückt werden. Besonders unmittelbar nach dem Beschicken des Rostes treten große Verluste durch Unverbranntes im Schornstein auf. Werden nämlich größere Mengen Brennstoff kurz hintereinander aufgeworfen, so geht die Feuerraumtemperatur stark zurück. In diesem Falle wird dann die Entzündungstemperatur der gasförmigen Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen nicht mehr erreicht, so daß diese als Teerdämpfe (Qualm) den Schornstein verlassen.

- Verluste durch unvollkommene Verbrennung

Bei Luftmangel oder zu geringem Luftüberschuß ist eine vollständige Verbrennung nicht gewährleistet. Die Rauchgase enthal-

ten neben Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O) noch Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H). Eine dunkle Färbung der aus dem Schornstein austretenden Rauchgase weist darauf hin, daß ein Teil des Kohlenstoffes unverbrannt als Ruß ausgeschieden wird.

- Strahlungsverluste

Die Verluste durch Wärmeabstrahlung können durch eine zweckmäßige Kesselbekleidung stark eingeschränkt werden. Sie betragen 3...5 %.

Die Summe aller Verluste, die im Sankey-Diagramm (Bild 2) zusammengestellt sind, ergibt den Kesselwirkungsgrad. Er erreicht bei Steinkohlenfeuerung seinen Höchstwert bei etwa 70 % und fällt bei zunehmender Belastung schwach ab (Bild 3). Bei der Verfeuerung von Braunkohlenbriketts mittlerer Qualität beträgt der Kesselwirkungsgrad maximal etwa 60 %, da die Verluste durch Unverbranntes im Aschkasten und in der Rauchkammer sehr groß sind. Auch steigen infolge der geringeren Druckfestigkeit des Brennstoffes die Verluste durch Funkenflug stark an. Außerdem nehmen bei Braunkohlenbrikettfeuerung die Verluste durch unvollkommene Verbrennungen zu, da wegen des geringeren Heizwertes der Rost mit einer wesentlich größeren Brennstoffmenge beschickt werden muß und bei sehr hoher Rostbelastung nicht mehr genügend Sauerstoff an alle Brennstoffteilchen herantreten kann.

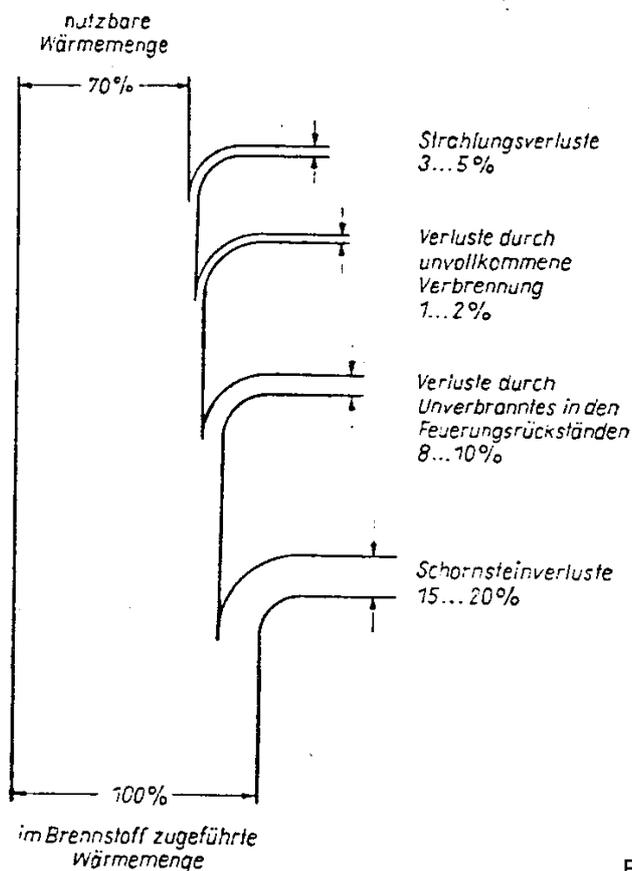


Bild 2. Sankey-Diagramm

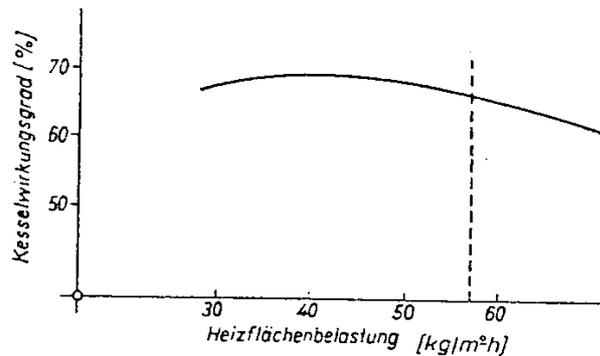


Bild 3. Wirkungsgrad eines Lokomotivkessels

Bei den genannten Werten wird vorausgesetzt, daß sich der Kessel in einem einwandfreien Zustand befindet und daß der Wärmeübergang an der Heizfläche nicht durch Ruß und Kesselsteinansatz erschwert wird. Kesselstein hat eine äußerst schlechte Wärmeleitfähigkeit, so daß schon eine verhältnismäßig dünne Schicht die Dampfentwicklung stark beeinträchtigt. Die Wärmeleitfähigkeit von Kesselstein schwankt von 0,07 bis 2,0 kcal/mh °C, während sie bei Stahl etwa 56 kcal/mh °C beträgt und bei Kupfer bis auf 330 kcal/mh °C ansteigt. Ruß hat eine noch wesentlich schlechtere Wärmeleitfähigkeit als Kesselstein; seine Wärmeleitfähigkeit beträgt nur 0,03...0,06 kcal/mh °C. Daraus geht hervor, daß die Kesselverluste bei schlechter Pflege des Kessels stark ansteigen. Auch die Feuerungstechnik des Heizers hat auf den Kesselwirkungsgrad einen wesentlichen Einfluß.

1.3. Aufbau eines genieteten Kessels mit Rostfeuerung

Der grundsätzliche Aufbau eines Lokomotivkessels ist bereits aus Bild 1 bekannt. Der Kessel besteht aus drei Hauptteilen, dem Hinterkessel, dem Langkessel und der Rauchkammer. Während diese Teile bei älteren Kesseln durch Nietung miteinander verbunden sind, werden die neuen Kessel vollkommen geschweißt. Da noch genietete Kessel in Betrieb sind, soll zunächst deren Aufbau ausführlich behandelt werden. Auf konstruktive Abweichungen der geschweißten Kessel wird an späterer Stelle besonders hingewiesen.

1.3.1. Hinterkessel

Zum Hinterkessel gehören der außenliegende Stehkessel und die darin befindliche Feuerbüchse. Beide sind unten durch den Bodenring miteinander verbunden. Man unterscheidet grundsätzlich zwei verschiedene Ausführungsformen, nämlich die schmale Bauart, wenn der Hinterkessel zwischen die Wangen eines Blechrahmens eingezogen ist, oder die breite Form, wenn der Hinterkessel auf einem Barrenrahmen aufsitzt (Bild 4).

Die erste Bauart führt zu langen, schmalen Rosten, ermöglicht jedoch eine einfache Gestaltung des Aschkastens. Die zweite Ausführung dagegen hat den Vorteil, daß man die Feuerbüchse im ganzen nach unten ausbauen kann und daß die aufsteigenden

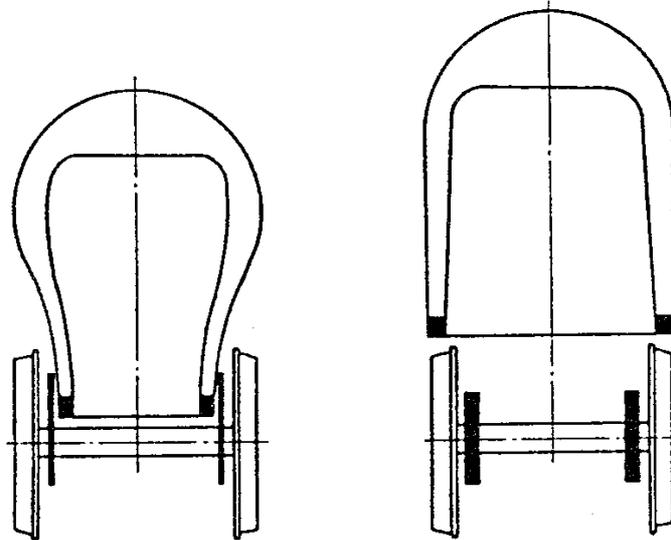


Bild 4. Hinterkessel mit schmaler und breiter Feuerbüchse

Dampfblasen einen geringeren Widerstand haben. Selbstverständlich sind auch viele Zwischenlösungen möglich.

Stehkessel

Bei dem Stehkessel bestehen die Decke und die Seitenwände aus einem Stück, dem Stehkesselmantel. Dieser ist mit der Stehkesselsrückwand und auch mit der Stehkesselvorderwand durch doppelte Nietung verbunden (Bild 5). Um einen guten Kräftefluß zu gewährleisten und Ribbildung an den Kanten zu vermeiden, sind die Ränder der Rückwand nach vorn gekümpelt. Die Vorderwand dagegen ist im unteren Teil, wo sie mit den Seitenwänden verbunden wird, nach hinten gekümpelt. Der Hals jedoch ist nach vorn gekümpelt, um einen guten Übergang zum zylindrischen Langkessel zu erreichen. Die Vorderwand ist also wesentlich schwieriger herzustellen und erhielt wegen ihrer eigenartigen Form die Bezeichnung „Stiefelknechtplatte“. Die Dicke der Stahlbleche richtet sich nach dem Dampfdruck und der Festigkeit des Baustoffes und beträgt 14...18 mm. Der bereits oben erwähnte Bodenring hat bei genieteten Kesseln einen rechteckigen, nahezu quadratischen Querschnitt. Er war früher aus einem Stück geschmiedet und wurde später aus vier geraden Vierkantstählen und vier Kreisbögen gleichen Querschnittes stumpf zusammenschweißt. Der Bodenring schließt den Wasserraum nach unten ab und ist mit der Stehkessel- und der Feuerbüchswand zweireihig vernietet (siehe Bild 26). Durch die starke Wärmeentwicklung des Feuerbettes und durch den Dampfdruck, der zwischen den Wänden herrscht, neigen die Bodenringe großer Kessel zum seitlichen Ausbeulen. Man vermeidet dies durch Bodenringanker, die unter dem Rost hindurchgreifen und die beiden Bodenringmitten miteinander verbinden (siehe Bild 30).

Die Feuerbüchse stellt den Verbrennungsraum dar, der unten durch den Rost abgeschlossen wird. Der Brennstoff wird durch das Feuerloch in der Rückwand des Hinterkessels zugeführt. Stehkessel und Feuerbüchse sind hier mit dem Feuerlochring

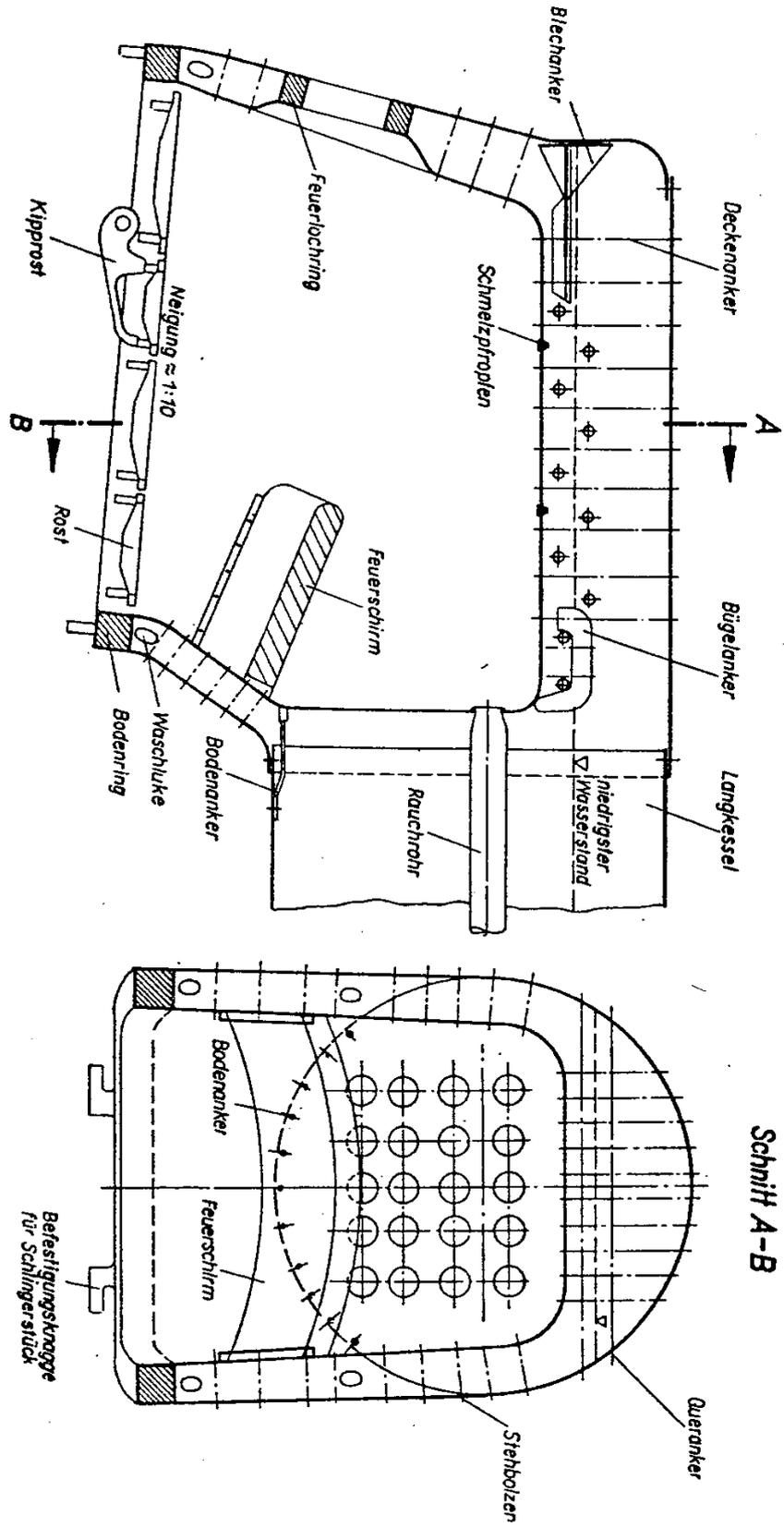


Bild 5. Hinterkessel (genietet Bauart)

durch einfache Nietung verbunden (siehe Bild 27). Die Bleche und Nietverbindungen im unteren Teil des Feuerloches werden durch einen gußeisernen Feuerlochschröner gegen Abbrand geschützt. Dadurch vermeidet man auch Beschädigungen, die bei der Feuerbehandlung, z.B. durch die Schürgeräte, entstehen können.

Feuerbüchse üblicher Bauart

Die Feuerbüchse besteht ähnlich wie der Stehkessel aus dem Feuerbüchsmantel, der Feuerbüchsvorderwand (auch Feuerbüchsröhrwand genannt) und der Feuerbüchrückwand. Diese Teile wurden früher miteinander vernietet. Um jedoch Masse einzusparen und die Herstellungs- und Unterhaltungskosten zu senken, werden diese Teile schon seit längerer Zeit miteinander verschweißt. Die Feuerbüchsdecke und auch alle vier Wände werden stets vom Wasser umspült. Der niedrigste Wasserstand liegt 100 mm über dem höchsten Punkt der Feuerbüchsdecke. Diese ist leicht nach hinten geneigt, um zu verhüten, daß bei Talfahrt und entsprechend schräger Stellung des Kessels der hintere Teil der Feuerbüchsdecke nicht mehr von Wasser bedeckt wird. Der Wasserraum zwischen Stehkessel und Feuerbüchse erweitert sich allmählich nach oben, so daß ein gleichmäßiges Aufsteigen der Dampfblasen jederzeit möglich ist.

Einige ältere Lokomotiven haben noch kupferne Feuerbüchsen. Dieses Material ist infolge seiner Zähigkeit in der Lage, die durch Temperaturunterschiede bedingten Wärmespannungen aufzunehmen, so daß Risse und Undichtigkeiten stark eingeschränkt werden. Außerdem ist Kupfer ein sehr guter Wärmeleiter, was gerade im Kesselbau eine entscheidende Rolle spielt. Abgezehrte Seitenwände wurden häufig dadurch ausgebessert, daß man Vorschuhe aus Kuproduer einschweißte. Kuproduer, eine Legierung aus Kupfer (98,8 %), Nickel (0,7 %), Silizium (0,4 %) und Eisen (0,1 %), ist gegen Abbrand widerstandsfähiger als Kupfer und hat sich gut bewährt. Für Lokomotiven mit Kohlenstaubfeuerung sind kupferne Feuerbüchsen wegen zu starker Abzehrung nicht geeignet.

Schwierigkeiten bei der Materialbeschaffung führten bereits im ersten Weltkrieg dazu, Versuche mit stählernen Feuerbüchsen durchzuführen. Sie befriedigten nicht, da keine geeigneten Stahlsorten zur Verfügung standen. Später hat man dagegen mit stählernen Feuerbüchsen sehr gute Ergebnisse erzielt, da es gelang, Stahlbleche aus einem Baustoff zu walzen, der in ausreichendem Maße imstande ist, Wärmespannungen aufzunehmen.

Auch durch bauliche Veränderungen, wie z.B. größere Halbmesser an den Umbügen, und durch Anwendung der modernen Schweißtechnik gelang es, die Lebensdauer der Stahlfeuerbüchsen zu erhöhen. Wichtig ist noch, daß auch im Betrieb auf eine langsame und gleichmäßige Erwärmung und Abkühlung geachtet werden muß und daß zu langes Öffnen der Feuertür, Speisen von kaltem Wasser, Löcher in der Feuerschicht und rasche Druckabsenkungen schon zu beträchtlichen Schäden und Undichtigkeiten führen können.

Der Nachteil, daß der Wärmeleitwiderstand von Stahl etwa 6mal so groß ist wie der von Kupfer, wird durch die bedeutend höhere Festigkeit der Stahlbleche nahezu ausgeglichen. Während bei kupfernen Feuerbüchsen die Seitenwände etwa 16 mm dick ausgeführt werden, genügt bei Stahl eine Wanddicke von 10...11 mm.

Die Rohrwand ist im oberen Teil, der durch die Bohrungen für die Rohre geschwächt wird, stets dicker. Sie wird bei kupfernen Feuerbüchsen oben 26 mm, unten 16 mm dick gewalzt, während sie bei Stahl aus zwei verschiedenen dicken Blechen von etwa 15 und 10 mm Dicke zusammengeschweißt wird.

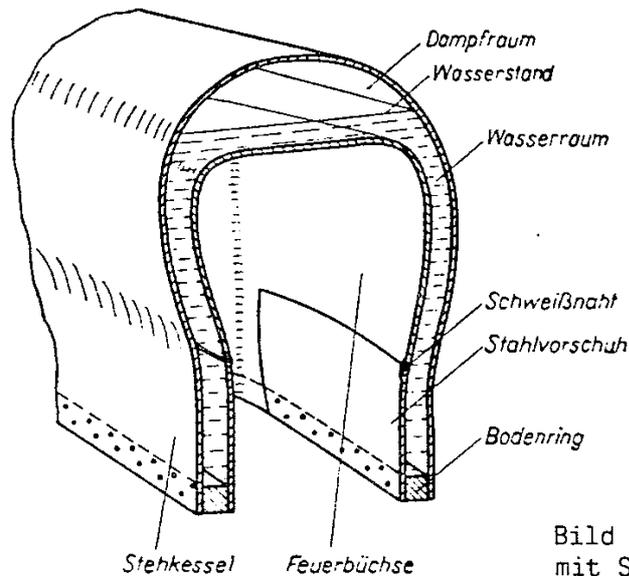


Bild 6. Kupferne Feuerbüchse mit Stahlvorschuh

Die Kessel neuerer Lokomotiven haben stets stählerne Feuerbüchsen. In der Übergangszeit war es üblich, bei der Reparatur von kupfernen Feuerbüchsen die schadhaften Stellen herauszuschneiden und durch Stahlflicken zu ersetzen (Bild 6). Man verbindet die Bleche dann mit Hilfe des Lötschweißverfahrens (Bild 7). Zunächst werden hierbei die Kanten beider Bleche unter einem Winkel von 45 bzw. 60° hergerichtet. Dann wird der Rand des

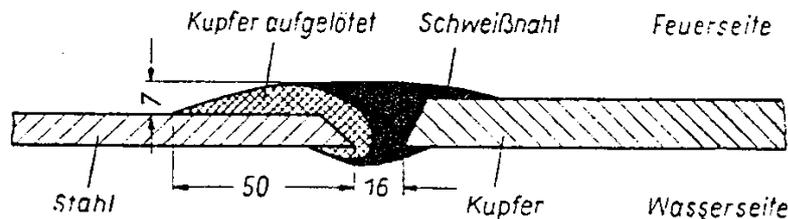


Bild 7. Löt-Schweißverbindung

Stahlbleches auf der Feuerseite in einer Breite von etwa 50 mm blankgeschliffen und durch Auftragen von Kupfer (Hartlöten) allmählich ansteigend bis etwa auf die Dicke des Kupferbleches verstärkt. Auch auf die Kante des Stahlbleches wird eine Kupferschicht aufgetragen. Zum Schluß werden dann die beiden Bleche durch normale Kupferschweißung verbunden.

Feuerbüchse mit Verbrennungskammer

Neue Lokomotiven haben meist eine Feuerbüchse mit Verbrennungskammer. Diese unterscheidet sich von der Regelbauart dadurch, daß die Rohrwand in den Langkessel hinein vorgezogen wird (Bilder 8 und 9). Die Länge der Verbrennungskammer ist unterschiedlich und beträgt bei den neuen Ersatzkesseln 750 bzw. 1150 mm. Durch den Einbau einer Verbrennungskammer erreicht man ein besseres Ausbrennen der Heizgase und schützt zugleich die Einwalzstellen der Rohre vor allzu großer Hitzeeinwirkung. Außerdem wird dadurch die Strahlungsheizfläche wesentlich vergrößert, was sich auf die Dampfungwicklung äußerst günstig auswirkt. Daß durch die Verkürzung der Rohre die Berührungsheizfläche wesentlich verkleinert wird, bedeutet keinen großen Verlust, da ihre Verdampfungsleistung bekanntlich wesentlich geringer ist als die der Feuerbüchse. Der Anteil der Strahlungsheizfläche, der bei einem Lokomotivkessel üblicher Bauart ungefähr 8 % der gesamten Verdampfungsheizfläche beträgt, steigt bei einem Kessel mit Verbrennungskammer auf 10...12 % an. Dadurch ist es möglich, den gesamten Kessel durch Einbau einer Verbrennungskammer zu verkürzen und Masse einzusparen, ohne seine Leistung zu vermindern.

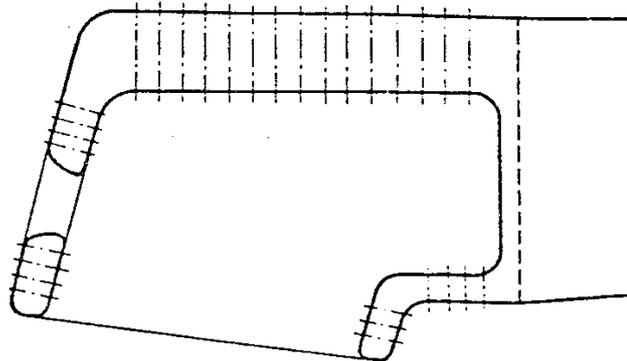


Bild 8. Geschweißter Hinterkessel mit Verbrennungskammer

Da durch Verkürzung der Rohre jedoch auch die Überhitzerheizfläche verkleinert wird, muß die Zahl der Überhitzereinheiten entsprechend erhöht werden. Als Nachteil dieser Kesselbauart ist die etwas kompliziertere Verankerung der Feuerbüchse zu erwähnen. Durch den Einbau einer Verbrennungskammer ist es möglich, die bisher auf 57 kg/m²h begrenzte Heizflächenbelastung auf 70...80 kg/m²h zu steigern, ohne die Kesselbaustoffe übermäßig zu beanspruchen.

Um einen besseren Anschluß des Hinterkessels an den Langkessel zu erreichen, ohne den Wasserraum einzuengen, ist es bei Verwendung einer Verbrennungskammer üblich, den hinteren Langkesselschuß im unteren Teil konisch auszuführen (siehe Bild 29).

Kesselverankerung

Um zu vermeiden, daß sich infolge des Dampfdruckes die großen ebenen Flächen des Stehkessels nach außen und die der Feuer-

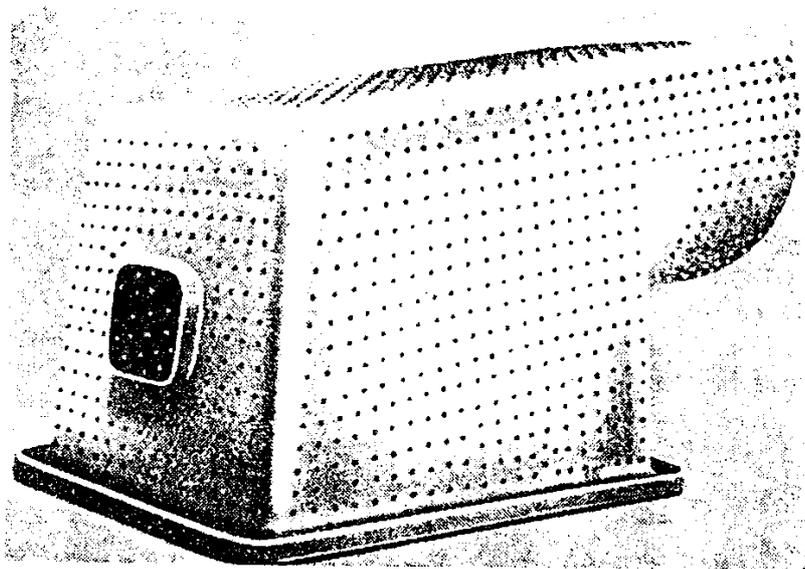


Bild 9. Stahlfeuerbüchse mit Verbrennungskammer

büchse nach innen durchbiegen, werden sie durch Stehbolzen miteinander verbunden. Die Entfernung der Stehbolzen voneinander, die sogenannte Feldteilung, richtet sich nach dem Kesseldruck und der Festigkeit der Bleche. Sie beträgt 80...90 mm, so daß bei größeren Kesseln etwa 1500 Stück Stehbolzen erforderlich sind. Bei kupfernen Feuerbüchsen werden Stehbolzen aus Kupfer, bei stählernen Feuerbüchsen und Wänden aus Kuprodur dagegen Stahlstehbolzen verwendet. Nach dem Jahre 1945 wurden bei der Deutschen Reichsbahn zur Einsparung von Kupfer stählerne Stehbolzen auch bei kupfernen Feuerbüchsen zugelassen. Lediglich für die in den Randzonen gelegenen Stehbolzen, die besonders stark beansprucht werden, ist Kupfer vorgeschrieben.

Sämtliche Stehbolzen werden aus hochgezogenem Material hergestellt oder von beiden Seiten etwa 50 mm tief angebohrt. Durch diese Kontrollbohrung, die einen Durchmesser von 5 mm hat, tritt bei abgerissenen Stehbolzen das Wasser in die Feuerbüchse und macht das Lokomotivpersonal auf den Schaden aufmerksam. Im Betrieb ist darauf zu achten, daß sich die Öffnung auf der Feuerseite nicht mit Asche oder Schlacke zusetzt. Die äußere Öffnung der durchgehenden Kontrollbohrung wird durch eine Verschlusskappe abgedichtet oder bei stählernen Stehbolzen durch einen Schweißpfropfen verschlossen. Dadurch wird der Zutritt von Falschlufft in die Feuerbüchse bzw. das Entweichen der Verbrennungsgase verhindert.

Ein gerissener Stehbolzen kann vorübergehend „vernagelt“, d.h. von der Feuerseite aus durch einen konischen Stift verschlossen werden. Sind jedoch bei Stahlfeuerbüchsen zwei benachbarte Stehbolzen oder bei kupfernen Feuerbüchsen mehr als zwei benachbarte Stehbolzen gerissen, so ist es erforderlich, diese sofort auszuwechseln, um eine Überbeanspruchung der benachbarten Stehbolzen zu vermeiden. Auf keinen Fall jedoch dürfen mehr als 1,25 % der Stehbolzen einer Feuerbüchswand abgerissen sein. Auch ist darauf zu achten, daß das Material der Stifte dem der Stehbolzen entspricht und daß nach dem Einschlagen ein

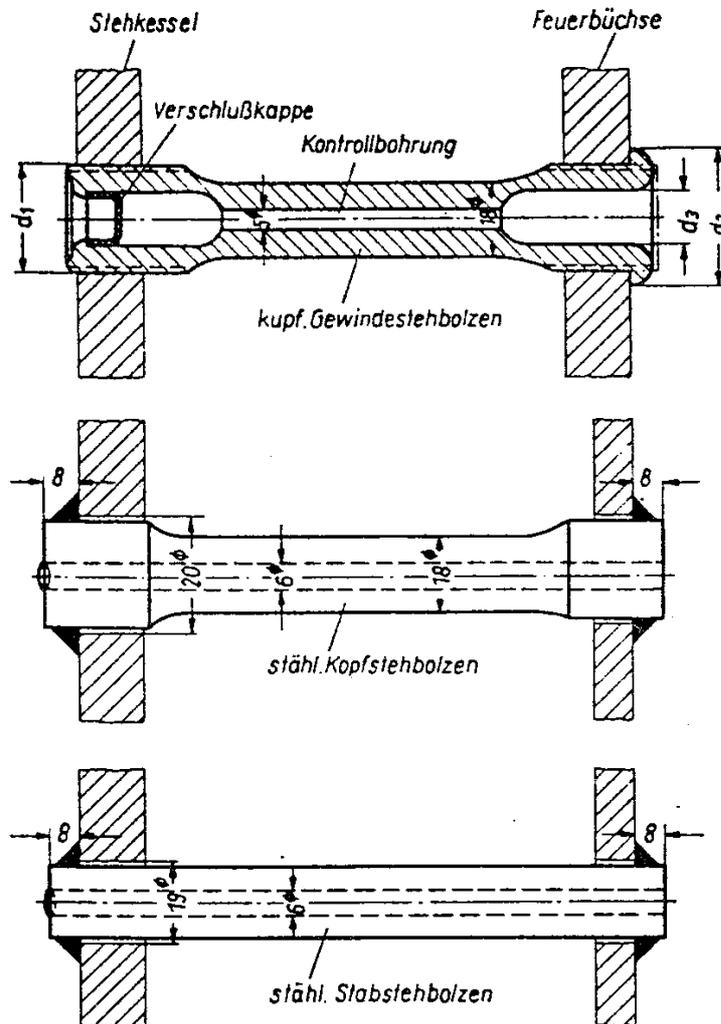


Bild 10.
Stehbolzen

Stück des Stiftes übersteht, um vernagelte Stehbolzen sofort kenntlich zu machen.

Die verschiedenen Arten der Stehbolzen sind in Bild 10 zusammengestellt. Die Regelbauart der kupfernen Stehbolzen hat angestauchte Gewindeköpfe mit einer erweiterten Aufdornbohrung. Das Gewinde wird für beide Köpfe und auch in beide Wände durchgehend geschnitten. Nach dem Einschrauben werden die Stehbolzenköpfe durch Stahldorne aufgeweitet, um einen dampfdichten Abschluß des Gewindes zu erreichen. Zuletzt wird das auf der Feuerseite überstehende Ende noch umgebördelt und verstemmt (gedöppert).

Macht sich ein Auswechseln einzelner Stehbolzen erforderlich, so werden die alten Stehbolzen ausgebohrt und die Löcher aufgerieben. Anstelle der bei Neubau gewählten Durchmesser sind bei Ausbesserungen die in Tabelle 1.3. genannten Maße einzuhalten.

Um den hohen Arbeitsaufwand für den Einbau der Gewindestehbolzen zu vermindern und teure Werkzeuge einzusparen, werden stählerne Stehbolzen neuerdings stets gewindelös eingeschweißt. Sind in den Wänden größere Bohrungen vorhanden, so verwendet man Stehbolzen mit angestauchten Köpfen, deren Durchmesser bei jeder Ausbesserung um jeweils 2 mm zunimmt. Ist das Grenzmaß

Tabelle 1.3. Durchmesser der Löcher für Stehbolzen bei Neubau bzw. Ausbesserung

	d_1	d_2	d_3
Neubau	W 26 x $\frac{1''}{12}$	35	12,5
Ausbesserungsstufe 1	W 28 x $\frac{1''}{12}$	37	12,5
Ausbesserungsstufe 2	W 30 x $\frac{1''}{12}$	39	14,0
Ausbesserungsstufe 3	W 32 x $\frac{1''}{12}$	41	14,0
Ausbesserungsstufe 4	W 34 x $\frac{1''}{12}$	43	15,5

von 34 mm im Durchmesser erreicht, ist es üblich, in die Feuerbüchsen- und Stehkesselwand stählerne Buchsen einzusetzen und diese durch eine Schweißbraupe zu befestigen. Der Außendurchmesser der Buchse beträgt 40 mm, während die Bohrung wie bei einem neuen Kessel mit 19 mm im Durchmesser beginnt. Dann werden die Buchsenlöcher gemeinsam aufgerieben, ehe ein Stehbolzen mit zylindrischem Schaft eingebaut wird. Der Durchmesser des Stehbolzens ist stets um einige Zehntel Millimeter kleiner als die Bohrung, seine Länge jedoch etwas größer als der Außenabstand der Wände, so daß auf jeder Seite einige Millimeter überstehen. Zur Befestigung und Abdichtung genügt auf beiden Seiten lediglich eine Schweißbraupe, die gegebenenfalls sogar mit einem besonderen UP-Schweißgerät aufgetragen wird. Die Stehbolzen mit durchgehendem zylindrischen Schaft sind unter dem Namen „Skoda-Bolzen“ bekannt und haben sich gut bewährt. Sie sind äußerst einfach herzustellen und ersparen den großen Materialaufwand und die teuren Werkzeuge, die bei den anderen Ausführungen erforderlich sind.

Durch das Spiel, mit dem diese Stehbolzen in die Wände eingesetzt werden, wird eine größere Biegelänge erreicht, und es ist verständlich, daß ein langer Stab elastischer ist als ein kurzer Stab gleichen Querschnittes. Diese Elastizität ist erforderlich, da die Stehbolzen im Betrieb nicht nur auf Zug, sondern infolge der unterschiedlichen Wärmedehnung der Wände auch auf Biegung beansprucht werden.

Da Stehbolzen der Regelbauart diese Biegebeanspruchung nur eine Zeitlang aufnehmen können und dann reißen, werden bei größeren Lokomotivkesseln in die Zonen mit besonders starken Wärmedehnungen Gelenkstehbolzen eingebaut. Besonders gefährdet sind die Stellen, die von dem Bödenring und dem Feuerlochring am weitesten entfernt liegen, denn dort sind die durch die Temperaturunterschiede hervorgerufenen Wandverschiebungen am größten.

Solche gefährdeten Zonen sind z.B. der obere, der vordere und auch der hintere Rand der Seitenwände. Auch der untere Teil der Vorderwand und die Kesselteile seitlich und unterhalb der Verbrennungskammer gehören hierzu.

Von den Gelenkstehbolzen sind wiederum verschiedene Ausführungen in Gebrauch. Während man bei den älteren Bauarten zunächst eine Buchse in die Stehkesselwand einschraubte und durch einen eingeschraubten Deckel mit Dichtungsring einen dampfdichten Abschluß erreichte, legt sich bei der neueren Ausführung der ballige Kopf des Gelenkstehbolzens unmittelbar an die Stehkesselaußenwand an (Bild 11). Es wird lediglich eine kegelförmige Anlagefläche angefräst, um einen besseren Sitz zu erreichen. Der Gelenkstehbolzen hat einen leicht konischen Schaft von etwa 18 mm im Durchmesser, der Kopf wird angestaucht. Um einen dampfdichten Abschluß zu erreichen, wird auf die Außenseite des Stehkessels eine halbkugelige Kappe aufgeschweißt. Die Befestigung des Stehbolzens mit der Feuerbüchse ist die gleiche wie bei den „Skoda-Bolzen“. Bei den neuesten Kesseln werden in die gefährdeten Zonen Kreuzgelenk-Stehbolzen eingebaut. Sie haben einen halbrunden, angestauchten Kopf, der unter Zwischen-schalten einer Sattelscheibe an der Stehkesselaußenwand an-

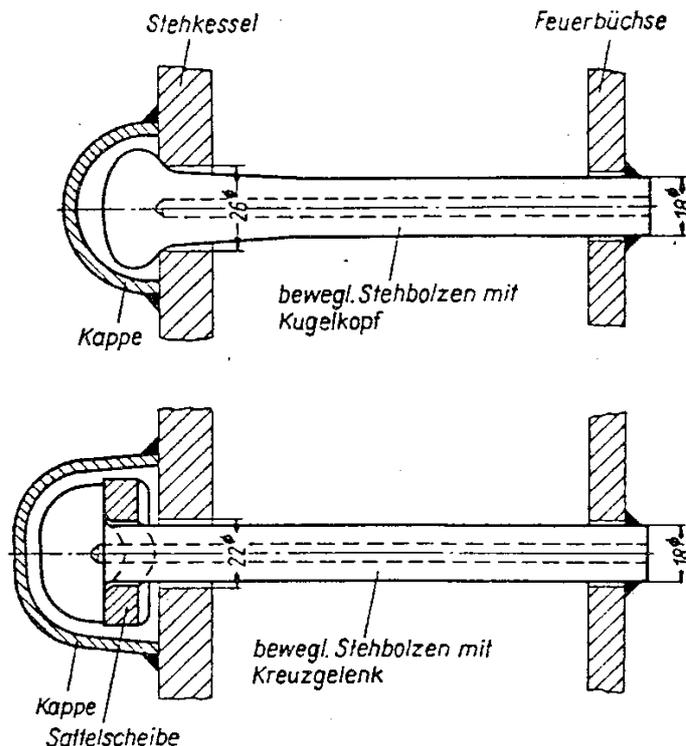


Bild 11.
Gelenkstehbolzen

liegt. Diese Scheibe hat zwei um 90° versetzte Rippen, von denen die eine am Kopf des Stehbolzens, die andere an der äußeren Wand des Stehkessels anliegt. Dadurch entsteht ein Kreuzgelenk, so daß eine Bewegungsmöglichkeit nach allen Seiten hin gegeben ist. Der dampfdichte Abschluß wird wiederum durch eine aufgeschweißte Kappe erreicht, die allerdings wesentlich höher ist als bei den vorgenannten Gelenkstehbolzen. Das andere Ende der

Kreuzgelenk-Stehbolzen wird wiederum gewindeloses in die Feuerbüchswand mit Spiel eingeschweißt.

Zeigen sich im Betrieb Undichtigkeiten an den Stehbolzen, so werden sie bei Kupfer durch Nachstemmen beseitigt, bei stählerne Stehbolzen wird die Schweißnaht abgefräst und durch eine neue ersetzt.

Die Feuerbüchsdecke ist mit der Stehkesseldecke durch Deckenstehbolzen verbunden, die dieselbe Aufgabe haben wie die Stehbolzen in den Seitenwänden. Sie sind im allgemeinen aus Stahl und werden in kupferne Wände eingeschraubt, in stählerne eingeschweißt. Bild 12 zeigt verschiedene Ausführungen. Das in die Feuerbüchse hineinragende Gewindeende wird durch eine Mutter gegen Abbrand geschützt.

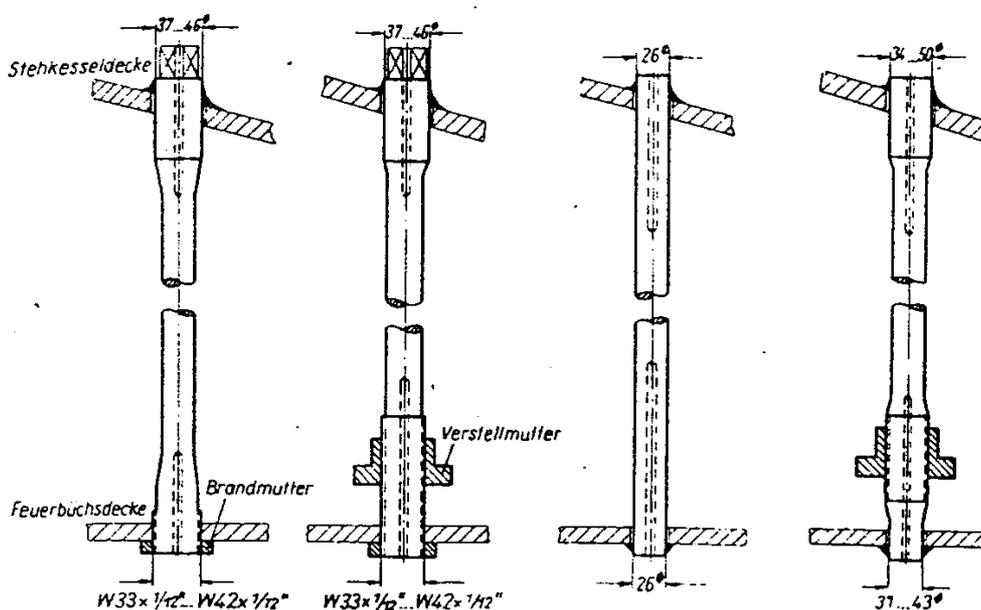


Bild 12. Deckenstehbolzen

Da sich die Rohrwand infolge der hohen Temperatur besonders stark ausdehnt, hebt sich auch die Feuerbüchsdecke am vorderen Umbug. Feste Deckenstehbolzen wären hier zu starr und würden zu Ribbildung führen. Die vordersten oder auch die beiden vorderen Reihen der Deckenstehbolzen werden deshalb nicht von der Feuerbüchse bis zur Stehkesseldecke durchgeführt, sondern gelenkig auf Bügelankern abgestützt (Bild 13). Diese liegen vorn auf dem Umbug auf und sind hinten gelenkig auf einer verstellbaren Mutter an der vordersten Reihe der durchgehenden Deckenstehbolzen gelagert. Der vordere Teil der Feuerbüchsdecke wird dann durch Bügelanker-Stehbolzen versteift und kann den Wärmedehnungen folgen. Bei neuen geschweißten Kesseln mit Stahlfeuerbüchsen werden keine Bügelanker mehr eingebaut.

Die Feuerbüchsenrohrwand wird oben durch die eingezogenen Rohre, unten durch Stehbolzen und im mittleren Teil durch Bodenanker versteift (Bild 14). Diese sind am Bauch des hinteren Langkesselschusses angenietet bzw. bei neueren Kesseln angeschweißt und durch Nietschrauben mit der Rohrwand verbunden. Anstelle

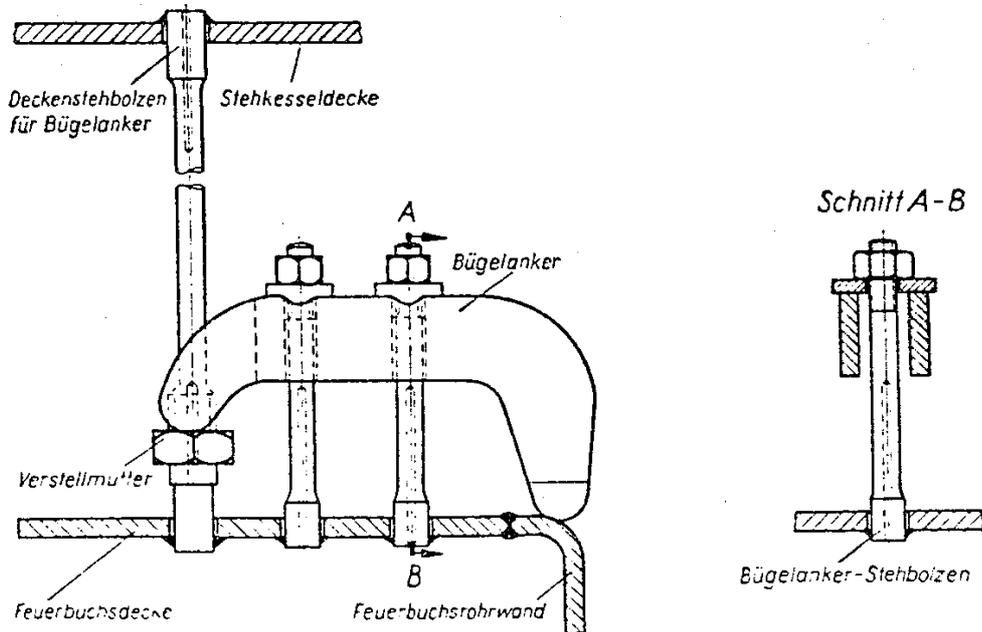


Bild 13. Bügelanker

der Nietschrauben, deren Kopf nach dem Einschrauben halbrund vernietet wird, werden bei der neueren Ausführung lediglich Stiftschrauben in den Bodenanker eingeschraubt, deren überstehendes Ende mit der Feuerbüchsenrohrwand verschweißt wird. Die meist halbrunde Stehkesseldecke wird durch Queranker versteift. Ihre Schaftdurchmesser betragen 29, 32, 38 oder 42 mm. Die Gewindedurchmesser sind von 37 bis 54 mm abgestuft. Die

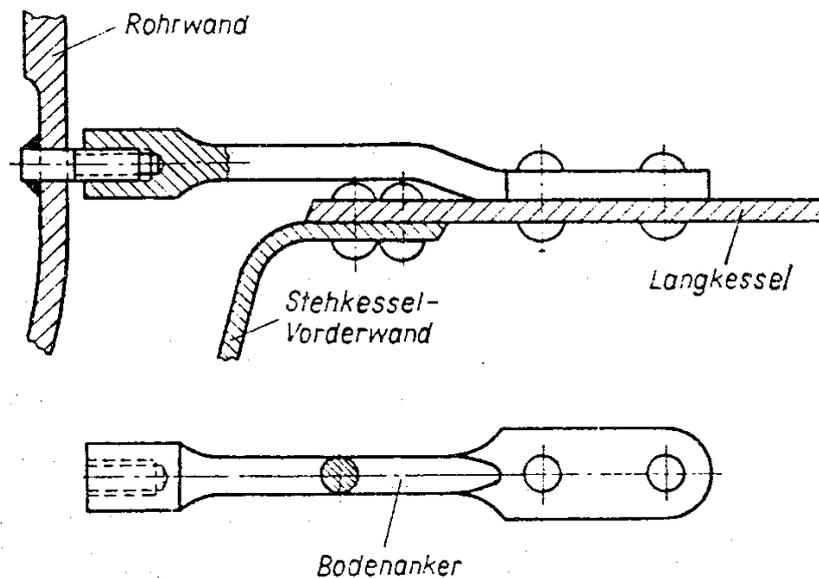


Bild 14. Bodenanker

Queranker werden in außen aufgenieteten Untersätzen eingeschraubt oder neuerdings eingeschweißt. Außerdem sind häufig noch sichelförmige Versteifungen eingebaut. Die Stehkesselrückwand ist mit den Seitenwänden oberhalb der Feuerbüchse noch durch Blechanker verbunden und auf diese Weise gegen Ausbeulungen gesichert. Kessel mit sehr breiter Feuerbüchse haben manchmal noch Längsanker, die zur Versteifung der Stehkesselrückwand dienen.

