

Bei den Speisungen fällt das an den Prallkörper 4 in Nebelform aufgeschossene und dann fast gleichmäßig über den ganzen Dampfquerschnitt verteilte Wasser nacheinander auf die Stahldrahtbürsten 13 und auf die obere Platte 11. Auf dieser bis an die Wasserdurchlaßöffnungen entlangfließend, fällt es auf die untere Plattenschicht und muß hier an deren äußeren Rand entlangfließen, um dort in die Winkelräume hinabzufallen, welche die Domwand mit dem Kesselmantel bildet. Auf diesen Winkelräumen fällt das Wasser endlich in die Kesselmanteltaschen, die es gegen den Kesselboden zu leiten.

Alle Teile sind so eingerichtet und bemessen, daß sie ohne Lösen einer Schraube durch das Mannloch ein- und ausgebracht werden können. Für die Entfernung der Gase aus dem Dom, welches auch für die Erzielung eines guten Wirkungsgrades des Reinigers unbedingt erforderlich ist, wird ein Rohr im Dominnern angeordnet, das im oberen Drittel ausmündet und dazu bestimmt ist, der Speise- und der Luftpumpe das Treibmittel zuzuführen, nachdem es zuvor in einem Überhitzerelement getrocknet wurde.

b) Vorwärmer.

I. Vorteile des Vorwärmers.

Die Wärmewirtschaftlichkeit ist eine bessere. Denn man gewinnt einen Teil der sonst im Abdampf oder in den Abgasen ungenutzt verlorengehenden Wärme zum Vorwärmen des Speisewassers. Man spart also die Menge Kohle, die nötig wäre, das Speisewasser auf 190° zu erwärmen. Versuche haben beim Vorwärmereinbau 13—15% Ersparnis an Kohle ergeben.

Die Unterhaltungskosten der Lokomotiven nehmen ab, da der Kessel infolge geringerer Temperaturunterschiede mehr geschont wird. Denn bei Anwendung von Vorwärmern brauchen weniger Wärmeeinheiten durch die Heizflächen hindurch übertragen zu werden. Dampf von der üblichen Kesselspannung von 13 at abs hat eine Temperatur von etwa 190° . Die Temperatur des Wassers im Wasserkasten steigt selten über 10 bis 15° C; im Winter sinkt sie sogar fast bis auf den Gefrierpunkt, und es besteht infolgedessen die Gefahr, daß die Speiseleitung zwischen Lokomotive und Tender einfriert. Allerdings wird mit solchen niedrigen Wassertemperaturen meist nicht gespeist, da das Wasser bereits in der Dampfstrahlpumpe, der üblichen Speisevorrichtung für Lokomotiven, um etwa 40 bis 50° erwärmt wird. Aber Temperaturschwankungen zwischen 50 und 190° sind immerhin noch im Kessel zu treffen, wodurch sich der Kesselbaustoff ungleich ausdehnt, die Rohre und Kesselschüsse infolgedessen undicht werden und zu lecken beginnen. Bei Vorwärmung des Speisewassers auf 100 bis 130° herrscht nur ein Unterschied von etwa 60 bis 90° — im Vergleich zu 140° vorher — zwischen den heißesten und kältesten Stellen des Kessels, so daß die Gefahr des Kesselundichtwerdens bedeutend gesunken ist. Auch durch die später erwähnte geringere Rostanstrengung bei Anwendung von Vorwärmern wird der Kessel geschont.

Bei Vorwärmung des Wassers scheiden sich die mineralischen Lösungstoffe bereits vor seinem Eintritt in den Kessel teilweise als Schlamm im Vorwärmer aus, so daß die Absonderungen (in der

Hauptsache Kesselstein) weniger schädlich wirken. Rostbildung oder Anfressungen im Kessel treten in bedeutend geringerem Maße auf. Infolgedessen ist der Kesselwirkungsgrad gut, und da das Reinigen des Kessels kürzere Zeit in Anspruch nimmt, so ist die Lokomotive mit kürzeren Unterbrechungen dienstbereit.

Infolge der verringerten Blasrohrwirkung ziehen bei Abdampfvorwärmern die Heizgase gleichmäßiger durch die Siederohre, wodurch die Heizfläche besser ausgenutzt wird. Hierdurch verursacht, tritt eine Abnahme des Unterdruckes in der Feuerbüchse und der Rostbeanspruchung ein. Da aber die Leistung trotz der verminderten Rostbeanspruchung bei Vorwärmung dieselbe bleibt, ist dies ein Vorteil in bezug auf eine vollständigere Verbrennung des Brennstoffes.

Betriebstechnische Vorteile liegen auch in der geringeren Inanspruchnahme des Heizers; denn er braucht, um eine gleiche Lokomotivleistung zu erzielen, den Rost nicht so oft zu beschicken, da ja bei Vorhandensein von Vorwärmern die gleiche Lokomotivleistung mit einer geringeren Kohlenmenge erzielt wird. Ferner fällt bei den neueren Vorwärmern die Bedienung der Dampfstrahlpumpe fort, weil zur Wasserförderung in den Kessel ohne Unterbrechung arbeitende Speisewasserpumpen benutzt werden.