Waschluken

Das Kesselspeisewasser enthält Kesselschlamm und Unreinigkeiten, die sich an der Verdampfungsheizfläche festsetzen und eine oft mehrere Millimeter dicke Kesselsteinschicht bilden. Es ist daher auf eine gute Speisewasserpflege zu achten, um die Bildung von Kesselstein nach Möglichkeit von vornherein ganz zu vermeiden. Da sich das Speisewasser im Betrieb auch mit Salzen und Gasen anreichert und dann zum Schäumen und Überreißen neigt, muß es von Zeit zu Zeit abgelassen und der Kessel ausgewaschen und von Kesselstein befreit werden. Für diesen Zweck sind an mehreren Stellen des Kessels große und kleine Waschluken angebracht. Sie werden so angeordnet, daß man mit Reinigungswerkzeugen an möglichst allen Stellen den angesetzten Kesselstein entfernen kann.

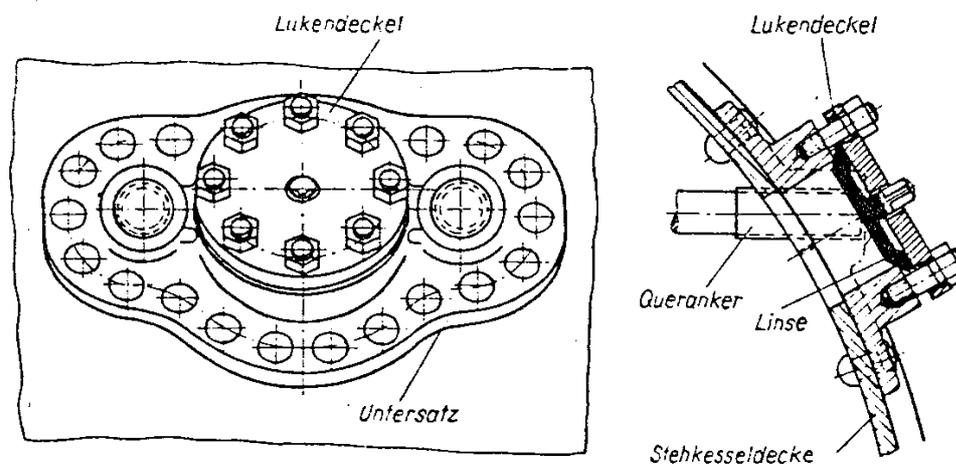


Bild 15. Große Waschluke mit rundem Deckel

Große Waschluken sind im oberen Teil des Stehkesselmantels und vereinzelt auch am Langkessel zu finden. Sie haben bei älteren Lokomotiven einen lichten Durchgang von 100 mm im Durchmesser und werden durch einen außenliegenden runden Deckel verschlossen, der durch mehrere Schrauben fest auf seinen Sitz gepreßt wird. Bild 15 zeigt eine solche Waschluke mit aufgenietetem Untersatz. Dieser verstärkt das geschwächte Stehkesselblech und dient zugleich zur Aufnahme der Queranker. Bei neueren Lokomotivkesseln haben die großen Waschluken meist einen ovalen Durchgang von 110 x 85 mm (Bild 16). Sie werden durch einen innenliegenden Pilz verschlossen und entsprechen in ihrem Aufbau den kleinen Waschluken, die an den Umbügen des

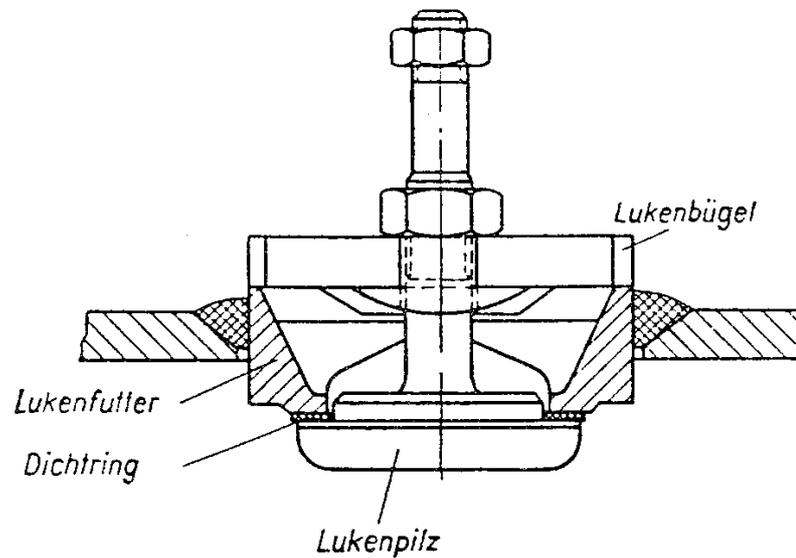


Bild 16. Große Waschluge mit ovalem Durchgang

Stehkessels, am Bodenring und einigen anderen Stellen zu finden sind (Bild 17). Der lichte Durchgang beträgt nur 75 x 60 mm oder 65 x 50 mm. Der Lukenpilz hat einen ovalen Kopf und wird in das eingeschweißte Lukenfutter eingeführt und dann um 90° gedreht. Da der Kesseldruck ihn zusätzlich auf seinen Sitz preßt, genügt eine Schraube, die ihn gegen den Bügel anzieht. Als Dichtungsmaterial verwendet man Kupfer-Asbest-Ringe. Der Stiel des Lukenpilzes, der sogenannte Lukenstift, ist an seinem Ende durchbohrt, damit man den Pilz beim Ein- und Ausbau mit einem Draht festhalten und führen kann.

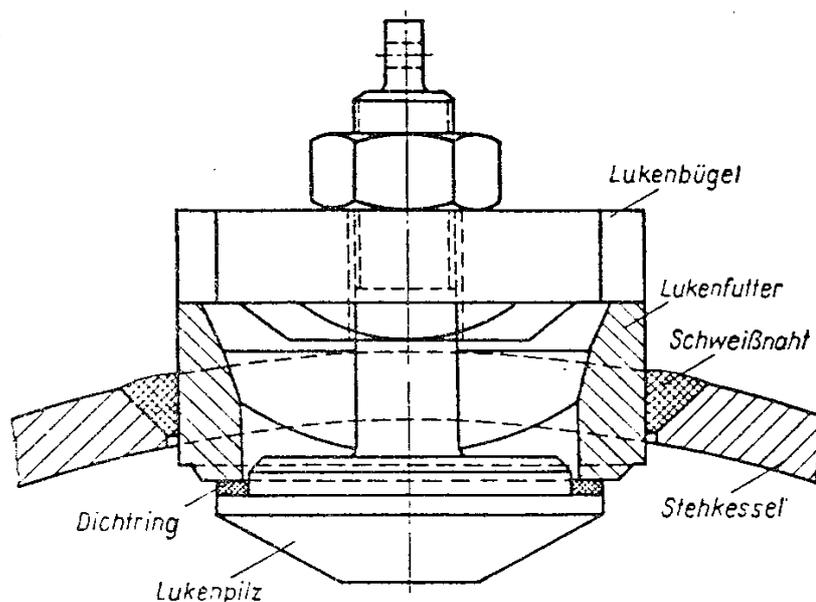


Bild 17. Kleine Waschluge mit eingeschweißtem Futter

Schmelzpfropfen

Die Feuerbüchse muß im Betrieb ständig von Wasser umspült sein. Um bei Wassermangel die Feuerbüchse vor dem Ausglühen zu schützen, werden in die Feuerbüchsdecke ein oder zwei Schmelzpfropfen von der Feuerseite aus eingeschraubt (Bild 18).

Diese werden aus Rg 5 hergestellt und sind in Längsrichtung durchbohrt. Die Bohrung ist mit Blei ausgegossen. Reicht bei zu niedrigem Wasserstand die Kühlung nicht mehr aus, so schmilzt das Blei. Das in die Feuerbüchse strömende Dampf-Wasser-Gemisch dämpft das Feuer und gibt dem Lokpersonal das Zeichen, sofort den Brennstoff vom Rost zu entfernen. Da sich nach längerer Betriebszeit an dem in den Wasserraum hineinragenden Teil des Schmelzpfropfens eine Kesselsteinschicht ansetzen kann, die eventuell den Austritt des Wasser-Dampf-Gemisches verhindert, müssen die Schmelzpfropfen alle drei Monate ausgewechselt werden.

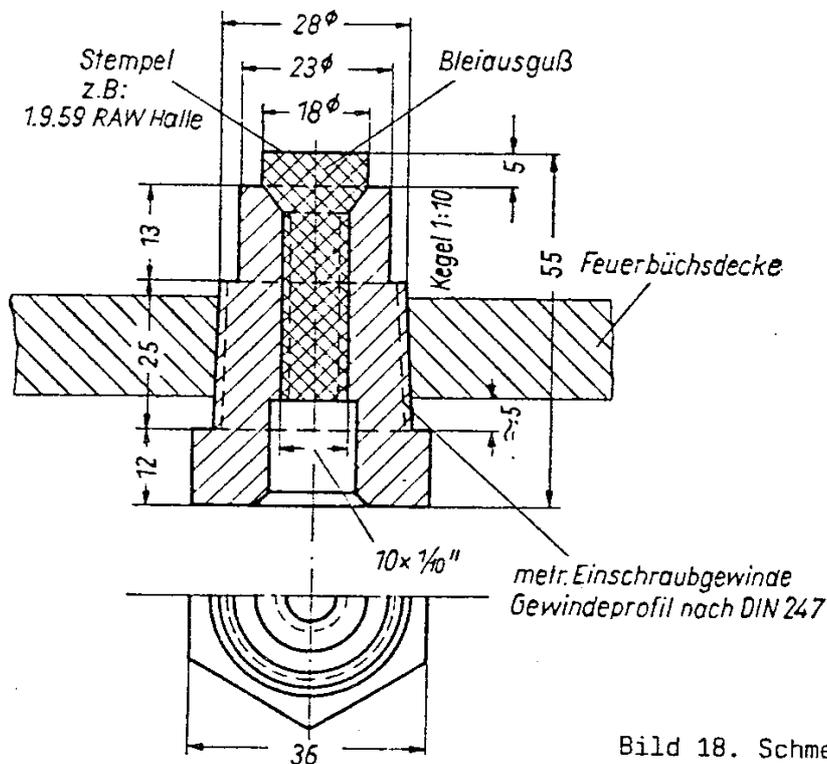


Bild 18. Schmelzpfropfen

Rost

Der Rost schließt in Höhe des Bodenringes die Feuerbüchse nach unten ab und dient zur Aufnahme des Brennstoffes. Er ist leicht nach vorn geneigt und besteht aus einzelnen Roststäben. Als Werkstoff wird Sondergrauguß verwendet. Die Roststäbe liegen lose nebeneinander auf Rostbalken, diese wiederum auf Rostbalkenträgern, die am Bodenring befestigt sind (Bild 19). Da die Roststablänge mit etwa 800 mm begrenzt ist, wird der Rost in Längsrichtung in mehrere Felder unterteilt. Eins der mittleren

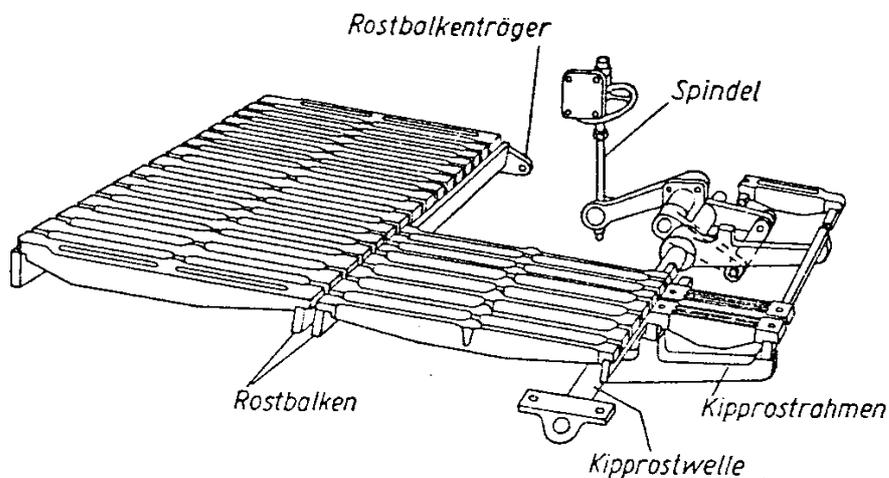


Bild 19. Lokomotivrost

Felder ist als Kipprost ausgebildet, um das Ausschlacken zu erleichtern. Mit Hilfe einer Spindel kann dann vom Führerstand aus ein Rahmen, an dem die Roststäbe durch Bolzen befestigt sind, um die Kipprostwelle nach unten geschwenkt werden. Die üblichen Roststäbe haben eine Kronenbreite von 16 mm (Bild 20). Sie sind an beiden Enden - längere Roststäbe auch in der Mitte - mit seitlichen Ansätzen versehen, so daß zwischen den einzelnen Roststäben ein 14 mm breiter Luftspalt entsteht. Der Steg ist unten etwas schmaler als oben, um ein Festklemmen der Schlackenteilchen zu vermeiden. Außerdem erreicht man dadurch, daß die im Aschkasten vorgewärmte Luft düsenartig in den Verbrennungsraum eintritt.

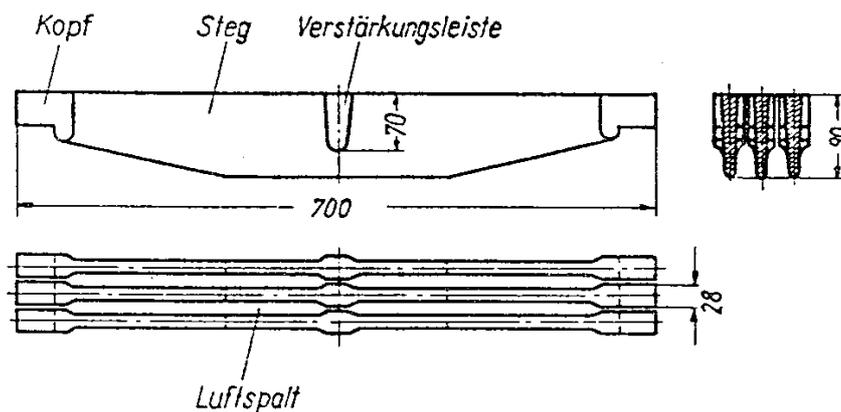


Bild 20. Roststab

Für Braunkohlenfeuerung ist der normale Rost mit 14 mm Spaltbreite nicht geeignet, da wegen der geringen Feuerstandfestigkeit und der feinen Körnung des Brennstoffes große Mengen in den Aschkasten fallen und dort lebhaft weiterbrennen. Das führt zum Ausglühen der Aschkastenbleche und infolge der Wärmebelastung auch leicht zum Heißlaufen der benachbarten Achsen. Ver-

kleinert man jedoch die Rostspalte, so genügt die Luftmenge nicht, um eine vollständige Verbrennung zu gewährleisten. Außerdem wird durch die höhere Luftgeschwindigkeit in den Rostspalten der Funkenflug verstärkt. Daher wurden zahlreiche Sonderbauarten von Roststäben erprobt, die durch eine gewellte Oberfläche, einen im Zickzack geführten Rostspalt oder anders geformte Abstandknaggen gekennzeichnet waren. Auch wurden Roststäbe mit seitlichen Fangtaschen entwickelt, in denen die durchgefallenen Kohlenstückchen ausbrennen sollten. Diese Roststäbe brachten bei Braunkohlenfeuerung zwar gewisse Vorteile, waren jedoch nicht für Steinkohlenfeuerung geeignet, so daß bei Übergang zu einem anderen Brennstoff ein Auswechseln der Roststäbe erforderlich war. Diese zeitraubende Arbeit entfällt bei Anwendung des „Toten Feuerbettes“, da man dann auch bei Braunkohlenfeuerung den Regelrost mit 14 mm Spaltbreite beibehält. Das „Tote Feuerbett“ besteht aus einer Schicht etwa auf Faustgröße zerkleinerter Schamottsteine. Man kann auch Ziegelsteinbruch, Schlacke, Schotter oder dergleichen verwenden. Diese insgesamt 60...80 mm hohe Schicht nimmt den Brennstoff auf. Sie dient zugleich als Wärmespeicher und führt durch Wärmestrahlung ein schnelles Vergasen und Entzünden des frisch aufgeworfenen Brennstoffes herbei. Die durch den Rost einströmende Luft wird entbündelt, so daß weniger Brennstoff in die Rauchkammer mitgerissen wird. Außerdem wird durch das „Tote Feuerbett“ die in den Aschkasten durchfallende unverbrannte Kohlenmenge stark eingeschränkt. Bei Übergang von Braunkohlenfeuerung auf Steinkohlenfeuerung sind nur die Steine vom Rost zu entfernen. Lokomotivroste mit einer Fläche bis etwa 4,5 m² werden allgemein von Hand beschickt. Bei größeren Kesseln ist eine mechanische Feuerung üblich. Bei der Stoker-Feuerung ist der Boden des Tenders als Fördertrog ausgebildet, so daß die Kohle einer darunterliegenden Förderschnecke von selbst zuläuft. Diese und zwei weitere Förderschnecken, die alle durch Kardangelenke miteinander verbunden sind, schaffen die Kohle vom Tender zu einer Verteilerplatte unterhalb der Feuertür. Von dort wird die Kohle durch mehrere Dampfstrahlen auf den Rost geblasen. Großstückige Kohle wird vorher in einem Brecherwerk zerkleinert. Die Schnecken werden durch einen Dampfmotor mit regelbarer Geschwindigkeit angetrieben, so daß ihre Förderleistung dem jeweiligen Bedarf entspricht. Auch die Richtung und der Druck der Dampfstrahlen können von Hand geregelt werden, so daß eine nahezu gleichmäßige Verteilung des Brennstoffes über die ganze Rostfläche gewährleistet ist. Die Feuertür hat ein kleines Schauloch und dient im allgemeinen nur zum Beobachten des Feuers. Um das Bedienen der Feuerung weiter zu vereinfachen, werden große Lokomotivkessel auch manchmal mit Rüttelrosten versehen. Diese bestehen aus einer Anzahl drehbar gelagerter Rostplatten, die vom Heizer ein wenig nach vorn und hinten gekippt werden können. Dadurch ist es möglich, den Rost jederzeit von Schlacke zu reinigen, ohne die Verbrennung zu beeinträchtigen.

Feuerschirm

Im vorderen Teil der Feuerbüchse befindet sich noch ein Feuerschirm. Er ist ein freitragendes Gewölbe aus feuerfesten Steinen, das vorn - abgesehen von einigen Aussparungen - bis an

die Rohrwand heranreicht und sich an beiden Seitenwänden auf stählerne Feuerschirmträger aufstützt. Diese werden von Feuerschirmstehbolzen mit verlängertem Kopf getragen oder sie liegen auf besonderen Tragbolzen, die durch hohle Stehbolzen hindurchgeführt sind. Der Feuerschirm wirbelt die Rauchgase durcheinander, so daß sie sich mit der im Überschuß vorhandenen Verbrennungsluft innig vermischen können. Er soll zugleich den Weg der Heizgase verlängern und durch Umlenkung vermeiden, daß größere Brennstoffteilchen mitgerissen werden. Auch hat der Feuerschirm die Aufgabe, die Rohrwand und insbesondere die Einwalzstellen der Rohre vor allzu starker Hitzeeinwirkung zu schützen. Gleichzeitig trägt er zur besseren Verbrennung bei, da die Schamottesteine als Wärmespeicher dienen und die frisch aufgeworfene Kohle schnell erwärmen und zur Entzündung bringen, so daß die Entstehung von Rauch und Ruß weitgehend eingeschränkt wird.

Es wurden auch Feuerschirme aus Stampfbeton hergestellt, die sich bestens bewährt haben.

Aschkasten

Unter dem Rost befindet sich ein Aschkasten. Er ist am Bodenring befestigt und dient zur Aufnahme der Brennstoffrückstände, die zwischen den Roststäben hindurchfallen. Er ist aus mehreren Blechen zusammengenietet oder zusammengeschweißt und wird unten durch Bodenklappen verschlossen. Diese Klappen können vom Führerstand aus durch Hebelzüge betätigt werden, sind jedoch besonders verriegelt, um ein unbeabsichtigtes Öffnen und Herausfallen glühender Asche während der Fahrt zu verhindern. In der vorderen und hinteren Stirnwand sind Luftklappen angebracht, um dem Rost eine ausreichende Menge Verbrennungsluft zuführen zu können. Bei Vorwärtsfahrt wird die vordere, bei Rückwärtsfahrt die hintere Klappe geöffnet. Damit glühende Brennstoffrückstände nicht auf die Strecke fallen und eventuell Brände verursachen, werden vor den Luftklappen Funkensiebe angebracht. Wird eine Lok unter Feuer abgestellt, so sind die Luftklappen zu schließen, um Wärmeverluste und Kesselschäden durch Einströmen von Kaltluft zu verhüten. Die Luftklappen können genau wie die Bodenklappen durch Hebelzüge vom Führerstand aus betätigt werden. Mit Hilfe einer eingebauten Näßvorrichtung kann man die heißen Rückstände von Zeit zu Zeit ablöschen und somit einem Ausglühen der Bleche und Verziehen der Aschkastenteile vorbeugen.

Bei den Neubau- und Rekonstruktionslokomotiven ist der Aschkasten meist am Rahmen befestigt. Außerdem sind große seitliche Luftklappen vorhanden, die nur wenig unter dem Bodenring liegen. Dadurch besteht die Möglichkeit, auch bei vollem Aschkasten dem Rost auf die ganze Länge und Breite ausreichende Mengen Frischluft mit geringem Widerstand zuzuführen.

1.3.2. Langkessel

An den Hinterkessel schließt sich der zylindrische Teil des Lokomotivkessels, der Langkessel, an. Der Kesselmantel besteht je nach Kessellänge aus zwei oder drei zylindrischen Schüssen. Die Blechdicke richtet sich nach dem Kesseldruck und der Fe-

stigkeit des Baustoffes und beträgt 16...20 mm. Die Schüsse sind fernrohrartig ineinandergesteckt und so bemessen, daß der Innendurchmesser des einen dem Außendurchmesser des benachbarten entspricht. Sie sind meist durch eine doppelreihige Zickzacknietung untereinander und mit dem Stehkessel verbunden. Die Längsnähte dagegen werden im allgemeinen durch eine Doppellaschen Nietung verschlossen und nur an den Enden auf eine Länge von etwa 300 mm verschweißt (Bild 21). Die schmale Lasche liegt dann außen und die breitere innen. Die Längsnähte sind

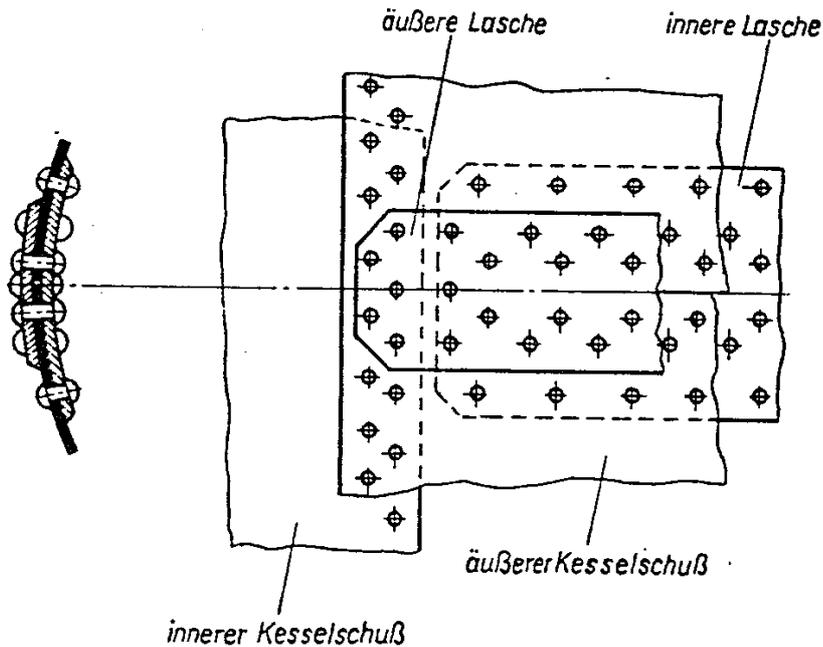


Bild 21. Doppellaschenvernietung

meist im Dampfraum angeordnet und gegenseitig versetzt. Den vorderen Abschluß des Langkessels bildet die Rauchkammerrohrwand, die aus Stahl gepreßt wird und mit einem Umbug am Langkessel angenietet ist (siehe Bild 27).

Dome

Auf dem Scheitel des Langkessels sitzt der Dampfentnahmedom, und zwar meist auf dem hinteren Kesselschuß, da dort die stärkste Dampfentwicklung stattfindet. Er enthält im allgemeinen den Regler und hat den Zweck, möglichst trockenen Dampf an einer hoch über dem Wasserspiegel gelegenen Stelle zu entnehmen, um ihn dann der Lokomotivdampfmaschine oder den Hilfseinrichtungen zuzuführen. Jeder Dom besteht aus einem auf den Langkessel aufgenieteten Unterteil und einem aufgeschraubten Oberteil oder Deckel, je nachdem, welche Domhöhe das Begrenzungsprofil zuläßt. Der abnehmbare Teil wird mit dem festen Unterteil durch Aufschleifen abgedichtet. Der Ausschnitt im Langkessel wird durch einen untergelegten Ring verstärkt. Die Öffnung des Domes wird so groß gehalten, daß sie bei Kesseluntersuchungen als Einstieg benutzt werden kann.

Lokomotiven mit einer Speisewasser-Vorwärmanlage haben häufig noch einen Speisedom, der auf dem vorderen Kesselschuß angeordnet ist. In ihn münden die Speiseleitungen von der Speisewasserkolbenpumpe und der Dampfstrahlpumpe. In dem Speisedom ist eine Speisewasser-Reinigungsanlage untergebracht. Sie hat den Zweck, dem Wasser gleich nach Eintritt in den Kessel die Kesselsteinbildner zu entziehen und diese dort anzusammeln, wo sie leicht entfernt werden können. Hierzu muß das Speisewasser vor seiner Vermischung mit dem Kesselwasser auf 130...150 °C erwärmt werden, da sich erst bei dieser Temperatur die aus Bikarbonaten bestehenden Kesselsteinbildner der vorübergehenden Härte völlig ausscheiden.

Am gebräuchlichsten ist der Winkelrost, dem das Frischwasser über eine Ringleitung mit vielen kleinen Öffnungen oder durch eine breite Streudüse zugeführt wird. Er besteht aus mehreren kreuzweise verschweißten Winkelstählen, die nach oben offen und an den Enden etwas hochgezogen sind. Dadurch kann das Wasser längere Zeit im Dampfraum bleiben und sich dabei auf die Ausfälltemperatur erwärmen. Der sich ausscheidende Schlamm setzt sich am Winkelrost ab oder wird durch seitliche Rieselbleche, die das darunterliegende Rohrbündel schützen, in einen Schlamm-sammler geleitet. Dieser ist am Bauch des Langkessels angebracht und mit einem Schlammabscheider ausgerüstet, so daß der Kesselschlamm von Zeit zu Zeit ausgeschieden werden kann.

Rohre

Der Langkessel ist von zahlreichen Rohren durchzogen. Diese haben die Aufgabe, die Wärme der Heizgase an das Kesselwasser abzugeben. Außerdem dienen sie zur Versteifung der beiden ebenen Rohrwände. Zahl und Größe der Rohre ergeben sich aus der geforderten Berührungsheizfläche. Bei Heißdampflokomotiven unterscheidet man zwischen den engen Heizrohren und den Rauchrohren, die einen wesentlich größeren Durchmesser haben, da in ihnen noch die Überhitzerelemente untergebracht sind (Bild 22). Der Durchmesser der Rohre richtet sich nach dem Abstand der Rohrwände. Je länger die Rohre sind, um so größer wird die lichte Weite gewählt, damit sich die Rohre nicht durchbiegen und damit auch der Strömungswiderstand in zulässigen Grenzen bleibt. Die Rohre werden aus weichem Flußstahl nahtlos gewalzt. Der Außendurchmesser schwankt bei den Heizrohren zwischen 44,5 und 79 mm, bei den Rauchrohren zwischen 83 und 185 mm. Die Wanddicke beträgt bei den Heizrohren 2,5 oder 3 mm, bei den Rauchrohren schwankt sie zwischen 3,25 und 5 mm.

Die Rohre werden in die Wände eingewalzt, um einen dampfdichten Abschluß zu erreichen. Da die Rohre öfters ausgewechselt werden müssen und dabei die Rohrlöcher in der Wand einer Nacharbeitung bedürfen, erhalten die Rohre an der Feuerbüchseseite ein eingegengtes Ende. Dieses geht über eine bundförmige Abrundung, die sogenannte Rohrbrust, in einen kegligen Teil über, an den sich dann der normale Rohrquerschnitt anschließt. Die Neigung des Kegels beträgt bei Heizrohren 1 : 4,5, bei Rauchrohren 1 : 6,5. Bei der Wiederherstellung der beschädigten Rohre werden die Enden abgeschnitten und neue Vorschuhe angeschweißt, deren eingegengtes Ende dann dem nachgearbeiteten Rohrloch entspricht. Ist dessen Grenzmaß erreicht, werden bei kupfernen Wänden die Rohr-

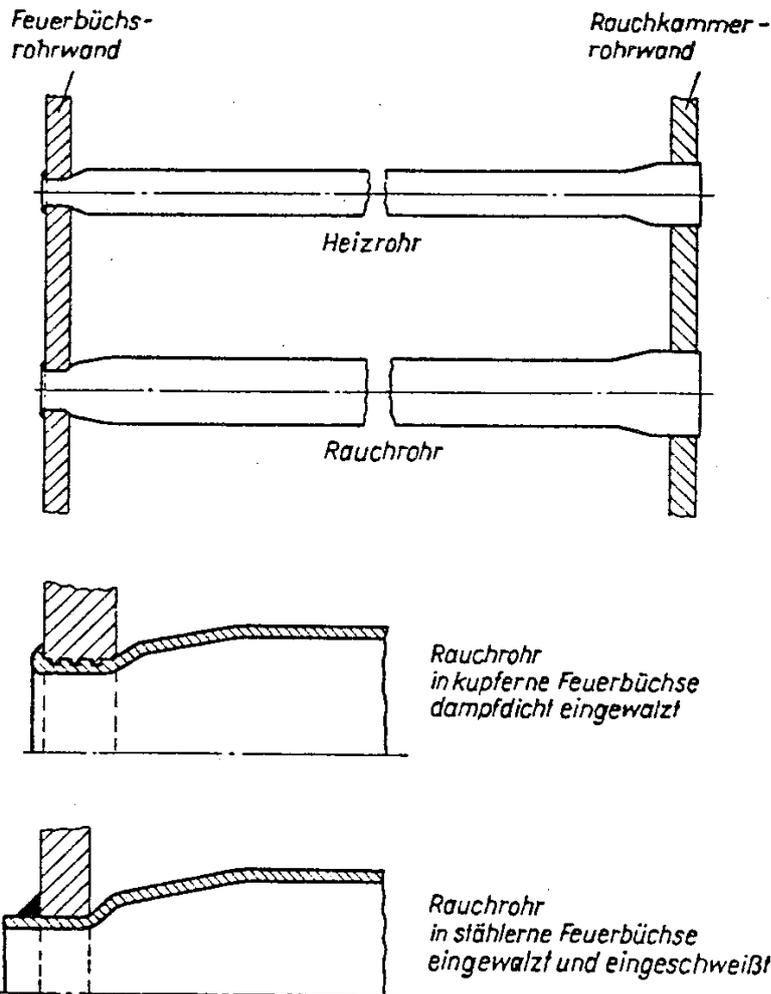


Bild 22. Rauch- und Heizrohre

löcher mit Gewindebuchsen versehen. Beim Einwalzen der Rohre wird die Rohrbrust fest gegen die Feuerbüchsenrohrwand gezogen. Um bei kupfernen Wänden den Haftsitz zu verbessern, werden die eingeeigten Enden der Rauchrohre mit drei Nuten von 0,5 mm Tiefe versehen, in die sich das weiche Kupfer der Rohrwand eindrückt. Die etwa 10 mm überstehenden Rohrenden werden auf der Feuerbüchsen- noch umgebördelt, bei Stahlfeuerbüchsen verschweißt.

Auf der Rauchkammerseite werden die Rohrenden auf eine Länge von etwa 75 mm im Durchmesser um 4...6 mm aufgeweitet, um die Rohre auch bei einem gewissen Kesselsteinansatz noch ausbauen zu können. Schadhafte Rohre sind daran zu erkennen, daß Wasser durch die Rohre in die Feuerbüchse eindringt. Sie können vorübergehend durch Rohrpfropfen abgedichtet werden, doch ist es erforderlich, sie so bald wie möglich auszuwechseln. Die schadhafte Rohre dürfen stets nur an einer Seite, an der Feuerbüchsenrohrwand, verschlossen werden. Das andere Ende muß offen bleiben, weil sonst der Druck im Rohr einen Rohrpfropfen wieder heraustreiben würde, wobei Unfälle entstehen könnten.

Durch sorgfältige Pflege des Lokomotivkessels ist darauf zu achten, daß sich im Betrieb an der Feuerseite der Rohre möglichst wenig Ruß und an der Wasserseite möglichst wenig Kesselstein ansetzt. Infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit dieser Stoffe genügt nämlich schon eine dünne Schicht, um den Wärmedurchgang zu erschweren und die Dampfleistung des Kessels wesentlich zu beeinträchtigen. Versuche haben ergeben, daß eine 2 mm dicke Kesselsteinschicht einen Kohlenmehrverbrauch von 2 %, eine Rußschicht von nur 0,5 mm Dicke sogar einen Kohlenmehrverbrauch von 10 % erfordert.

Den vorderen Abschluß des Langkessels bildet die Rauchkammerrohrwand, die mit ihrem Umbug in den Langkessel eingeschoben und mit ihm vernietet wird (siehe Bild 27). Sie wird oberhalb der Rohre häufig noch durch einen waagrecht liegenden Blechanker versteift.

1.3.3. Rauchkammer

Den vorderen Abschluß eines Lokomotivkessels bildet die Rauchkammer. In ihr sammeln sich die Verbrennungsgase, nachdem sie die einzelnen Kesselrohre durchströmt und dort einen großen Teil ihrer Wärme an das Kesselwasser abgegeben haben. Der Rauchkammermantel besteht aus einem zylindrischen Schuß, der am hinteren Teil mit dem Langkessel verbunden ist. Die vordere ringförmige Türwand wird durch die Rauchkammertür verschlossen, die durch mehrere Vorreiber fest gegen eine bearbeitete Dichtfläche gepreßt wird. Viele Lokomotiven haben außerdem noch einen Mittelverschluß. In diesem Fall ist an der Innenseite der Rauchkammertür ein Querriegel, der hinter einen in Rauchkammermitte liegenden Verschlußbalken greift. Mit Hilfe eines Handrades läßt sich dann eine gute Abdichtung erreichen. Um den Ein- und Ausbau aller Rohre zu ermöglichen, wird die Rauchkammertür so groß wie irgend möglich ausgeführt. Da sich während des Betriebes in der Rauchkammertür größere Mengen unverbrannter Kohleteilchen als Lösche ansammeln, ist in der Rauchkammer eine Spritzeinrichtung eingebaut, die vom Führerstand aus bedient werden kann. Demzufolge ist auch am Bauch der Rauchkammer ein Entwässerungsstutzen vorhanden. Außerdem hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Rauchkammerboden mit Zement auszugießen und diesen mit auswechselbaren Blechen abzudecken, um ihn vor Ausglühen und Rost zu schützen. Auch die Rauchkammertür ist gefüttert und im unteren Teil zum Schutz gegen glühende Lösche mit einem Schonerblech versehen.

Saugzuganlage

Die Hauptaufgabe der Rauchkammer besteht jedoch darin, den für das Ansaugen der Verbrennungsluft erforderlichen Unterdruck zu erzeugen. Dies ist erforderlich, da der durch den Schornstein hervorgerufene Saugzug nicht ausreicht. Man leitet den aus den Zylindern mit geringem Überdruck austretenden Dampf in das Blasrohr, das genau unter dem Schornstein angeordnet ist und mit diesem in einer Achse liegt. Beide sind in bezug auf Querschnitt und Abstand so aufeinander abgestimmt, daß der ausströmende Dampf den Schornstein voll ausfüllt. Der Dampfstrahl reißt die in der Rauchkammer befindlichen Rauchgase mit und er-

zeugt auf diese Weise in der Rauchkammer einen Unterdruck. Dieser pflanzt sich durch die Rohre bis in die Feuerbüchse fort und saugt dann durch den Rost die erforderliche Verbrennungsluft aus dem Aschkasten an.

Dabei ist besonders vorteilhaft, daß sich die Luftmenge selbsttätig regelt, da bei steigendem Dampfverbrauch auch ein entsprechend höherer Unterdruck entsteht. Voraussetzung ist jedoch, daß die Rauchkammertür dicht anliegt und daß auch sonst keinerlei Undichtigkeiten vorhanden sind. Um die besonders beim Anfahren recht harten Stöße auszugleichen, die zu einem Aufreißen der Brennstoffschicht führen können, muß die Rauchkammer zugleich als Windkessel dienen und wird aus diesem Grunde verhältnismäßig geräumig ausgeführt.

Da es jedoch auch erforderlich ist, bei geschlossenem Regler einen gewissen Unterdruck zu erzeugen, teils um die Feueranfächung zu erhöhen, teils um ein Herausschlagen der Flamme beim Öffnen der Feuertür zu vermeiden, wird noch ein Hilfsbläser eingebaut. Dieser ist vom Führerstand aus regelbar und besteht aus einem Rohr mit feinen Bohrungen, das den Blasrohrkopf ringförmig umgibt, so daß der ausströmende Frischdampf eine ähnliche Wirkung wie der Auspuffdampf ausübt.

Der sich nach oben schwach kegelig erweiternde Schornstein aus Grauguß wird mit einem angegossenen Flansch auf den Rauchkammermantel aufgesetzt. Besonders bei den Einheitslokomotiven ragt der Schornstein weit in die Rauchkammer hinein. Dampflokomotiven mit hochliegendem Kessel haben einen abnehmbaren Schornsteinaufsatz, der beim Befahren von Strecken mit beschränktem lichten Raum abgenommen werden muß.

Um zu vermeiden, daß bei starkem Saugzug auch größere Funken und glühende Kohlenreste ins Freie geschleudert werden, wird in die Rauchkammer ein Funkenfänger eingebaut. Die Bauart Holzapfel ist am gebräuchlichsten und besteht aus einem geteilten Drahtkorb, der den Raum zwischen dem Blasrohr und dem Schornsteinunterteil umschließt. Das Drahtgeflecht hat eine Maschenbreite von 6 x 6 mm bei einem Drahtdurchmesser von 2,5 mm. Der Funkenfänger kann um den Blasrohrkopf geringe Pendelbewegungen ausführen. Durch die Erschütterungen während der Fahrt reinigt er sich dann immer wieder von selbst.

Bei Braunkohlenfeuerung ist zwischen Rauchkammerrohrwand und Funkenkorb noch ein Prallblech angeordnet, das die mitgerissenen Kohlestückchen durch den Aufprall zerschlagen und ablenken soll. Gleichzeitig wird vermieden, daß sich Kohlenstückchen im Funkenkorb festsetzen.

Die Durchführungen der Dampfeinströmröhre am Rauchkammermantel sind durch Paßbleche abgedichtet, um auch an diesen Stellen den Zutritt von Falschlüft in die Rauchkammer zu vermeiden.

Überhitzer

Während Naßdampf bei geringster Abkühlung zu Niederschlag neigt und dadurch beträchtliche Verluste verursacht, ist der Heißdampf diesem in wärmetechnischer Hinsicht überlegen. Naßdampf kann jedoch erst in überhitzten Dampf verwandelt werden, wenn er nicht mehr mit dem Kesselwasser in Verbindung steht. Nach verschiedenen Versuchen mit anderen Überhitzern hat sich der

Schmidtsche Rauchrohrüberhitzer bei den Dampflokomotiven der Deutschen Reichsbahn allgemein durchgesetzt (Bild 23). Er besteht aus den Überhitzerelementen und dem Dampfsammelkasten, der in eine Naßdampf- und in eine Heißdampfkammer unterteilt ist. Er sitzt quer vor der Rauchkammerrohrwand auf seitlichen Konsolen auf.

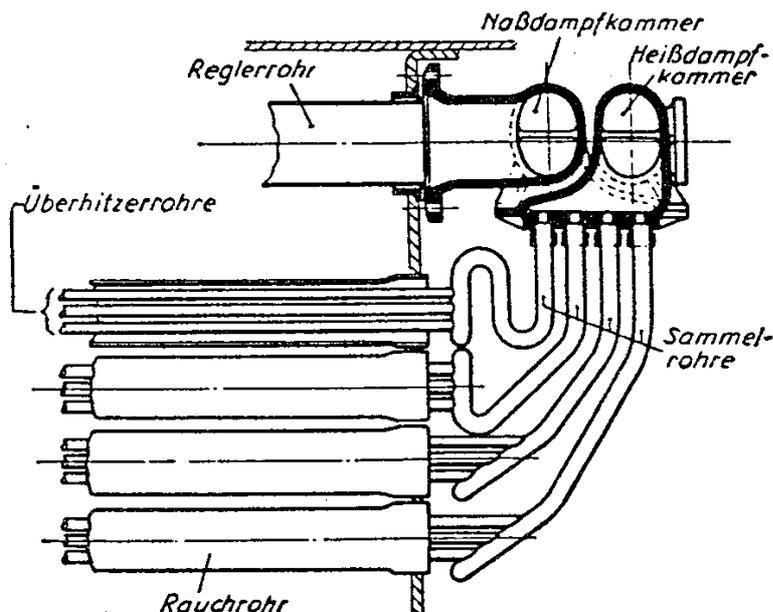


Bild 23. Rauchrohr-Überhitzer

Der Naßdampf strömt bei geöffnetem Regler zunächst durch den Regler, das Reglerknierohr und das Reglerrohr in die Naßdampfkammer des Dampfsammelkastens. Von dort verteilt er sich in die einzelnen Überhitzerrohre, in denen er auf eine Temperatur von 350...400 °C und evtl. mehr erwärmt wird, und gelangt dann über die Heißdampfkammer des Dampfsammelkastens durch die Einströmröhre in die Dampfzylinder.

Die Überhitzerelemente haben bei kurzen Kesseln im allgemeinen drei Umkehrenden, so daß eine Schlange aus vier Überhitzerrohren besteht, die in einem Rauchrohr untergebracht sind. Um den Verschleiß der Elemente an den Umkehrstellen zu vermeiden, werden an die geraden Überhitzerrohre verstärkte und vergütete Umkehrenden angeschweißt. Damit die Überhitzerrohre stets gleichmäßig von den Verbrennungsgasen umspült werden, sind die Elemente durch Abstandhalter aus Bandstahl in den Rauchrohren festgelegt.

Bei längeren Kesseln hat es sich als zweckmäßig erwiesen, drei parallelgeschaltete Überhitzerrohre mit nur einmaliger Umkehr zu einer Einheit zusammenzufassen und in einem Rauchrohr unterzubringen. Dabei werden die drei Rohrenden in ein gemeinsames Sammelrohr eingeschweißt, das dann zu dem Dampfsammelkasten führt.

Dieser hat abwechselnd so viel Naßdampf- und Heißdampfanschlüsse wie Rauchrohre in einer Reihe waagerecht nebeneinanderliegen. Da durch die gemeinsame Trennwand zwischen Naßdampf- und Heißdampfkammer eine Abkühlung des überhitzten Dampfes statt-

findet, hat man bei den Einheitslokomotiven die beiden Kammern als getrennte Gußstücke ausgeführt. Auch waren bei einigen älteren Bauarten die Anschlußflansche für die Überhitzerrohre an der Vorderseite des Dampfsammelkastens angeordnet, so daß die Rohre um 180° gebogen werden mußten. Wärmetechnisch günstiger sind die neueren Konstruktionen, bei denen die Anschlüsse an der Unterseite liegen.

Die Enden der Überhitzerrohre sind in einem rechteckigen Flansch eingewalzt (Bild 24). Dieser wird durch eine Hammerkopfschraube, die in eine T-förmige Nut des Dampfsammelkastens eingeschoben wird, gegen die Anschlußfläche gepreßt. Die Abdichtung erfolgt durch einen Kupfer-Asbestring oder neuerdings durch einen Doppelkonus.

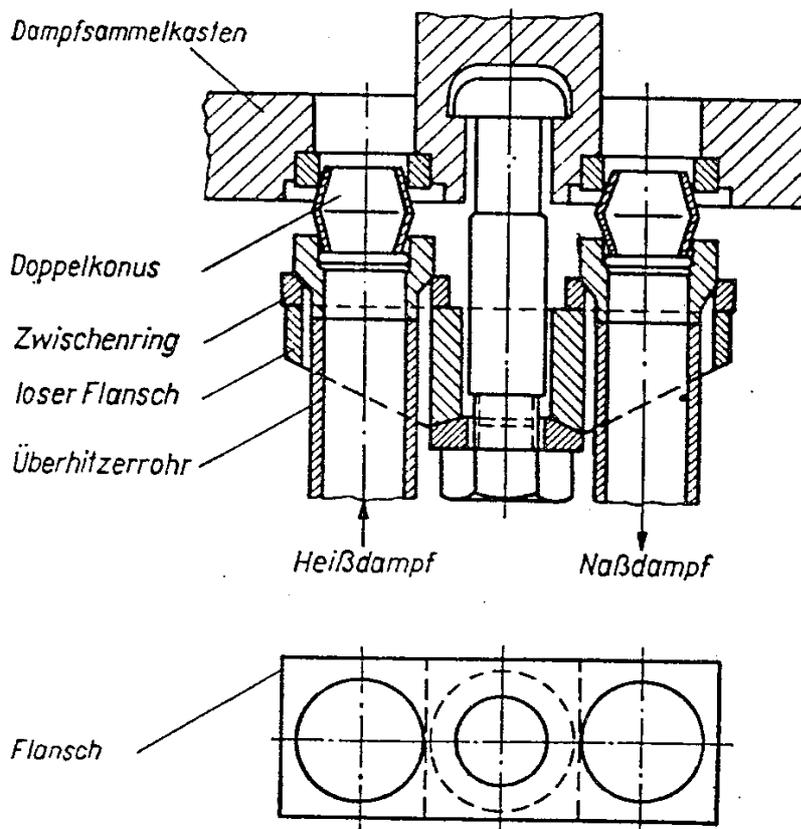


Bild 24. Befestigung der Überhitzerelemente am Dampfsammelkasten

1.4. Aufbau eines geschweißten Lokomotivkessels

Nachdem man im Jahre 1943 bei der Deutschen Reichsbahn zum ersten Mal die Längsnähte zweier Lokomotivkessel geschweißt hatte und diese zu keinerlei Beanstandungen Anlaß gaben, wurden nach weiteren erfolgreichen Versuchen im Jahre 1944 insgesamt 40 Lokomotiven der Baureihe 52 mit vollständig geschweißten Kesseln ausgerüstet. Diese Kessel haben sich sehr gut bewährt, so daß man in der Nachkriegszeit nicht nur bei der Reparatur der Lokomotivkessel von der Schweißung immer stärkeren Gebrauch

machte, sondern auch bei der Neufertigung den vollkommen geschweißten Kessel bevorzugte.

Diese Umstellung von der herkömmlichen Nietung zur modernen Schweißung bringt wesentliche Vorteile, die sowohl bei der Herstellung, besonders aber auch bei der Unterhaltung im Betrieb in Erscheinung treten. Zunächst wird bei geschweißten Kesseln an allen Verbindungsstellen ein gleichmäßiger Kraftfluß gewährleistet. Da die Schwächung der Bleche durch die zahlreichen Nietlöcher wegfällt, genügt eine geringere Blechdicke. Weiterhin erreicht der Verzicht auf die vielen Niete, Laschen und Überlappungen eine beträchtliche Masseersparnis. Das bedeutet, daß bei gleicher Masse des Kessels eine größere Dampfleistung erreicht werden kann.

Bei der Neufertigung von Lokomotivkesseln wählt man im allgemeinen die V-Naht. Sind die Nähte jedoch von beiden Seiten zugänglich, so sind X-Nähte vorteilhafter. Eine besonders hohe Dauerbiegefestigkeit besitzen die wurzelseitig nachgeschweißten V-Nähte, bei denen der Grund der ersten Naht vor dem Auftragen der zweiten inneren Raupe mit dem Meißel sauber bearbeitet wird. Es sei besonders darauf hingewiesen, daß die Schweißstäbe unbedingt dem Werkstoff der Bleche entsprechen müssen.

Bei der Umstellung auf Schweißtechnik sind oft auch einige konstruktive Änderungen zweckmäßig, die eine weitere Senkung der Masse ermöglichen.

So kann man z.B. an Stelle des schweren, eingemieteten Bodenringes mit fast quadratischem Querschnitt einen bedeutend leichteren Ring aus U-Profil verwenden (Bild 25). Dieser wird zunächst mit der Feuerbüchse, später mit dem Stehkessel ver-

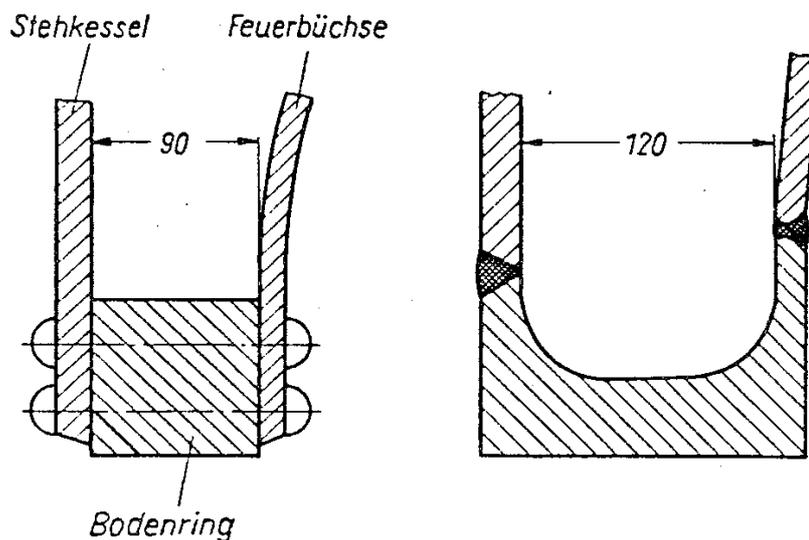


Bild 25. Bodenring am genieteten und geschweißten Kessel

bunden (siehe Bild 9). Ebenso wird bei neuen Kesseln der Feuerlochring durch eine einfache Schweißkonstruktion ersetzt (Bild 26). Ein entsprechend geformtes Kumpelstück wird dann in die Stehkesselrückwand eingepaßt und mit dieser und dem gekümpelten Ausschnitt der Feuerbüchsrückwand verschweißt. Auf diese Weise ist es möglich, die Korrosionsschäden in der Nähe des Feuer-

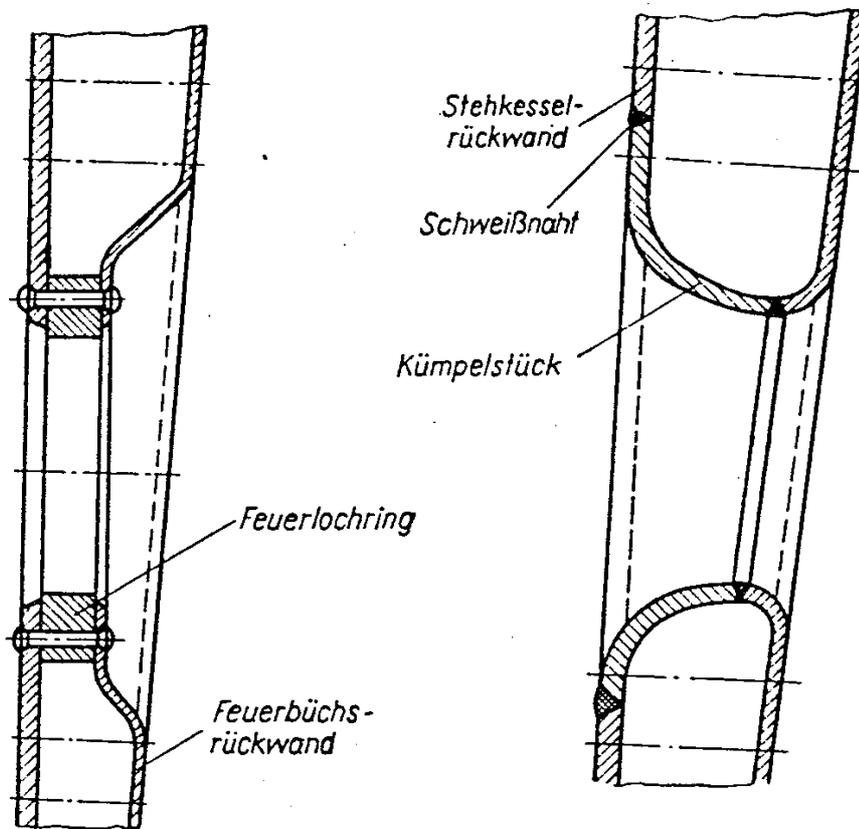


Bild 26. Feuerlochring am genieteten und geschweißten Kessel

loches einzuschränken und eventuelle Ausbesserungen zu erleichtern. Außerdem erreicht man durch die neue Konstruktion einen größeren Abstand zwischen Feuerbüchse und Stehkessel, was einen besseren Wasserumlauf und eine größere Biegelänge der Stehbolzen zur Folge hat (siehe Bilder 8 und 25).

Auch beim Übergang vom Langkessel zur Rauchkammer wird jetzt an Stelle des schweren Zwischenringes eine bedeutend leichtere geschweißte Ausführung gewählt (Bild 27). Durch diese Maßnahmen ist eine Senkung der Konstruktionsmasse um etwa 10 % möglich. Da die durch die Nietverbindungen bedingte Materialanhäufung auch zu recht unangenehmen Wärmestauungen führte, sind die geschweißten Kessel bedeutend unempfindlicher gegen Wärmespannungen. Sie benötigen daher auch wesentlich geringere Unterhaltungskosten und haben eine längere Lebensdauer. Vergleiche mit genieteten Kesseln haben gezeigt, daß die Arbeitszeit für die Herstellung geschweißter Kessel etwa 20 % niedriger liegt. Als weiterer Vorteil der Schweißausführung sei erwähnt, daß man dabei auf zahlreiche Niet- und Stemmwerkzeuge aus hochwertigem Werkzeugstahl verzichten kann und zugleich eine viel geräuscharmere Herstellung erreicht.

Bei genieteten Kesseln kann man dichte Nähte nur durch Nachstemmen der Kanten erzielen. Dadurch tritt eine Kaltverfestigung ein, die mit Gefügewandlungen des Werkstoffes verbunden ist und leicht zu Rißbildungen führt. Genietete Kessel neigen

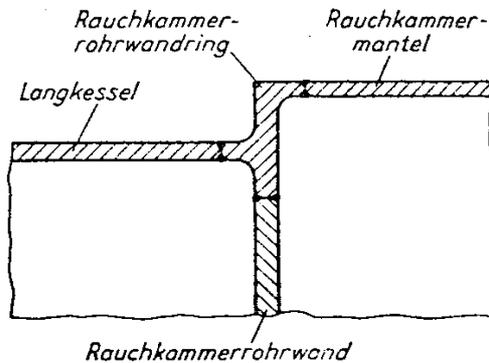
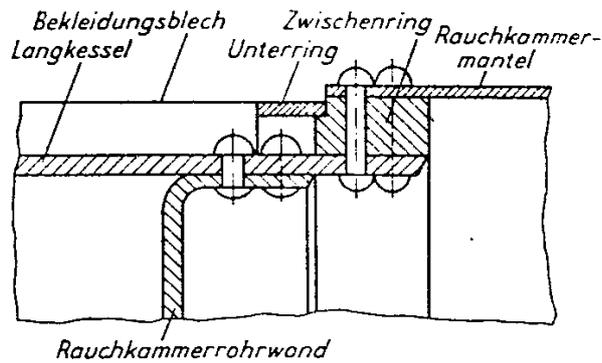


Bild 27. Übergang vom Langkessel zur Rauchkammer am genieteten und geschweißten Kessel

nach längerem Betrieb an den Nähten zu Undichtigkeiten, da im Laufe der Zeit die Niete locker werden oder durch die ständigen Erschütterungen und Wärmedehnungen Kesselsteinansätze abplatzen, die sich zwischen den überlappten Blechen gebildet haben. Bei sachgemäßer Ausführung der Schweißarbeiten sind geschweißte Kessel von vornherein absolut dicht und im Betrieb völlig unempfindlich gegen Leckwerden. Diesen zahlreichen Vorteilen stehen jedoch auch einige Nachteile gegenüber, die nicht übersehen werden dürfen. Bei der Umstellung auf das Schweißverfahren ist z.B. die Beschaffung zahlreicher Vorrichtungen erforderlich, um die Schweißarbeiten bei möglichst waagrecht liegender Schweißnaht ausführen zu können. Außerdem muß eine Röntgenanlage beschafft werden, damit man jeder Zeit in der Lage ist, hochbeanspruchte Kesselnähte auf ihre einwandfreie Ausführung und Dichtigkeit hin zu überprüfen.

1.5. Lokomotiv-Ersatzkessel

Die neuen geschweißten Lokomotivkessel sind den älteren genieteten Kesseln auch in wärmetechnischer Hinsicht weit überlegen. Sie wurden von vornherein für Braunkohlenfeuerungen entwickelt

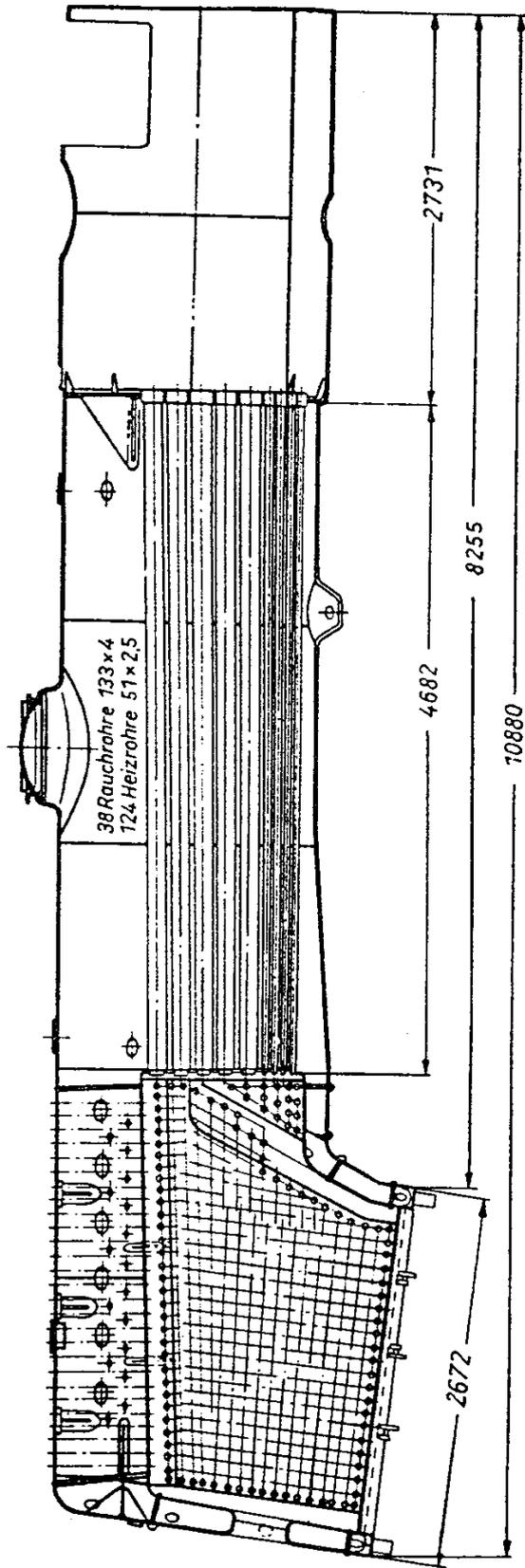


Bild 28. Ersatzkessel

und ermöglichen daher eine bedeutend bessere Ausnutzung des Brennstoffes. Es erschien daher ratsam, bei einer größeren Anzahl von Lokomotivtypen auf dem Wege der Rekonstruktion den alten Kessel durch eine Neukonstruktion zu ersetzen. Dabei war die Aufgabe gestellt, mit möglichst wenig verschiedenen Kesselgrößen auszukommen, um die Neuanfertigung möglichst rationell durchführen zu können und die Vorratswirtschaft weitgehend zu vereinfachen.

Auf Grund der Erfahrungen, die man mit den Kesseln der Neubaulokomotiven gesammelt hatte, wurden zwei Ersatzkessel mit unterschiedlicher Leistung entwickelt. Während der kleinere Kessel als Ersatz für die Baureihen 50 und 58 vorgesehen wurde, kam die größere Ausführung bei der Rekonstruktion der Lokomotivbaureihen 03.10, 22.0 (39), 41, 18.2 (61) und 18.3 zur Anwendung. Daß sich bei Einbau der Ersatzkessel einige Verän-

Tabelle 1.4. Abmessungen und wärmetechnische Daten der Lokomotiv-Ersatzkessel

		Kessel der BR 23.10 und BR 50.40	Ersatz- kessel für BR 50.35 und 58.30	Ersatzkessel für BR 03.10, 22.0 (39), 41, 18.2 (61)
Dampfdruck	kp/cm ²	16	16	16
Heizfläche der Feuerbüchse	m ²	17,9	19,9	21,3
Heizfläche der Rohre	m ²	141,7	152,4	185,0
Gesamt-Ver- dampfungsheizfläche	m ²	159,6	172,3	206,3
Überhitzerheizfläche	m ²	68,5	65,4	83,8
Äußerer Kesseldurch- messer	mm	1776	1774	1776
Länge zwischen den Rohrwänden	mm	4200	4700	5500
Anzahl der Rauchrohre		38	38	36
Anzahl der Heizrohre		149	124	108
Abmessung Rauchrohre	mm	133x4	133x4	143x4,25
Abmessung Heizrohre	mm	44,5x2,5	51x2,5	54x2,5
Rostfläche	m ²	3,71	3,71	4,23
Feuerbüchsraum	m ³	5,2	5,2	7,3
Dampfleistung bei 57 kg/m ² h	t	9,097	9,821	11,759
Dampfleistung bei 70 kg/m ² h	t	11,172	12,061	14,441
Masse des Kessels ohne Ausrüstung	t	18,452	18,491	21,532
Masse des Kessels mit grober und feiner Ausrüstung	t	24,318	24,598	28,294

derungen an der Kesselauflagerung und auch am Fahrgestell erforderlich machten, war unvermeidlich. Bild 28 zeigt den Gesamtaufbau des kleineren Ersatzkessels und läßt erkennen, daß es sich um einen vollkommen geschweißten Kessel mit Verbrennungskammer handelt. Der Langkessel ist aus drei Schüssen zusammengesetzt, von denen der letzte im unteren Teil leicht konisch ausgeführt ist. Anstelle des bisher oft verwendeten Speisemaschinen ist ein einfacher Stutzen auf dem Scheitel des Kessels vorgesehen, die Speiseventile sind etwas tiefer zu beiden Seiten des Kessels angeordnet.

Die Rauchkammerrohrwand ist auf der Langkesselseite durch einen großen Blechanker und auf der gegenüberliegenden Seite durch mehrere kurze Rippen versteift. Die Rauchkammer enthält im vorderen Teil eine Nische für den Speisewasservorwärmer. Die Rauchkammer ist daher verhältnismäßig lang ausgeführt und besteht aus zwei Schüssen. In Tabelle 1.4. sind die wichtigsten wärmetechnischen Daten und Kesselabmessungen zusammengestellt.

Die Tabelle 1.4. ermöglicht eine Gegenüberstellung der beiden verschieden großen Ersatzkessel und zugleich einen Vergleich mit dem Kessel der Baureihen 23.10 und 50.40, der für diese Entwicklung als Vorbild diente. Bild 29 zeigt eine Ansicht des Hinterkessels und läßt insbesondere die Versteifung der Feuerbüchse durch Stehbolzen und die Anordnung der großen und kleinen Waschluken deutlich erkennen.

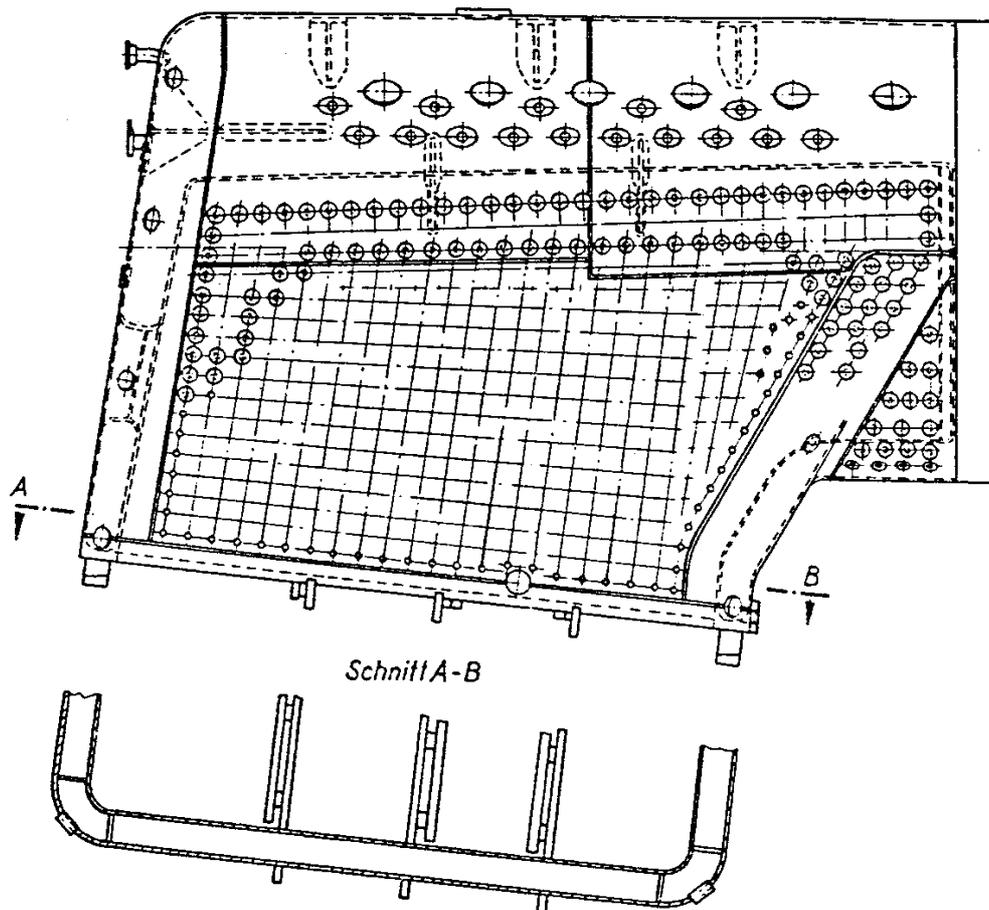


Bild 29. Hinterkessel des Ersatzkessels

1.6. Lokomotivkessel mit Kohlenstaubfeuerung

Während Rostlokomotiven die Verwendung von Brennstoffen mit hohem Heizwert und bestimmter Körnung erfordern, bieten Kohlenstaublokomotiven die Möglichkeit, geringwertige und daher billige Kohlensorten, die sonst für den Eisenbahnbetrieb nicht geeignet sind, wirtschaftlich zu verwenden. Zugleich wird der Heizer von schwerer körperlicher Arbeit entlastet.

Als sich die Staubfeuerung bei stationären Kesseln längst bewährt hatte, bestanden im Lokomotivbetrieb noch erhebliche Schwierigkeiten, da die Feuerraumbelastung im Lokomotivkessel zu groß war und der zur vollständigen Verbrennung des Kohlenstaubes erforderliche Weg nicht zur Verfügung stand.

Man war daher gezwungen, den Kohlenstaub besonders fein zu mahlen, und stellte die Forderung, daß auf einem genormten Sieb - dieses hat 4900 Maschen je cm^2 Siebfläche - nicht mehr als 15 % Rückstand verbleiben dürfen. Die Feuchtigkeit des Staubes sollte höchstens 8 % betragen.

Im Jahre 1928 wurden von der Studiengesellschaft für Kohlenstaubfeuerung auf Lokomotiven (Stug) und von der Firma AEG einige Lokomotiven entwickelt, bei denen der feingemahlene Kohlenstaub vom Tender durch Förderschnecken zum Kessel transportiert und dann mit Frischluft vermischt durch besondere Brenner in die Feuerbüchse eingeblasen wurde. Während bei der Bauart Stug der Brenner an der Rückseite des Aschkastens angeordnet war, trat bei der Bauart AEG das Staub-Luft-Gemisch durch mehrere senkrechte Schlitze an beiden Seiten des Aschkastens ein. Nach diesem Prinzip wurden insgesamt 10 Lokomotiven gebaut, und wenn diese auch noch beträchtliche Mängel aufwiesen, so ließen sie doch die Vorteile der Kohlenstaubfeuerung klar erkennen.

Nach dem zweiten Weltkrieg trat dieses Problem bei der Deutschen Reichsbahn wegen Mangel an hochwertiger Steinkohle erneut in den Vordergrund. Es gelang einem Kollektiv unter Leitung von Hans Wendler, eine größere Anzahl von Rostlokomotiven auf Kohlenstaubfeuerung umzubauen.

Diese wiesen verschiedene Verbesserungen auf, so daß es nunmehr auch möglich wurde, anstelle des besonders fein aufbereiteten Kohlenstaubes die in den Entstaubungsanlagen der Brikettfabriken anfallende Filterkohle zu verwenden. Diese wird aus dem luftdicht verschlossenen Tender (Bild 30) durch Unterdruck über Gummischläuche zwei Wirbelbrennern zugeführt, die an der Rückseite des Aschkastens angeordnet sind (Bild 31).

Die pneumatische Staubaustragung ist wesentlich einfacher als die bisherige Zuführung des Kohlenstaubes durch Förderschnecken, da auf Lokomotive und Tender keinerlei mechanisch bewegte Teile benötigt werden. Der Heizer regelt durch Drehschieber die Menge des Staub-Luft-Gemisches, das in jedem Brenner gut durcheinandergewirbelt wird und dann in eine glühende Muffel einströmt, die dem Brenner vorgelagert ist. Hierbei wird die Luft vorgewärmt, die Feuchtigkeit verdampft und die Kohle entgast, so daß das Staub-Luft-Gemisch beim Eintritt in die Feuerbüchse explosionsartig mit sehr hohen Temperaturen verbrennt.

Der Weg der Heizgase wird durch einen Feuerschirm verlängert, der weit in die Feuerbüchse hineinragt. Die erforderliche Verbrennungsluft wird durch den Blasrohrzug oder durch einen

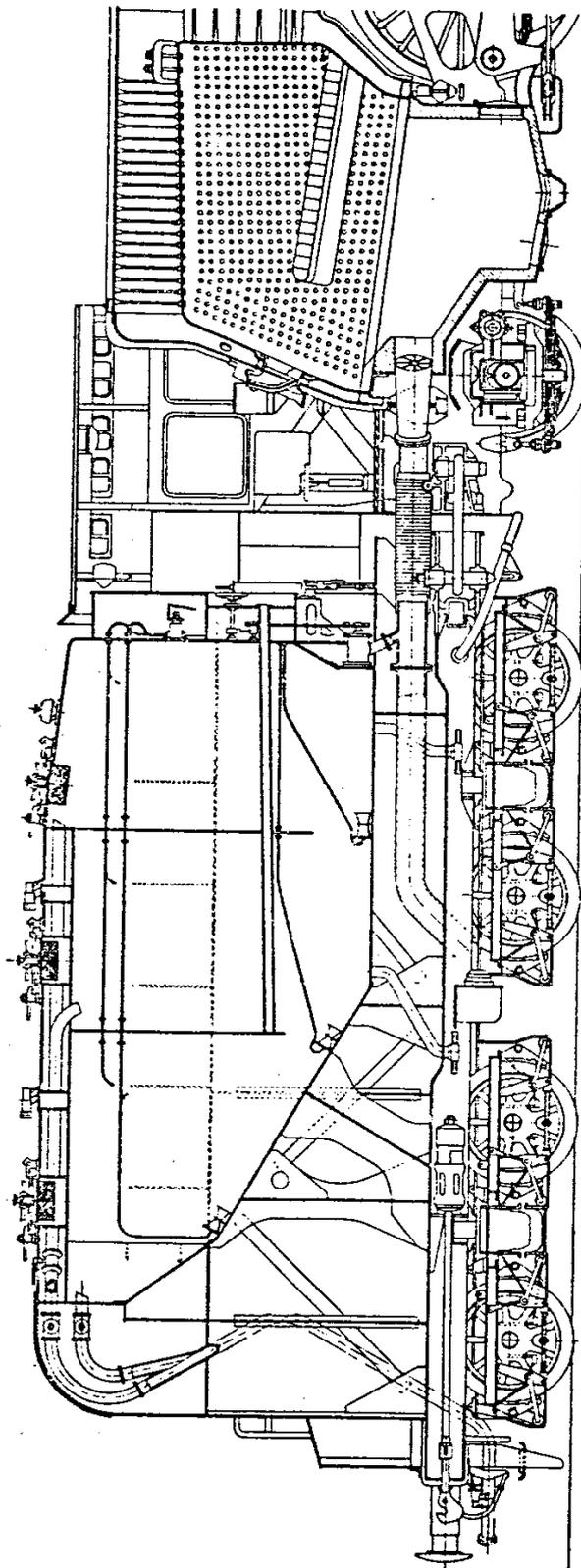


Bild 30. Tender für Kohlenstaublokomotiven

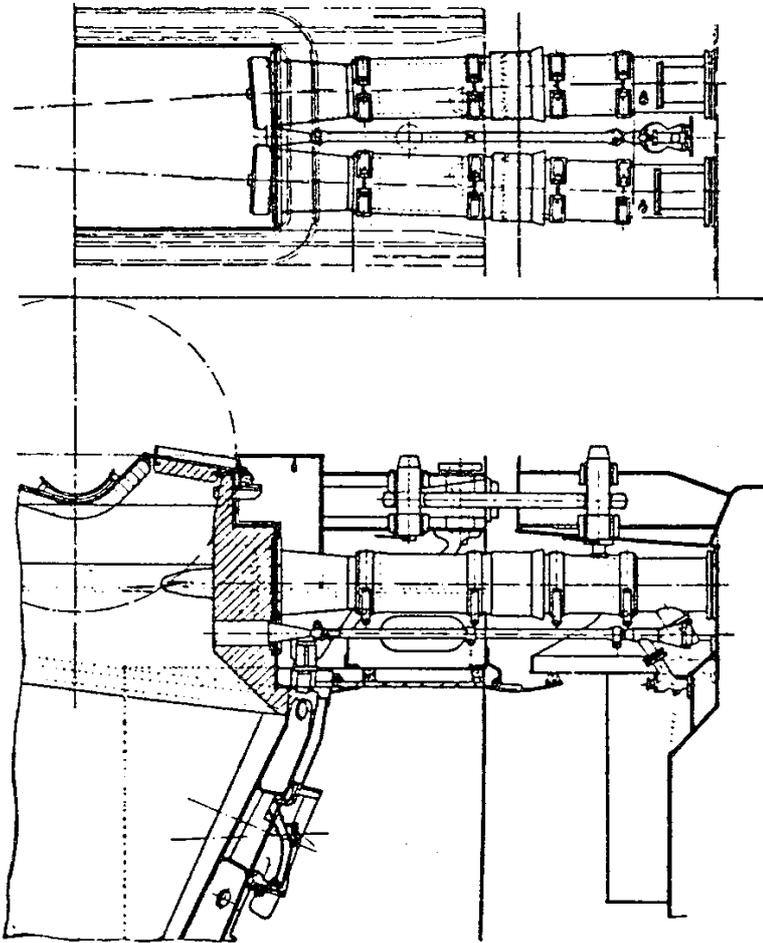


Bild 31. Anordnung der Kohlenstaubbrenner

Hilfsbläser angesaugt und gelangt durch Luftrohre im Tender zu den Brennern. Während bei den Stug- und AEG-Lokomotiven noch Zweitluft unter dem Feuerschirm zugeführt wurde, ist dies bei den anderen Lokomotiven nicht mehr üblich.

Die gute Regelbarkeit der Feuerung kann durch einen kleinen Zusatzbrenner erhöht werden, der nur geringe Dampfmen gen erzeugt und bei Leerlauf der Lokomotive und Rangierfahrten besonders wirtschaftlich ist.

Der gesamte Aschkasten ist mit Schamottesteinen ausgekleidet und hat unten lediglich eine kleine Öffnung zum Entfernen der Schlacke. Das bei Braunkohlenfeuerung besonders starke Verschmutzen der Gleise durch Asche entfällt. Die Heizflächenbelastung dieser Kessel ist bedeutend höher als bei der Regelbauart und kann mit $90 \dots 100 \text{ kg/m}^2\text{h}$ angenommen werden. Da eine innige Berührung der Luft möglich ist, wird bei geringerem Luftüberschuß ein höherer Kesselwirkungsgrad erreicht.

Ein weiterer Vorteil ist, daß eine Kohlenstaublokomotive in wesentlich kürzerer Zeit angeheizt werden kann als eine Rost-

lokomotive. Es ist jedoch unbedingt darauf zu achten, daß der Kohlenstaub innerhalb des Kessels restlos ausbrennt und daß sich die einzelnen Schlackenteilchen noch in der Feuerbüchse soweit abkühlen, daß sie in festem oder höchstens teigigem Zustand auf die Rohrwand treffen. In diesem Falle kann die angesetzte Flugasche durch eine Blaseinrichtung mühelos entfernt werden, während flüssige Schlacketeilchen sogenannte Schwalbennester bilden und unter Umständen die Rohre zusetzen, wodurch die Dampfleistung des Kessels wesentlich beeinträchtigt wird. Auch sei besonders darauf hingewiesen, daß für Kohlenstaubfeuerung nur stählerne Feuerbüchsen in Frage kommen, da der im Braunkohlenstaub enthaltene Schwefel an Kupferwänden schon nach kurzer Betriebszeit zu starken Abzehrungen führt.

1.7. Lokomotivkessel mit Ölfeuerung

In Ländern mit reichen Erdölvorkommen und dort, wo keine geeignete Lokomotivkohle zur Verfügung steht, kommt Öl als Brennstoff für Haupt- oder Zusatzfeuerungen in Frage. Auch die Deutsche Reichsbahn hatte einen Teil des vorhandenen Dampflokomotivparkes auf Ölfeuerung umgebaut, um die schwere körperliche Arbeit des Heizers zu erleichtern und vor allem auch, um Arbeitskräfte in der Lokomotivbehandlung einzusparen.

Als Heizöl verwendet man die bei der Verkokung bzw. Verschwelung von festen Brennstoffen anfallenden Rückstände und vor allem auch die Schweröle, die bei der Herstellung von Benzin, Petroleum, Dieselöl usw. aus mineralischem Rohöl anfallen. Dieses Heizöl hat einen Heizwert von etwa 10000 kcal/kg, so daß für große Strecken ein verhältnismäßig kleiner Vorrat genügt, dessen Lagerung auf dem Tender keine Schwierigkeiten bereitet. Der Aufbau einer Lokomotive mit Ölfeuerung ist aus Bild 32 zu erkennen. Das meist sehr dickflüssige Öl wird zunächst auf 100...110 °C vorgewärmt und dann einem Brenner zugeführt, der bei Ölhauptfeuerung meist in die Feuerbüchse-Vorderwand eingebaut wird, um einen möglichst langen Verbrennungsweg zu erreichen.

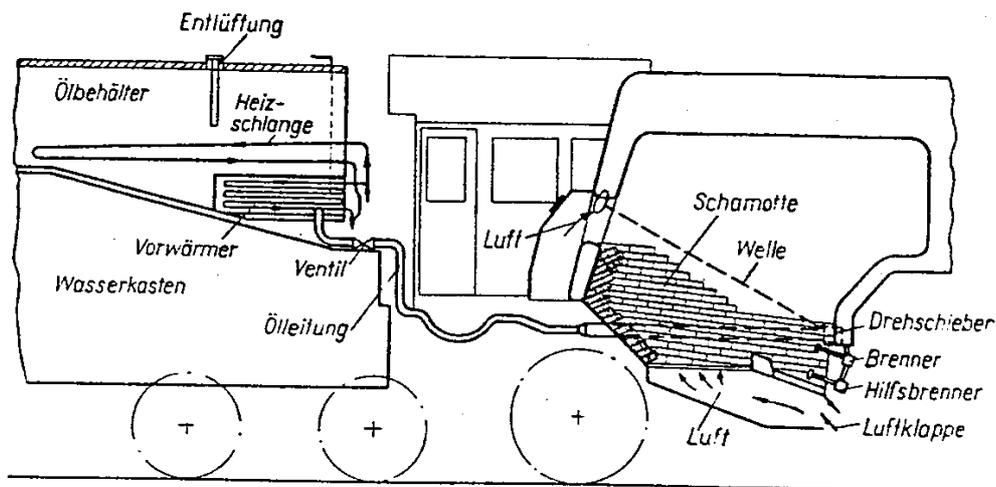


Bild 32. Lokomotivkessel mit Ölfeuerung

Das Öl wird dann durch einen Dampfstrahl fein zerstäubt und in den Verbrennungsraum eingeblasen. Wegen der ungewöhnlich hohen Temperaturen, die bei der Verbrennung entstehen, ist der gesamte Aschkasten und sogar noch der untere Teil der Feuerbüchse mit Schamotte ausgekleidet. Dadurch wird die Feuerbüchse vor allzu starker Abzehrung geschützt, andererseits auch die Wärme gespeichert, so daß sich sogar nach längerer Betriebspause das Öl wieder an den Schamottesteinen entzündet. Soll jedoch eine kalte Lokomotive angeheizt werden, so muß Fremddampf, z.B. von einer anderen Lokomotive, zum Anwärmen und Zerstäuben des Öles zur Verfügung stehen. Der Brenner wird dann mit einer Lunte oder einem kleinen Holzfeuer gezündet. Die Ölmenge und auch die zugeführte Verbrennungsluft sind feinstufig regelbar, so daß die Dampfleistung des Kessels ohne Schwierigkeiten dem jeweiligen Bedarf angepaßt werden kann.

Bei Kesseln mit Ölzusatzfeuerung übernimmt die übliche Rostfeuerung mit Kohle die Grundleistung, während lediglich die Spitzenleistungen durch die Ölfeuerung gedeckt werden. In diesem Fall genügt ein wesentlich kleinerer Brenner, der oberhalb oder unterhalb der Feuertür angeordnet wird. Die Verbrennungsluft wird durch einen Kanal zugeführt, der den Brenner umgibt. Ölfeuerungen bieten gegenüber der Kohlenfeuerung mancherlei Vorteile. Das leichte und verlustlose Bunkern des Brennstoffes, die Entlastung des Heizers durch mechanische Brennstoffzufuhr und die Senkung der Stillstandsverluste sind von besonderer Bedeutung. Auch werden die Abschlußarbeiten nach der Fahrt wesentlich verkürzt, da das Reinigen des Rostes und das Entleeren des Aschkastens und der Rauchkammer entfallen. Im Vergleich zur Kohlenstaubfeuerung müssen die vollständige und rauchfreie Verbrennung und der Wegfall von Flugasche und Lösche besonders hervorgehoben werden.

Lokomotiven mit Ölfeuerung können in kurzer Zeit angeheizt werden und sind für schwere Langstreckenfahrten besonders geeignet, da ein Reinigen des Rostes oder Ergänzen des Kohlevorrates nicht erforderlich ist. Ihre Wirtschaftlichkeit hängt vor allem von der Höhe des Ölpreises ab.

1.8. Lokomotivkessel mit Franco-Crosti-Vorwärmer

Eine weitere Abweichung von dem Lokomotivkessel der Regelbauart ist der Franco-Crosti-Kessel. Er wurde von den italienischen Ingenieuren Franco und Crosti entwickelt und ist durch eine oder mehrere große Vorwärmertrommeln gekennzeichnet. Während es sonst allgemein üblich ist, das Speisewasser durch den Abdampf der Antriebsmaschine und der Luft- und Speisepumpe vorzuwärmen, um einen höheren Kesselwirkungsgrad zu erreichen, werden bei dieser Bauart vor allem die Rauchgase zum Vorwärmen des Kesselwassers ausgenutzt. Sie ziehen, wie es auch sonst üblich ist, zunächst durch die Heiz- und Rauchrohre und geben dabei einen Teil ihrer Wärme an das Kesselwasser ab. Die Heizgase verlassen jedoch den Kessel nicht mit der verhältnismäßig hohen Temperatur von 300...350 °C, sondern werden, da der Schornstein im Betrieb durch einen Deckel verschlossen ist, in der Rauchkammer umgelenkt (Bild 33). Die Abgase durchströmen anschließend noch die Rohrbündel der Vorwärmertrommeln, die unter oder seitlich

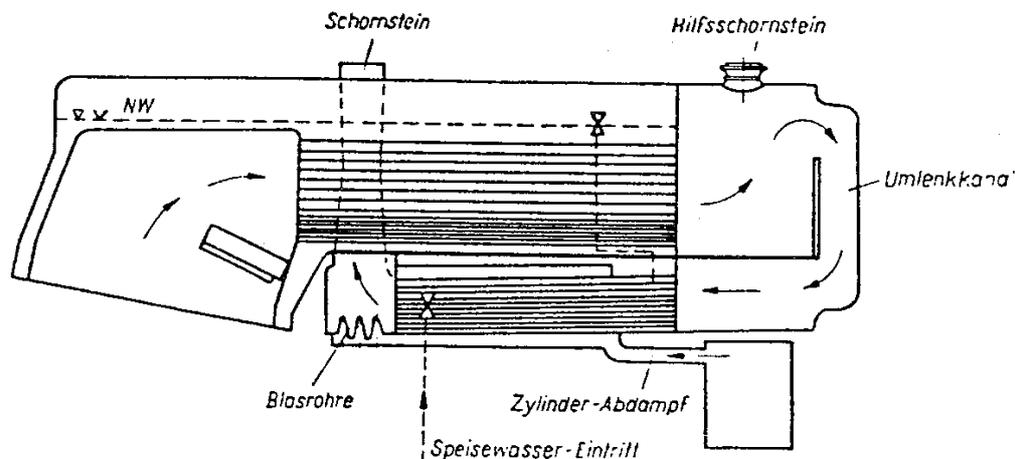


Bild 33. Franco-Crosti-Kessel

neben dem Langkessel angeordnet sind. Schließlich werden die Rauchgase durch ein oder zwei kleine seitliche Schornsteine ins Freie abgeleitet. Diese sind kurz vor dem Führerhaus angeordnet, abgeflacht und leicht nach innen geneigt, um dem Lokpersonal die Sicht möglichst wenig zu erschweren. Die Rauchgase werden in den Vorwärmern bis auf etwa 160 °C abgekühlt. Sie geben also einen größeren Teil ihrer Wärme an das Kesselwasser ab und tragen dadurch zu einer wesentlichen Steigerung des Kesselwirkungsgrades bei.

Auch der Zylinderabdampf wird ausgenutzt, da er zunächst einen Heizmantel durchströmt, der die Rohrbündel umgibt. Er verläßt dann durch mehrere hintereinander angeordnete Blasrohre und die seitlichen Blechschornsteine den Kessel. Die Vorwärmertrommeln stehen unter Kesseldruck und führen das Wasser schon mit Siedetemperatur dem Langkessel zu, der nur als Verdampfer wirkt.

Lokomotiven mit Franco-Crosti-Vorwärmern haben einen höheren Kesselwirkungsgrad und daher einen um 15...20 % geringeren Brennstoffverbrauch. Sie erfordern jedoch höhere Bau- und Unterhaltungskosten und sind infolge der umfangreichen Zusatzeinrichtungen auch wesentlich schwerer.

1.9. Kesselbaustoffe

Für die Herstellung der Kesselbleche und der Rauch- und Heizrohre bestehen besondere gesetzliche Bestimmungen. Diese Maßnahme ist erforderlich, da die Kesselbaustoffe große mechanische Beanspruchungen auf Zug, Druck, Biegung und Abscheren aufnehmen müssen und auch der ständigen Wärmeeinwirkung vom Feuerbett und von den Heizgasen her ausgesetzt sind. Hinzu kommen die chemischen Einwirkungen durch die im Speisewasser enthaltenen Kesselsteinbildner und die Schwefel- und Salzsäureverbindungen und evtl. noch elektrolytische Einflüsse, falls zwischen zwei verschiedenartigen Kesselbaustoffen (z.B. Kupfer, Stahl)

elektrische Spannungen entstehen. Das Material muß eine hohe Wärmeleitfähigkeit haben, um die in den Heizgasen enthaltene Wärmemenge möglichst schnell und verlustlos an das Kesselwasser abgeben zu können. Der Kesselbaustoff muß aber auch entsprechend zäh sein, um Wärmespannungen auszugleichen, die durch Temperaturschwankungen hervorgerufen werden. Eine plötzliche Abkühlung durch Eindringen von Kaltluft oder Speisen großer Mengen kalten Wassers können sonst leicht zu Kesselschäden und Ribbildung führen. Außerdem müssen die Kesselbaustoffe eine hohe Warmfestigkeit aufweisen, d.h. ihre Festigkeit darf bei Temperaturanstieg nur unwesentlich absinken.

Es ist daher verständlich, daß man für die Herstellung der besonders stark beanspruchten Feuerbüchsen früher ausschließlich Kupfer verwendete, das wegen seiner guten Wärmeleitfähigkeit und größeren Zähigkeit besonders geeignet erschien. Im Gegensatz zu kupfernen Feuerbüchsen, deren Temperatur bei voller Kesselbelastung nur 10...30 °C über der Kesselwassertemperatur liegt, nehmen Feuerbüchswände aus Stahl um 100...160 °C höhere Temperaturen als das Kesselwasser an. Die Wärmebeanspruchung der Stahlfeuerbüchse ist also viel größer als die der kupfernen Feuerbüchsen. Außerdem treten bei Stahlfeuerbüchsen wesentlich größere Wärmespannungen auf, da ein Temperatenausgleich bei örtlich auftretender Erwärmung oder Abkühlung wesentlich länger dauert.

Die höhere Festigkeit der Bleche gestattet es jedoch, mit einer geringeren Wanddicke auszukommen und den Abstand der Stehbolzen zu vergrößern. Außerdem sind die Stahlbleche korrosionsbeständiger, was bei der Verbrennung von Kohlenstaub und schwefelhaltigen Braunkohlenbriketts besonders wichtig ist.

Um eine ausreichende Warmfestigkeit und gute Schweißbarkeit der Baustoffe zu gewährleisten, wird für die Feuerbüchsbleche eine Mindestzugfestigkeit von 41...50 kg/mm² und eine Bruchdehnung von 20...25 % verlangt. Für die Bleche, die zur Herstellung der Lang- und Stehkessel Verwendung finden, ist eine Zugfestigkeit

1.10. Kesselbekleidung

Um die Strahlungsverluste möglichst klein zu halten, wird der gesamte Lokomotivkessel mit Ausnahme der Rauchkammer durch einen Wärmeschutz isoliert. Dabei bekleidet man den Langkessel mit 1,5...2 mm dicken Blechen, die auf Unterreifen geschraubt werden, so daß ein Abstand von etwa 40 mm entsteht (siehe Bild 28). Durch das eingeschlossene Luftpolster wird ähnlich wie beim Doppelfenster der Wärmedurchgang erschwert. Es ist jedoch darauf zu achten, daß die Bleche möglichst dicht abschließen, so daß keine Luftströmung entsteht. Der innerhalb des Führerhauses liegende Teil des Stehkessels wird durch Matten aus Glasgespinnst besonders gut isoliert, um das Lokomotivpersonal vor allzu starker Hitzeeinwirkung zu schützen.

Bei Neubaulokomotiven wurden häufig auch der übrige Teil des Stehkessels und der gesamte Langkessel mit Wärmeschutzmatten verkleidet, um die Verluste durch Wärmeabstrahlung auf ein Mindestmaß herabzudrücken.

1.11. Kesselbefestigung

Der Kessel ist so mit dem Rahmen verbunden, daß er den durch die Erwärmung bedingten Dehnungen folgen kann. Diese betragen etwa 2 mm je Meter Kessellänge und würden bei einer starren Verbindung zwischen Kessel und Rahmen zu hohen Biegebeanspruchungen führen. Der Kessel wird daher nur an einem Ende, und zwar an der Rauchkammer, fest mit dem Rauchkammerträger verschraubt. Dieser stellt eine besonders kräftige Querverbindung der Rahmenwangen dar und ist meist aus Blechen zusammengenietet oder zusammengesweißt. Manchmal ist er auch als Gußstück ausgebildet, das bei Dreizylinderlokomotiven gleich mit dem mittleren Zylinderblock vereinigt ist.

Der Langkessel ist mit dem Rahmen durch elastische Pendelbleche verbunden, die an Rahmenquerverbindungen befestigt sind. Diese Bleche werden verhältnismäßig schwach ausgeführt, so daß sie sich infolge ihrer Länge leicht durchbiegen und dabei den Wärmedehnungen des Kessels folgen können.

Das hintere Ende des Kessels ruht auf Stehkesselträgern, die unterschiedlich ausgebildet sind, je nachdem, ob der Hinterkessel zwischen die Rahmenwangen eingezogen ist oder auf dem Rahmen aufsitzt. Liegt der Hinterkessel zwischen dem Rahmen, so sind die Stehkesselträger an den Seitenwänden des Stehkessels befestigt und stützen sich über eine Gleitschiene aus Rotguß auf die Oberkante des Rahmens ab. Diese wird durch eine Zwischenlage vor Beschädigungen geschützt. Eine ausreichende Schmierung soll dafür sorgen, daß das Gleiten des Kessels nicht durch Festfressen behindert wird (Bild 34).

Um ein Abheben des Kessels vom Rahmen bei Unfällen oder dergleichen zu vermeiden, ist der Stehkesselträger mit dem Rahmen durch einen Trägerbügel verklammert. Dieser ist mit Langlöchern versehen, so daß er die Ausdehnung des Kessels nicht behindert. Liegt der Stehkessel jedoch über dem Rahmen, so wird zur Auflagerung der Bodenring herangezogen, der dann an seiner Unterseite mit hakenförmigen Ansätzen, sogenannten Tragschuhen, aus-

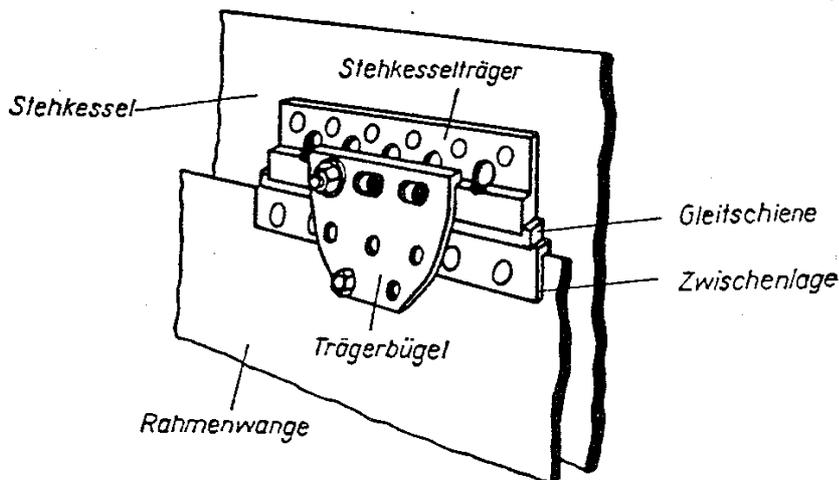


Bild 34. Stehkesselträger für seitliche Auflagerung

gerüstet ist. Diese stützen sich über zwischengelegte Gleitplatten auf besonderen Rahmenverbindungen ab (Bild 35). Auch bei dieser Ausführung verhindern Klammern das Abheben des Kessels vom Rahmen. Außerdem sind am Bodenring sogenannte Schlingerstücke angebracht, die den Zweck haben, die besonders bei langen Kesseln recht unangenehme Seitenbewegung des Hinterkessels einzuschränken, ohne die Kesseldehnung in Längsrichtung zu behindern. Damit die im Betrieb unvermeidliche Abnutzung ausgeglichen werden kann, sind nachstellbare Gleitplatten eingebaut.

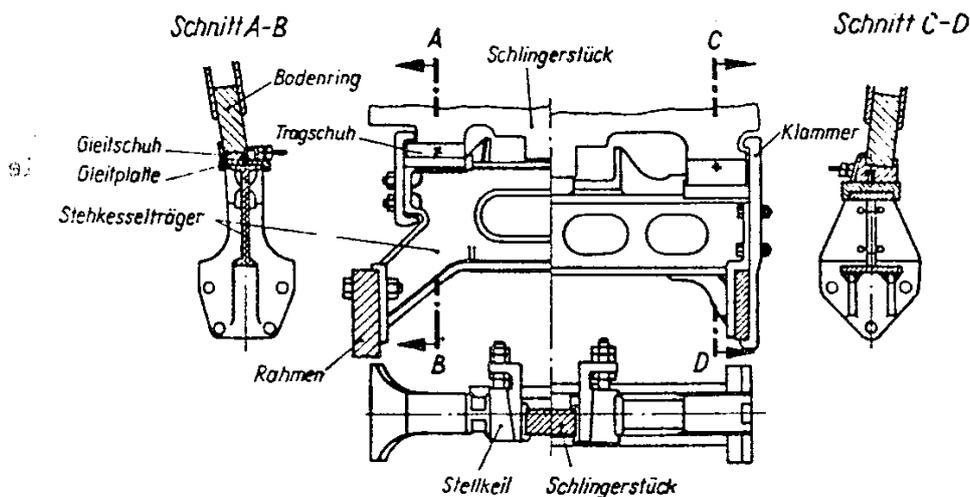


Bild 35. Stehkesselträger für untere Auflagerungen mit Schlingerstück

1.12. Kesselbedienung

Um einen sicheren und unfallfreien Betrieb zu gewährleisten und Schäden am Lokomotivkessel zu vermeiden, wurden in der DV 947 verschiedene Vorschriften zusammengestellt, die vom Lokpersonal unbedingt beachtet werden müssen. Durch Umsicht und Geschick des Lokheizers ist es aber auch möglich, die Kesselverluste zu senken und somit die Wirtschaftlichkeit des Kesselbetriebes wesentlich zu beeinflussen.

Während der Fahrt ist das Feuer so zu regeln, daß die erforderliche Dampfmenge jederzeit zur Verfügung steht und eine möglichst hohe Überhitzung des Dampfes erreicht wird. Dabei ist der höchste zugelassene Dampfdruck anzustreben, aber nicht zu überschreiten, denn ein Abblasen der Sicherheitsventile bedeutet Brennstoffverlust und ist daher nach Möglichkeit zu vermeiden.

Richtige Feuerbeschickung ist an der Färbung der Abgase zu erkennen. Um eine unvollkommene und unvollständige Verbrennung zu vermeiden, ist stets auf einen sauberen Rost und nicht zu hohes, sondern gut durchgebranntes, helles Feuer zu achten. Dies wird dadurch erreicht, daß nicht auf einmal größere Kohlenmengen aufgeworfen werden, die den Feuerraum so weit ab-

kühlen, daß es zu starker Rauch- und Rußbildung kommt. Wird der Rost jedoch öfters mit kleinen Mengen nicht zu grober Kohle beschickt, so reicht die im Feuerschirm und im Toten Feuerbett gespeicherte Wärme aus, um den frisch aufgeworfenen Brennstoff zu entzünden und ohne wesentliche Rauchbildung zu verbrennen. Voraussetzung ist jedoch, daß der Rost sauber und nicht mit einer Schlackenschicht bedeckt ist, die den Zutritt einer ausreichenden Menge Verbrennungsluft erschwert.

Die Brennstoffschicht soll muldenförmig angeordnet und so gleichmäßig über den ganzen Rost verteilt sein, daß keine Löcher entstehen, durch die kalte Luft in die Feuerbüchse einströmen kann. Es ist auch nicht zulässig, bei starker Rauchentwicklung die Feuertür zu öffnen, da die einströmende Kaltluft zu Wärmespannungen führt, die Risse und sonstige Kesselschäden zur Folge haben können. Besonders feinkörnige Kohle ist reichlich zu nassen, um den Anfall an Lösche in der Rauchkammer einzuschränken und Funkenflug zu vermeiden. Während der Fahrt sind die Rauchkammer- und Aschkastenspritze öfters anzustellen, die in Fahrtrichtung hintere Aschkastenklappe ist stets geschlossen zu halten.

Es ist weiterhin darauf zu achten, daß durch zu starkes Öffnen des Bläasers nicht zu viel Verbrennungsluft in die Feuerbüchse angesaugt wird. Dies führt nämlich zu einer Abkühlung des Feuerraumes und somit zu einer Verschlechterung des Kesselwirkungsgrades.

Besondere Aufmerksamkeit muß der Heizer der Einhaltung des vorgeschriebenen Wasserstandes widmen. Wird der niedrigste Wasserstand aus irgendeinem Grund unterschritten, so ist ein Ausglühen der Feuerbüchse zu befürchten. Um schwere Kesselschäden und evtl. sogar eine Kesselexplosion zu vermeiden, muß der Heizer in diesem Falle sofort das Feuer vom Rost entfernen und den Dampf ablassen. Andererseits ist aber auch ein zu hoher Wasserstand im Kessel nicht erwünscht, weil dadurch die Verdampfungsoberfläche stark eingeschränkt wird. Der aufsteigende Dampf reißt dann leicht größere Mengen Wasser mit, die unter Umständen in die Zylinder gelangen und durch Wasserschlag große Schäden verursachen können.

Da das Überreißen durch stark verunreinigtes oder salzhaltiges Kesselwasser begünstigt wird, ist auf gute Speisewasserpflege und regelmäßiges Abschlammen des Kessels zu achten.

So wie das Lokomotivpersonal für eine gute Pflege und sachgemäße Behandlung des Lokomotivkessels während der Fahrt verantwortlich ist, so muß auch eine ordnungsgemäße Unterhaltung der Lokomotivkessel im Bahnbetriebswerk gewährleistet sein. Hierzu gehört, daß in regelmäßigen Zeitabständen das gesamte Kesselwasser abgelassen und das Innere des Kessels gründlich gesäubert wird. Die Frist für das Auswaschen der Kessel richtet sich nach der Beschaffenheit des Speisewassers, nach der Speisewasserpflege und nach der Verdampfungsleistung des Kessels.

Auch ist es unbedingt erforderlich, auf eine regelmäßige Reinigung der Feuerseite der Heiz- und Rauchrohre zu achten. Wegen der außerordentlich schlechten Wärmeleitfähigkeit von Ruß ist eine saubere Oberfläche der Rohre eine wesentliche Voraussetzung für gute Dampferzeugung und wirtschaftliche Brennstoff-

ausnutzung. Das Betriebswerk ist auch verpflichtet, kleinere Kesselschäden, wie gerissene Stehbolzen und undichte Rohre, zu beseitigen.

Bei Dampfmangel ist zunächst zu prüfen, ob die ungenügende Dampfentwicklung auf eine fehlerhafte Verbrennung oder auf eine ungenügende Verdampfung zurückzuführen ist. Bei schlechter Verbrennung können folgende Mängel vorliegen:

Minderwertige Kohle, ungeeigneter Rost, beschädigter Feuerschirm, verschlackter Rost, geschlossene Aschkastenklappen, durch undichte Rohre oder Stehbolzen tritt Wasser oder Dampf in die Feuerbüchse, Rohre mit Flugasche versetzt, durch Undichtigkeiten in der Rauchkammer entsteht kein genügender Saugzug, Blasrohr fluchtet nicht mit Mitte Schornstein oder Abstand zu groß bzw. zu klein, falsche Feuerbehandlung des Heizers.

Eine einwandfreie Verdampfung wird beeinträchtigt durch: Kesselsteinansatz an der Feuerbüchse und an der Außenseite der Heiz- und Rauchrohre, Ruß an der Innenseite der Rohre, zu hohen Wasserstand, Verunreinigung des Speisewassers infolge ungenügenden Abschlammens oder Nichteinhalten der Auswaschfrist.

2. Ausrüstung für die Sicherheit des Kesselbetriebes

2.1. Speisepumpen

Die Speisepumpen sind als die wichtigsten Zubehörteile eines Lokomotivkessels anzusehen. Ohne die Pumpen ist ein feuerbeheizter Kessel überhaupt nicht betriebsfähig. Die Speiseeinrichtungen müssen imstande sein, dem Kessel stets so viel Wasser zuzuführen, wie durch die Wärmeeinwirkung des Feuers verdampft wird. Ist die Wasserzufuhr geringer als die Verdampfung, dann sinkt der Wasserstand im Kessel ständig ab, und es kann leicht zum Ausglühen der Feuerbüchse mit den hieraus entstehenden gefährlichen Folgen (Kesselzerknall) kommen. Von dem ordnungsmäßigen Arbeiten der Pumpen ist daher nicht nur die Betriebsfähigkeit, sondern in hohem Maße auch die Sicherheit des Kessels abhängig. Das Gesetz schreibt zwei Speisevorrichtungen vor, von denen jede für sich imstande sein muß, dem Kessel die notwendige Wassermenge zuzuführen, damit auch beim Ausfall einer Pumpe die Sicherheit im vollen Umfange gewahrt bleibt.

In früherer Zeit wurden die Speisepumpen vielfach von der Achse der Lokomotive aus angetrieben. Sie konnten dann den Kessel nur während der Fahrt speisen. Sank der Wasserstand im Kessel bei längerem Aufenthalt zu stark ab, so mußten die Lokomotiven zum Speisen des Kessels auf dem Bahnhof hin und her gefahren werden. Das ist selbstverständlich heute nicht mehr durchzuführen. Daher schreibt die EBO vor, daß mindestens eine Speiseeinrichtung auch während des Stillstandes der Lokomotive arbeitsfähig sein muß.

Bei den Reichsbahnlokomotiven finden wir als Speiseeinrichtungen Dampfstrahlpumpen und Kolbenpumpen. Beide Speisevorrichtungen sind auch während des Stillstandes der Lokomotive betriebsfähig. Wegen ihrer Frostempfindlichkeit scheidet die Kolbenspeisepumpen aus für Lokomotiven, die in Gegenden mit sehr strengen Wintern eingesetzt sind. In solchen Fällen werden zwei Dampfstrahlpumpen verwendet. Außerdem haben die Lokomotiven mit kleineren Kesseln, die für den Rangierdienst bestimmt sind, sowie die Lokomotiven älterer Bauart meistens zwei Dampfstrahlpumpen. Die übrigen Lokomotiven sind in der Regel mit einer Dampfstrahlpumpe und mit einer Kolbenpumpe ausgerüstet. Die Kolbenpumpe ist stets mit einer Vorwärmeinrichtung verbunden. Ohne den Vorwärmer würde die Kolbenpumpe kaltes Wasser in den Kessel drücken, was mit Rücksicht auf die Kesselwände, namentlich die Feuerbüchse, die gegen plötzliche Temperaturänderung empfindlich sind, weitgehendst vermieden werden muß.

Der Vorteil der Kolbenpumpe mit Vorwärmer gegenüber der Dampfstrahlpumpe liegt darin, daß der Dampfverbrauch für den Betrieb der Pumpe geringer und die Vorwärmung des Speisewassers merklich höher ist (90...95 °C gegen 60...70 °C). Daher werden die Kolbenspeisepumpen überall dort eingebaut, wo die dadurch er-

zielten Ersparnisse an Brennstoff die höheren Einbaukosten rechtfertigen.

Für den Betrieb der Pumpen folgt aus diesen Überlegungen, daß in der Regel die Kolbenpumpe nur bei geöffnetem und die Dampfstrahlpumpe nur bei geschlossenem Regler benutzt werden soll, soweit die Kessel mit beiden Pumpenarten ausgerüstet sind.

2.1.1. Dampfstrahlpumpe

Man unterscheidet nichtsaugende und saugende Dampfstrahlpumpen, je nachdem das Kesselwasser der Pumpe von selbst zufließt oder es von ihr angesaugt werden kann. Die nichtsaugenden Pumpen müssen tiefer als der Tenderboden gelegt werden. Sie sind meist unterhalb des Führerstandes angebaut. Die saugenden Pumpen liegen im Führerstand auf der Führer- oder Heizerseite.

Bei den nichtsaugenden Pumpen ist die Ausführung des Dampfabsperrventiles erheblich einfacher als bei den saugenden Pumpen. Sie sind aber leichter der Gefahr des Einfrierens ausgesetzt als die innerhalb des Führerstandes in Kesselnähe geschützt angebrachten saugenden Strahlpumpen.

Ferner unterscheidet man mit Frischdampf und mit Abdampf betriebene Strahlpumpen. Die mit Frischdampf betriebenen Strahlpumpen sind jederzeit betriebsbereit, solange genügend Druck im Kessel vorhanden ist. Die Abdampfstrahlpumpen sind nur bei geöffnetem Regler zu gebrauchen; sie haben vor den Frischdampfstrahlpumpen den Vorteil einer gewissen Dampf- und Brennstoffersparnis voraus, da zum Betrieb dieser Pumpen ein Teil des Abdampfes der Lokomotive ausgenutzt wird. Allerdings ist bei den heute erzielten niedrigen Abdampfdrücken ein Betrieb mit Abdampf allein nicht möglich, sondern es wird ein gewisser Frischdampfzusatz notwendig.

Bei den Reichsbahnlokomotiven sind überwiegend saugende Frischdampfstrahlpumpen eingebaut. Die Wirkungsweise soll zunächst an einem einfachen Schaubild erläutert werden (Bild 36).

Läßt man einen Dampfstrahl aus einem Rohr a, das an der Mündung düsenförmig ausgebildet ist, in ein weites, gleichachsig liegendes Rohr R eintreten, so wird die Luft, die beide Rohre umgibt, mitgerissen und durch das Rohr R fortgedrückt. Im luftdicht abgeschlossenen Zylinder C, der beide Rohre einschließt, wird dabei eine Luftleere erzeugt. Da damit auch der Druck im Steigrohr s kleiner wird als der äußere Luftdruck, so wird das Wasser aus dem Behälter am Fuß des Steigrohrs in das Steigrohr s und weiter in den Zylinderraum C gedrückt. Dort kommt es an der Dampf Düse mit dem ausströmenden Dampf in Berührung. Dabei wird der Dampf ganz oder größtenteils zu Wasser niedergeschlagen. Durch diesen Vorgang wird die Luftleere im Rohr R und im Zylinder C weiter verstärkt, da das durch Niederschlag entstandene Wasser einen weit kleineren Raum einnimmt als der ursprüngliche Dampf. Gleichzeitig erwärmt sich das Wasser. Das heiße Wasserdampfgemisch oder reine Heißwasser wird von dem ständig aus der Düse nachströmenden Dampf schließlich in das anschließende Druckrohr gefördert.

Die gleichen Vorgänge spielen sich in der wirklich ausgeführten Dampfstrahlpumpe ab (Bild 37). Dabei ist das Rohr a mit Düse im Schaubild der Düse 1, das Rohr R im Schaubild der Düse 2 und der Raum C im Schaubild der Wasserkammer der Strahlpumpe gleichzusetzen.

Die Druckleitung von der Strahlpumpe zum Kessel ist durch ein Rückschlagventil verschlossen, damit bei undichtigem Kesselventil nicht Dampf in die Strahlpumpe und von dort in den Tender zurückströmen kann. Dieses federbelastete Rückschlagventil öffnet sich erst, wenn der Druck in der Düse 3 soweit angestiegen ist, daß er den Kesseldruck (+ Federdruck) überwindet. Beim Ingangsetzen der Pumpe würde sich nun der Frischdampf, der zunächst in kleinem Strahl durch das Anstellventil 4 in die Düsen eingelassen wird, dort stauen, solange das Rückschlagventil noch geschlossen ist. Der Dampfstrahl würde dann aber keine Luftleere schaffen und kein Wasser ansaugen. Es muß ihm daher bei geschlossenem Rückschlagventil ein Ausweg geschaffen werden. Das geschieht durch die Öffnungen in den Düsen 2 und 3, die Schlabberkammer und das Schlabberventil 5. Beim Anstellen entweicht der eingelassene Dampf in die Schlabberkammer, drückt dort das Schlabberventil 5 auf und gelangt so durch das Überlaufrohr ins Freie (beachte: bei zugeschraubtem oder festgesetztem Schlab-

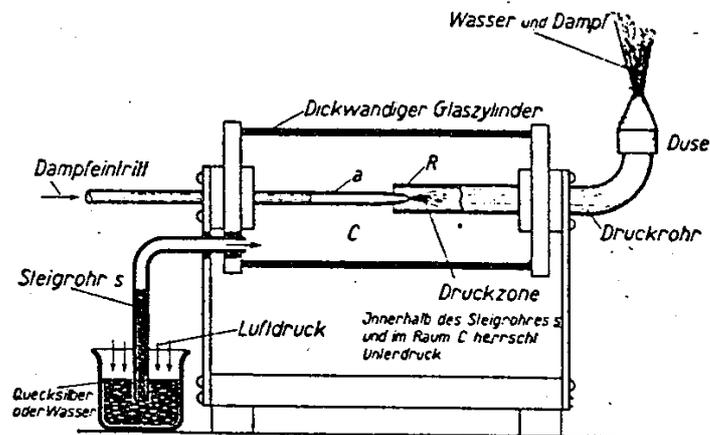


Bild 36. Wirkungsweise der Dampfstrahlpumpe

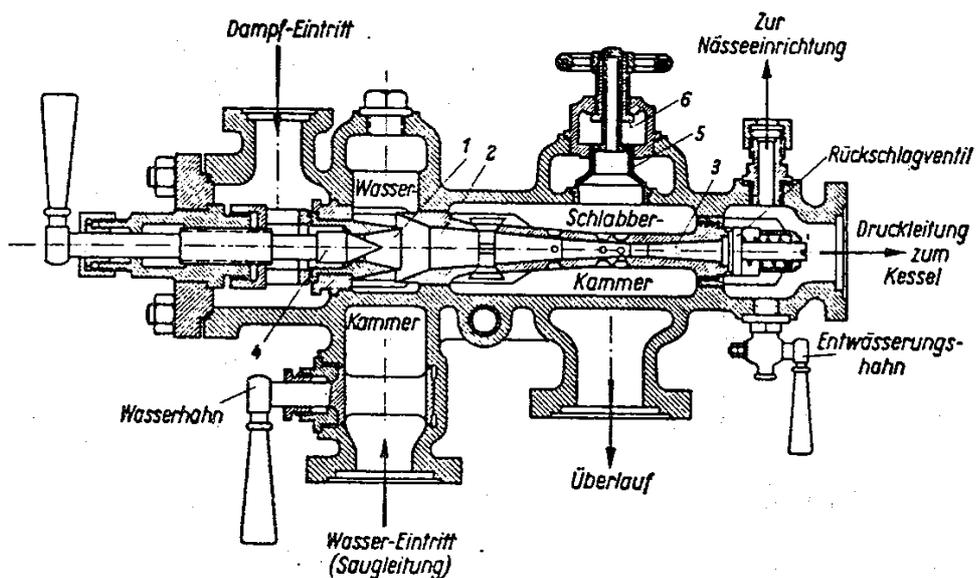


Bild 37. Dampfstrahlpumpe

berventil läßt sich die Pumpe nicht in Gang bringen). Sowie der Dampf das Wasser bis zur Mischdüse ansaugt, sinkt der Druck in der Düse und in der Schlabberkammer für kurze Zeit ab, da sich der Dampf jetzt durch die Berührung mit dem kalten Wasser niederschlägt. Das Schlabberventil fällt dann durch die eigene Schwere herab. An diesem Herabfallen sieht und hört das Lokomotivpersonal, daß die Pumpe Wasser angesaugt hat. Das anfangs wenig (etwa $1/4$ bis $1/2$ Umdrehung) geöffnete Anstellventil wird nun weit aufgedreht. Der dann eintretende kräftige Dampfstrahl versetzt die Wassersäule in den Düsen in so große Geschwindigkeit und hinter ihnen in so starken Druck, daß das Rückschlagventil aufgestoßen wird und die Pumpe dann Wasser über die Speiseleitung in den Kessel fördert. Zieht die Pumpe ordnungsmäßig, so bleibt das Schlabberventil geschlossen, und aus dem Überlaufrohr, das unter dem Führerstand ins Freie mündet, entweicht weder Dampf noch Wasser. Beim Abstellen der Pumpe muß das Dampfventil möglichst schnell geschlossen werden, damit die Rückschlagventile am Kesselspeiseventil und in der Strahlpumpe die Leitung zum Kessel wieder sicher abschließen.

Ein in die Saugleitung eingesetzter Wasserhahn gestattet, den Wasserzulauf bei abgesunkenem Kesseldruck, also verminderter Leistungsfähigkeit der Pumpe, zu drosseln. Bei vollem Kesseldruck wird der Wasserhahn ganz geöffnet.

Um bei kalter Witterung die Strahlpumpe und die Saugleitung vor dem Einfrieren zu schützen, kann durch das Dampfanzstellventil der Pumpe Dampf in die Saugleitung und den Tender gedrückt werden. Dazu muß das Schlabberventil mit der dafür vorgesehenen Niederschraubvorrichtung 6 auf seinem Sitz festgestellt werden und der Wasserhahn geöffnet sein. Das Tenderwasser wärmt sich dabei an.

Es ist jedoch allgemein darauf zu achten, daß das Tenderwasser

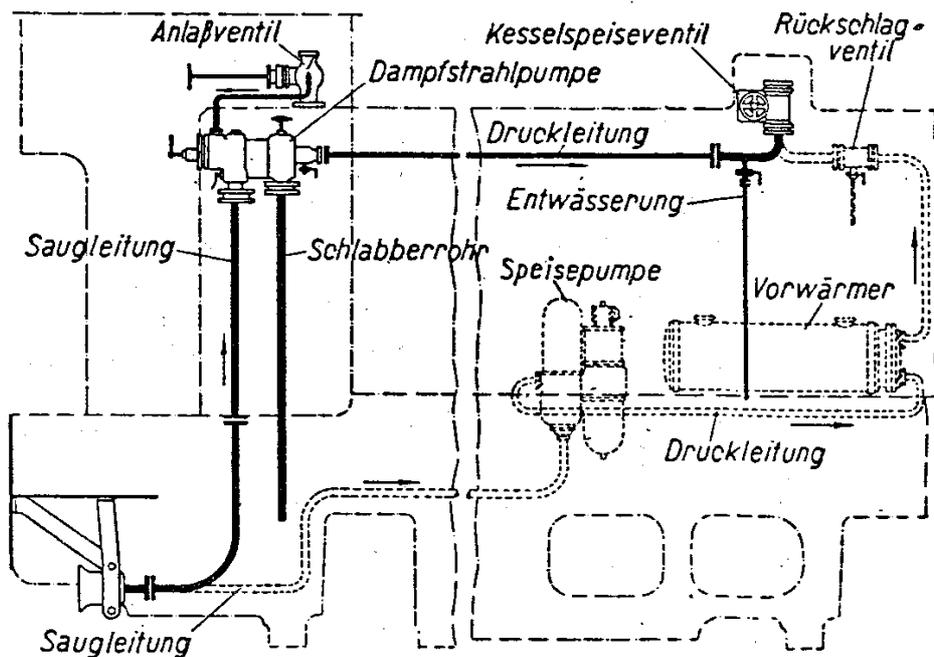


Bild 38. Anordnung der Speiseeinrichtungen

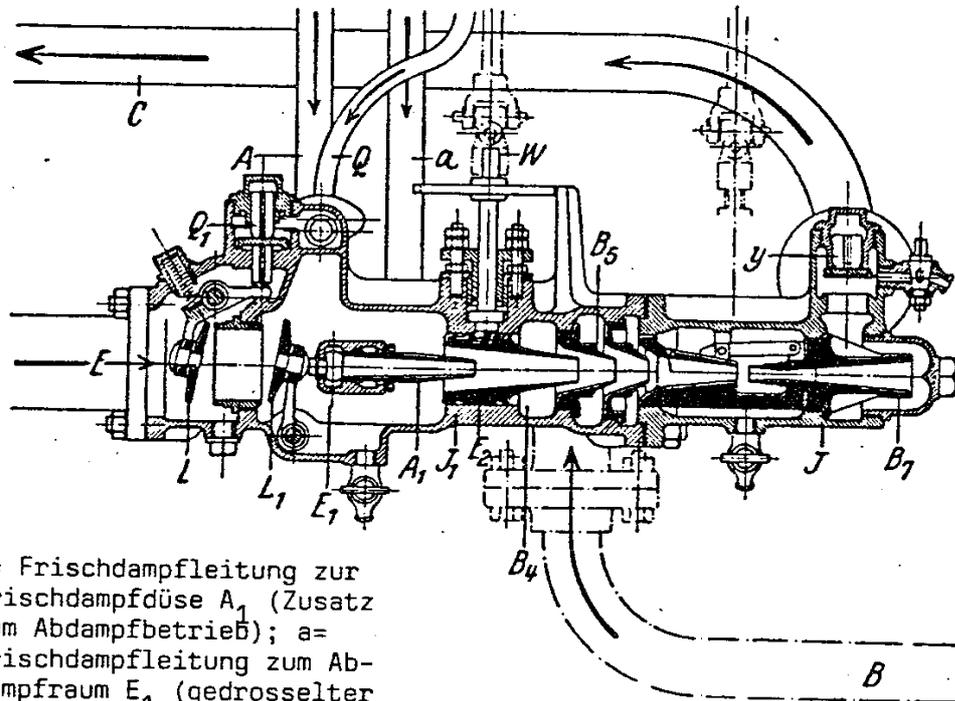
nicht übermäßig warm wird, da die Strahlpumpe Wasser von einer Temperatur über 30 °C nur noch schlecht, über 50 °C überhaupt nicht mehr ansaugt. Besonders bei den Tenderlokomotiven kann es leicht vorkommen, daß sich ein geringer Wasservorrat durch die Kesselausstrahlung zu stark erwärmt und daß die Strahlpumpe dann versagt. Man kann diese Unregelmäßigkeit beheben, indem man kaltes Wasser in die Vorratsbehälter zunimmt.

Am Anschluß zur Speiseleitung hat die Strahlpumpe einen Abzweig zur Näßvorrichtung und einen Hahn zur Entwässerung der Speiseleitung.

Die Dampfstrahlpumpen werden je nach der Kesselgröße für eine Förderleistung von 125, 250 und 300 l/min gebaut.

Die allgemeine Anordnung der Dampfstrahlpumpe an der Lokomotive mit den zugehörigen Leitungen zeigt Bild 38.

Die Abdampfstrahlpumpe (Bild 39) arbeitet nach dem gleichen Grundprinzip, benutzt aber als Treibmittel Abdampf, der vor dem Blasrohr abgezweigt und durch eine besondere Rohrleitung (E) zur Strahlpumpe geführt wird. Um auch bei Stillstand oder bei niedrigem Blasrohrdruck die Abdampfstrahlpumpe benutzen zu können, hat sie außerdem einen zweiten Frischdampfanschluß (A, a), der entweder allein oder zusammen mit dem Abdampfanschluß benutzt wird. Bei den niedrigen Blasrohrdrücken der deutschen Lokomotiven muß immer Frischdampf zugesetzt werden, und dieser



A= Frischdampfleitung zur Frischdampfdüse A₁ (Zusatz zum Abdampfbetrieb); a= Frischdampfleitung zum Abdampfraum E₁ (gedrosselter Frischdampf benutzt bei geschlossenem Regler); B= Saugwasserleitung zum Wasserraum B₄ und Wasserdüse B₅; C= Druckwasserleitung zum Kessel; E= Abdampfleitung vom Blasrohr; J, J₁= Pumpengehäuse; L= Abschlußklappe; L₁= Rückschlagklappe; Q₁= Frischdampfleitung vom Schieberkasten zum Öffnen der Abschlußklappe L über Ventil Q₁; y= Rückschlagventil in der Druckleitung; w= Gestänge zur Düsenverstellung und Wasserzulaufregelung

Bild 39. Abdampfstrahlpumpe

Frischdampfzusatz vermindert die Wirtschaftlichkeit gegenüber dem üblichen Vorwärmer, so daß die Reichsbahn nach Versuchen mit der Abdampfstrahlpumpe beim Kolbenpumpen-Vorwärmer verblieben ist.

2.1.2. Kolbenspeisepumpe

Die Kolbenspeisepumpe besteht aus 3 Hauptteilen: der Wasserpumpe mit dem Saugwindkessel, dem Druckwindkessel und der Antriebsdampfmaschine.

Die Wasserpumpe ist als doppelwirkende Kolbenpumpe ausgebildet (Bilder 40, 41, 44). Sie saugt das Wasser aus dem Tenderwasserkasten an und fördert es durch die Speiseleitung in den Kessel. Bei jedem Kolbenhub saugt und drückt die Pumpe gleichzeitig, da die beiden Zylinderräume vor und hinter dem Kolben als Arbeitsräume ausgeführt sind. Arbeitet der untere Zylinderraum im Saughub, dann arbeitet der obere im Druckhub und umgekehrt. Der Pumpenkolben trägt zur Abdichtung der beiden Arbeitsräume Hartgummiringe.

Zu jedem Zylinderraum gehört je ein Saug- und ein Druckventil. Die Ventile sind entweder senkrecht in einem Ventilkasten neben der Pumpe (ältere Pumpen Bilder 40, 41, 44) oder waagrecht liegend zu beiden Seiten des Pumpenzylinders angeordnet (neuere Pumpen Bild 43). Die federbelasteten Ventile arbeiten selbsttätig.

Um bei kalter Witterung das Einfrieren zu verhüten, wird der Pumpenabdampf durch einen Heizmantel geführt, der um die Zylinder und die Ventile herum angeordnet ist (Bilder 40, 41).

Unter der Wasserpumpe sind Entwässerungshähne angebracht (Bilder 40, 41, 43), die beim Abstellen der Lokomotive im Freien während der kalten Witterung unbedingt geöffnet werden müssen, da sonst die Pumpe durch Eisbildung im Innern Schaden erleidet. Der grundsätzliche Aufbau der Wasserpumpe hat sich, abgesehen von der Anordnung der Ventile, bei den verschiedenen Speisepumpenbauarten nicht geändert.

Bei jeder Kolbenpumpe kommt die Förderung am Hubende des Kolbens zum Stillstand und beginnt erst wieder, wenn der Kolben sich in entgegengesetzter Richtung in Bewegung setzt. Ohne besondere zusätzliche Einrichtungen würde damit auch die Wassermenge in den Saug- und Druckleitungen der Pumpe im Takt der Kolbenhübe zum Stillstand kommen. Da sich aber Wasser praktisch nicht zusammendrücken läßt, würde bei solcher Förderweise die große Wassermasse in den Leitungen und Ventilen starke Schläge verursachen. Um das zu vermeiden, ist in die Saugleitung ein Saugwindkessel und in die Druckleitung ein Druckwindkessel eingeschaltet (Bilder 40, 41). Diese Windkessel dienen gewissermaßen als Auffangpolster für die Druckschwankungen, die von der ungleichmäßigen Förderung der Kolbenpumpe herrühren. Solange der Druck von der Pumpe her ansteigt, wird die Luft im Druckwindkessel zusammengepreßt, und sobald der Druck gegen Hubende nachläßt, dehnt sich die Luft im Druckwindkessel wieder aus und fördert das in den Druckwindkessel gepumpte Wasser weiter in die Speiseleitung. Auf diese Weise werden die von der Pumpe ausgehenden Druckschwankungen wesentlich gemildert. Voraussetzung dafür ist selbstverständlich, daß der Windkessel auch tatsächlich mit der notwendigen Luftmenge gefüllt ist. Darauf muß vom Lokomotivpersonal stets geachtet werden. Sobald die

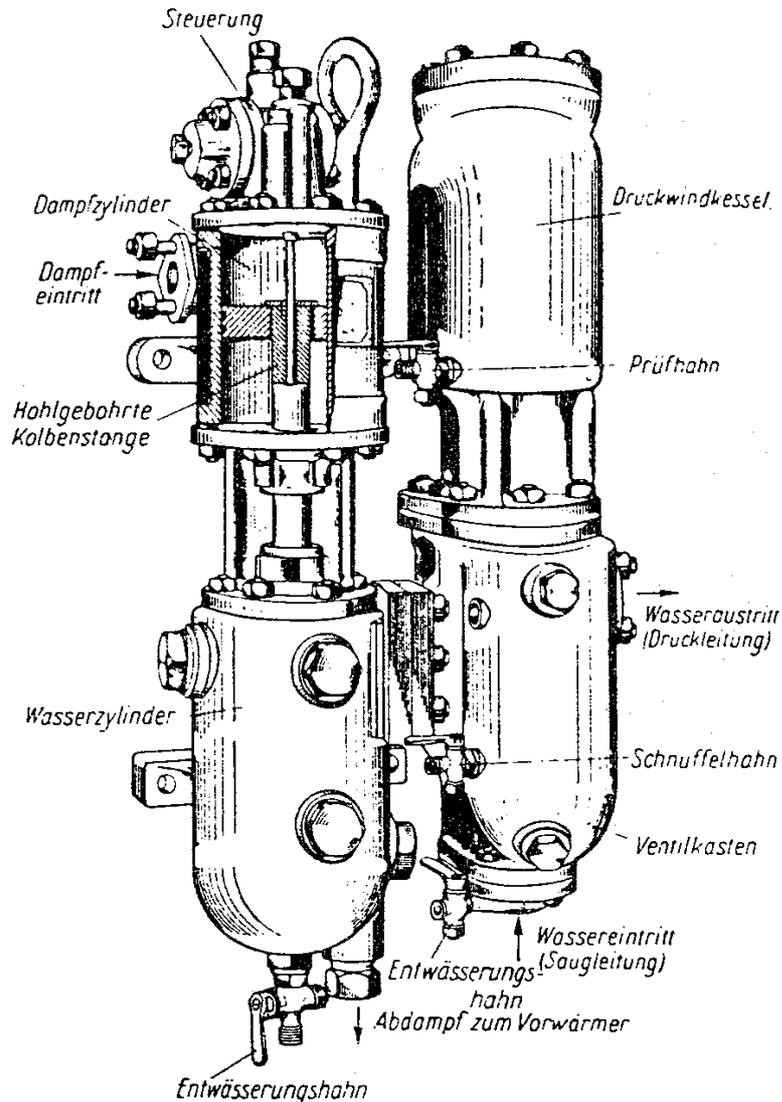


Bild 40. Speisepumpe Bauart „Knorr“

Pumpe anfängt, hart zu arbeiten, ist meistens der Druckwindkessel nicht genügend mit Luft aufgefüllt. Es treten dann die gleichen schädlichen Erscheinungen auf, als wenn die Wasserpumpe keinen Windkessel hätte.

Der Saugwindkessel ist mit dem Ventilkasten zusammengebaut. Der Druckwindkessel ist über dem Ventilkasten in einem Abzweig der Druckleitung angeordnet. Seine Bauart hat sich im Laufe der Entwicklung merklich geändert. Die älteren Druckwindkessel (Bilder 40, 41) sind lediglich als Hohlraum ausgebildet. Dieser Raum soll zu etwa $\frac{2}{3}$ mit Luft angefüllt sein. Zur Überwachung der richtigen Luftfüllung in den Windkesseln ist ein Prüfungshahn vorgesehen. Öffnet man ihn, so soll bei richtiger Auffüllung während des Arbeitens der Pumpe abwechselnd Luft und Wasser austreten. Tritt nur Wasser aus, so muß die Luft im Windkessel ergänzt werden. Hierzu öffnet man bei laufender Pumpe den Schnüffelhahn am Saugwindkessel (Bilder 40, 41) und saugt so Luft mit in den Wasserstrom. Die Luft setzt sich im Druckwind-

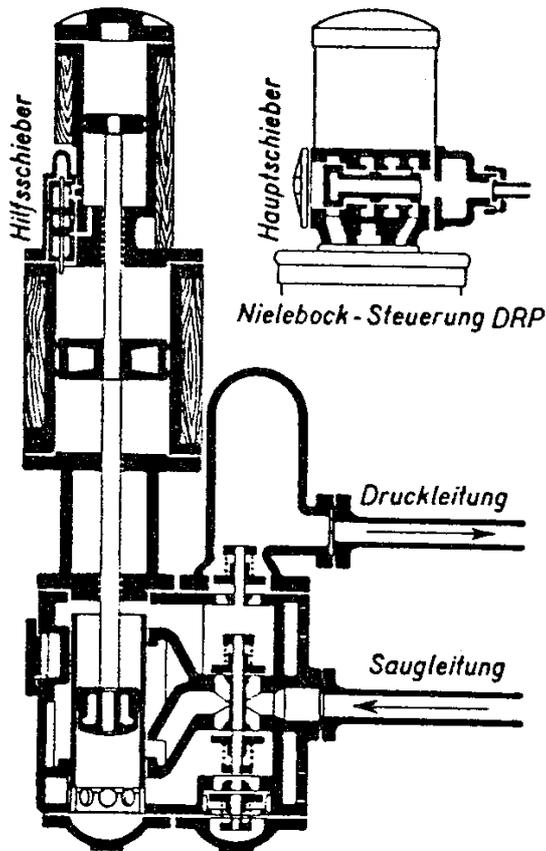


Bild 41. Speisepumpe Bauart „Nielebock-Knorr“

kessel ab und füllt das Luftpolster wieder auf. Tritt aus dem Prüfhahn wieder abwechselnd Luft und Wasser, dann wird der Schnüffelhahn geschlossen.

In diesem Druckwindkessel älterer Bauart berühren sich Luft und Wasser unmittelbar. Das hat den Nachteil, daß die Luft vom Wasser verhältnismäßig rasch aufgezehrt wird und infolgedessen das notwendige Luftpolster oft ergänzt werden muß.

Man hat daher neuerdings den Windkessel zylindrisch ausgebildet und in den Zylinder einen Schwimmer (Hohlkolben) gesetzt (Bilder 42, 43). Dieser Schwimmer trennt jetzt den Luft- und Wasserteil voneinander (Wasser und Luft berühren sich nur noch in dem geringen Spielraum zwischen Schwimmer und Zylinderwand) und verhindert so weitgehend das Aufzehren der Luft durch das Wasser. Seinem Zweck entsprechend wird diese neuere Ausführung des Druckwindkessels auch richtiger „Schwimmerstoßdämpfer“ genannt. Der Raum oberhalb des Schwimmers wird über ein Belüftungsventil im Führerstand mit Hauptbehälterluft (8 at) aufgefüllt. Da in den meisten Fällen der Druck der Speiseleitung erheblich über dem Hauptbehälterluftdruck liegt, kann die Druckluft im Stoßdämpfer wirksam nur dann aufgefüllt werden, wenn die Speiseleitung vorher drucklos gemacht wird. Dazu muß die Pumpe abgestellt und die Näßvorrichtung geöffnet werden. Das Belüften des Stoßdämpfers ist wegen der geringen Luftaufzehrung nur in größeren Zeitabständen notwendig, sobald die Pumpe anfängt, hart zu arbeiten. Beim Belüften setzt sich der Schwimmer auf den Boden des Stoßdämpfers und schließt mit ventilartigen Boden-

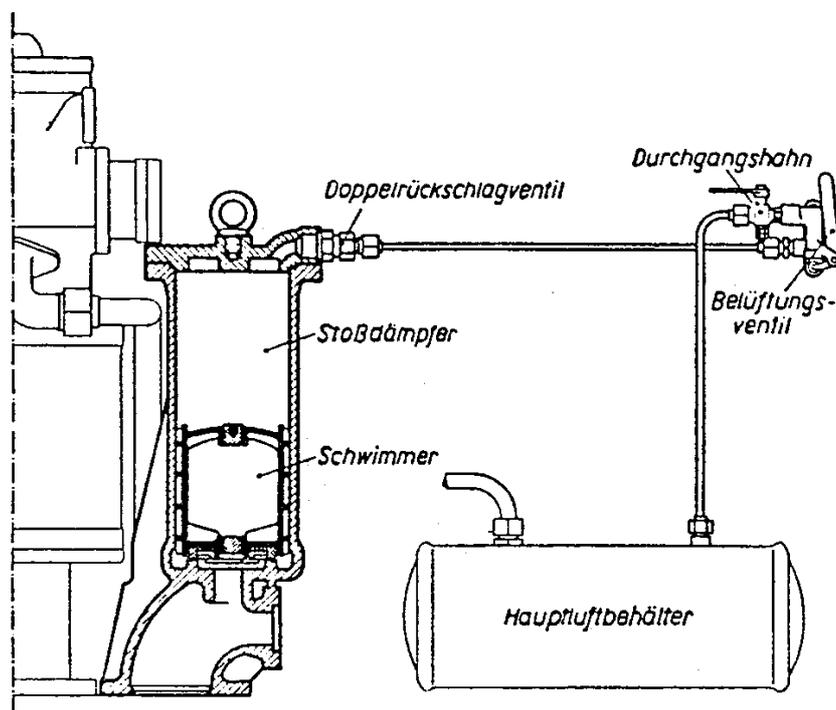


Bild 42. Schwimmerstoßdämpfer an der „Knorr-Tolkien“-Speisepumpe
(mit Auffüllvorrichtung)

sätzen den Stoßdämpfer von der Speiseleitung ab. Rückschlagventile in der Belüftungsleitung sollen bei falscher Bedienung das Eindringen von Wasser in den Hauptluftbehälter verhüten.

Die meisten Wandlungen hat der Antrieb der Speisewasserpumpe erfahren. In dem Bestreben, den Dampfverbrauch für die Pumpe immer weiter zu senken und andererseits die Betriebssicherheit zu erhöhen, hat man sowohl die Bauart der Antriebszylinder wie die Steuerungen mehrfach verbessert. Eines haben die älteren und neueren Pumpen gemeinsam, nämlich die Anordnung des Antriebskolbens und des Wasserpumpenkolbens auf einer gemeinsamen durchgehenden Kolbenstange. Der Dampfzylinder für den Antrieb liegt senkrecht über der Wasserpumpe. Der Kolbenstangenausstritt aus dem Zylinder ist durch Stopfbüchsen abgedichtet.

Die älteren Speisepumpen Bauart „Knorr“ arbeiten einstufig (Bilder 44 a,b). Es ist nur ein Dampfzylinder vorhanden, in dem der Kolben beim Hin- und Hergang abwechselnd von der einen Seite über den ganzen Kolbenhub mit vollem Dampfdruck beaufschlagt wird, während die andere Kolbenseite mit der Ausströmung verbunden ist. Der Speisepumpenantrieb arbeitet hier also als Volldruckmaschine. Die fehlende Ausnutzung der Dehnung erschien wegen der Kleinheit der Hilfsmaschine und auch deshalb tragbar, weil die Wärme des Auspuffdampfes größtenteils im Vorwärmer zurückgewonnen wird.

In die hohle Kolbenstange ist beweglich eine Stößelstange zur Betätigung des Hilfsschiebers eingesetzt. Kurz vor Hubende nimmt der Arbeitskolben die Stößelstange mit und steuert damit den Hilfsschieber mechanisch in die obere oder untere Endstellung um (Bilder 44 a,b). Der Hilfsschieber steuert seinerseits

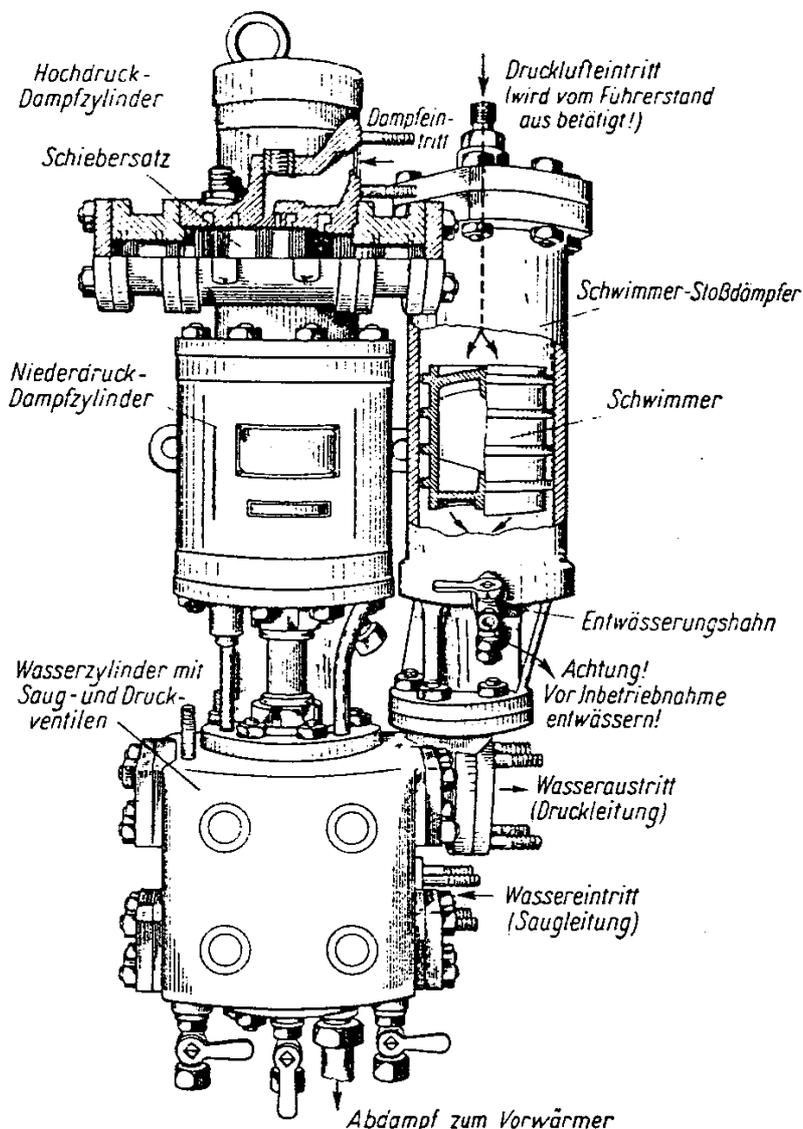


Bild 43. Verbundspeisepumpe Bauart „Knorr-Tolkien“

durch Dampf den Hauptschieber um, und dieser gibt die Dampfwege für den Arbeitskolben frei.

Da sich die Umsteuerung in der oberen und der unteren Totpunktlage des Kolbens vollzieht, genügt es, diese Stellungen näher zu betrachten (Bilder 44 a, b).

Kurz vor der unteren Totlage zieht der Arbeitskolben (vermöge der Nase p und des Knopfes k) mit der Stößelstange t den Schieber s in die untere Endlage. Dabei wird die links des Hauptschieberkolbens k_2 liegende Kammer über die Kanäle 5, 6

und 3 ins Freie entlüftet. Der Raum zwischen den beiden verschieden großen Betätigungskolben des Hauptschiebers k_1 und k_2

ist ständig mit Frischdampfdruck beaufschlagt. Bei Entlüftung der linken Kammer des Kolbens k_2 überwiegt der Druck auf die größere Kolbenfläche k_2 . Der Schieber wird in die linke Endlage

Diese Schieberlage bleibt so lange bestehen, bis der Arbeitskolben wieder die untere Totlage erreicht.

Wie jede Volldruckmaschine, arbeitet auch der Antrieb der „Knorr“-Speisepumpe recht unwirtschaftlich. Man hat daher den Antrieb durch Hinzufügen eines größeren Niederdruckzylinders verbessert. Die Antriebsmaschine der „Nielebock-Knorr“-Speisepumpe arbeitet mit Verbundwirkung, wobei der Hochdruckzylinder wieder mit Vollfüllung beaufschlagt, der Abdampf des Hochdruckzylinders aber statt in den Auspuff in den Niederdruckzylinder geleitet wird, wo er sich entspannen und einen weiteren Teil seiner Arbeitsfähigkeit nutzbar machen kann (Bilder 41, 45a,b).

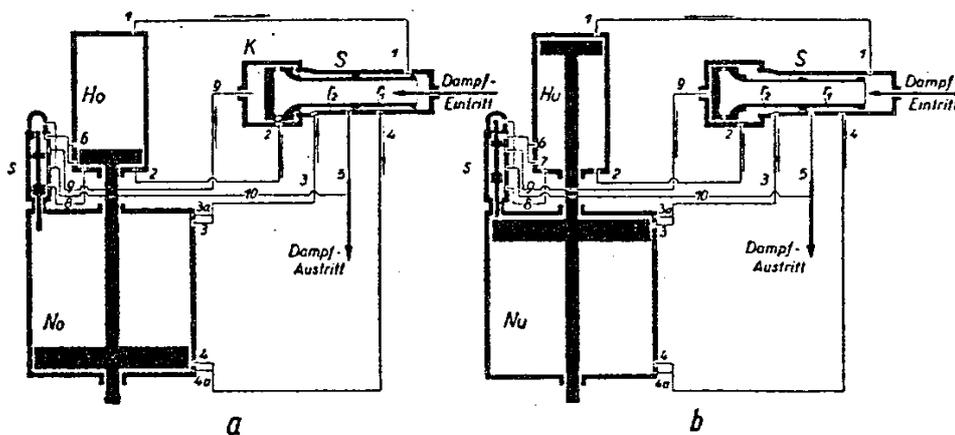


Bild 45a. Arbeitsweise der Kolbensteuerung der Verbundspeisepumpe „Nielebock-Knorr“ (beim Aufwärtsgang der Arbeitskolben)

Bild 45b. Arbeitsweise der Kolbensteuerung der Verbundspeisepumpe „Nielebock-Knorr“ (beim Abwärtsgang der Arbeitskolben)

S = Hauptsteuerschieber, s = Hilfssteuerschieber, H_o , H_u , N_o , N_u = Arbeitsräume der Dampfmaschinenzylinder

Gleichzeitig mit dem Übergang zur Verbunddampfmaschine wurde auch die Steuerung verbessert. Zwar wird die Dampfverteilung auf die beiden Arbeitszylinder ebenfalls durch einen Haupt- und einen Hilfsschieber geregelt. Der Hilfsschieber wird jedoch nur noch in einer Bewegungsrichtung mechanisch, in der anderen durch den Pumpendampf gesteuert.

Wir betrachten wieder die beiden Umsteuerlagen im unteren und oberen Totpunkt des Arbeitskolbens (Bilder 45a,b).

Der Hilfsschieber hat 2 Kolbenkörper und bewegt sich in einer zylindrischen Führung. In der unteren Totpunktlage (Bild 45a) gibt der Hochdruckarbeitskolben die Bohrung 6 frei. Hierdurch gelangt Frischdampf über den oberen Hilfsschieberkolben. Der Hilfsschieber geht in seine untere Stellung und gibt die Verbindung von Kanal 6 zu Kanal 9 frei. Es strömt Frischdampf in die Steuerkammer K des Hauptschiebers und drückt ihn in die rechte Endstellung, da der Druck auf die größere Kolbenfläche der Kammer K gegenüber dem Druck auf die kleinere Innenkolbenfläche des hohlen Hauptschiebers, die auch Frischdampfdruck er-

hält, überwiegt. In der rechten Endstellung öffnet der Hauptschieber über Bohrungen den Frischdampfzutritt durch Kanal 2 zum unteren Zylinderraum des Hochdruckkolbens H_U . Gleichzeitig wird der obere Hochdruckzylinderraum H_O über die Kanäle 1 und 4 mit dem unteren Niederdruckzylinderraum N_U und der obere Niederdruckzylinderraum N_O über die Kanäle 3 und 5 mit der Ausströmung verbunden.

Der Arbeitskolben führt danach einen Kolbenhub nach oben aus. Im oberen Totpunkt (Bild 45b) drückt der Niederdruckkolben den Hilfsschieber vermöge einer Stoßstange in die obere Endlage. In dieser Lage öffnet der Hilfsschieber die Verbindung von Kanal 9 zu Kanal 10, gibt also dem Dampf in der Steuerkammer K des Hauptschiebers den Weg zur Ausströmung frei. Jetzt kann der Frischdampf, der auf die Innenkolbenfläche des Hauptschiebers wirkt, den Hauptschieber in seine linke Endstellung bewegen. Hier gibt der Schieber über Kanal 1 den Frischdampfzutritt zum oberen Hochdruckzylinderraum H_O frei. Der untere Hochdruckraum

H_U wird über die Kanäle 2 und 3 mit dem oberen Niederdruckraum N_O und der untere Niederdruckraum N_U über die Kanäle 4 und 5 mit der Ausströmung verbunden.

Der Arbeitskolben führt dann einen Kolbenhub nach unten aus. In der oberen Endstellung wird der Hilfsschieber dadurch festgehalten, daß über Kanal 8 Frischdampf unter den unteren Hilfsschieberkolben tritt. Derselbe Druck wirkt auch über Kanal 6 auf den oberen Hilfsschieberkolben entgegengesetzt. Infolgedessen kommt keine bewegende Kraft auf den gesamten Hilfsschieber zustande, zumal auch die Hilfsschieberstange von unten her von dem Dampfdruck im Niederdruckzylinderraum belastet wird; dieser Druck hält den Schieber entgegen seinem eigenen Gewicht und dem in der kleinen Kappe herrschenden Auspuffdruck auf den Stangenquerschnitt in der oberen Lage fest.

Zum Abfangen der Massen des Arbeitskolbens gegen Hubende sind die Ausströmleitungen 3 und 4 in einen großen und einen kleinen Kanal verzweigt. Der große Kanal wird schon kurz vor Hubende durch den Kolben abgeschlossen. Es bildet sich dann im Zylinderraum ein Dampfpolster, das die Kolbenmasse abfängt, da der Restdampf aus dem kleineren Kanal 3a und 4a nicht so schnell abströmen kann.

Eine weitere Entwicklung des Speisepumpenantriebes stellt die Verbundspeisepumpe mit Tolkien-Steuerung dar. Gegenüber der Knorr-Nielebock-Pumpe ist hauptsächlich die Steuerung nach neuen Grundsätzen aufgebaut. Die Tolkien-Steuerung vermeidet jede mechanische Vorsteuerung vom Arbeitskolben aus. Der Hauptschieber mit den an beiden Seiten angehängten Hilfsschiebern wird nur vom Arbeitsdampf der Zylinder gesteuert.

Wir betrachten wieder die beiden Umkehrstellungen (Totpunktlagen) des Arbeitskolbens, in denen die Umsteuerung vollzogen wird (Bilder 46 bis 49).

Kurz vor Erreichen der oberen Totpunktlage (Bild 46) gibt der Hochdruckkolben die Bohrung 6 frei. Es gelangt Frischdampf über Kanal 6, 6a, m_1 und 7 in die Hauptsteuerkammer k_1 . Die hier-

durch entstehende, nach rechts gerichtete Kolbenkraft überwiegt die Kolbenkräfte, die nach links durch Zwischendampf in der Hauptsteuerkammer k_r und durch Frischdampf in der Hilfssteuerkammer a_r entstehen. Der Hauptsteuerschieber wird nach rechts geschoben und drückt dabei den lose angehängten rechten Hilfssteuerschieber H_r vor sich her. Dabei erhält der obere Hochdruckzylinderteil H_o über den Kanal r_1 , 1 und 1a Frischdampf. Der untere Hochdruckzylinderteil H_u wird über Kanal 2, r_2 und 3 mit dem oberen Niederdruckzylinderteil N_o und der untere Niederdruckzylinderteil N_u über Kanal 4, o_1 und o_2 mit der Ausströmung verbunden. Die auf die Arbeitskolben jetzt einwirkenden Dampfkraft treiben den Kolben nach abwärts. Beim Umsteuern des Hauptsteuerschiebers von der linken in die rechte Endlage bleibt zunächst der lose angehängte Hilfssteuerschieber H_l in der linken Endlage stehen (Bild 46). Sowie dann über Kanal r_1 die Leitung 1 Frischdampf erhält, gelangt über einen Abzweig dieser Leitung durch Bohrung 11 Frischdampf auch in die linke Hilfssteuerkammer a_l , und nun eilt der Hilfssteuerschieber H_l dem Hauptschieber nach. Hat der Hilfsschieber

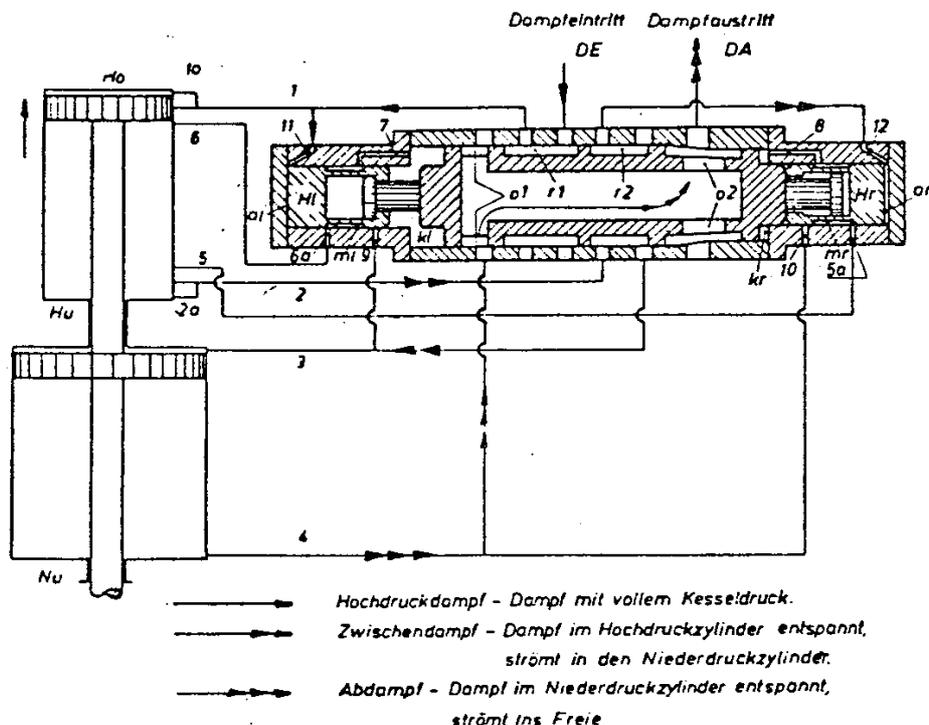


Bild 46. Arbeitsweise der „Tolkien“-Steuerung
(obere Totpunktstellung der Arbeitskolben)

den Hauptschieber erreicht, dient die auf ihn ausgeübte Kolbenkraft dazu, den Hauptschieber vollends in die rechte Endlage zu schieben und dort während des Abwärtshubes des Arbeitskolbens festzuhalten (Bild 47). Inzwischen ist durch die Bewegung des

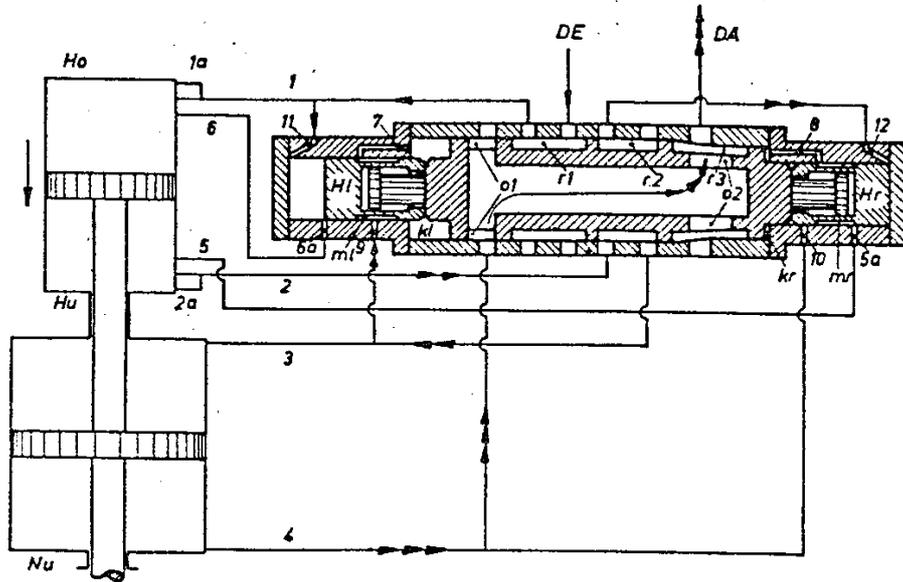


Bild 47. Arbeitsweise der „Tolkien“-Steuerung (beim Abwärtsgang der Arbeitskolben)

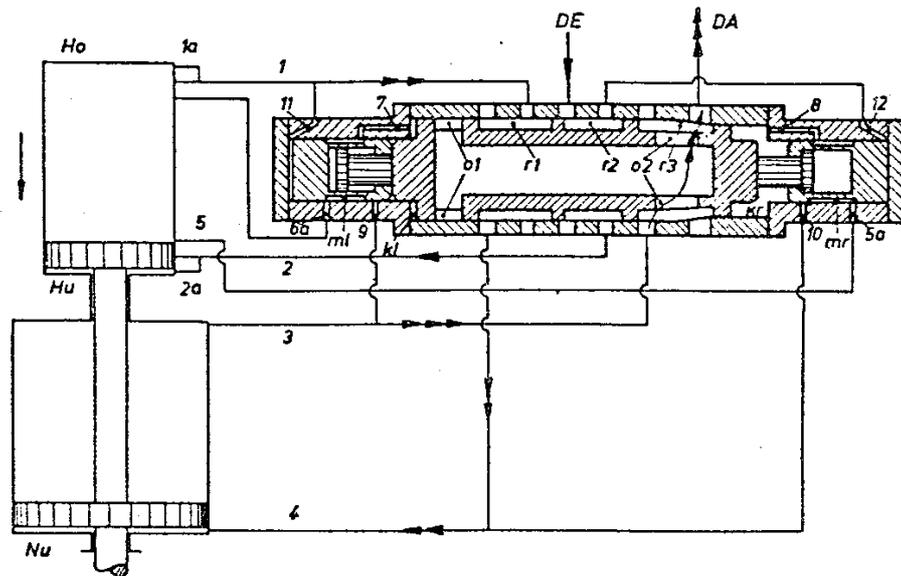


Bild 48. Arbeitsweise der „Tolkien“-Steuerung (untere Totpunktstellung der Arbeitskolben)

Hauptschiebers und des Hilfsschiebers von links nach rechts die Frischdampfzufuhr zur Hauptsteuerkammer k_1 wieder unterbrochen, und diese Steuerkammer erhält über einen Abzweig des Kanals 3 über Bohrung 9 und 7 nur noch den Zwischendampf, der vom Hochdruckzylinder zum Niederdruckzylinder strömt.

Sobald der Hochdruckarbeitskolben in die Nähe der unteren Totpunktlage gelangt ist, gibt er die Bohrung 5 dem Frischdampfzutritt frei. Im umgekehrten Spiel wie in der oberen Totpunktlage erhält jetzt über Kanal 5, $5a$, m_r , 8 die rechte Hauptsteuerkammer Frischdampf (Bild 48). Der Hauptschieber wird zunächst ohne den rechten Hilfsschieber H_r nach links geschoben und gibt so

über r_2 und 2 die Frischdampfzufuhr nach H_u , über 1, r_1 und 4 die Zwischendampfüberströmung von H_o nach N_u und über 3 und o_2

die Ausströmung aus N_o frei. Gleichzeitig erhält über r_2 und 12 die rechte Hilfssteuerkammer a_r Frischdampf. Der Hilfssteuerschieber H_r rückt dem Hauptschieber nach, schiebt ihn in die

linke Endstellung und hält ihn dort während des aufwärts gerichteten Hubes des Arbeitskolbens fest (Bild 49). Da die Bohrungen 11 und 12 verhältnismäßig eng ausgeführt sind, bildet sich beim Bewegen des Hauptschiebers in den Hilfssteuerkammern a_r und a_l kurz vor Erreichen der Endlage ein Dampf-

polster, das den Stoß der Schiebermasse auffangen soll. Als neuere Steuerung für Kolbenpumpen ist ferner die P-Steuerung zu erwähnen. Sie arbeitet ähnlich wie die Nielebock-Knorr-Steuerung mit einem halb selbsttätig gesteuerten Hilfssteuerschieber und einem Hauptsteuerschieber.

polster, das den Stoß der Schiebermasse auffangen soll. Als neuere Steuerung für Kolbenpumpen ist ferner die P-Steuerung zu erwähnen. Sie arbeitet ähnlich wie die Nielebock-Knorr-Steuerung mit einem halb selbsttätig gesteuerten Hilfssteuerschieber und einem Hauptsteuerschieber.

polster, das den Stoß der Schiebermasse auffangen soll.

Als neuere Steuerung für Kolbenpumpen ist ferner die P-Steuerung zu erwähnen. Sie arbeitet ähnlich wie die Nielebock-Knorr-Steuerung mit einem halb selbsttätig gesteuerten Hilfssteuerschieber und einem Hauptsteuerschieber.

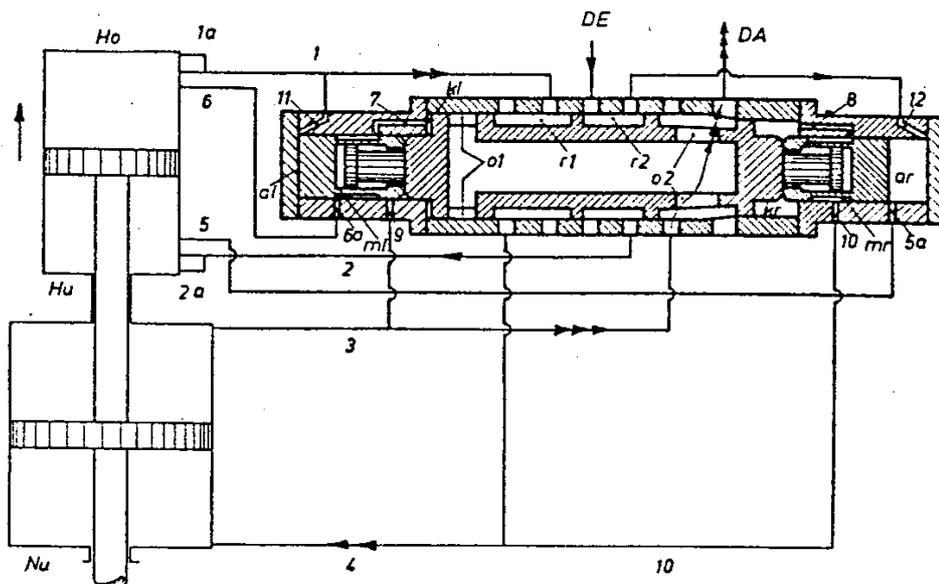


Bild 49. Arbeitsweise der „Tolkien“-Steuerung
(beim Aufwärtsgang der Arbeitskolben)

In der unteren Totpunktlage (Bild 50) gibt der Hochdruckarbeitskolben einen Kanal a frei, durch den über Leitung 1 und Kanal b Dampf in die Kammer C des Hilfssteuerschiebers tritt. Der Hilfssteuerschieber wird in die untere Endlage gedrückt und dort durch den über Leitung 3 und Kanal c einströmenden Frischdampf festgehalten. Durch einen weiteren Abzweig der Leitung 3 gelangt in der unteren Lage des Hilfssteuerschiebers Frischdampf über Kanal d in den Raum r_4 und dort über Kanal e und Leitung 4 in die rechte Steuerkammer B des Hauptsteuerschiebers. Der Hauptsteuerschieber wird in die linke Endlage gedrückt und gibt dabei den Frischdampfeintritt über r_2 , Leitung 6 in den unteren Zylinderraum des Hochdruckzylinders (H_U) frei.

Gleichzeitig wird der teilweise entspannte Frischdampf (Verbinderdampf) aus dem oberen Hochdruckzylinderraum (H_O) über Leitung 7, r_1 , Leitung 8 in den unteren Niederdruckzylinderraum (N_U) geleitet und der Abdampf kann aus dem oberen Niederdruckzylinderraum (N_O) über Leitung 9, r_3 ins Freie entweichen. Die Arbeitskolben gehen aufwärts.

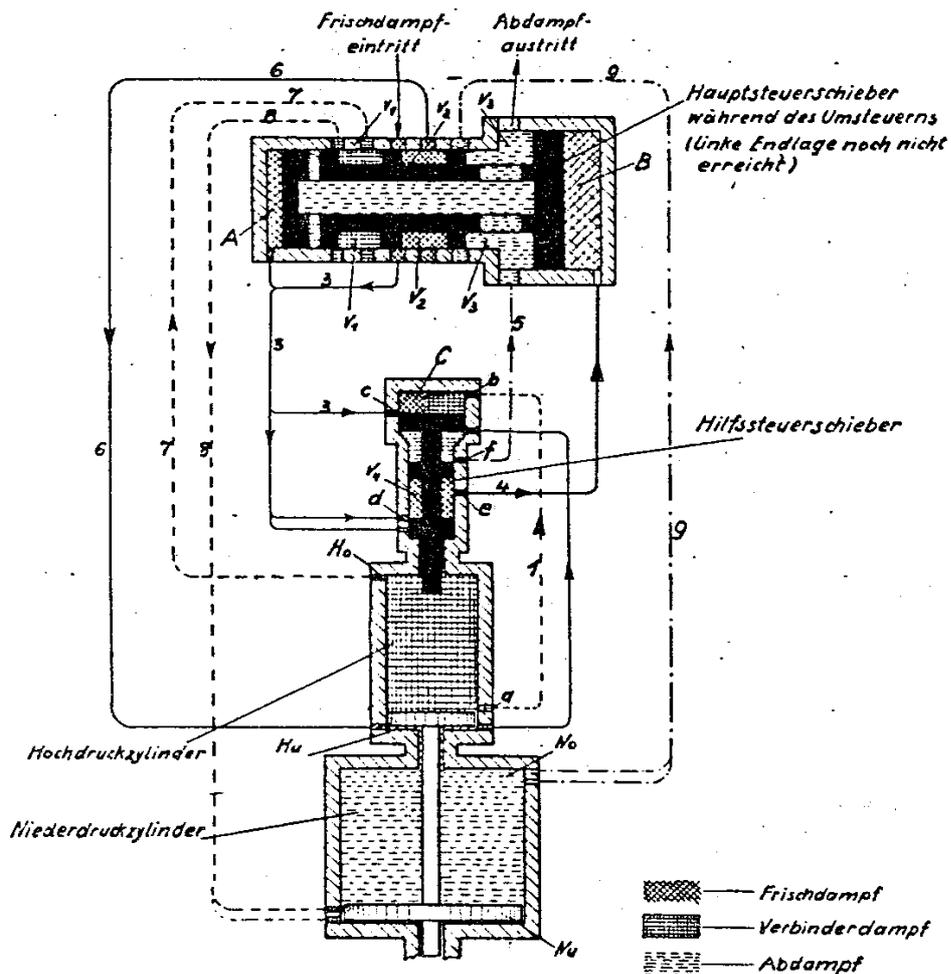


Bild 50. P-Steuerung (untere Totpunktlage der Arbeitskolben)

In der Nähe des oberen Totpunktes (Bild 51) drückt der Hochdruckkolben den Hilfssteuerschieber mittels der in den Zylinderraum ragenden Stößelstange in die obere Endlage. Hierbei sperrt der Hilfssteuerschieber den Frischdampfeintritt durch Kanal *d* ab und öffnet in der oberen Endlage den Kanal *f*, durch den der Frischdampf aus der Hauptsteuerkammer *B* und Hilfssteuerkammer *r*₄ über Leitung 5 ins Freie abströmen kann. Da

dann auf dem rechten Kolben des Hauptsteuerschiebers kein Druck mehr liegt, kann der Frischdampfdruck der linken Hauptsteuerkammer *A*, die ständig über Leitung 3 Frischdampf erhält, den Hauptschieber in die rechte Endlage schieben. Dabei gibt der Schieber dem Frischdampf über Steuerkammer *r*₁, Leitung 7 den

Weg zum oberen Hochdruckzylinderraum (*H*₀) frei, der Verbinderdampf kann von *H*₀ über Leitung 6, Steuerkammer *r*₂, Leitung 9

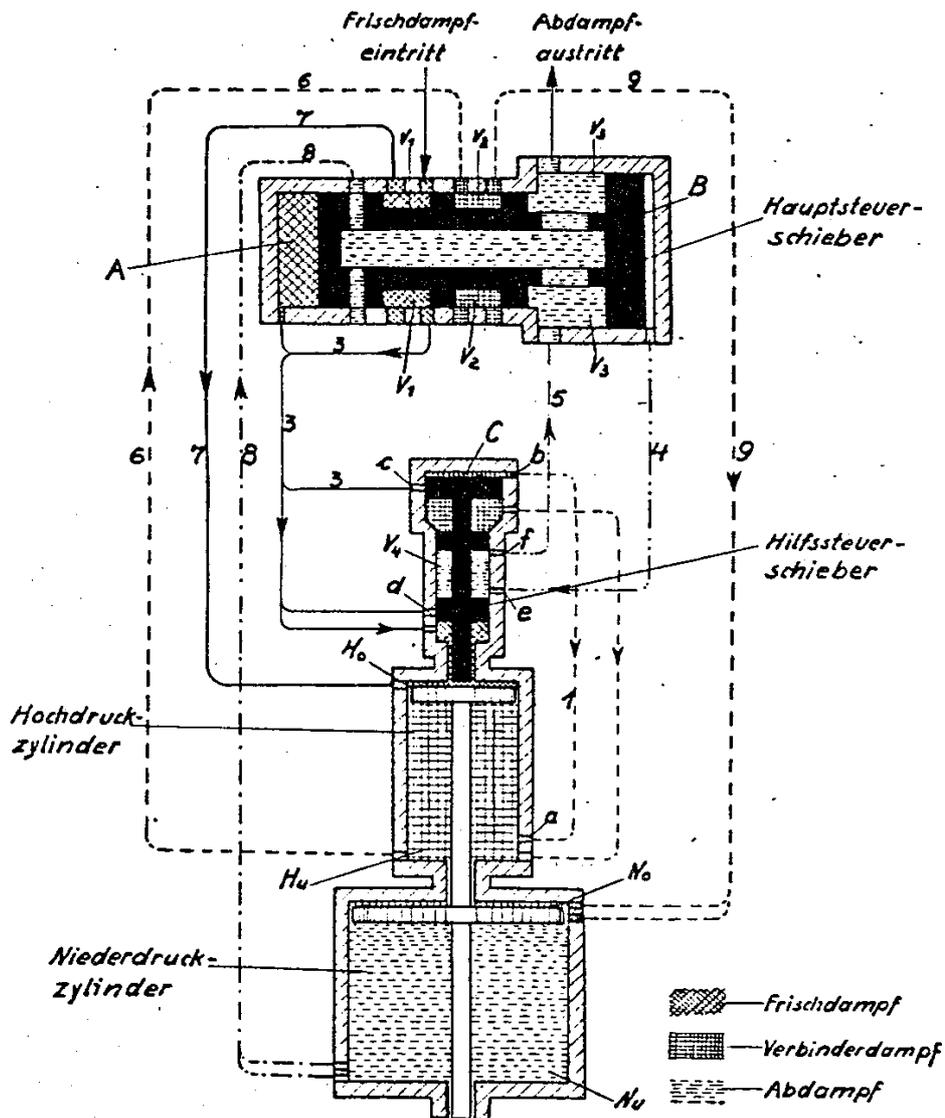


Bild 51. P-Steuerung (obere Totpunktlage der Arbeitskolben)

nach N_0 strömen, und der Abdampf gelangt von N_U über Leitung 8

ins Freie. Der Kolbensatz bewegt sich nach abwärts, bis sich im unteren Totpunkt das Spiel wiederholt.

Die Anordnung der Arbeitszylinder ist bei der Knorr-Nielebock- und der Knorr-Tolkien-Pumpe im wesentlichen gleich. Nur ist die Dämpfung der Arbeitskolben, die bei den Nielebock-Pumpen im Niederdruckteil liegt, bei den Tolkien-Pumpen in den Hochdruckteil eingebaut (Kanal 1, 1a, 2, 2a). Hierdurch läßt sich eine erheblich größere Hubzahl (etwa 100 gegen 60 Doppelhübe/min) und eine entsprechend größere Leistung erreichen.

Die Förderleistung beträgt bei den kleineren Knorr-Tolkien-Pumpen 125...200 l/min; bei den größeren 250...400 l/min.

Die Schmierung der Dampfzylinder der neueren Speisepumpen besorgt eine Schmierpumpe, die auf dem Deckel des Dampfzylinders angebracht ist und ihren Antrieb vom Dampfkolben aus über eine Stößelstange erhält. Die älteren Speisepumpen erhalten das Schmieröl für die Dampfzylinder aus einem Schmiergefäß am Schiebergehäuse, das in kürzeren Zeitabständen während der Fahrt mit einer Handpumpe vom Führerstand aus aufgefüllt werden muß. Da die Pumpen mit Naßdampf betrieben werden, ist für die Schmierung Naßdampföl zu verwenden.

Damit das Lokomotivpersonal den Gang der Pumpe verfolgen kann, ist im Führerstand ein Hubzähler angebracht. Er arbeitet nach Art des Dampfdruckmessers. Sein Zeiger schlägt also aus, sobald der Hubzähler Dampfdruck erhält. Der Hubzähler, der mit einer Leitung an einer Schieberkammer angeschlossen ist, zeigt jeweils die Druckänderung in der Schieberkammer an, und jeder Ausschlag des Hubzählers entspricht so einem Doppelhub der Speisepumpe.

In dem Bestreben, den Dampfverbrauch der Speisevorrichtungen so niedrig wie möglich zu halten und die im Abdampf enthaltene Wärme weitgehend auszunutzen, wurden bei der ehemals österreichischen und bei ausländischen Eisenbahnen Pumpenbauarten verwendet, die von den Speisevorrichtungen der Reichsbahn wesentlich abweichen.

Zwei Pumpenbauarten sind bei den Lokomotiven dieser Bahnverwaltungen im größeren Umfange eingebaut, die Dabeg-Pumpe und die Heinl-Pumpe. Beide vereinen enger als bei den Reichsbahnlokomotiven Pumpe und Vorwärmer miteinander, und beide arbeiten mit Mischvorwärmern, d.h. Speisewasser und Abdampf werden in einem besonderen Einspritzraum unmittelbar miteinander gemischt. Zu diesem Zweck wird das in den Einspritzraum geförderte Speisewasser durch ein Spritzrohr und Siebbleche in dünne Strahlen und kleine Tropfen verteilt; in dieser Form nimmt das Speisewasser am schnellsten die im Abdampf enthaltene Wärme auf, wobei der Abdampf zu Wasser niedergeschlagen wird. Die Dabeg-Pumpe erhält ihren Antrieb mechanisch unmittelbar vom Triebwerk, die Heinl-Pumpe benutzt zur Wasserförderung eine Kolbenspeisepumpe und eine Dampfstrahlpumpe.

Die Dabeg-Pumpe (Bild 52) setzt sich aus einer Kaltwasser-, einer Warmwasserpumpe und dem dazwischenliegenden Mischvorwärmer zusammen. Beide Pumpen sind einfachwirkend, ihre Tauchkolben sind fest mit einem gemeinsamen Kreuzkopf verbunden, von dem sie bewegt werden. Eine in das Pumpengehäuse eingesetzte Kreuzkopfbahn sorgt für ausreichende Führung.

Das kalte Tenderwasser tritt durch ein Filter, das grobe Unreinigkeiten abfangen soll, in den Saugwindkessel der Kaltwasser-

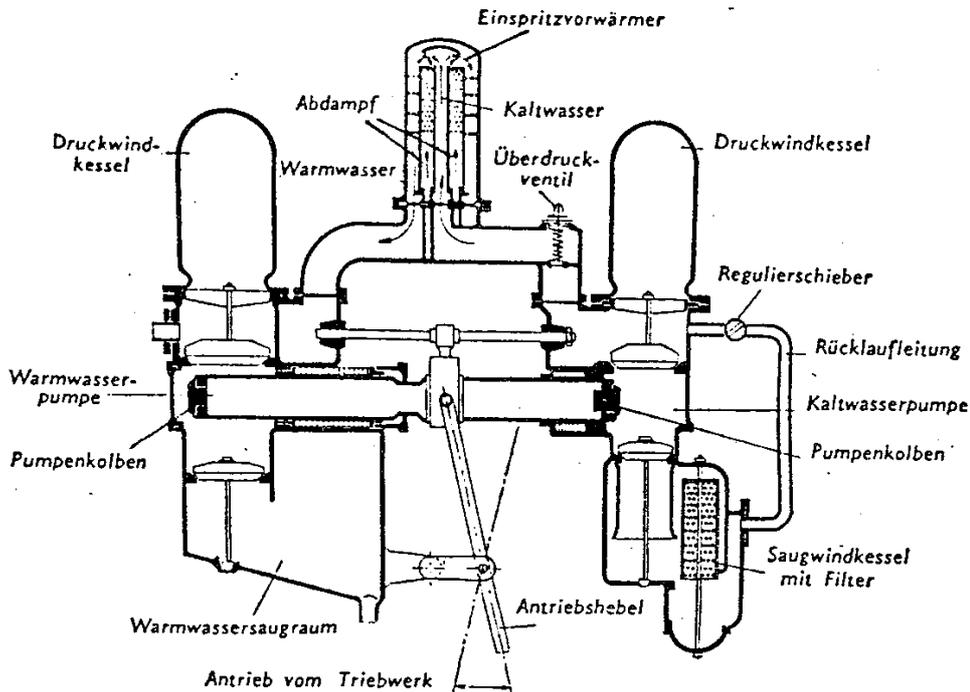


Bild 52. Dabeg-Pumpe

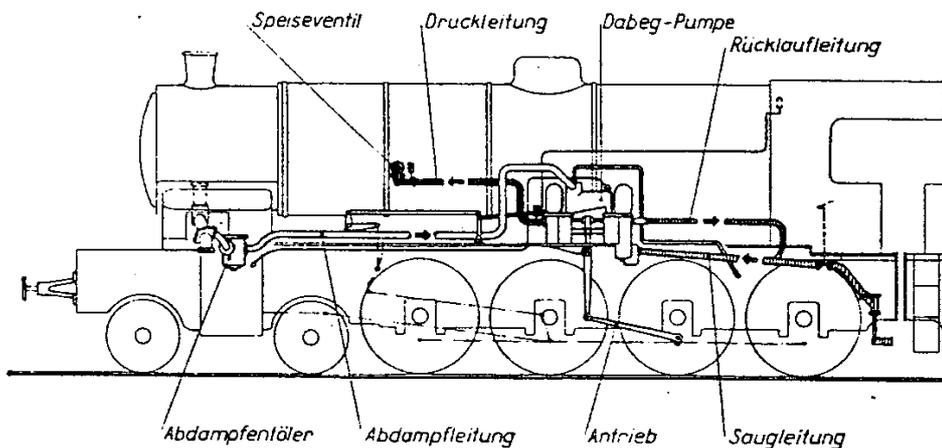


Bild 53. Anordnung der Dabeg-Lokomotivfahrpumpe

pumpe ein, gelangt durch das Saugventil in den Pumpenraum und wird von dort durch das Druckventil zum Einspritzvorwärmer gefördert, wobei der mitwirkende Druckwindkessel wieder wie bei anderen Kolbenpumpen die Druckschwankungen ausgleicht. Hinter dem Druckraum findet das geförderte Wasser zwei Wege vor. Entweder gelangt es nach Überwindung eines Überdruckventils in den Einspritzraum oder durch einen Regulierschieber mit Schlitzöffnungen und einer Rücklaufleitung wieder in den Saugwindkessel. Der Regulierschieber steht in Abhängigkeit von der Steuerungseinstellung. Bei kleinen Füllungen und sehr weit ausgelegter Steuerung, also für solche Einstellungen, bei denen

die Lokomotive nicht voll ausgelastet ist, öffnet der Schieber dem Wasser den Weg zum Saugwindkessel, dagegen schließt er bei mittleren Füllungen und sorgt so dafür, daß das gesamte geförderte Wasser in den Mischvorwärmer und von dort in den Kessel gelangt. Auf diese Weise soll die Wasserförderung möglichst weitgehend selbsttätig der Dampfentnahme aus dem Kessel angepaßt werden. Vollkommen kann jedoch diese Regelung auch nicht sein; daher ist in die Kaltwassersaugleitung noch ein von Hand bedienbares Regelventil eingeschaltet, mit dem der Heizer die angesaugte Wassermenge beeinflussen kann.

Im Einspritzraum mischt sich das Wasser mit dem Abdampf der Zylinder, läuft dann der Wasserpumpe zu und wird von dort in den Kessel gedrückt. Ein Ausgleichrohr leitet den überschüssigen Abdampf und etwa entstehende Gase aus dem Einspritzraum in den Aschkasten (Bild 53).

Um das aus den Zylindern im Abdampf mitgeführte Schmieröl vor dem Kessel zurückzuhalten, ist in die Abdampfleitung vor dem Einspritzvorwärmer ein Entöler eingeschaltet.

Diese bei den Lokomotiven der Alpen- und Donauländer ehemals verbreitete ältere Bauart der Dabeg-Pumpe ist bei einigen Lokomotiven durch eine neuere Bauart abgelöst worden, die äußerlich am liegenden (statt stehenden) Einspritzrohr kenntlich ist und sich auch in der Regelung der Wassermenge unterscheidet. Im grundsätzlichen Aufbau sind jedoch beide Bauarten gleich.

Die Heinl-Pumpenanlage (Bild 54) setzt sich aus einer Strahlpumpe und einer mit Dampf angetriebenen Kolbenspeisepumpe, einem Niederdruck- und einem Hochdruckvorwärmer sowie einem Warmwasserspeicher zusammen. Die Strahlpumpe drückt zunächst das Wasser aus der Saugleitung durch den Warmwasserspeicher in den Niederdruckvorwärmer. Dort wird das Wasser durch ein Spritzrohr fein verteilt und mit dem Zylinderabdampf vermischt. Überschüssiger Dampf entweicht zusammen mit etwa gebildeten Gasen durch ein Entlastungsrohr in den Aschkasten. Eine Stauscheibe im Abdampfzuleitungsrohr begrenzt die Abdampfmenge auch bei voll ausgelasteter Lokomotive so, daß das Wasser im Niederdruckvorwärmer nicht zum Sieden kommt. Die Dampfstrahlpumpe fördert stets mehr Wasser, als die Warmwasserpumpe aus dem Niederdruckvorwärmer absaugt. Das überschüssige vorgewärmte Wasser fließt durch eine Rückleitung wieder der Strahlpumpe zu und wird erneut durch den Warmwasserspeicher in den Niederdruckvorwärmer gefördert. Durch diesen Kreislauf wird der Warmwasserspeicher allmählich mit dem zuviel gebildeten Warmwasser des Niederdruckvorwärmers aufgefüllt. Die augenblicklich nicht ausnutzbare Abdampfmenge kann so für die Zeit gespeichert werden, wo kein Abdampf zur Vorwärmung vorhanden ist (geschlossener Regler).

Um diese Speichermöglichkeit auch dann auszunutzen, wenn der Hauptanlaßschieber der Heinl-Pumpe geschlossen ist, führt eine besondere Dampfleitung vom Schieberkasten über ein Rückschlagventil zur Strahlpumpe. Unabhängig von der Stellung des Hauptanlaßschiebers fördert also die Strahlpumpe stets dann, wenn im Schieberkasten Dampfdruck vorhanden ist und dementsprechend Abdampfwärme zur Wasservorwärmung zur Verfügung steht. Die Dampfzuleitung vom Schieberkasten zur Strahlpumpe kann durch ein Ventil geschlossen werden. Durch die so geschaffene Speichermöglichkeit des Warmwassers wird das schädliche Kaltspeisen des Kessels weitgehend vermindert.

Aus dem Niederdruckvorwärmer saugt die Warmwasserpumpe und

wasserzufuhr aufhört. Zum anderen muß es beim Schadhafwerden der Speiseleitung oder der Pumpanlage den Austritt von Dampf und Wasser aus dem Kessel selbsttätig verhindern. Schließlich muß der Kessel durch eine von Hand zu bedienende Vorrichtung abgeschlossen werden können, falls das selbsttätige Ventil sich festklemmt oder aus anderen Gründen nicht mehr sicher schließt. Bei den Reichsbahnlokomotiven sind daher im Kesselspeiseventil, hintereinander geschaltet, ein selbsttätig arbeitendes Rück-

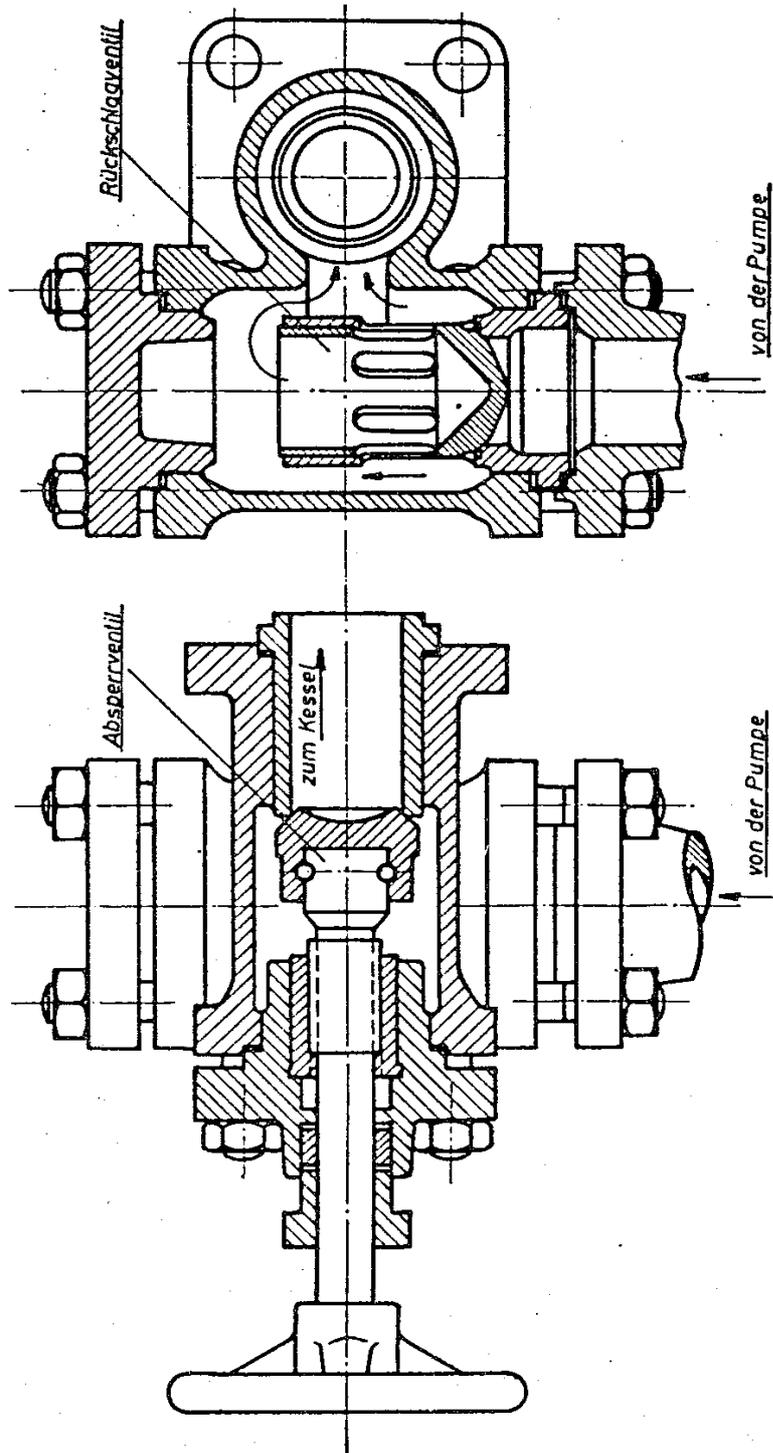


Bild 55. Kesselspeiseventil

schlagventil und ein von Hand bedientes Absperrventil vereinigt (Bild 55). Beide Ventile sind unabhängig voneinander. Da das Rückschlagventil, in Richtung des Speisewasserstromes gesehen, vor dem Handabsperrentventil sitzt, kann es während des Kesselbetriebes ausgebaut, gereinigt und erforderlichenfalls neu eingeschliffen werden, sobald das Handabsperrentventil geschlossen ist. Die Reinigung ist besonders bei solchem Wasser häufiger notwendig, das schon in der Speiseleitung Kesselstein und Schlamm absetzt. Im Regelbetrieb des Kessels muß das Handabsperrentventil geöffnet sein. Zur Verhütung von Schäden ist darauf besonders bei Übernahme der Lokomotiven vor dem Anstellen der Pumpen zu achten.

Das Absperrn der Speiseleitung beim Stillsetzen der Pumpen übernimmt dann das Rückschlagventil; sowie der Druck in der Speiseleitung unter den Kesseldruck sinkt, wird das Rückschlagventil vom Kesseldruck selbsttätig auf seinen Sitz gedrückt. Es öffnet sich wieder, wenn der Druck in der Speiseleitung den Kesseldruck übersteigt.

Die Kesselspeiseventile liegen beiderseits des Speisedoms (Bild 56 - Anhang) oder bei älteren Lokomotiven unmittelbar am Kessel im vorderen Langkesselschuß.

2.3. Wasserstandseinrichtungen

Eine weitere wichtige Sicherheitseinrichtung des Kessels ist die Wasserstandsanzeige. Die feuerberührten Wandflächen des Kessels müssen stets ausreichend gekühlt werden, damit ihre Temperatur nicht das aus Festigkeitsgründen zulässige Höchstmaß übersteigt. Es muß also dafür gesorgt werden, daß diese Wände ständig vom Wasser bespült sind. Daher ist gesetzlich vorgeschrieben, daß der niedrigste Wasserstand nicht unter 100 mm über den höchsten Punkt der Feuerbüchse sinken darf und daß zum Erkennen des Kesselwasserstandes zwei voneinander unabhängige Anzeigevorrichtungen vorhanden sein müssen. Eine der Wasserstandsanzeigen muß ein sichtbarer Wasserstand sein, damit dem Lokomotivpersonal die Höhe des Wasserstandes im Kessel ständig vor Augen ist.

Man unterscheidet sichtbare und unsichtbare Wasserstände. Die sichtbaren zeigen in einer mit dem Kessel verbundenen Glasröhre ständig die Wasserstandshöhe im Kessel an. Die unsichtbaren werden aus 3 Prüfhähnen oder Prüfventilen gebildet, die in Höhe des niedrigsten, mittleren und höchsten Wasserstandes in die Stehkesselrückwand eingebaut sind.

Zur Erklärung des sichtbaren Wasserstandes sei noch kurz folgendes vorausgeschickt: Verbindet man mehrere mit Flüssigkeiten gefüllte Gefäße durch eine gemeinsame Leitung miteinander, so stellt sich in allen Gefäßen, auch wenn ihr Querschnitt verschieden groß ist, der Wasserstand auf gleicher Höhe ein (Bild 57), solange in allen Gefäßen der gleiche Druck auf der Flüssigkeit liegt (sog. Gesetz der kommunizierenden Röhren).

Von diesem physikalischen Gesetz macht man bei dem Kesselwasserstand Gebrauch. Eine Glasröhre wird oben und unten mit zwei durchbohrten Flanschverbindungen wasser- und dampfdicht an den Kessel gesetzt, so daß im Wasserstandsglas und im Kessel stets der gleiche Druck herrscht. Dann spielt die Wassersäule im Glas auf die gleiche Höhe ein wie im Kessel. Voraussetzung für das richtige Arbeiten des Wasserstandes ist dabei jedoch, daß die

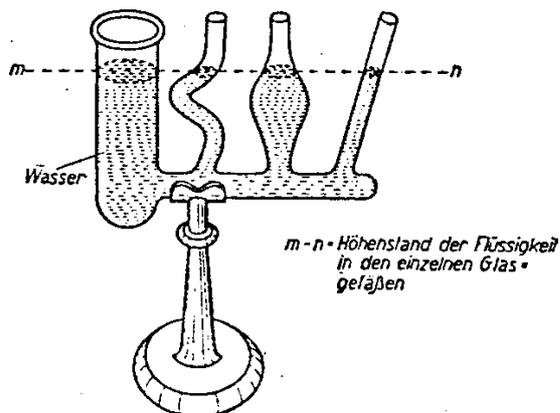


Bild 57. Flüssigkeitsstand bei verbundenen Gefäßen

Verbindungskanäle zum Kessel ständig offen bleiben. Darauf muß im Betrieb durch häufiges Überprüfen des sichtbaren Wasserstandes geachtet werden.

Außer bei zugesetzten Kanälen stellt sich ein sogenannter scheinbarer Wasserstand auch bei geöffnetem Regler ein. Solange der Kessel Dampf an die Zylinder abgibt, muß zum Ersatz der entnommenen Dampfmenge immer neuer Dampf erzeugt werden. Es steigen also je nach der Stärke der Dampfenahme mehr oder weniger Dampfblasen von den Heizflächen an die Wasseroberfläche. Da die Dampfblasen einen gewissen Raum im Wasser verdrängen, muß das Wasser nach oben ausweichen. Der Wasserstand im Kessel steigt also bei lebhafter Verdampfung höher als bei geschlossenem Regler. Diese Erscheinung muß besonders dann berücksichtigt werden, wenn mit sehr niedrigem Wasserstand gefahren wird. Der Wasserstand muß dann bei geöffnetem Regler stets mindestens so hoch gehalten werden, daß er auch nach Schließen des Reglers nicht unter die Marke des niedrigsten Wasserstandes fällt. Der bei den Reichsbahnlokomotiven meist gebräuchliche sichtbare Wasserstand besteht aus einer Glasröhre, die an beiden Enden durch eine Gummiringdichtung dampf- und wasserdicht mit dem Kesselanschlußstutzen verbunden ist (Bild 59). Der in die Anschlußstutzen eingesetzte Hahn trägt die Selbstschlußsicherung, die den Kessel beim Bruch des Wasserstandsglases selbsttätig absperrt und so Unfälle des Personals verhütet. In die Hahnküken ist eine Höhlung eingearbeitet, in der beweglich eine Kugel lagert. In der Betriebsstellung der Wasserstandshähne (Bild 58, Stellung 1) schräg nach unten liegt die Kugel so vor der Hahnöffnung, daß sie bei stärkerer Strömung im Hahnküken (Ausströmen von Dampf oder Wasser) selbsttätig vor die Öffnung gerissen wird.

Um den Wasserstand prüfen und durchblasen zu können, muß es aber möglich sein, den Kugelverschluß auszuschalten. Das wird in der Durchblasestellung schräg nach oben (Bild 58, Stellung 2) erreicht, wobei die Verschlußkugel so tief im Hahnküken liegt, daß sie von der Strömung nicht mehr erfaßt wird. Schließlich muß der Anschlußstutzen auch vollkommen vom Kessel abgesperrt werden, falls ein neues Wasserstandsglas im Betrieb einzusetzen ist. In dieser Abschlußstellung (Bild 58, Stellung 3) liegen die Hähne waagrecht.

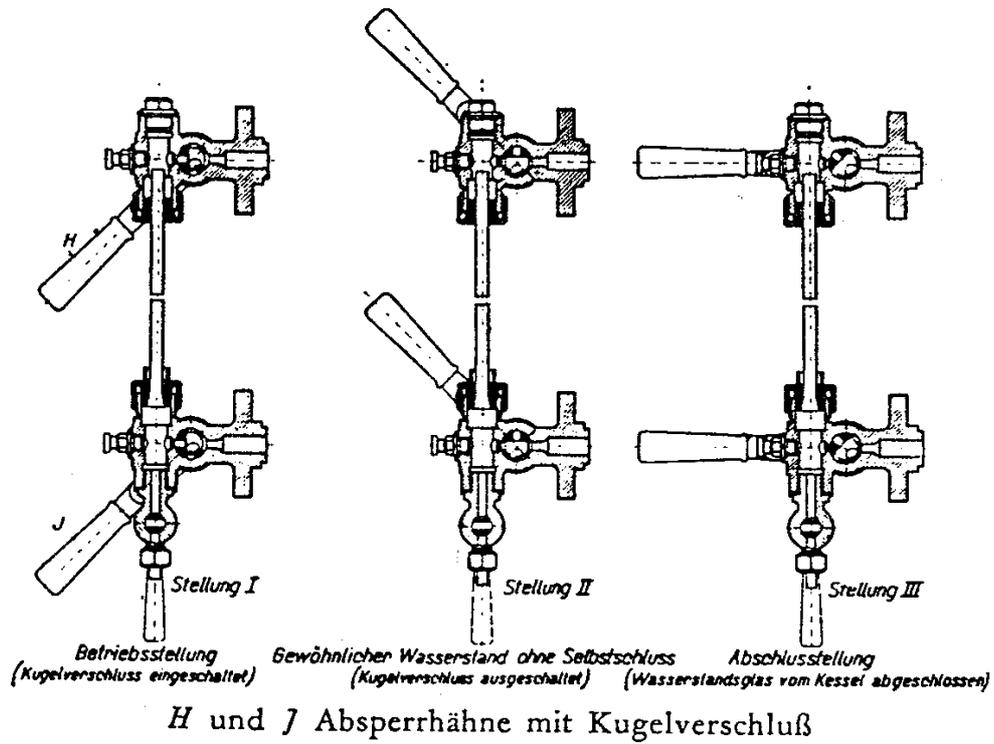
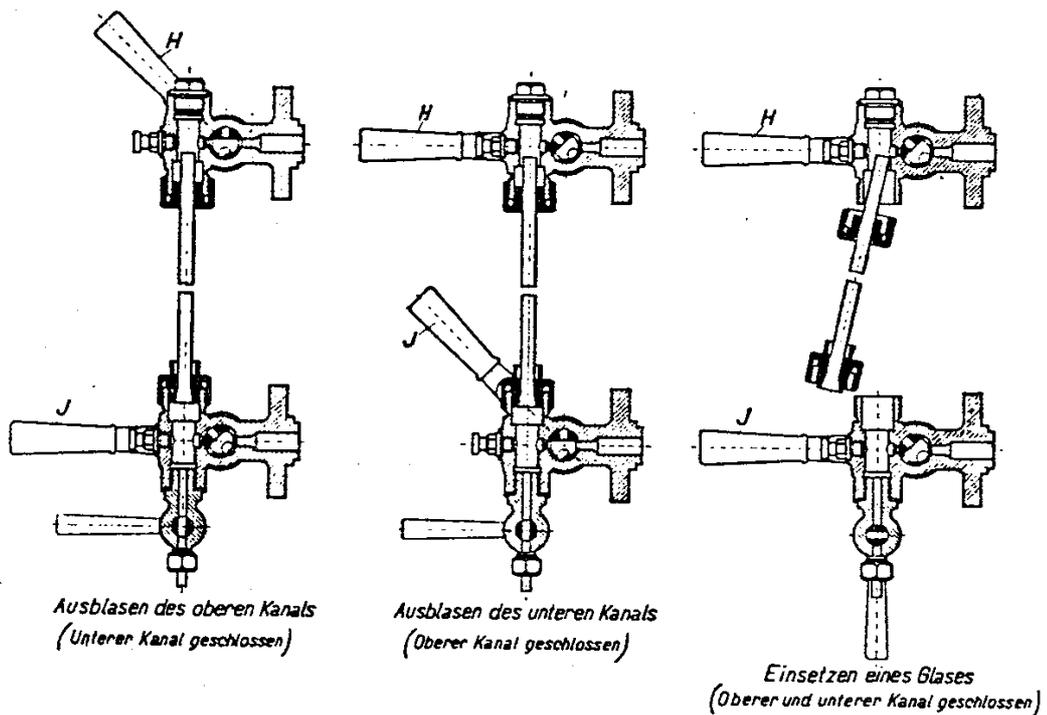


Bild 58. Stellungen der Wasserstandshähne

Bild 59. Ausblasen des Wasserstandes und Einsetzen eines Wasserstandsglases



Zum Prüfen und Durchblasen des Wasserstandes trägt der untere Kesselstutzen noch einen Ablaßhahn, von dem aus eine Leitung ins Freie führt.

Beim Prüfen des Wasserstandes werden zunächst beide Hähne in Abschlußstellung (waagrecht) gelegt. Dann wird der Ablaßhahn geöffnet (Bild 59 links) und der obere Hahn in Durchblasestellung schräg nach oben gebracht. Der obere Anschlußkanal und das Wasserstandsglas werden dabei durchgeblasen. Dann wird der obere Hahn wieder in Abschlußstellung und der untere Hahn in Durchblasestellung schräg nach oben gelegt (Bild 59 Mitte). Dabei wird der untere Anschlußkanal durchgeblasen. Dann wird der untere Hahn wieder in Abschlußstellung gelegt und der Ablaßhahn geschlossen. Beide Wasserstandshähne werden zunächst aus der Abschlußstellung gleichzeitig in die Durchblasestellung und anschließend wieder in die Betriebsstellung schräg nach unten gelegt.

Die Anschlußstutzen sind in senkrechter und waagerechter Richtung vollständig durchbohrt. So ist es möglich, die Kanäle bei drucklosem Kessel (Auswaschen) zu durchstoßen und von Verunreinigungen (Kesselsteinansatz) frei zu machen.

Zum Schutz des Personals beim Bruch des Wasserstandsglases ist um den Wasserstand noch ein mit Drahtglas gesicherter Schutzkorb gelegt. Er darf nur abgenommen werden, wenn vorher die Wasserstandshähne in Abschlußstellung gebracht worden sind (andernfalls besteht Unfallgefahr).

Der sichtbare Wasserstand ist bei den Reichsbahnlokomotiven in solcher Höhe an der Stehkesselrückwand angeordnet, daß das untere noch sichtbare Ende des Glases gerade in Höhe des niedrigsten Kesselwasserstandes liegt. Auf den niedrigsten Wasserstand wird durch eine besondere am Kessel angebrachte Marke hingewiesen.

Die Hähne oder Ventile , die den unsichtbaren Wasserstand bilden, müssen ebenso wie der sichtbare Wasserstand stets bei Übernahme des Dienstes geprüft werden. Der unterste Prüfhahn sitzt 100 mm über dem höchsten Punkt der Feuerbüchse. Aus ihm muß stets Wasser austreten, andernfalls ist der niedrigste zulässige Wasserstand unterschritten, und der Kessel muß sofort außer Betrieb gesetzt werden. Aus dem oberen Prüfhahn soll stets Dampf austreten, sonst ist der Kesselwasserstand zu hoch (Gefahr des Wasserüberreißen).

Neuere Lokomotivkessel erhalten vielfach statt des unsichtbaren Wasserstandes einen zweiten sichtbaren Wasserstand.

Sowie das Wasser im Kessel unter die Marke des niedrigsten Wasserstandes gefallen ist, muß unter allen Umständen sofort das Feuer herausgerissen und möglichst der Dampf abgelassen werden. Andernfalls droht die schwere Gefahr des Kesselzerknalls. Auf keinen Fall darf dann noch Wasser zugespeist werden (Gefahr übermäßiger Dampfbildung an der unter Umständen hochoberhitzten Feuerbüchse).

2.4. Sicherheitsventile

Die Sicherheitsventile sollen den Kessel vor unzulässig hohem Druck schützen. Sie müssen also so gebaut sein, daß sie sich beim Überschreiten des höchstzulässigen Dampfdrucks im Kessel

selbsttätig öffnen und müssen dann so viel Dampf abblasen lassen, daß der Kesselhöchstdruck auch bei fehlerhafter Feuerbedienung (zu starke Brennstoffzufuhr) oder anderen ungewöhnlichen Verhältnissen (z.B. plötzliches Unterbrechen der Dampfen-entnahme bei Halt auf freier Strecke) nicht wesentlich überschritten wird. Andererseits sollen die Sicherheitsventile beim Unterschreiten des Kesselhöchstdrucks sofort selbsttätig wieder schließen, um unnötige Dampfverluste zu vermeiden.

Das Gesetz schreibt 2 Sicherheitsventile für den Kessel vor. Ihre Einstellung auf den Kesselhöchstdruck muß durch einen Bleisiegelverschluß oder eine Kontrollhülse zuverlässig festgelegt sein, damit die Einstellung nicht während des Betriebes von Unbefugten verändert werden kann. Die Einstellung der Sicherheitsventile darf nur der Kesselprüfer vornehmen, der dazu einen besonders geeichten Prüfdruckmesser zu Hilfe nimmt.

Die Sicherheitsventile müssen so gebaut sein, daß sie nicht vom ausströmenden Dampf fortgeschleudert werden können, falls ihre Belastung plötzlich durch den Bruch der Belastungsfeder oder des Gestänges herabgesetzt wird.

Die Sicherheitsventile sind auf dem Stehkesselscheitel in der Nähe des Führerstandes angebracht. Ihre Belastung wird durch Federn erzeugt, die so weit gespannt werden, daß sie gerade dem Kesselhöchstdruck das Gleichgewicht halten.

Bei den älteren Reichsbahn - Lokomotiven finden wir vielfach noch das Sicherheitsventil Bauart „Ramsbottom“ (Bild 60). Von einem gemeinsamen Ventiluntersatz zweigen die Rohrleitungen zu den beiden Ventilsitzen ab. Die auf die Rohrleitungen oberhalb der Ventile aufgebauten Ventilaufsätze dienen gleichzeitig zur Führung des abgeblasenen Dampfes und als Schalldämpfer. Die auf den Ventilen in der Mitte aufsitzenden Druckstifte legen sich gegen einen Belastungshebel, der über die Federspannschrauben und den Federtraghebel von den beiden am Ventiluntersatz befestigten Ventilfebern nach abwärts gezogen wird. Dadurch werden die Ventile so lange auf ihrem Sitz gehalten, bis der auf ihnen lastende Dampfdruck die Federkraft, die auf den Kesselhöchstdruck eingestellt ist, übersteigt. Die Sicherheitsventile werden mit Hilfe der Federspannschrauben vom Kesselprüfer eingestellt, dann wird zwischen den Belastungshebel und den Federtraghebel eine Kontrollhülse gesetzt, die in ihrer Höhe der richtigen Ventileinstellung entspricht.

An dem Stempel des Kesselprüfers auf den Stirnflächen der Kontrollhülse ist jederzeit zu erkennen, ob die richtige Höhe noch vorhanden ist. Auf diese Weise ist es dann zwar möglich, das Sicherheitsventil auf niedrigeren Druck einzustellen, aber nicht ohne Verletzung der amtlichen Kennzeichen es höher einzustellen, als nach Bauart des Kessels zulässig ist.

Die Verlängerung des Belastungshebels zu einem in den Führerstand geführten Lüftungshebel und das dazugehörige Ausgleichgewicht auf der anderen Seite sollen dem Lokomotivpersonal die Möglichkeit geben, sich in Zweifelsfällen durch Rütteln von der Betriebsbereitschaft der Ventile zu überzeugen.

Innerhalb der Ventilaufsätze sind Rippen angegossen, die das Herausschleudern der Ventile beim Bruch des Gestänges oder der Federn verhüten.

Dieser früher lange Zeit hindurch gebräuchlichen Sicherheitsventilen haftet der Mangel an, daß sie bei geringem Überdruck anfangs nur einen kleinen Spalt freigeben, da dann schon die

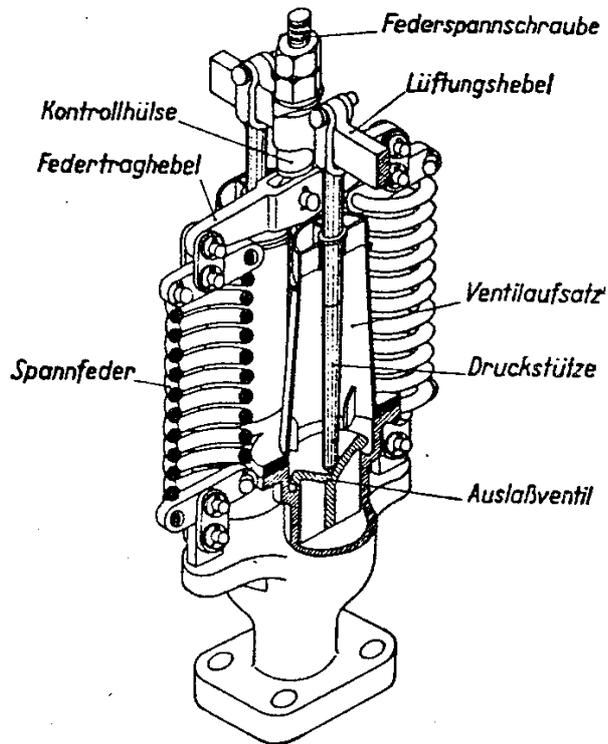


Bild 60. Schnitt durch das Sicherheitsventil Bauart „Ramsbottom“

Federkraft und der Dampfüberdruck im Gleichgewicht sind. Erst mit steigendem Druck öffnen sie einen genügend großen Abblasquerschnitt. Bis zum vollen Abblasen kann der Kesseldruck also noch nennenswert über den Höchstdruck hinaus steigen. Dieser unerwünschte Zustand tritt besonders bei größeren Kesseln ein. Es entstanden daher als Verbesserungen die Hochhubsicherheitsventile (Pop-Ventile), von denen wir an einer Reihe von Reichsbahnlokomotiven (z.B. S 10 und G 12) die Bauart „Coale“ finden. Die Wirkungsweise dieser Ventile ist im wesentlichsten dadurch gekennzeichnet, daß nach dem ersten Anheben des Ventiles durch den Kesselüberdruck der abgeblasene Dampf nicht gleich abströmt, sondern sich zunächst in einer ringförmigen Vorkammer staut, in dieser Kammer auf eine zusätzliche Kreisringfläche des Ventils wirkt und so die Hubwirkung des Kesselüberdrucks verstärkt. Das Ventil erreicht einen höheren Hub als die älteren Sicherheitsventile, gibt schnell einen größeren Durchlaßquerschnitt frei und läßt dementsprechend ohne nennenswerte Druckerhöhung größere Dampfmen gen entweichen. Infolge der zusätzlichen Hubwirkung durch die Kreisringfläche der Staukammer schließt das Ventil allerdings nicht sofort, wenn der Kesselhöchstdruck wieder erreicht ist, sondern erst dann, wenn dieser Druck schon nennenswert unterschritten ist. Dadurch wird unnötig viel Dampf abgeblasen.

Die Nachteile der beschriebenen Sicherheitsventile vermeidet das neu entwickelte „Ackermann“-Sicherheitsventil (Bild 61), das bei den meisten Einheitslokomotiven der Reichsbahn eingebaut wurde.

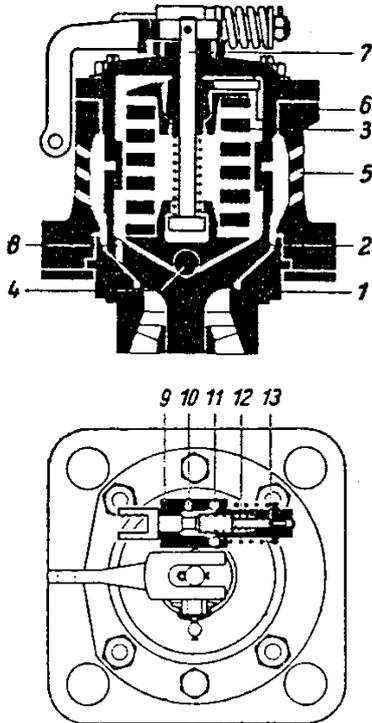


Bild 61.

Sicherheitsventil Bauart „Ackermann“

Der kegelförmige Ventilkegel 2 dichtet durch eine schmale Sitzfläche gegen den Kesseldruck ab. Die Belastungskraft der Ventilfeeder 3 wird über eine Kugel 4 übertragen, damit der Ventilkegel gleichmäßig auf der Sitzfläche aufliegt. Nach dem ersten Anheben des Ventils tritt der abströmende Dampf ähnlich wie bei den Hochhubventilen „Pop“ in eine hier unter 45 ° schräg liegende Staukammer und verstärkt dort durch seinen Druck auf die Zusatzventilfläche die Hubwirkung, so daß das Ventil rasch einen größeren Querschnitt freigibt. Der Dampf strömt durch die Bohrungen 5 der Haube 6 ins Freie.

Der große Ventilquerschnitt wird jedoch erst geöffnet, wenn der tatsächliche Kesseldruck den zugelassenen Höchstdruck schon um ein beim Einstellen festgelegtes Maß von 0,4... 0,6 at überschritten hat. Vorher öffnet das Ventil nur einen kleinen Querschnitt so weit, daß in der Staukammer noch kein merklicher Druck entsteht. Das Abströmen über den kleineren Querschnitt nennt man Vorblasen des Ventils. Das dabei entstehende Geräusch soll das Lokomotivpersonal vor dem Abblasen größerer Dampfmenngen rechtzeitig auf das Überschreiten des Kesselhöchstdrucks aufmerksam machen.

Ohne besondere Einrichtungen würde auch das „Ackermann“-Ventil infolge der Zusatzventilfläche im Stauraum erst schließen, nachdem der Kesselhöchstdruck merklich unterschritten ist. Um diesen Nachteil der älteren Hochhubsicherheitsventile zu beseitigen, leitet man einen Teil des ausströmenden Dampfes über eine Bohrung 8 im Ventilkegel 2 in das Innere des Federgehäuses und von dort über Bohrungen in die Einstellvorrichtung, die auf dem Ventildeckel sitzt, von wo aus dieser Dampf dann über die Bohrungen 10 und 11 ins Freie abströmt. Solange beide Bohrungen offen sind, strömt der abgezweigte Dampf ohne besondere Wirkung durch das Federgehäuse. Nun kann über ein zum Führerstand geführtes Gestänge der Stellbolzen 13 und mit ihm die konische

Stellmutter entgegen der Federkraft so weit verschoben werden, daß die Bohrung 11 verschlossen wird. Da durch die Bohrung 10, die dann allein noch frei bleibt, nicht die ganze Dampfmenge abströmen kann, die in das Federgehäuse eintritt, bildet sich innerhalb des Federgehäuses ein Staudruck, der die Federkraft beim Schließen des Ventils unterstützt. Durch Betätigen dieser als „Feineinstellung“ im Führerstand gekennzeichneten Stellvorrichtung kann man es erreichen, daß das „Ackermann“-Ventil schon nach einem Druckabfall von 0,1 at unter den bei Beginn des Vorblasens vorhandenen Druck schließt und sich wieder auf das „Vorblasen“ einstellt.

Durch die Anlüftspindel 7 kann vom Führerstand aus wie bei den anderen Sicherheitsventilen die Beweglichkeit und Betriebsbereitschaft des Ventils überprüft werden.

2.5. Dampfdruckmesser

Zur ständigen Überprüfung des Dampfdruckes muß der Kessel mit einem Dampfdruckmesser ausgerüstet sein, auf dessen Zifferblatt die höchstzulässige Dampfspannung durch einen roten Strich gekennzeichnet ist.

Bei den Lokomotivkesseln werden heute überwiegend nur noch Röhrenfederdruckmesser verwendet. Ihr wichtigster Bestandteil ist eine kleine ringförmig gebogene Metallröhre von flachem oder elliptischem Querschnitt. Am festgelegten Ende ist sie mit der Druckleitung verbunden. Das andere frei bewegliche Ende ist verschlossen und über einen Hebel mit dem Zeigerwerk verbunden. Sobald nun die Röhrenfeder über die Druckleitung unter Druck gesetzt wird, versucht sie sich aufzubiegen. Die dadurch hervorgerufene Bewegung des freien Röhrenendes, die jeweils der Höhe des Kesseldrucks entspricht, wird über das Zeigerwerk dem Zeiger mitgeteilt. Auf dem Zifferblatt, auf dem der Zeigerausschlag in kg/cm² Dampfüberdruck geeicht ist, kann so die Druckhöhe abgelesen werden. Beim Nachlassen des Drucks geht die Aufbiegung der elastischen Röhrenfeder zurück.

2.6. Anschluß für den Prüfdruckmesser

Um den Kesseldruck und die Anzeige des Kesseldruckmessers jederzeit nachprüfen und die Sicherheitsventile richtig einstellen zu können, muß jeder Kessel einen Anschluß für einen Prüfdruckmesser haben. Der Anschlußstutzen ist entweder unmittelbar am Stehkessel oder am Dampfentnahmestutzen des Stehkessels angeflanscht. Von dem Prüfdruckmesserstutzen geht seitlich die Leitung zum Kesseldruckmesser ab. Durch einen Hahn mit einer Dreiwegebohrung kann sowohl der Anschluß zum Prüfdruckmesser wie auch zum Kesseldruckmesser abgesperrt werden.

2.7. Fabrikschild

Jeder Kessel muß ein ständig sichtbares Fabrikschild aus Metall tragen, auf dem der für diesen Kessel festgelegte höchste

Dampfüberdruck, der Name des Herstellers, die Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung angegeben sein soll. Aus dem Kesselschild ist also ohne weiteres nachzuprüfen, ob der Kessel mit dem richtigen Druck betrieben wird, wie alt er ist und wo er gebaut wurde.

3. Ausrüstung für die Regelung des Kesselbetriebes

3.1. Feuertür

Im allgemeinen besitzen die Kessel nur eine Feueröffnung; einige ältere Kessel, besonders solche mit breitem Rost, haben jedoch zwei Feuerlöcher. Bei den älteren Lokomotiven finden wir noch Drehtüren, die um eine senkrechte Achse nach außen geöffnet werden, sowie Schiebetüren verschiedener Ausführungen.

Diese Türen hatten den Nachteil, daß der Heizer beim Arbeiten mit dem Feuergerät behindert wurde und daß die Türgelenke und Führungen durch Feuerungsrückstände leicht verschmutzten und sich dann schwer bewegen ließen. Ferner besteht bei solchen Drehtüren die Gefahr, daß sie - bei Nichteinklinken - von einem in der Feuerbüchse bestehenden Überdruck aufgestoßen werden. Die herausschlagenden Flammen gefährden dann das Lokomotivpersonal.

Diese Nachteile vermeidet die bei neueren Kesseln allgemein gebräuchliche „Marcotty“-Kipptür. Sie dreht sich um eine oberhalb der Feuerlochöffnung waagerecht liegende Achse und schlägt beim Öffnen nach innen auf. Bei einem in der Feuerbüchse entstehenden Überdruck schließt sie von selbst. Ihre Eigenmasse ist durch zwei mit dem Öffnungshebel verbundene Kippgewichte (K) ausgeglichen. Die Tür kann daher leicht bewegt werden.

Für die geöffnete, halb geöffnete und geschlossene Stellung sind Rasten vorgesehen, um die Tür in dieser Lage sicher festzuhalten. Beim Bewegen des Öffnungshebels klinkt dieser zunächst die Türverriegelung aus und nimmt dann erst mit einem besonderen Anschlag die Feuertür selbst mit. Ein Schutzblech sichert die Tür gegen Abbrand von der Feuerbüchse aus (Bild 62).

Seitlich der Tür sind in das Türgeschränk 2 Lufteinlaßkanäle (a,b) eingefügt, durch die in beschränkter Menge Luft auch bei geschlossener Tür in die Feuerbüchse eintreten kann. Die Luftkanäle sind unten durch Drosselklappen (c,d) abgeschlossen, die nur eine Strömung in Richtung zur Feuerbüchse zulassen. Diese Drosselklappen öffnen sich erst, wenn der Unterdruck in der Feuerbüchse ein gewisses Maß überschreitet. In diesem Fall, nämlich bei scharfer Feueranfischung (großer Dampfverbrauch) oder verschlacktem Feuer oder zu dichter und hoher Feuerschicht, ist der Luft- und Sauerstoffbedarf des Feuers besonders groß, bzw. tritt zu wenig Luft durch das Feuerbett, so daß dann die durch die Seitenkanäle der Feuertür angesaugte „Oberluft“ eine willkommene Ergänzung der Luftmenge in der Feuerbüchse bedeutet und zur vollkommenen Verbrennung der Kohle beiträgt.

Zum Schutz gegen die Abzehrung durch das Feuer ist in das Feuerloch ein Feuerlochschröner eingebaut (Bild 62), der entweder (bei älteren Kesseln) nur die untere Seite umfaßt oder (bei neueren Kesseln) das ganze Feuerloch auskleidet.

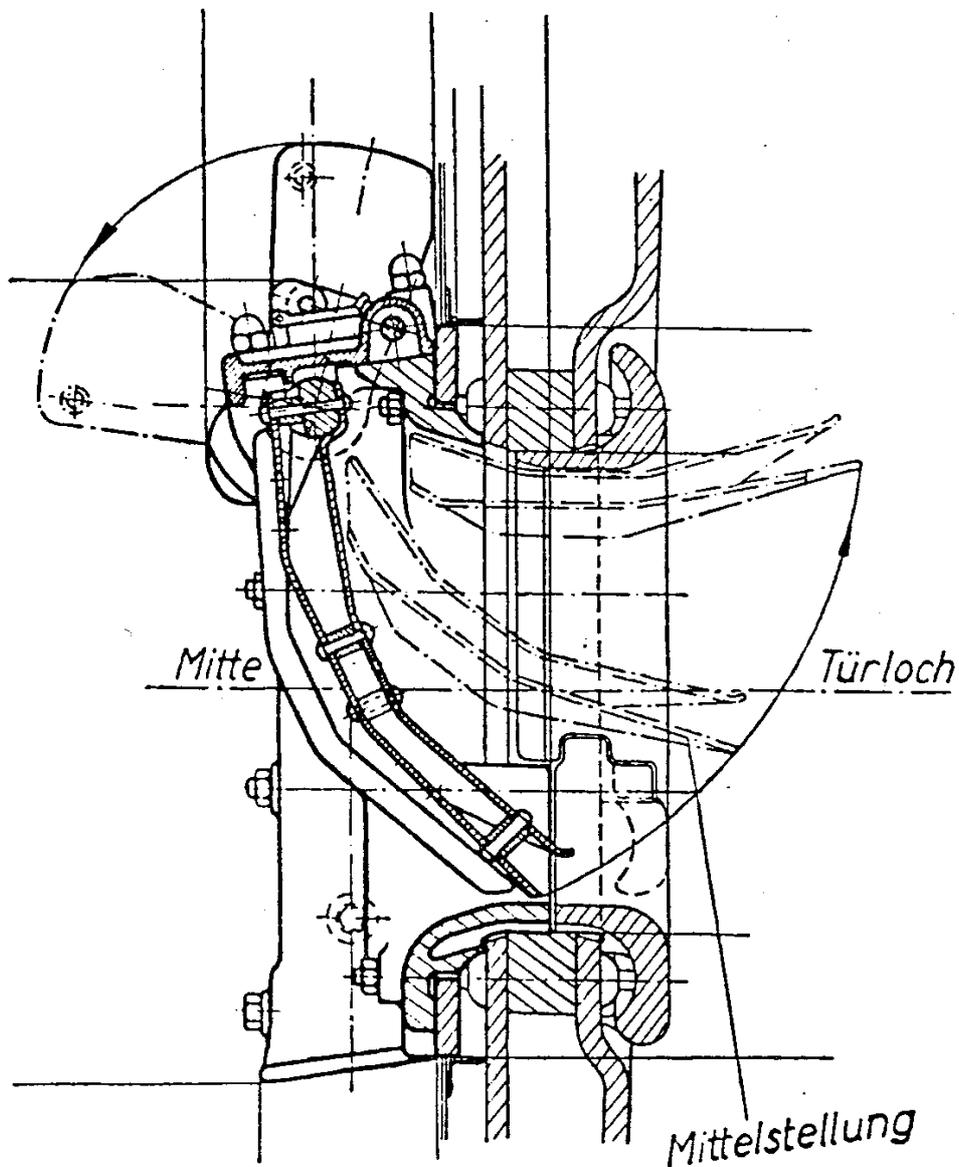


Bild 62. „Marcotty“ - Feuertür (Schnitt)

3.2. Blasrohr

Das Blasrohr dient dazu, den Abdampf, der ihm aus den Zylindern zuströmt, so durch die Rauchkammer in den Schornstein zu führen, daß der strömende Dampf ähnlich wie bei der Dampfstrahlpumpe auf seine Umgebung eine saugende Wirkung ausübt. Da die Rauchkammer, die das Blasrohr einschließt, luftdicht abgeschlossen ist, entsteht durch die Saugwirkung des strömenden Abdampfes in der Rauchkammer eine Luftverdünnung, die nun wieder Luft auf dem einzig frei bleibenden Weg, nämlich durch den

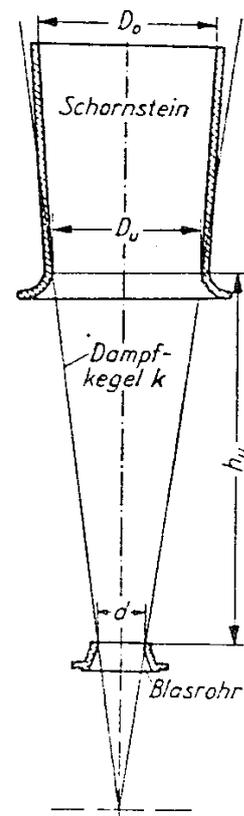


Bild 63. Blasrohr

Aschkasten, den Rost, das Feuerbett und die Kesselrohre nachsaugt. Auf diese Weise wird der Abdampf aus den Zylindern mit Hilfe des Blasrohres dazu ausgenutzt, dem Feuerbett den zur Verbrennung notwendigen Sauerstoff (aus der Luft) zuzuführen und die heißen Verbrennungsgase in lebhaftem Strom durch die Rohre des Kessels zu saugen.

Aus dieser Darstellung geht hervor, daß das Blasrohr und der Schornstein ein zusammengehörendes Düsensystem bilden, mit dessen Hilfe nur dann die beste Saugwirkung erzielt werden kann, wenn deren Maße sowohl in der Entfernung voneinander wie im Durchmesser genau abgestimmt sind und in diesem zeichnungsmäßig festgelegten Zustand auch erhalten bleiben. Außerdem muß die Blasrohrachse und die Schornsteinachse genau zusammenfallen (Prüfgeräte in Raw und Bw). Die durch übrigens verbotene, eigenmächtige Blasrohränderung angeblich erzielten Erfolge beruhen meist auf einer Selbsttäuschung, indem der scheinbar erreichte Vorteil mit einem nicht sofort erkennbaren Nachteil erkauft wurde. Auch unbeabsichtigte Veränderungen des Blasrohrkopfes, wie z.B. Verkrustungen, müssen in regelmäßigen Zeitabständen wieder beseitigt werden. Sowohl das Blasrohr als auch der Schornstein ist düsenförmig ausgebildet. Das Blasrohr verengt sich zum Dampfaustritt hin, der Schornstein erweitert sich zum Austritt hin (Bilder 63 und 64 - im Anhang).

Während man früher die Blasrohrmündung verhältnismäßig dicht an den Schornstein heranrückte, setzt man heute die Blasrohre möglichst tief unter den Schornstein und führt sie mit großer Öffnung aus; so werden der Gegendruck gegen die Arbeitskolben und damit die Leistungsverluste im Zylinder möglichst klein gehalten, und die Saugwirkung des Dampfkegels erreicht ein Höchstmaß.

Früher wandte man auch verstellbare Blasrohre an, die sich heute noch in einigen Lokomotiven der früheren Länderbahnen und an ausländischen Lokomotiven (Frankreich) vorfinden. Bei diesen Blasrohren kann der Ausströmquerschnitt durch einen kegelförmigen, beweglichen Einsatz in gewissen Grenzen verändert werden. Dieses dem Lokomotivpersonal in die Hand gegebene Hilfsmittel zur vorübergehenden Verstärkung des Blasrohrzuges (auf Kosten des Kohlenverbrauches, da mehr Lösche mitgerissen und wegen des höheren Gegendruckes mehr Dampf verbraucht wird) bei Verschlackung des Feuers oder anderen Unregelmäßigkeiten kann aber auch zum Schaden der Verwaltung und des Lokomotivpersonals werden (zu hoher Kohlenverbrauch bei zu enger Einstellung), wenn es unsachgemäß bedient wird. Man verwendet daher bei den Reichsbahnlokomotiven nur in der Unterhaltung erheblich einfachere feste Blasrohre.

Das Blasrohr sitzt auf dem Ausströmzweigrohr, in dem die Ausströmrohre der Zylinder zusammengeführt werden, oder auf dem Standrohr, falls die Ausströmleitungen schon außerhalb der Rauchkammer zusammentreffen (Bild 65).

Vom Ausströmzweigrohr oder vom Standrohr geht eine Leitung zum Vorwärmer ab, durch die etwa $\frac{1}{6}$ der Abdampfmenge für die Wasservorwärmung abgezweigt wird.

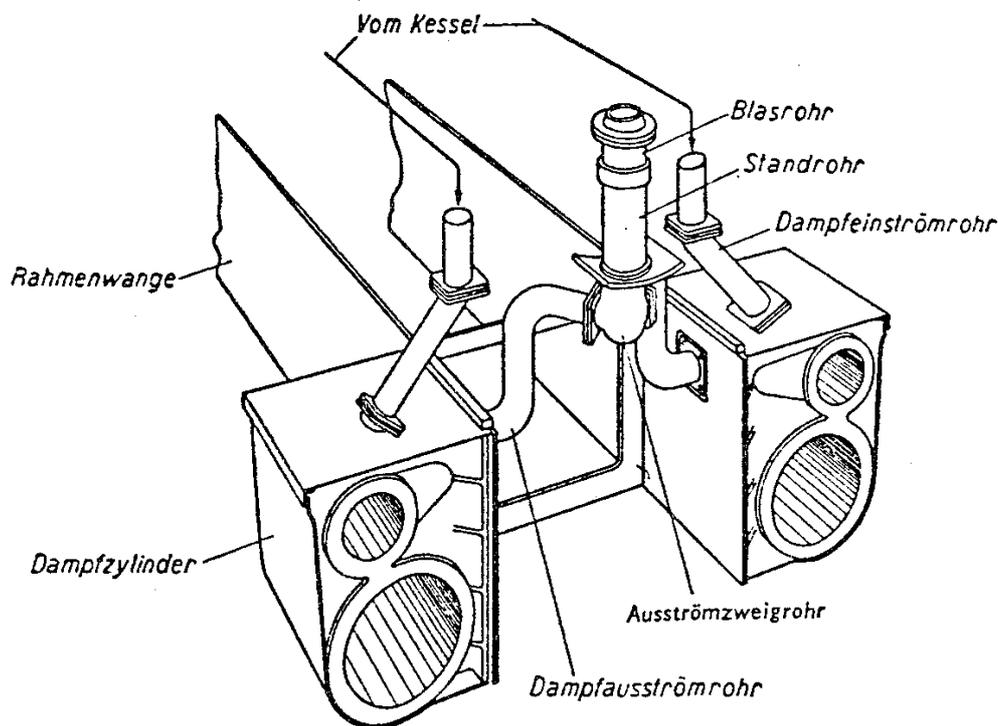


Bild 65. Anordnung des Blasrohres

Der früher vielfach benutzte Steg im Blasrohr, der dem Dampfstrahl eine stärker konische Form geben sollte („Ausfüllen des Schornsteins“) ist unnötig und höchstens bei Vierzylinder-Verbundmaschinen mit scharf abgelenkten Zweigrohren zulässig.

3.3. Hilfsbläser

Da der Abdampf der Zylinder zur Feueranfischung nur während der Fahrt zur Verfügung steht, muß für die Feueranfischung im Stillstand eine Hilfseinrichtung geschaffen werden. Das ist der Hilfsbläser. Er besteht aus einem Dampfrohr, das um den Blasrohrkopf gelegt wird und auf den Umfang gleichmäßig verteilte kleine (3 mm) Bohrungen erhält (Bild 66). Sowie das Anstellventil für den Hilfsbläser im Führerstand geöffnet wird, strömt aus den Bohrungen in Richtung zum Schornstein Dampf aus, der sich zu einem Kegelmantel um die Schornstein-Blasrohrachse vereinigt und so eine in der Art gleiche, nur in der Stärke geringere Wirkung ausübt als der ausströmende Abdampf. Bei dem Hilfsbläser kommt man mit einer wesentlich geringeren Wirkung aus, da während des Stillstandes nur der Dampfverbrauch der Pumpen und der übrigen Hilfsmaschinen erzeugt werden muß.

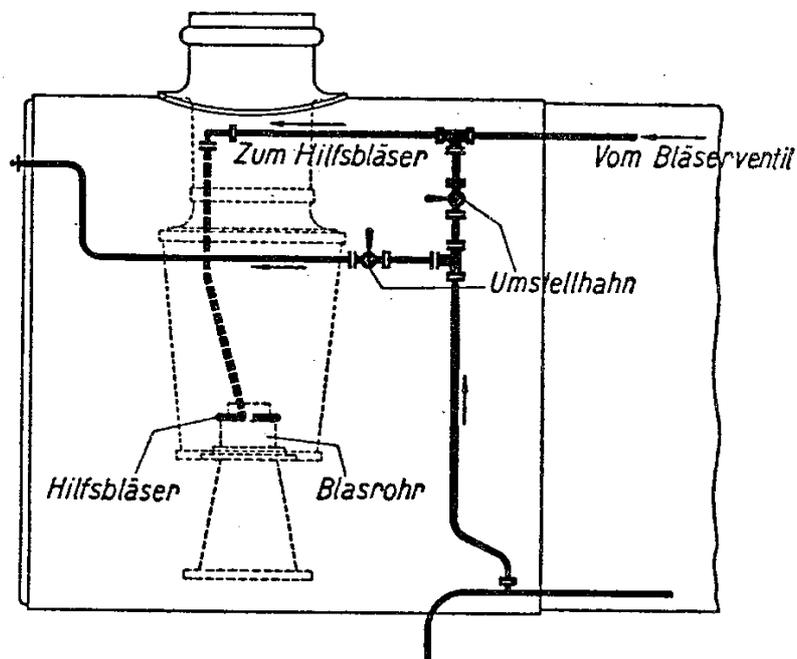


Bild 66. Anordnung des Hilfsbläses

Der Hilfsbläser kann dem eigenen Kessel erst dann zum Anheizen dienen, wenn der Kesseldruck schon eine gewisse Höhe erreicht hat. Um die Kessel auch aus dem kalten Zustand schnell anheizen zu können, erhalten die Dampfleitungen zum Hilfsbläser bei den neueren Kesseln eine Verbindung zur Heizleitung. Man kann dann Dampf aus einem anderen betriebsbereiten Kessel über die Heizleitung in den Hilfsbläser des Kessels schicken, der angeheizt werden soll (Bild 66).

3.4. Funkenfänger

Durch den von der Rauchkammer ausgehenden kräftigen Saugzug werden aus dem Feuerbett auch kleinere glühende Kohlentelchen mitgerissen. Diese glühenden Teilchen würden zusammen mit dem Dampf-Rauchgas-Gemisch durch den Schornstein ins Freie gelangen

und dort eine schwere Brandgefahr bilden, wenn man sie nicht durch besondere Vorrichtungen in der Rauchkammer zurückhalten würde. Man bringt zu diesem Zweck Funkenfänger so in der Rauchkammer an, daß der größere Teil der mitgerissenen glühenden Kohlenteilchen nicht ins Freie gelangen kann. Es sind im Laufe der Zeit die verschiedenartigsten Funkenfänger entwickelt worden. Sie beruhen aber im wesentlichsten alle auf dem Grundsatz, die groben Kohlenteilchen durch Siebwirkung in der Rauchkammer zurückzuhalten oder sie durch Umlenkung und Anprall aus dem Rauchgasstrom auszuschneiden.

Vollständig kann man die glühenden Kohlenteilchen nicht abfangen, sonst müßte das Funkenfängersieb so engmaschig werden, daß es dem Rauchgasstrom einen zu großen Durchtrittswiderstand entgegensetzt und dementsprechend die Feueranfischung beeinträchtigt.

Der gebräuchlichste Funkenfänger ist die Bauart „Holzapfel“. Er ist aus einem 6-mm-Maschensieb hergestellt und mit Flach- und Winkeleisen eingefast. Das Maschensieb umschließt kegelförmig oder zylindrisch den Schornstein und das Blasrohr, wobei das Sieb möglichst dicht an den Rand des Schornsteins und an das Blasrohr herangeführt wird, damit der Rauchgasstrom das Maschensieb nicht an diesen Stellen umgehen kann. Auf diese Weise werden in der Rauchkammer nicht nur alle Funken zurückgehalten, die größer sind als 6 mm, sondern auch alle kleineren, die gegen die Siebdrähte prallen oder schräg gegen das Drahtnetz fliegen. Den kleineren Funken wohnt keine so große Zündkraft mehr inne, daß sie für die Umgebung des Bahnkörpers noch stärker gefährlich werden könnten.

Trotzdem ist es nicht ausgeschlossen, daß in der warmen, trockenen Jahreszeit auch durch diese kleineren Funken Brände hervorgerufen werden, wenn sie nämlich in größeren Mengen austreten. Das Lokomotivpersonal darf also den Funkenfänger nicht als vollkommen sicheren Schutz gegen jede Brandgefahr ansehen, sondern muß auch selbst durch zweckentsprechende Feuerbehandlung auf besonders brandgefährdeten Streckenteilen (nicht feuern und nicht mit dem Schürgerät arbeiten) den Funkenauswurf auf das Mindestmaß einschränken.

Der Funkenfängerkorb ist in der Mitte senkrecht geteilt. Beide Hälften werden durch Riegel zusammengehalten. Durch diese Ausbildung ist es beim Arbeiten in der Rauchkammer (Rohrblasen usw.) leicht möglich, den Funkenfänger auszubauen. Neuere Funkenfänger sind gelenkig im Schornstein aufgehängt.

Die beiden durch Riegel zusammengehaltenen Hälften können dann beim Arbeiten in der Rauchkammer seitlich weggedreht und in dieser Stellung mit Haken am Rauchkammermantel festgelegt werden.

Die Befestigung läßt dem Funkenfänger noch ein kleines Seitenspiel, so daß er sich durch die Rüttelbewegungen während der Fahrt ständig selbst reinigt. Die außerdem notwendige planmäßige Reinigung des Funkenfängers wird dadurch erleichtert, daß der Funkenfänger aufklappbar ist.

3.5. Dampfregler

Neben der Steuerung ist der Dampfregler die wichtigste Vorrichtung zum Beeinflussen der dem Zylinder zugeführten Dampfmenge und damit zum Regeln der Lokomotivleistung, abgesehen davon,

daß er als Absperrorgan des Kesseldampftraumes unerläßlich ist. Ältere Lokomotiven waren mit dem Flachschieberregler ausgerüstet. Seine Nachteile liegen ähnlich wie beim Flachschieber vor allem im schwierigen Dichthalten der ebenen Dichtflächen. Heute findet man daher fast nur noch den Ventilregler. Bei Heißdampflokomotiven unterscheidet man Naßdampf- und Heißdampfregler, je nachdem, ob die Regelvorrichtung vor den Überhitzer, also in die Zuführung zum Naßdampfsammelkasten, oder hinter den Überhitzer in den Abgang vom Heißdampfsammelkasten (Rauchkammer) gelegt ist. Ein Absperrorgan im Dampfdom, wenn auch nicht im üblichen Sinne des Reglers, ist dem Kesselgesetz zufolge auch beim Heißdampfregler notwendig, so daß die Einrichtung auf jeden Fall verwickelter ist. Sie hat allerdings den Vorteil, daß die Dampfmenge hinter dem Regler erheblich kleiner ist. Die Lokomotive ist daher bei kurzen Bewegungen (Verschiebedienst, Fahrt auf die Drehscheibe) etwas leichter zu handhaben. Demgegenüber steht aber die schwierigere Instand- und Dichthaltung der Reglerbauteile durch die hohen Temperaturen. Bei den Reichsbahnlokomotiven finden wir deshalb nur den einfachen Naßdampfregler (vor dem Überhitzer).

Das Reglergestänge stellt die Verbindung von dem im Dampfdom untergebrachten Ventilregler zum Führerstand her, von wo aus der Regler betätigt werden muß (Bild 67). Die Reglerwelle ist in der Stehkesselrückwand durch eine Stopfbuchse gehalten und abgedichtet und am anderen Ende am Reglerknierrohr gelagert. Vom Regler wird der Dampf durch das Reglerknierrohr und das Reglerrohr zum Naßdampfsammelkasten geführt. Beide Rohre werden bei geschlossenem Regler vom vollen Kesseldruck beansprucht. Sie müssen daher mit ihren Dichtungen entsprechend ausgebildet sein.

Im geschlossenen Zustand lastet auf dem Ventilregler der volle Kesseldruck. Ohne besondere Hilfseinrichtungen wäre es dann nicht möglich, den Regler zu öffnen, da die hierzu nötige Kraft

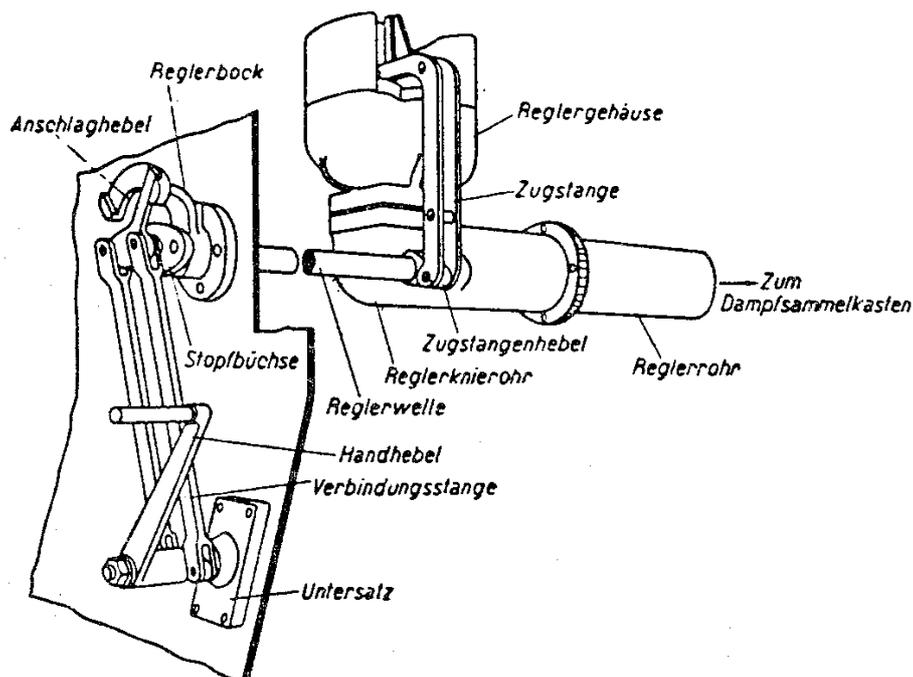


Bild 67. Reglergestänge

von Hand nicht aufgebracht werden könnte. Man hat daher in den Ventilregler ein Hilfsventil mit kleinem Querschnitt eingebaut, das gegen den Kesseldruck auch von Hand (über das Reglergestänge) leicht angehoben werden kann.

Dieses Hilfsventil läßt zunächst so viel Dampf in das Reglerrohr unter das Reglerventil einströmen, daß sich der von unten auf das Ventil einwirkende und der von oben auf ihm lastende Druck das Gleichgewicht halten und der so entlastete Regler nun leicht geöffnet werden kann. Diese grundsätzliche Anordnung findet sich bei allen Reglerbauarten wieder.

In den Ventilreglern Bauart „Wagner“ steuert der Dampfdruck, der sich im Raum über und unter dem Hauptventil einstellt, den Regler selbsttätig entsprechend der Stellung des Hilfsventils. Bei der älteren Bauart gleitet das Hauptventil (Bild 68) mit einem Kolben in einer zylindrischen Führung. Der Führungskolben schließt mit einem Dichtungsring den unteren Zylinderteil von dem oberen dampfdicht ab und bildet so zusammen mit dem oberen Zylinderabschluß die „Entlastungskammer“, wozu auch der Raum innerhalb des Ventilkörpers gehört. In die Entlastungskammer gelangt der Kesseldampf nur durch den schmalen Ringspalt entlang des Hilfsventilkolbens. Im geschlossenen Zustand lastet der Kesseldruck von oben auf dem ganzen Führungskolben, von unten nur auf der äußeren Ringfläche, während auf der mittleren Kreisfläche (über dem Reglerrohr) von unten kein Druck liegt. Das Ventil wird so durch die größere Kraft von oben fest auf den Sitz gepreßt.

Sowie jetzt das Hilfsventil vermittels des Reglergestänges angehoben wird, kann der Dampf aus der Entlastungskammer durch die Hilfsventilöffnung in den Raum unterhalb des Reglerventils eintreten. Dabei sinkt der Druck in der Entlastungskammer, da durch den engen Ringspalt nicht so viel Dampf nachströmen kann, wie durch die größere Hilfsventilöffnung abströmt. Schließlich gewinnt der von unten auf die Ringfläche des Führungskolbens wirkende Kesseldruck zusammen mit dem Druck im Reglerknierohr das Übergewicht und treibt das Hauptventil nach oben. Dabei verkleinert sich allmählich wieder die Hilfsventilöffnung, da die Hilfsventilspindel fest stehenbleibt. Das Abströmen des Dampfes aus der Entlastungskammer wird geringer. Der Dampfdruck in der Kammer steigt wieder an und bringt das Hauptventil zum Stillstand, sowie auf der Ober- und Unterseite des Ventils die aufwärts und abwärts gerichteten Kräfte wieder gleich sind. In diesem Zustand strömt durch das Hilfsventil gerade so viel Dampf ab, wie durch den Ringspalt in die Entlastungskammer zuströmt. Jede weitere Bewegung des Hilfsventils nach oben oder unten ändert den Druck in der Entlastungskammer und verursacht so eine dem Hilfsventil nacheilende Bewegung des Hauptventils. Der in der Bauform verbesserte neue Ventilregler Bauart „Wagner“ (Bild 69) arbeitet ähnlich wie der ältere Regler. Oberhalb des Hauptventils liegt wieder die Entlastungskammer. Dazu gehört auch noch der Raum innerhalb des Ventilkörpers. Der Kesseldampf strömt der Entlastungskammer durch zwei im Ventilkörper waagrecht liegende Kanäle zu. Solange das Hilfsventil geschlossen ist, wird das Hauptventil durch den Dampfdruck in der Entlastungskammer auf seinem Sitz gehalten. Beim Öffnen des Hilfsventils strömt der Dampf aus der Entlastungskammer in das Reglerknierohr. Dabei sinkt der Druck in der Entlastungskammer, und die Schließkraft des Hauptventils läßt nach. Zunächst kann aber die Dampfmenge, die durch die Hilfsventilöffnung abströmt,

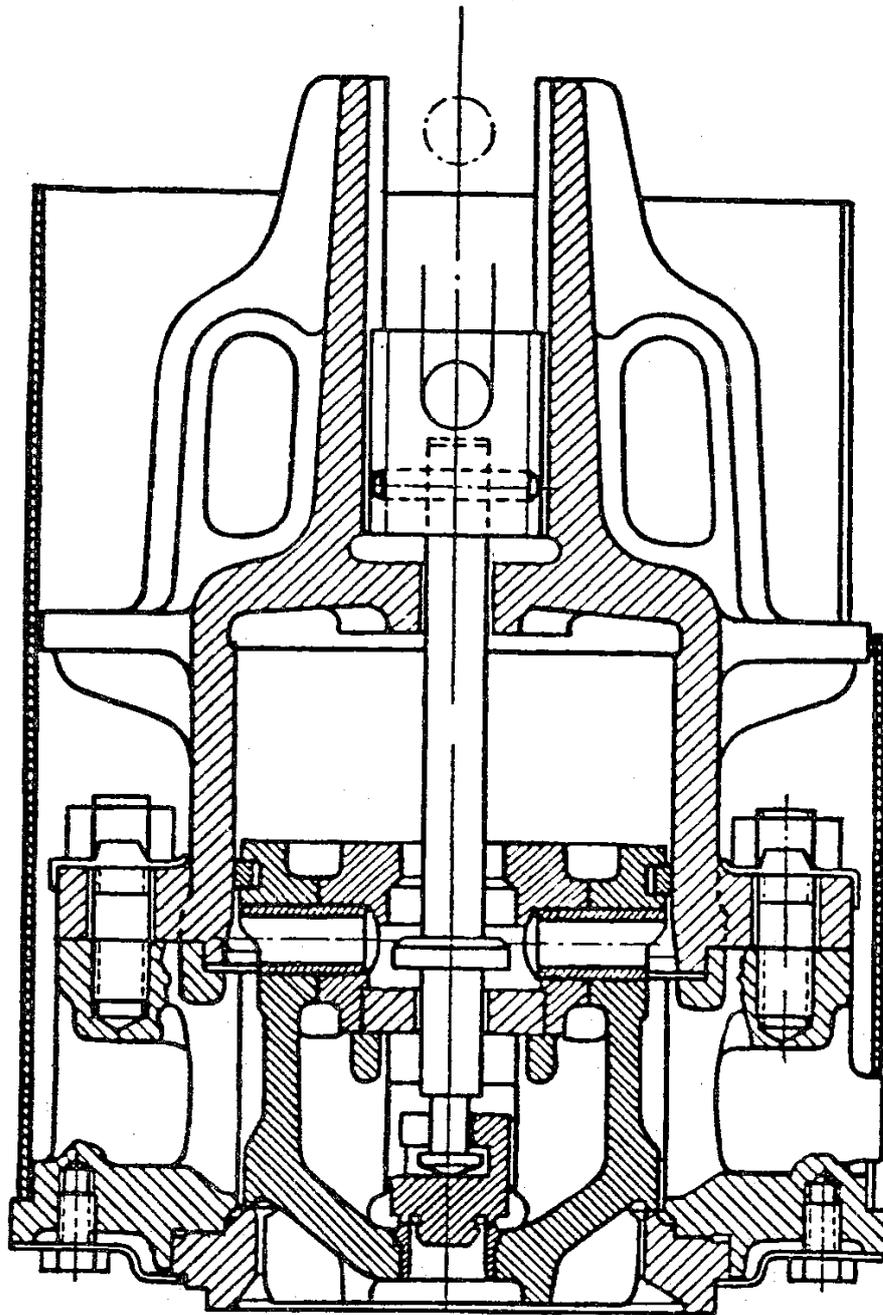


Bild 68. Ventilregler Bauart „Wagner“ (ältere Bauart)

noch durch die Kanäle im Ventilkörper ersetzt werden. Diese Dampfmenge genügt schon, um Fahrzeuge in Gang zu bringen. Erst wenn das Hilfsventil so hoch gehoben wird, daß der Drosselansatz auf der Ventilstange die Dampf nachströmung durch die Kanäle zur Entlastungskammer abdrosselt, sinkt der Dampfdruck dort so stark ab, daß nun das Hauptventil durch die Hubkraft, die von unten auf den größeren Durchmesser am Kolbenring einwirkt, entgegen der kleiner gewordenen Schließkraft, sich öffnet. Dabei gibt der Drosselansatz der Hilfsventilspindel die Kanäle im Hauptventil wieder frei; der Druck in der Entlastungskammer und

die Schließkraft nehmen wieder zu und bringen das Hauptventil zum Stillstand.

In umgekehrter Richtung bewegt sich das Hauptventil auf seinen Sitz zu, wenn das Hilfsventil die Ausströmung zum Reglerrohr schließt und der Druck in der Entlastungskammer ansteigt.

Die Steuerteile für die dem Hilfsventil stets gleichgerichtete Bewegung des Hauptventils sind also das Hilfsventil und der Drosselansatz der Hilfsventilspindel im Zusammenwirken mit den Seitenkanälen des Hauptventils.

Bei den Lokomotiven österreichischer Herkunft liegt die Reglerwelle meist nicht längs im Kessel, sondern quer, und der Regler wird dann durch eine Stange betätigt, die außen am Kessel entlang liegt und in einem Handhebel endet, der neben der Steuerungsschraube im Führerhaus angeordnet ist.

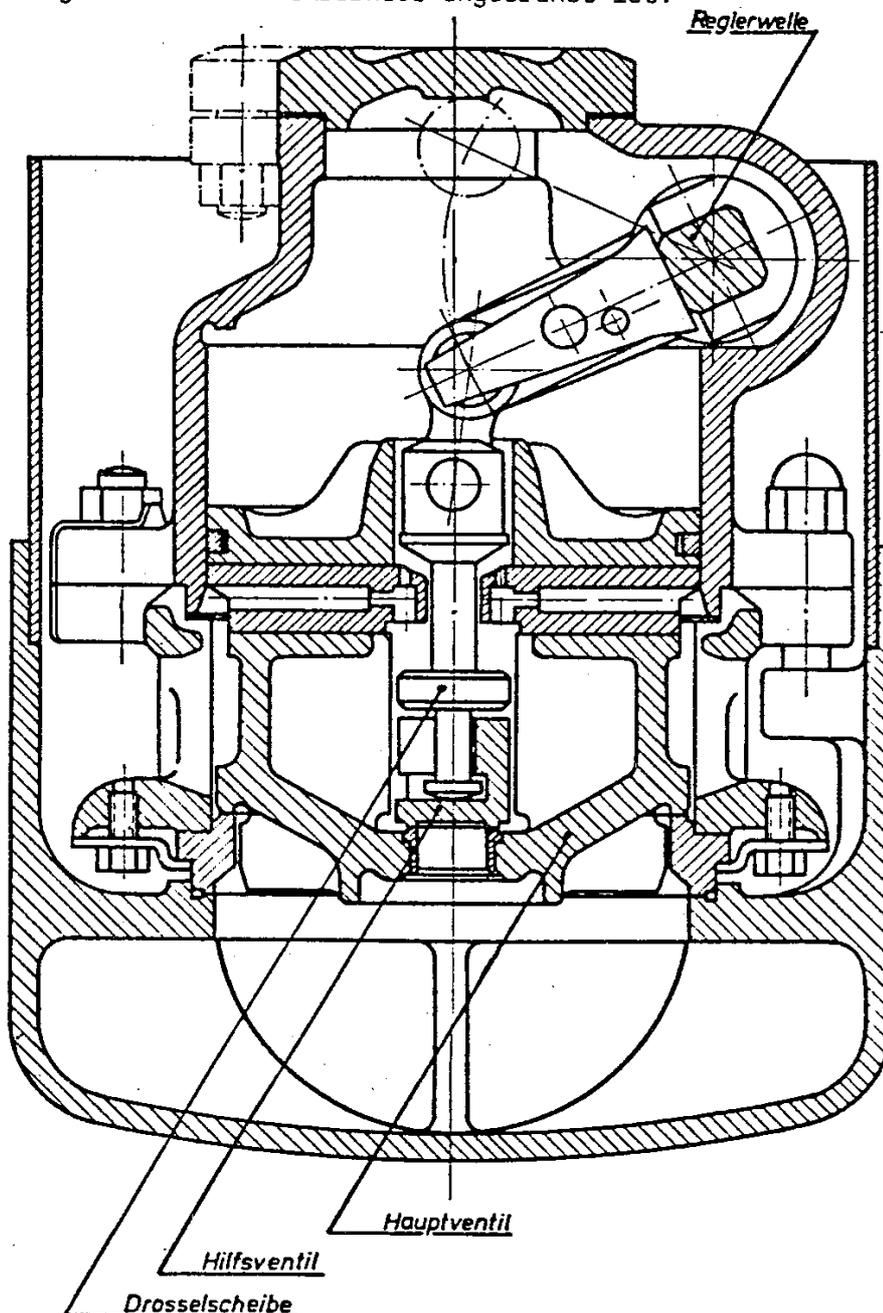


Bild 69. Ventilregler Bauart „Wagner“ (Einheitsbauart)

3.6. Dampfleitungen

Zur Kesselausrüstung gehören auch die Dampfleitungen, die den Frischdampf vom Kessel zu den Zylindern und den Abdampf von den Zylindern zum Blasrohr führen.

Vom Regler wird der Naßdampf über das Reglerknierrohr und das Reglerrohr zum Naßdampfsammelkasten geführt. Vom Heißdampfsammelkasten gelangt dann der Heißdampf durch die beiden Einströmröhre, die durch die Rauchkammer zu den Zylindern geführt sind, in den Schieberkasten. Von der Ausströmung des Schieberkastens wird der Abdampf durch die Ausströmröhre zum Ausströmszweigrohr und von dort unmittelbar oder durch das Standrohr in das Blasrohr geleitet (Bild 65).

Bei Naßdampflokomotiven entfallen die Dampfsammelkästen. Der Dampf strömt aus dem Reglerrohr unmittelbar in das Einströmszweigrohr und von dort in die Einströmröhre. Der dampfdichte Abschluß der Rohrverbindungen wird durch zwischengelegte Linsenringe erreicht.

3.7. Dampfversorgung der Hilfseinrichtungen des Kessels

Die zum Betrieb der Lokomotive notwendigen Hilfseinrichtungen, wie die Speisepumpe, die Dampfstrahlpumpe, die Luftpumpe, die Lichtmaschine, die Dampfpeife, der Hilfsbläser, die Heizung, werden sämtlich mit Naßdampf betrieben. Die Zuführungsdampfleitungen werden entweder mit besonderem Absperrventil unmittelbar an den Reglerdom angeschlossen, oder bei den neueren Kesseln, bei denen die Zahl der Hilfseinrichtungen gegen früher zugenommen hat, werden die Anstellventile mehrerer Hilfsbetriebe in

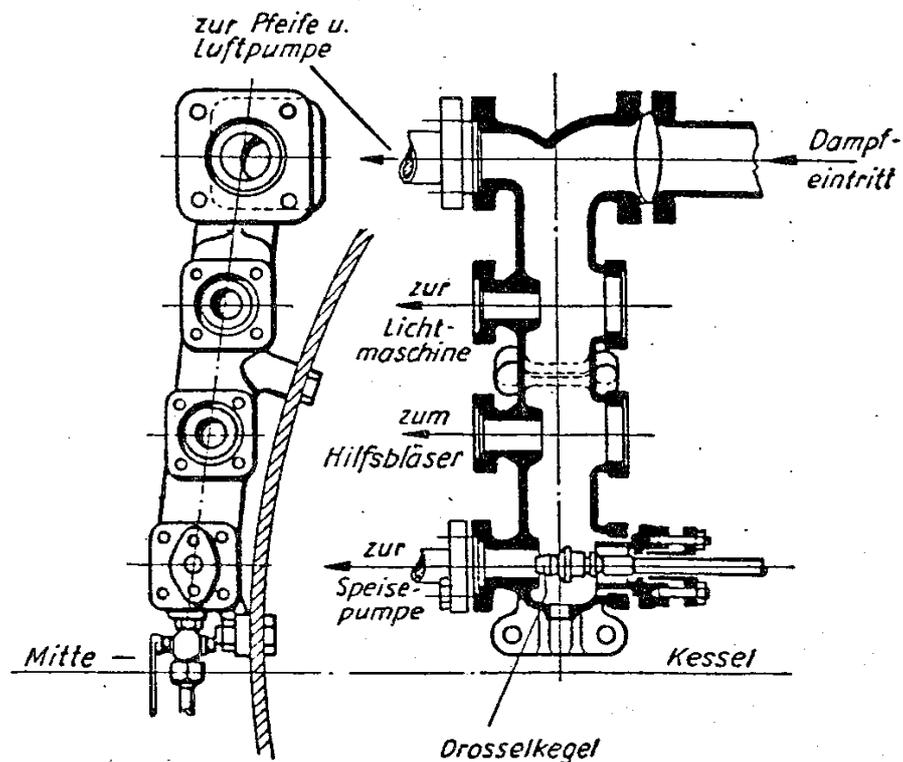


Bild 70. Dampfentnahmestutzen

einem Dampfentnahmestutzen zusammengefaßt (Bild 70). Um nicht zu viele und zu lange Rohrleitungen zu bekommen, legt man die Dampfentnahmestutzen in die Nähe der Hilfseinrichtungen und führt dem Dampfentnahmestutzen den Naßdampf durch ein einziges Rohr aus dem Dampfdom zu. Die Entnahme des Naßdampfes aus dem Dampfdom ist notwendig, um möglichst trockenen Dampf zu erhalten. Meist kann jeder Dampfentnahmestutzen für sich durch ein Hauptabsperrenteil vom Kessel abgeschlossen werden.

Wenn die Abstellventile gleichzeitig zur Regelung der Hilfsmaschinen benutzt werden, wie z.B. bei der Speisepumpe, dann sind die Absperrentile mit einem Drosselkegel versehen, der das Ventil auf jeden gewünschten Dampfdurchfluß sicher einzustellen gestattet (Bild 70).

Sämtliche Absperrentile werden durch Gestänge und Handräder oder durch Züge vom Führerstand aus bedient.

3.8. Feuerlöschstutzen

In die Speiseleitungen der beiden Pumpen sind unmittelbar vor dem Kesselspeiseventil Feuerlöschstutzen eingefügt (Bild 71 - Anhang). An diese Stutzen können mit der gewöhnlichen Schraubverbindung oder nach Ansetzen von Übergangsstutzen, die auf der Lokomotive mitgeführt werden, auch mit den bei Feuerwehrschräuchen üblichen „Storz“-Kupplungen Spritzschläuche zum Feuerlöschen oder auch zum Auswaschen anderer Kessel angelegt werden. Zum Spritzen ist vorher das zugehörige Kesselspeiseventil möglichst zu schließen. Es ist dabei zu beachten, daß die Speisepumpe stets kaltes Wasser, die Strahlpumpe heißes Wasser fördert.

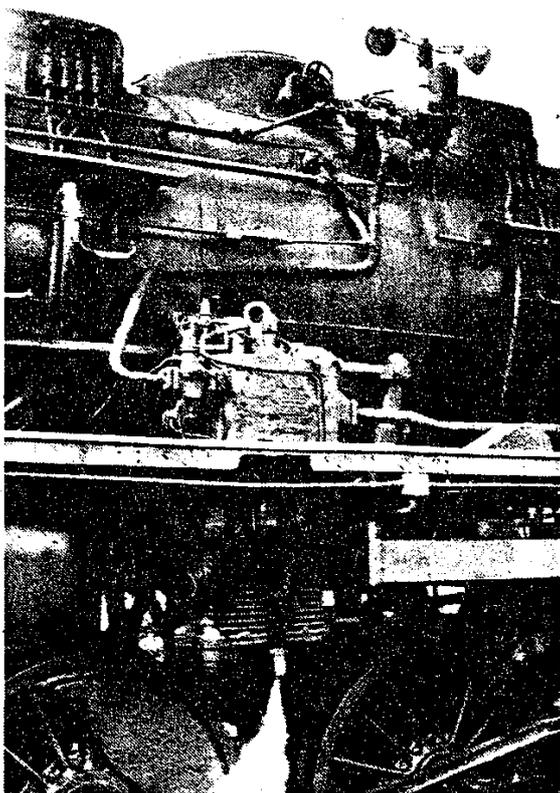


Bild 71. Feuerlöschstutzen

4. Ausrüstung für die wirtschaftliche Betriebsführung des Kessels

4.1. Speisewasservorwärmer

Da die Speisewasservorwärmung durch Ausnutzung des Abdampfes eine erhebliche Kohlenersparnis mit sich bringt, werden die meisten Kessel mit Speisewasservorwärmanlagen ausgerüstet, wenn nicht bei Lokomotiven, die für Gegenden mit sehr strengen Wintern bestimmt sind, die Frostempfindlichkeit der Speisewasservorwärmanlagen und Kolbenpumpen ihre Verwendung verbietet. In diesen Fällen werden 2 Strahlpumpen vorgesehen, ebenso bei kleineren Lokomotiven für den Verschiebedienst, wo die Beschaffungs- und Unterhaltungskosten der Vorwärmanlage in keinem gesunden Verhältnis zum erzielten Nutzen stehen.

Man kann dem Speisewasser die Abdampfwärme auf zwei Arten zuführen. Entweder leitet man das Speisewasser an Flächen vorbei, die vom Abdampf beheizt werden, und überträgt so die Wärme lediglich durch Berührung an der Oberfläche einer den Dampf und das Wasser trennenden Wand, oder man leitet den Abdampf unmittelbar in das Speisewasser und überträgt die Wärme durch Mischung von Dampf und Wasser.

Die einen Vorwärmer nennt man Oberflächenvorwärmer, die anderen Mischvorwärmer.

Bei der Oberflächenvorwärmern wird die Abdampfwärme nicht vollständig ausgenutzt, da mit dem abfließenden Niederschlagswasser und dem nicht ausgenutzten Abdampfreist ein Teil der Wärme verlorengeht. Das Speisewasser bleibt aber frei von dem Öl, das im Abdampf der Zylinder enthalten ist.

Im Mischvorwärmer wird ein großer Teil der Abdampfwärme wiedergewonnen. Außerdem wird damit auch das aus dem Abdampf entstandene Niederschlagswasser erneut zur Kesselspeisung verwendet. Man kann also mit einer Mischvorwärmanlage bei gleichem Tenderwasservorrat eine längere Strecke durchfahren als mit einem Oberflächenvorwärmer, da ein Teil des Abdampfes (bis etwa 1/6) für die Kesselspeisung zurückgewonnen wird. Voraussetzung für die Verwendung des Mischvorwärmers ist jedoch eine einwandfreie Entölung des Abdampfes, da Öl, das mit dem Speisewasser in den Kessel gelangt, für den Kesselbetrieb gefährlich oder doch lästig werden kann. Mischvorwärmer besitzen die Dabeg- und Heintl-Pumpenanlage (vgl. Seite 75).

In die Reichsbahnlokomotiven sind überwiegend Oberflächenvorwärmer Bauart „Knorr“ eingebaut.

Der Vorwärmer Bauart „Knorr“ besteht aus einem Rohrbündel, das von einem zylindrischen Mantel umgeben ist (Bild 72). Das Speisewasser wird durch die Rohre gepumpt; der Abdampf wird zwischen den Rohren hindurchgeleitet und beheizt so die Rohre von außen.

Die nahtlos gezogenen Messingrohre sind in eiserne geteilte Rohrwände eingewalzt. Früher hatte man die Vorwärmer mit ungeteilten Rohrwänden und achtmaligem Hin- und Hergang des Wassers

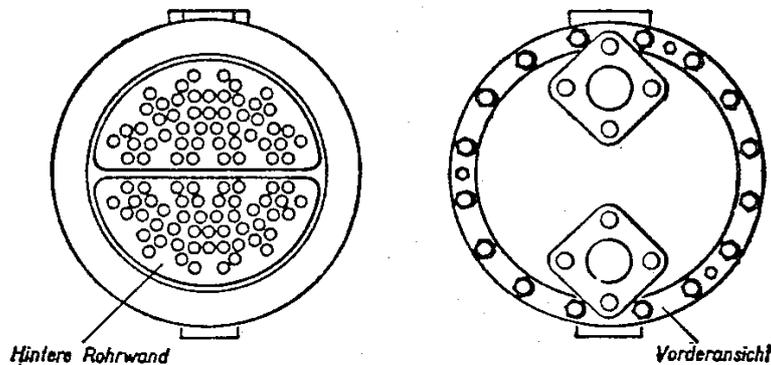
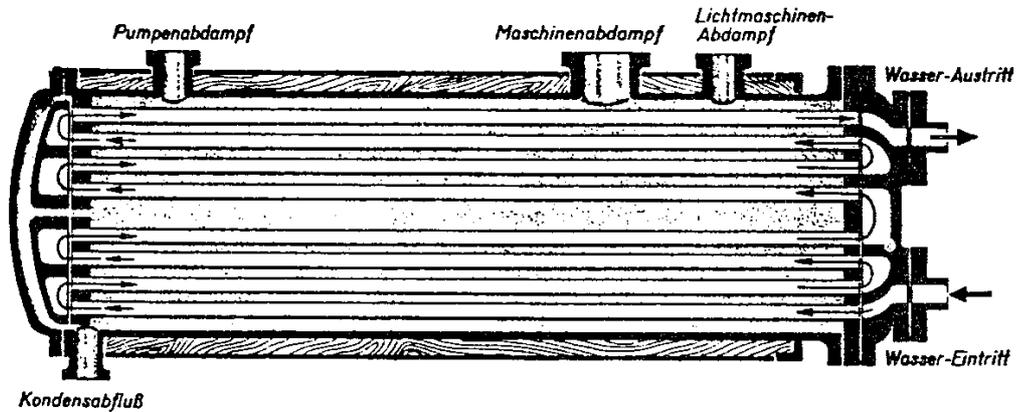


Bild 72. Vorwärmer mit geteilten Rohrwänden

gebaut. Infolge des großen Temperaturunterschiedes zwischen dem zulaufenden und ablaufenden Wasser (80 ... 90 °C) neigten diese Vorwärmer aber stark zu Undichtigkeiten, so daß man die Rohrwände teilte. Auf die Stirnwände sind Deckel geschraubt, die durch Stege so unterteilt sind, daß das Wasser den Vorwärmer viermal hin und zurück durchlaufen muß. Dabei tritt das Speisewasser unten in den Vorwärmer ein und oben wieder aus. Der Abdampf wird dagegen oben in je einem Anschluß von dem Blasrohr und von den Pumpen sowie der Lichtmaschine in den Vorwärmermantel eingeführt und das Niederschlagswasser unten wieder abgeleitet.

Die außen am Kessel liegenden Vorwärmer werden durch eine Holzisolierung gegen Wärmeverluste geschützt. Bei einer großen Anzahl von Lokomotiven wurde der Vorwärmer in einer oberen Quernische der Rauchkammer vor dem Schornstein plaziert. Dort ist der Wärmeschutz entbehrlich.

Der Vorwärmer wird stets in Verbindung mit einer Kolbenpumpe eingebaut. Das von der Speisepumpe aus dem Tender geförderte Kaltwasser wird im Vorwärmer bei richtiger Bedienung der Pumpenanlage auf 90 ... 100 °C vorgewärmt.

Unter richtiger Bedienung der Pumpenanlage versteht man, daß die Speisepumpe möglichst immer auf die Wasserförderung eingestellt wird, die gerade dem Dampfverbrauch der Lokomotive entspricht. Der Heizer braucht sich dabei nur nach seinem Wasserstand zu richten und die Speisepumpe während der Fahrt so einzustellen, daß der Wasserstand stets auf gleicher Höhe (z.B. halbes Wasserstandsglas) stehenbleibt.

Jede andere Bedienungsweise setzt die Wirkung der Vorwärmanlage merklich herab. Das ergibt sich aus der Arbeitsweise des Oberflächenvorwärmers. Wird mehr Wasser in den Kessel gespeist, als zu gleicher Zeit Dampf entnommen wird, dann steht nicht genügend Abdampf zur Erwärmung der großen Wassermenge zur Verfügung. Das Wasser wird also ungenügend vorgewärmt in den Kessel gedrückt. Daher soll bei geschlossenem Regler möglichst überhaupt nicht mit der Speisepumpe gearbeitet werden.

Bei geschlossenem Regler strömt nur der Abdampf der Pumpen und der Lichtmaschine durch den Vorwärmer. Diese Abdampfmenge reicht höchstens dazu aus, die geringe, bei ganz langsamem Lauf der Speisepumpe geförderte Wassermenge vorzuwärmen. Die Speisepumpe darf daher keinesfalls schneller als mit etwa 4 Hüben/min betrieben werden.

Wird andererseits während der Fahrt durch die Speisepumpe zu wenig Wasser in den Kessel gefördert, so steht für diese geringe Wassermenge zuviel Abdampf zur Verfügung. Das Wasser wird demzufolge über 100 °C vorgewärmt - normal werden 95 °C bei sauberen Wandungen nicht überschritten -, und es fallen schon im Vorwärmer die Kesselsteinbildner als Kesselstein oder Schlamm aus, die sich sonst erst im Schlammabscheider absetzen. Dieser Kesselsteinausfall muß aber im Vorwärmer unbedingt vermieden werden, da sich dabei die Rohre schnell zusetzen und die Wasservorwärmung infolge des Kesselsteinbelags an den Wänden sehr bald nachläßt. Die Speisepumpe darf also bei großem Dampfverbrauch auch nicht zu langsam laufen. Übrigens wird bei zu schwachem Speisen der Abdampf auch schlechter ausgenutzt, da die geringe Wassermenge dann für das Wärmeangebot aus dem Dampf nicht genügend aufnahmefähig ist.

Die Höhe der Vorwärmung kann durch Einsetzen eines Thermometers in die Leitung vom Vorwärmer zum Kessel jederzeit nachgeprüft werden. Bei ungenügender Vorwärmung muß für rechtzeitige Reinigung des Vorwärmers gesorgt werden, wenn nicht andere Gründe die ungenügende Vorwärmung verursachen.

4.2. Speisewasserreinigungsanlage

Die meisten Wasser enthalten in mehr oder weniger großer Menge Kesselsteinbildner, die sich bei der Erwärmung und Verdampfung des Wassers als loser Schlamm oder fester Steinausfall bilden und sich dann auch auf den Kesselwandungen absetzen.

Um die Wärmeübertragung vom Feuer an das Wasser nicht zu beeinträchtigen und noch mehr, um die Wände vor zu hoher Erhitzung (bei durch Kesselstein verminderter Wasserkühlung) zu schützen, bemüht man sich, die Kesselsteinbildner schon an solchen Stellen aus dem Wasser auszuschneiden, wo sie dem Kesselbetrieb nicht schaden und leicht aus dem Wasser zu entfernen sind. Man will die Kesselsteinbildner vor allem von den feuerbeheizten Flächen fernhalten.

Diesem Zweck dient der im vorderen Langkessel eingebaute Speisewasserreiniger (Bilder 73, 74). Er soll vor allem die vorübergehende Härte ausfällen, die im allgemeinen bei Temperaturen von 130 bis 150 °C als Schlamm ausgeschieden wird. Die Aufgabe des Speisewasserreinigers ist es also, das eintretende Wasser möglichst rasch zu erwärmen. Dazu verteilt man es durch Spritzen oder Schleudern in möglichst viele kleine Tropfen, die

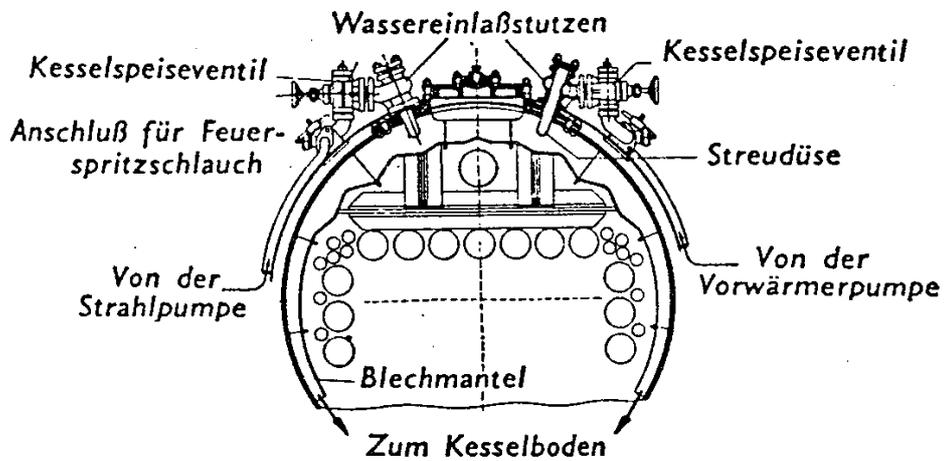


Bild 73. Speisewasserreinigungsanlage mit Streudüsen
(ältere Bauart)

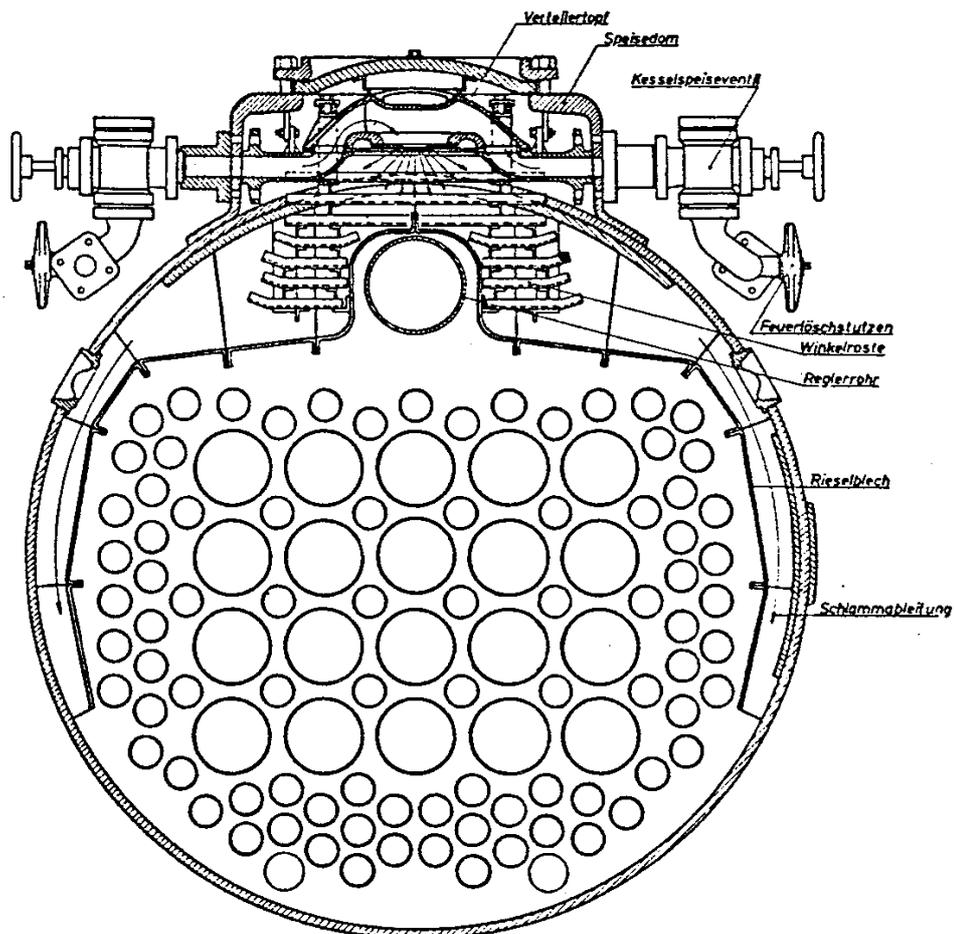


Bild 74. Speisewasserreinigungsanlage mit Verteilertopf
(Einheitsbauart)

mit ihrer großen Oberfläche aus dem sie umgebenden Kesseldampf schnell Wärme aufnehmen.

Die älteren Schlammabscheidevorrichtungen bedienen sich zum Zerstäuben des Wassers zweier Streudüsen, die dicht hinter den Kesselspeiseventilen durch den Kesselmantel in den Dampfraum eingesetzt sind (Bild 73). Der besondere Speisedom fehlt bei diesen Kesseln. Der Schlamm, der aus dem erwärmten Wasser ausgeschieden wird, fällt auf Rieselbleche, die unter den Streudüsen die Kesselrohre abdecken. Die Rieselbleche führen den Schlamm um die Kesselrohre herum am Langkesselmantel entlang zum Kesselboden. Hier sammelte er sich früher in einem Abschlammtopf, aus dem er in kürzeren Zeitabständen abgelassen werden konnte. Die neueren Kessel besitzen keinen Abschlammtopf mehr. Der Schlamm schadet dem Kesselbetrieb am Kesselboden nicht und kann leicht beim Auswaschen ausgespült werden.

Die neueren Schlammabscheider zerstäuben das Speisewasser durch Wirbelung. Die in den Speisedom seitlich eintretenden Speiseleitungen münden tangential in einen runden Verteilertopf (Bild 74). Durch die Geschwindigkeit beim Eintritt gerät die Wassermenge in kreisende Bewegung und tritt dann fein zerstäubt durch eine Düse in der Bodenmitte des Verteilertopfes in den Dampfraum. Die Verteilung des Wassers wird bei diesem Schlammabscheider noch durch einen Winkelrost verstärkt, der unter dem Verteilertopf eingebaut ist. Die nach oben offenen Winkelroststäbe liegen kreuzweise übereinander und sorgen mit dafür, daß das Wasser möglichst fein verteilt wird. Gleichzeitig nehmen sie einen Teil des ausgeschiedenen Schlammes auf. Der Rest des ausgefällten Schlammes gelangt wieder auf die Rieselbleche über den Kesselrohren und von dort am Kesselmantel entlang zum Langkesselboden. Nach dem Öffnen des Speisedoms läßt sich der Winkelrostschlammabscheider leicht ausbauen und reinigen.

4.3. Kesselablaß- und -abschlammvorrichtung

Mit dem Speisewasser gelangen außer den Kesselsteinbildnern auch Salze und andere Verunreinigungen in den Kessel, die beim Verdampfen zurückbleiben und auf diese Weise das Kesselwasser immer mehr anreichern. Sobald die Salzanreicherung eine gewisse Grenze überschreitet (3500...5000 mg/l), fängt der Lokomotivkessel an zu schäumen und Wasser überzureißen. Er ist dann nicht mehr betriebsfähig.

Zur Entfernung von Schlamm- und Kesselstein sowie zum Ersatz des mit Salz angereicherten Wassers muß man je nach der Art des Speisewassers den Kessel nach einer bestimmten Betriebszeit auswaschen. Bei schlechten Speisewässern kann es darüber hinaus notwendig werden, den Kessel entweder zwischen den Auswaschtagen einmal ganz zu entleeren und neu mit Wasser zu füllen oder ihn während des Betriebes laufend in kurzen Zeitabständen zu entsalzen und zu entschlammen.

Hierzu dienen die Kesselabschlammvorrichtungen. Sie sind meistens in der Mitte der Stehkesselrückwand dicht über dem Bodenring angebracht, damit man beim Abschlammen die tiefsten Stellen mit erfaßt, an denen sich die meisten Rückstände absetzen. An manchen Lokomotivgattungen war auch am Stehkesselboden unterhalb des Speisedomes eine Abschlammvorrichtung angebracht. Die älteste und einfachste Kesselablaßvorrichtung ist der Kes-

selablaßhahn. Er kann nur bei drucklosem Kessel bedient werden (Bild 75).

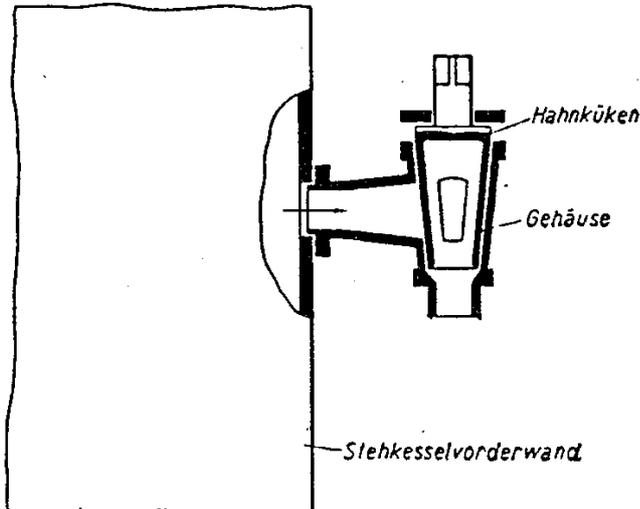


Bild 75. Kesselablaßhahn

Seine Anwendung bleibt also auf die Fälle beschränkt, wo der Kessel zum Abschlammen außer Betrieb gesetzt wird. Während des Betriebes kann er nicht benutzt werden.

Die Forderungen an eine auch während des Betriebes brauchbare Abschlammvorrichtung gehen dahin, daß sie gegen den Kesseldruck auch dann sicher wieder geschlossen werden kann, wenn sich Kesselstein in die Ausflußöffnung geklemmt hat. Die Vorrichtung muß also imstande sein, den festgesetzten Kesselstein zu zerkleinern und die Dichtflächen danach selbsttätig wieder zu reinigen, daß keine Undichtigkeiten auftreten. Selbst bei häufiger Benutzung muß die Vorrichtung dauernd gangbar bleiben.

Für diese Anforderungen wurde zunächst der Abschlamm­schieber Bauart „Strube“ entwickelt (Bild 76). Der Schieber wird über eine Schraubenspindel quer zur Strömungsrichtung des abflie-

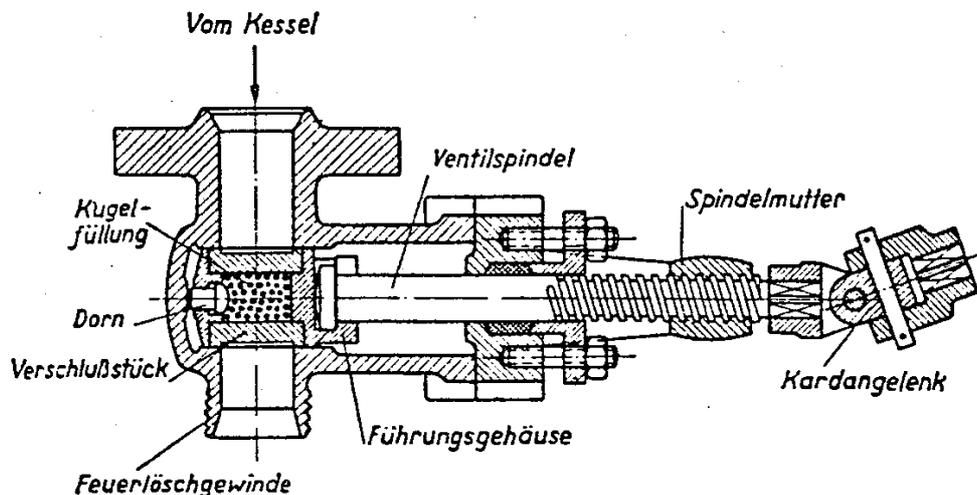


Bild 76. Abschlamm­schieber Bauart „Strube“

Benden Wassers von Hand bewegt. Die beiden Schieberplatten sind senkrecht zur Spindelachse um ein geringes Maß verschiebbar. Zwischen den Schieberplatten ist eine Füllung von kleinen Stahlkugeln eingelegt. Von unten her ragt in Richtung der Schieberspindel ein Stahlstempel in die Kugelfüllung. Sowie der Schieber die Ausflußöffnung beim Schließen überdeckt hat, setzt der Druckstempel unten auf einen Ansatz im Schiebergehäuse auf, drückt sich beim weiteren Schließen des Schiebers in die Kugelfüllung ein und treibt so in einer Art hydraulischer Wirkung die Schieberplatten auseinander gegen die Dichtflächen. Beim Öffnen läßt der Druck des Stahlstempels auf die Kugeln nach. Die Schieberplatten lösen sich von den Dichtflächen, und der Schieber läßt sich leicht öffnen.

Dieser Abschlammschieber muß mindestens täglich einmal geöffnet werden. Ihm haftet der Mangel an, daß das Öffnen und Schließen durch die Spindel verhältnismäßig lange dauert und dementsprechend der Wasser- und Wärmeverlust beim Öffnen unerwünscht groß ist.

Für häufiges kurzzeitiges Abschlammen wurden daher verschiedene Schnellschlußventile entwickelt, von denen die Bauart „Gestra“ als meist verwendete hier näher beschrieben werden soll (Bild 77).

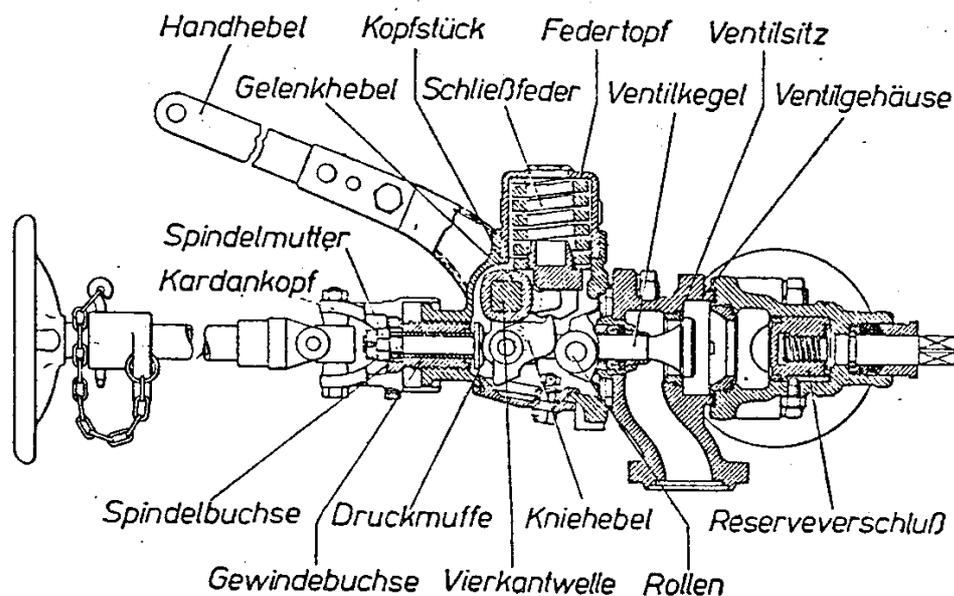


Bild 77. Schnellschlußventil Bauart „Gestra“

Die Hauptkennzeichen des „Gestra“-Abschlammsventils sind der aus besonders hartem Stahl gefertigte Ventilkörper und Ventilsitz, die imstande sind, selbst sehr harte Kesselsteinstücke, die sich zwischen Sitz und Ventil einklemmen sollten, zu zerschneiden; ferner der Kniehebel, der die von der Schließfeder ausgehende Kraft bedeutend vervielfacht, so daß am Ventil eine Schließkraft von etwa 2000 N ausgeübt wird. Der Kniehebel, der von der Schließfeder um den in der Druckmuffe gelegenen Drehpunkt bewegt wird, legt sich beim Schließen gegen Druckrollen, die mit dem Gehäuse fest verbunden sind, und zieht so den mit der Druckmuffe verbundenen Ventilkegel auf seinen Sitz. Beim Öffnen wird erst die Schließfeder angehoben, so daß der Kniehe-

bel vom Federdruck entlastet ist, und dann wird der Ventilkegel mit Hilfe der Druckmuffe aufgedrückt. Der Kniehebel weicht dabei um seinen Drehpunkt in der Druckmuffe nach oben aus.

Das Ventil wird entweder für Betätigung von Hand oder für Druckluftbetätigung geliefert. Der Handbetätigungshebel wird im letzten Falle durch einen Hebel ersetzt, der von einem Druckluftkolben oder einer Druckluftmembrane bewegt wird. Der Druckluftantrieb ist am Ventilgehäuse befestigt. Das Anstellventil dazu befindet sich auf dem Führerstand. Es läßt beim Öffnen Druckluft aus dem Hauptluftbehälter in den Druckluftzylinder und entlüftet den Zylinder beim Schließen wieder ins Freie.

Mit dem Schnellschlußventil lassen sich sehr kurze Abschlammezeiten von 1 bis 2 Stunden erreichen, da eine starke Schließkraft zur Verfügung steht und das Ventil nur kurze Wege zurücklegt.

Um das Ventil auch beim Auswaschen benutzen zu können, ist ein zusätzlicher Handverschluß mit Spindel und Handrad eingebaut, mit dem man das Ventil ohne Rücksicht auf die Schnellschlußvorrichtung durch Rechtsdrehen des Handrades schließen und durch Linksdrehen öffnen kann. Als weitere Sicherheit gegen Undichtigkeiten durch eingedrunghenen Kesselstein und gegen Schäden in der Ventilbetätigung ist ein vom Hauptventil vollständig unabhängiger Reserveverschluß eingebaut. Er kann nur von Hand über eine Schraubenspindel in der üblichen Weise bedient werden. Sobald der Reserveverschluß geschlossen ist, kann man das ganze Schnellschlußventil nach Lösen von 4 Schrauben abbauen, während der Kessel unter Druck steht, und erforderlichenfalls gegen ein neues auswechseln. Das Schnellschlußventil kann nur benutzt werden, wenn der Reserveverschluß offen ist.

Damit das aus dem Schnellschlußventil mit großer Kraft abströmende Kesselwasser nicht die Lokomotive beschmutzt und die Bettung beschädigt, ist die Abflußleitung durch einen Pralltopf abgeschlossen, in dem die Strömungsenergie des Kesselwassers vernichtet wird. Das Schnellschlußventil kann auch während der Fahrt jederzeit betätigt werden und soll in regelmäßigen Zeitabständen von 1 bis 2 Stunden für einige Sekunden geöffnet werden, um den Kessel stetig ohne große Wärmeverluste zu entschlammen und zu entsalzen.

4.4. Heißdampferthermometer

Zur ständigen Überwachung der Dampfüberhitzung ist auf der Lokomotive ein Heißdampferthermometer angebracht. Es mißt die Heißdampftemperatur im Schieberkasten und zeigt sie auf dem Führerstand an. Neben der Kontrolle guter und also wirtschaftlicher Überhitzung läßt es gelegentliches Wasserüberreißen daran erkennen, daß die Anzeige stark absinkt. Man benutzt dazu ein Thermolement. Verbindet man bestimmte, hierfür geeignete verschiedenartige Metalle durch Schweißen oder Löten miteinander und erwärmt die sog. warme Lötstelle, so entsteht dort ein elektrischer Strom, dessen Spannung man messen kann. Solche Verbindungsstellen zweier Metalle nennt man ein Thermolement. Die bei der Erwärmung auftretende Spannung ist abhängig von dem Temperaturunterschied zwischen der warmen Lötstelle und der kalten Lötstelle, dem Anschluß der beiden Metallfäden an das Anzeigegerät. Da die kalte Lötstelle bei den Lokomotiven im

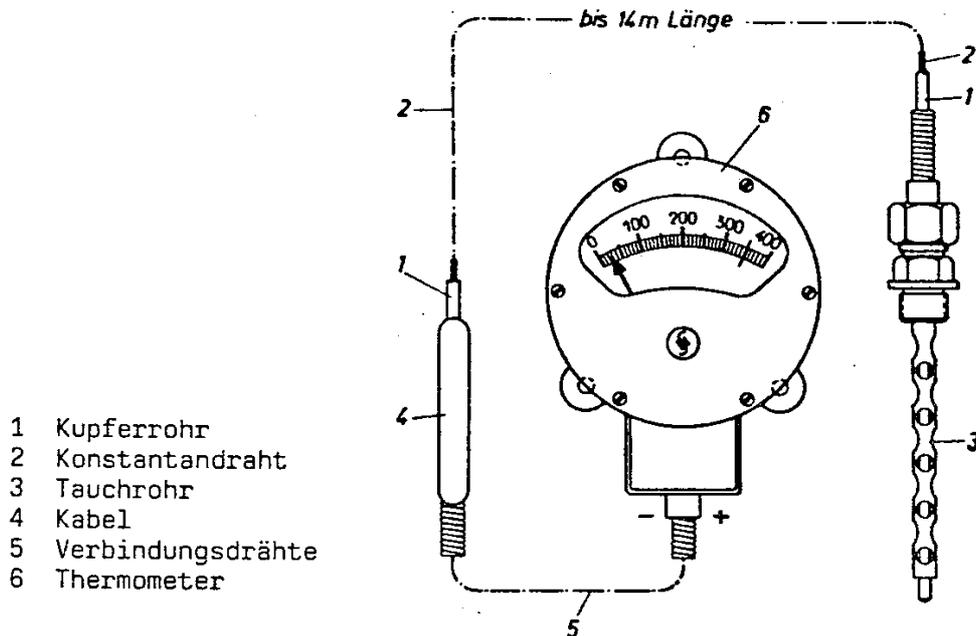


Bild 78. Heißdampfernthermometer

Führerstand liegt und annähernd immer die gleiche Temperatur behält, kann man das Anzeigegerät unmittelbar in Temperaturgrade eichen.

Das bei den Lokomotiven verwendete Thermoelement besteht aus einer Kupferkonstantanverbindung, einem Kupferrohr, in dem isoliert ein Konstantandraht geführt wird (Bild 78). Die warme Lötstelle im Zylinderkasten ist durch ein Tauchrohr besonders geschützt, an dem sich gleichermaßen die Verschraubung zum Schieberkasteneintritt befindet. Das Kupferrohr und der Konstantandraht enden in einer Ausgleichsmuffe im Führerstand, von wo ein Kabel zum Anzeigegerät führt.

4.5. Nässeinrichtung für Aschkasten und Rauchkammer

In die Rauchkammer und den Aschkasten gelangen die Feuer-rückstände meist in glühendem Zustand. Um die Rauchkammer und die Aschkastenwände vor Beschädigungen zu schützen, müssen die glühenden Rückstände von Zeit zu Zeit abgelöscht werden. Hierzu sind in die Rauchkammer und in den Aschkasten Spritzrohre eingebaut, die über einen gemeinsamen Hahn oder ein Ventil vom Führerstand aus bedient werden. An diesen Verteilungshahn ist auch noch der Kohlenspritzschlauch und bei den neueren Tendern eine Tenderbrause angeschlossen. Das Spritzwasser wird dem Verteilungshahn von den beiden Pumpenleitungen bei den älteren Lokomotiven über ein doppeltes Rückschlagventil zugeführt. Wird das Wasser von der Strahlpumpe zugeführt, so öffnet sich das Ventil S; das Ventil V schließt sich (Bild 79).

Die nach der Speisepumpe führende Leitung ist damit unterbrochen, und das Spritzwasser gelangt über das Ventil S zum Verteilungshahn. Bei der Wasserförderung von der Speisepumpe aus arbeiten die Rückschlagventile entsprechend umgekehrt.

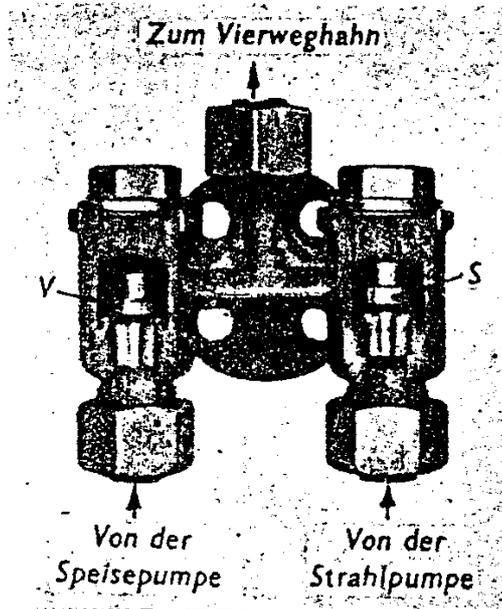


Bild 79. Rückschlagventil

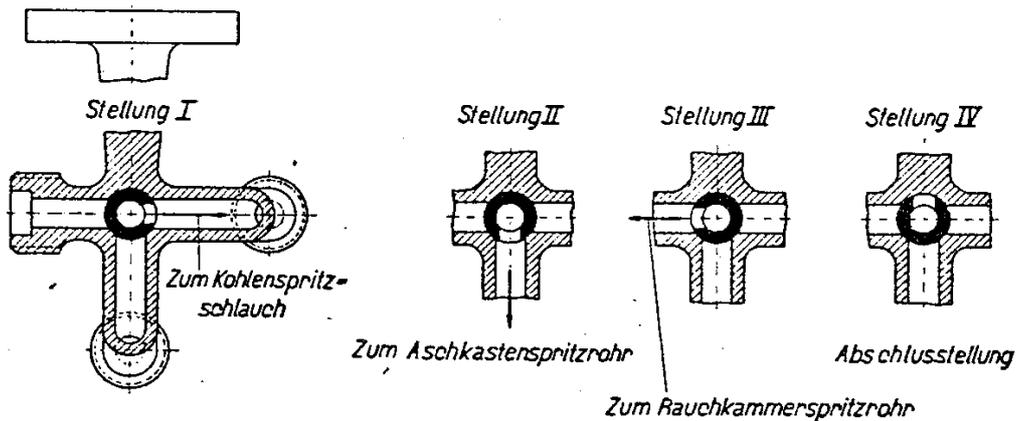


Bild 80. Stellungen des Vierwegehahnes

Als Verteilungshahn finden wir bei älteren Lokomotiven einen Vierweghahn (Bild 80) mit drei Anschlüssen zum Kohlenspritzschlauch (Stellung I), zum Aschkastenspritzrohr (Stellung II) und zum Rauchkammerspritzrohr (Stellung III). In der Stellung IV sind alle Leitungen abgeschlossen.

Bei den Einheitslokomotiven wird zur Verteilung des Spritzwassers auf die einzelnen Leitungen wegen des besseren Dichthaltens ein Dreifachventil mit drei voneinander getrennten Absperrventilen in einem gemeinsamen Gehäuse verwendet (Bild 81). Das Spritzwasser wird dem Verteilungsventil von den Pumpen her auch nicht mehr über ein Rückschlagventil, sondern über einen Dreiweghahn zugeführt, der von Hand auf die jeweils benutzte Pumpenleitung umgeschaltet werden muß.

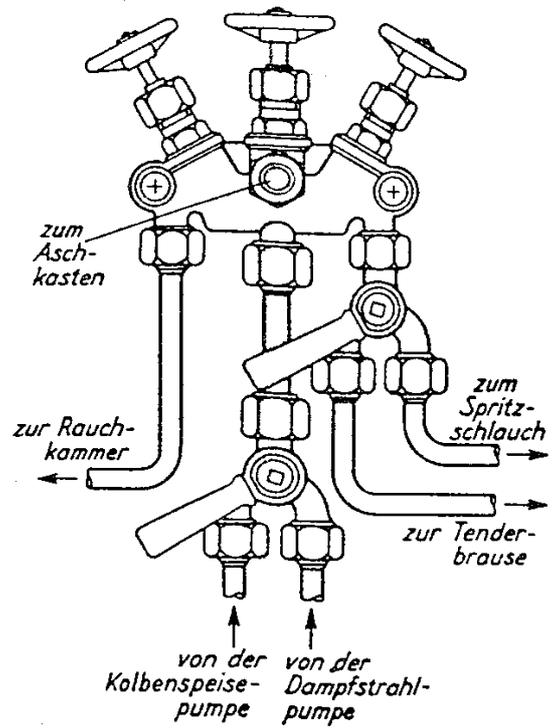


Bild 81. Näßvorrichtung (Dreifachventil)

5. Gesamtanordnung der Kesselausrüstungsteile

Nachdem wir nun die Kesselausrüstungsteile und ihre Wirkungsweise im einzelnen kennengelernt haben, soll in einigen Bildern noch die Gesamtanordnung der Einrichtungen an der Lokomotive gezeigt werden.

Betrachten wir zunächst den Führerraum der Lokomotive (Bild 82), so erkennen wir vor allem, daß hier sämtliche Bedienungshebel und Handräder zusammengeführt sind. Sie sind so angeordnet, daß das Lokomotivpersonal die wichtigsten Handgriffe leicht erreichen kann, ohne wesentlich von der wichtigen Streckenbeobachtung abgelenkt zu werden. Ebenso kann es die Anzeigergeräte leicht von seinem Standort aus überblicken.

Auf der Führerseite sind hauptsächlich die zur Führung der Lokomotive notwendigen Bedienungshebel und die zugehörigen Anzeigergeräte vereinigt. Wir sehen dort das Steuerungshandrad und schräg darüber, etwa in Kesselmitte, den Reglerhandgriff. Rechts vom Reglerhandgriff sitzen der Schieberkastendruckmesser und das Anzeigergerät des Fernthermometers (Pyrometer), unmittelbar darunter die für die Bremsbedienung notwendigen Druckmesser. Die Bremshebel, das Führerbremsventil und das Zusatzbremsventil sind rechts vom Steuerungshandrad am Fenster angebracht. Links oberhalb der Steuerung sind der Sandstrehahn und der Hebel für die Dampfpeife zu finden. Das Handrad oberhalb der Druckmesser für die Bremse gehört zum Anstellventil für die Luftpumpe. Beiderseits des Reglerhandgriffes erkennen wir die 2 Wasserstandseinrichtungen. Die hier gezeigte Lokomotive der Baureihe 50 hat zwei sichtbare Wasserstände. Bei älteren Lokomotiven ist nur der linke Wasserstand ein sichtbarer, der rechte Wasserstand ein unsichtbarer.

Auf der Heizerseite sind die Handräder zum Bedienen der Speisepumpe, des Hilfsbläfers, der Heizung und der Lichtmaschine angebaut. Neben dem Wasserstand liegen der Hubzähler für die Speisepumpe und der Heizungsdruckmesser. In Kesselmitte ist die Feuertür angeordnet und darüber in Höhe der Kesseldecke der Kesseldruckmesser, der vom Führer- und Heizerstand aus gleich gut zu beobachten ist. Links und rechts in unmittelbarer Nähe des Kesseldruckmessers sind die Bedienungshandgriffe der 2 Kesselsicherheitsventile, der Feineinstellungs- und der Rüttelhebel, zu erkennen. Darunter sind der Anschluß für den Prüfdruckmesser und das Fabrikschild angebracht. Seitlich der Feuertür sehen wir die Bosch-Schmierpresse und die zugehörigen Schaugläser für die einzelnen zu den Zylindern und Schiebern führenden Schmierölleitungen. Neben der Schmierpresse finden wir die Dampfstrahlpumpe, die bei älteren Lokomotivbauarten meist auf der Führerseite angebracht ist, bei den Einheitslokomotiven jedoch zur besseren Bedienung durch den Heizer auf dessen Seite verlegt worden ist. Schräg über der Dampfstrahlpumpe

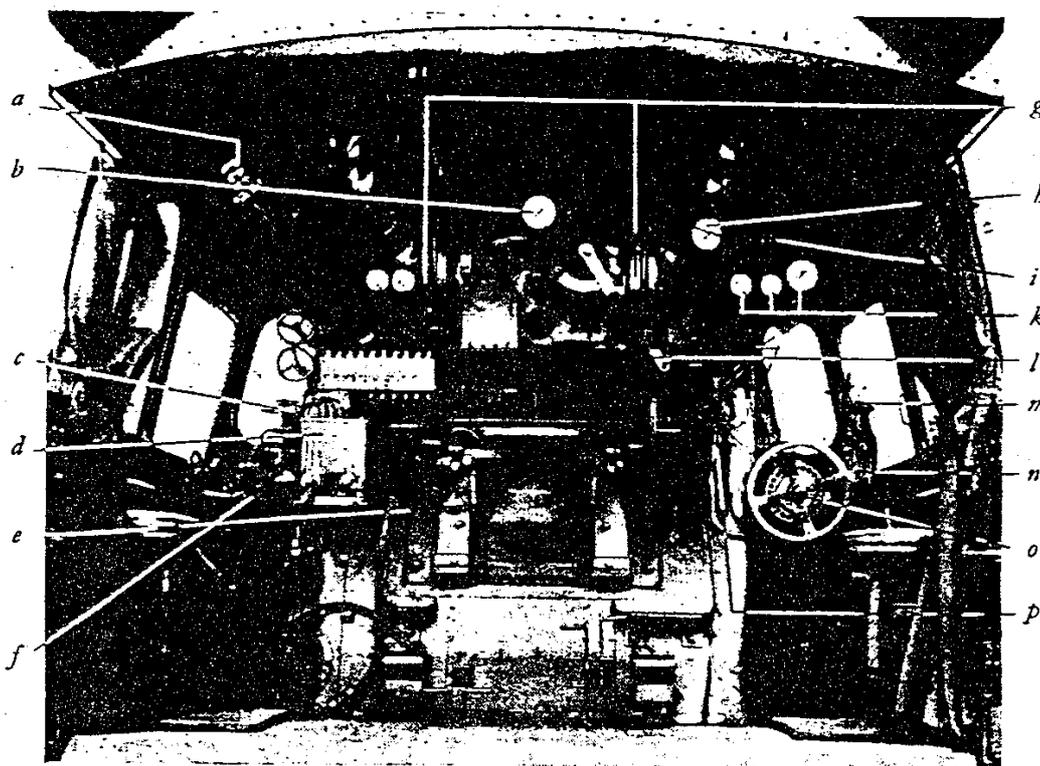


Bild 82. Blick in den Führerraum. a = Schalter für Beleuchtung, b = Kesseldruckmesser, c = Näßeinrichtung, d = Schmierpresse, e = Feuertür, f = Dampfstrahlpumpe, g = Wasserstände, h = Schieberkastendruckmesser, i = Fernthermometer, k = Bremsdruckmesser, l = Reglerhandgriff, m = Zusatzbremsventil, n = Führerbremsventil, o = Steuerungshandrad, p = Sandstreuhaahn

sind die Ventile für die Näßeinrichtungen angebracht, von denen der Kohlenspritzschlauch auf der Heizerseite deutlich zu erkennen ist. Unter der Dampfstrahlpumpe ist die Kurbel zum Bedienen des Kipprostes zu finden. Unter der Feuertür liegen die Züge für die Aschkastenklappen und Aschkastenbodenklappen. Am Führerstandsdach über dem Heizerstand sind die Schalter der elektrischen Lokomotivbeleuchtung angeordnet.

Betrachten wir jetzt die linke Lokomotivseite (Bild 83 - Anhang), so finden wir etwa in Kesselmitte die Kolbenspeisepumpe. Der Antriebsdampf wird der Speisepumpe aus dem senkrecht darüber liegenden Dampfdom zugeführt. Man erkennt das Hauptabsperrentventil unmittelbar am Dampfdom, darunter den Dampfentnahmestutzen, in dem die Absperrventile für die Speisepumpe, die Lichtmaschine und den Hilfsbläser zusammengefaßt sind.

Vom Dampfentnahmestutzen führen die Betätigungsgestänge zum Führerstand. Rechts und links vom Dampfdom liegen die Sandkästen auf dem Kessel. Der Abgang der Sandstreuohre ist im Bilde gut zu erkennen. Vor dem vorderen Sandkasten ist der Speisedom angeordnet, an dem das Kesselspeiseventil mit dem Feuerlöschstutzen angebracht ist. Vor dem Speisedom sehen wir die Lichtmaschine, davor seitlich des Schornsteins das Lätewerk und vor dem Schornstein den Vorwärmer.

Auf der rechten Lokomotivseite (Bild 84 - Anhang) ist auf dem Kesselscheitel unmittelbar hinter dem hinteren Sandkasten eines der Kesselsicherheitsventile mit dem Betätigungsgestänge zum Führerstand zu erkennen. Vor dem vorderen Sandkasten sehen wir wieder ein Kesselspeiseventil mit dem Feuerlöschstutzen am Speisedom. Seitlich des Schornsteins erkennt man die obere Haube der Dampfpeife und davor den quer in der Rauchkammer liegenden Vorwärmer.

6. Wiederholungsfragen

6.1. Lokomotivkessel

1. Welche Vorschriften bestehen für die Kesselausrüstung ?
2. Welche Kesselausrüstungsteile sind gesetzlich vorgeschrieben ?
3. Wie unterteilt man die Kesselausrüstungsteile ?

6.2. Ausrüstung für die Sicherheit des Kesselbetriebes

4. Welche Arten von Pumpen werden bei den Reichsbahnlokomotiven verwendet ?
5. Wie arbeitet die Dampfstrahlpumpe ?
6. Welche Teile gehören zur Speiseeinrichtung der Dampfstrahlpumpe ?
7. Auf welchem Naturgesetz beruht die Wirkungsweise der Dampfstrahlpumpe ?
8. Welchen Zweck hat die Schlabbereinrichtung der Dampfstrahlpumpe ?
9. Wie kann mit Hilfe der Dampfstrahlpumpe das Tenderwasser vorgewärmt werden ?
10. Welche Arten von Kolbenspeisepumpen sind bei Reichsbahnlokomotiven gebräuchlich ?
11. Wie arbeitet die Steuerung der Kolbenpumpe Bauart „Knorr“ ?
12. Wie arbeitet die Steuerung der Kolbenpumpe Bauart „Nielebock-Knorr“ ?
13. Wie arbeitet die Steuerung der Kolbenpumpe Bauart „Knorr-Tolkien“ ?
14. Aus welchen Teilen besteht die Wasserpumpe, und wie arbeitet sie ?
15. Welchen Zweck hat der Windkessel an der Wasserpumpe ?
16. Welchen Zweck hat der Schnüffelhahn an der Wasserpumpe ?
17. Welchen Zweck hat der Prüfhahn am Windkessel ?
18. Wie wird der Stoßdämpfer der „Tolkien“-Kolbenpumpe mit Luft aufgefüllt ?
19. Welchen Zweck hat das Kesselspeiseventil ?
20. Aus welchen Teilen besteht das Kesselspeiseventil ?
21. Wie arbeitet das Rückschlagventil ?
22. Wozu dient das Absperrventil im Kesselspeiseventil ?
23. Welche Arten von Wasserständen gibt es ?
24. Was versteht man unter scheinbarem Wasserstand ?
25. Auf welchem Naturgesetz beruht die Wirkungsweise des sichtbaren Wasserstandes ?
26. Welchen Zweck hat die Selbstschlußeinrichtung beim sichtbaren Wasserstand ?
27. Welche Stellungen haben die Absperrhähne des sichtbaren Wasserstandes ?

28. Wie stehen die Wasserstandshähne, wenn der Selbstschluß eingeschaltet ist ?
29. Wie wird der sichtbare Wasserstand geprüft ?
30. Wie wird der sichtbare Wasserstand ausgeblasen ?
31. Wovon hängt die richtige Anzeige des sichtbaren Wasserstandes ab ?
32. Wie hoch ist der niedrigste zulässige Wasserstand im Kessel ?
33. Woraus besteht der sichtbare Wasserstand ?
34. Wieviel Wasserstandsprüfhähne sind am Kessel vorhanden, und in welcher Höhe sitzen sie ?
35. Welchen Zweck haben die Kesselsicherheitsventile ?
36. Welche Arten von Sicherheitsventilen werden bei den Reichsbahnlokomotiven verwendet ?
37. Woraus besteht das Sicherheitsventil Bauart „Ramsbottom“ ?
38. Welches sind die Nachteile des Sicherheitsventils Bauart „Ramsbottom“ ?
39. Welchen Zweck haben die Hochhubsicherheitsventile ?
40. Aus welchen Teilen besteht das Sicherheitsventil Bauart „Ackermann“ ?
41. Welchen Zweck hat das Stauventil im Sicherheitsventil Bauart „Ackermann“, und wie wirkt es ?
42. Wodurch kann das Abblasen der Sicherheitsventile vom Führerstand aus unterbrochen werden ?
43. Durch wen werden die Sicherheitsventile eingestellt ?
44. Durch welche Einrichtung können die Sicherheitsventile auf ihre Betriebsbereitschaft geprüft werden ?
45. Welchen Zweck haben die Druckmesser ?
46. Wie sind die Dampfdruckmesser gebaut ?
47. Welchen Zweck hat der Hubzähler der Kolbenspeisepumpe ?
48. Wie arbeitet der Hubzähler ?
49. Welchen Zweck hat der Anschluß für den Prüfdruckmesser ?
50. Wann wird dieser Anschluß gebraucht ?
51. Welchen Zweck hat das Fabrikschild ?

6.3. Ausrüstung für die Regelung des Kesselbetriebes

52. Welche Arten von Feuertüren gibt es ?
53. Welches sind die besonderen Vorteile der Feuertür Bauart „Marcotty“ ?
54. Auf welche Weise kann dem Feuerbett unter Umgehung der Feuertür zusätzlich Luft zugeführt werden ?
55. Wie arbeiten die Drosselklappen in den Luftzuführungskanälen der Feuertür ?
56. Wie ist die Feuertür gegen Abbrand geschützt ?
57. Aus welchen Teilen besteht die Saugzuganlage eines Kessels ?
58. Welchen Zweck hat das Blasrohr ?
59. Worauf ist bei der Unterhaltung des Blasrohres besonders zu achten ?
60. Wie wird der Abdampf dem Blasrohr zugeführt ?
61. Welchen Zweck hat der Hilfsbläser ?
62. Wie kann ein Kessel aus dem kalten Zustand schnell angeheizt werden ?
63. Welche besonderen Einrichtungen sind dafür am Hilfsbläser vorgesehen ?
64. Welchen Zweck hat der Funkenfänger in der Rauchkammer ?

65. Welche Funkenfänger werden bei den Reichsbahnlokomotiven verwendet ?
66. Wie sind die Funkenfänger gebaut ?
67. Welche Vorrichtungen sind bei den neueren Funkenfängern vorhanden, um das Rohrblasen zu erleichtern ?
68. Welchen Zweck hat der Dampfregler ?
69. Welche Arten von Dampfreglern werden bei den Reichsbahnlokomotiven verwendet ?
70. Aus welchen Teilen besteht der Ventilregler Bauart „Wagner“ ?
71. Wie arbeitet der Ventilregler Bauart „Wagner“ ?
72. Aus welchen Teilen besteht das Reglergestänge ?
73. Welche Teile gehören zu den Dampfleitungen ?
74. Wie wird der Naßdampf und der Heißdampf im Kessel zu den Zylindern und von dort wieder ins Freie geführt ?
75. Wie werden die Hilfseinrichtungen des Kessels mit Dampf versorgt ?
76. Wie sind die Absperrventile für die Hilfseinrichtungen gebaut ?
77. Welchen Zweck hat der Feuerlöschstutzen ?
78. Wo sitzt der Feuerlöschstutzen ?

6.4. Ausrüstung für die wirtschaftliche Betriebsführung des Kessels

79. Welchen Zweck hat die Speisewasservorwärmanlage ?
80. Wie ist der Speisewasservorwärmer gegen Wärmeverluste geschützt ?
81. Welche Arten von Vorwärmern gibt es ?
82. Wie wird das Wasser in einem Oberflächenvorwärmer vorgewärmt ?
83. Wie hoch wird das Speisewasser vorgewärmt ?
84. Wie muß die Speisepumpe bei richtiger Ausnutzung des Vorwärmers eingestellt werden ?
85. Wie ist die Wasserführung im Rohrbündel des Vorwärmers ?
86. Welchen Zweck hat die Speisewasserreinigungsanlage im Kessel ?
87. Welche verschiedenen Arten von Speisewasserreinigungsanlagen gibt es ?
88. Wie arbeiten die verschiedenen Speisewasserreinigungsanlagen ?
89. Welchen Zweck haben die Kesselabschlammvorrichtungen ?
90. Welche verschiedenen Arten von Kesselabschlammvorrichtungen gibt es, und wo sind sie angebracht ?
91. Wie wird das Schnellschlußventil Bauart „Gestra“ bedient ?
92. Welchem Zweck dient das Heißdampferfernthermometer ?
93. Wie arbeitet das Heißdampferfernthermometer ?
94. Wie werden Aschkasten und Rauchkammer vor Beschädigungen durch glühende Kohlen geschützt ?
95. Wie wird das Spritzwasser zu den einzelnen Näßeinrichtungen geführt ?
96. Welche Verteilereinrichtungen sind für die Näßvorrichtungen im Führerstand vorhanden ?

Anlagen

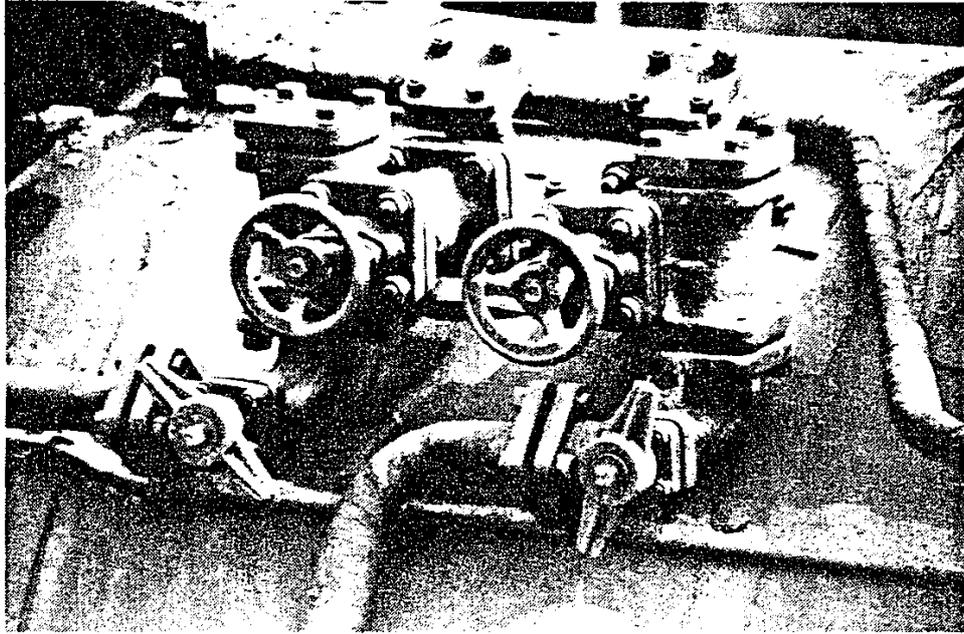


Bild 56. Anordnung des Kesselspeiseventils

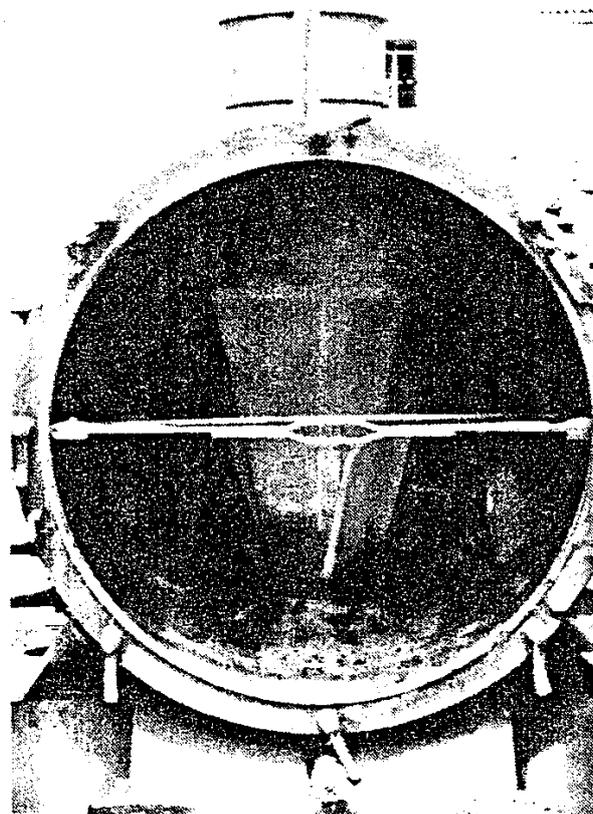


Bild 64. Einblick in die Rauchkammer

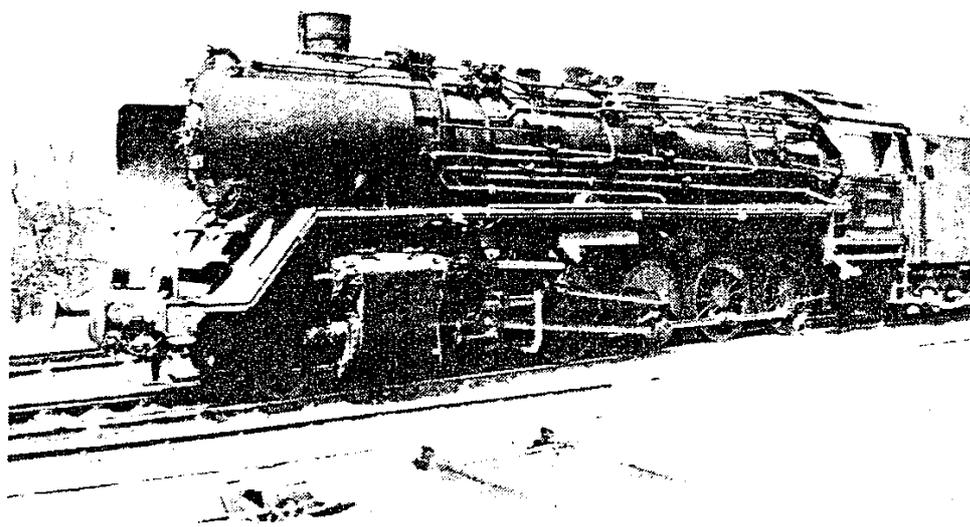


Bild 83. Seitliche Ansicht der Lokomotive (von links)

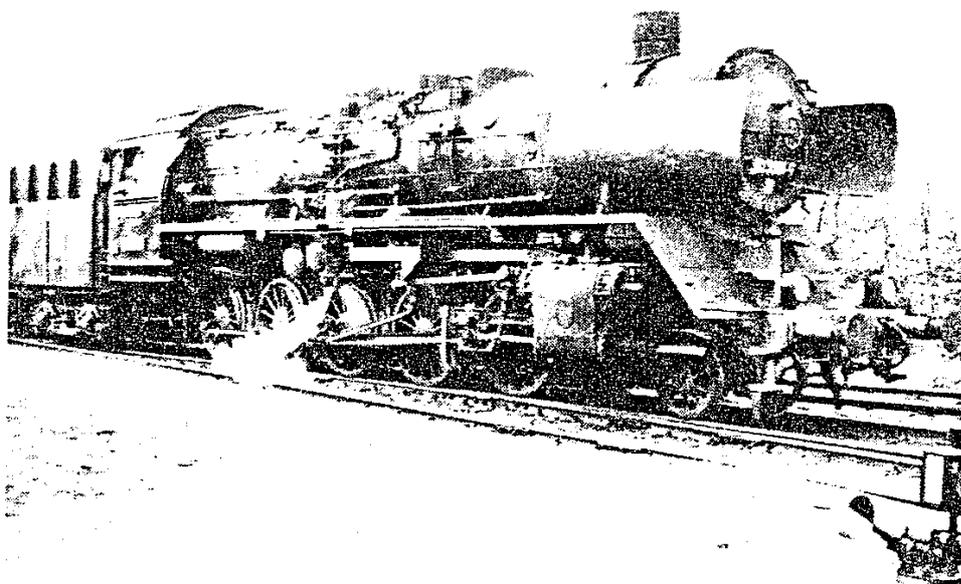


Bild 84. Seitliche Ansicht der Lokomotive (von rechts)