Selbst in vorhandenen Lokomotiven kann der Vorwärmer auf ziemlich einfache Art mit verhältnismäßig geringen Kosten eingebaut werden; vor allem beim Einbau in Satteldampflokomotiven kann er vermöge seiner Leistungserhöhung bis zu einem gewissen Grade den Überhitzer ersetzen. Die Anwendung der Überhitzung und Vorwärmung im Eisenbahnbetrieb ist natürlich am wirtschaftlichsten. Während eine Heißdampflokomotive mit einfacher Dehnung ohne Speisewasservorwärmung höchstens 17 % an Kohle erspart, beträgt die Brennstoffersparnis bei Anwendung eines Vorwärmers bei Heißdampflokomotiven etwa 26 %.

II. Grundsätze der Vorwärmer-Bauweise.

Man unterscheidet Abdampf- und Rauchgasvorwärmer. Erstere müssen den ihnen zugeführten Abdampf vollständig niederschlagen und die dabei frei werdende Wärme möglichst ohne Verlust an das Speisewasser abgeben. Für dauernd gleichmäßige Speisung des Kessels durch den Vorwärmer ist zu sorgen. Gleichmäßige Temperatur im Vorwärmer ist erwünscht. Der Schlamm muß sich an einer toten Stelle absetzen können, damit er nicht mit in den Kessel gerissen wird. Da die Heizfläche des Vorwärmers nur ein geringer Teil von der Kesselheizfläche ist, so wird der Wirkungsgrad der Vorwärmerheizfläche bei Schlammbelag schnell abnehmen, und es ist deshalb beim Bau des Vorwärmers für seine gute Reinigung (Ausspülen) zu sorgen.

Auf leichten Einbau und gute Auswechselbarkeit von Vorwärmerteilen ist zu achten, falls eine eingehende Reinigung des Vorwärmers nötig und seine Abnahme notwendig; man vermeidet dadurch das Ausdembetriebziehen der teureren Lokomotive, während die Beschaffung eines neuen Vorwärmers oder eines Teiles desselben bedeutend geringere Kosten hervorruft. Vorzuziehen sind von diesem Standpunkt aus Vorwärmerbauarten, in denen das Wasser durch wäge-

rechte Rohre fließt, im Gegensatz zu Bauarten mit geneigten Rohr- anordnungen; ferner sind weite Rohre besser als enge, um schnelle Verstopfung zu vermeiden und bessere Reinigung zu erzielen. Wenn auch Kalk zunächst als Schlamm ausfällt, so könnte er doch nach und nach festere Formen annehmen oder sonst Störungen verursachen, falls die Rohre nicht ab und zu gereinigt werden. Allerdings sind außer weitrohrigen auch sehr engrohrige Bauarten verschiedentlich erfolgreich verwendet worden.

III. Allgemeine Anordnung und Einbau von Vorwärmern.

Bei den meisten Vorwärmern wird mit Dampf- oder Tauch- Kolbenpumpen gespeist. Überschreitet die Temperatur des Speise- wassers bei seinem Eintritt in den Wasserspeiseapparat 40° C nicht oder befindet sich der Vorwärmer zwischen Wasserspeisevorrichtung und Kesselspeisekopf, so kann mit Strahlpumpen gespeist werden. Bei Ansaugtemperaturen von mehr als 40° C versagen die gewöhn- lichen Strahlpumpen, es werden dann Dampfmaschinen zur Speisung gebraucht. Sie benötigen 1 kg Dampf (bei den üblichen Kessel- drücken) zur Förderung von 100 bis 150 kg Wasser, während die Strahlpumpe, bei gleichem Dampfverbrauch, nur etwa 15 kg zu fördern vermag. Außerdem läßt sich der Abdampf der Dampfmaschine noch für die Vorwärmung brauchbar machen.

Weitere Vorteile der Dampfmaschinen sind, daß ihre Fördermenge in großen Grenzen verändert werden kann. Die Wasserspeisung geschieht mit ihr ständig, und das heiße Wasser vermindert bei seinem Eintritt in den Lokomotivkessel die Temperatur und Spannung in ihm beinahe gar nicht. Die Maschinen sind bei den einzelnen Vor- wärmerbauarten vor oder hinter denselben angeordnet. Falls die Pumpe das kalte Wasser durch den Vorwärmer drückt, läßt sich jede übliche Bauart als Speisepumpe verwenden. Am liebsten legt man den Vorwärmer zwischen Kessel und Pumpe, d. h. in die Druck- leitung, um den vollen Nutzen der Vorwärmung zu bekommen. Ver- legung des Vorwärmers in die Saugleitung würde die Vorwärmung auf einen verhältnismäßig niedrigen Temperaturgrad beschränken, da die Saugwirkung der Pumpe gesichert werden muß. Das Einfrieren der Saugleitung, wenn die Lokomotive bei Frostwetter außerhalb des Lokomotivschuppens aufgestellt werden muß, ist zu vermeiden. Des- halb sind die Rohre der Vorwärmeranlage möglichst nahe an den Kessel zu legen.

Der Einbau des Vorwärmers hängt ab von räumlichen Ver- hältnissen und von den für die einzelnen, Bahnen gültigen Betriebs- regeln.¹⁾ Die Speisepumpe steht in Deutschland meistens auf der linken Kesselseite, da Bedienung derselben dem Heizer übertragen und dieser seinen Stand auf der linken Lokomotivseite hat; auch ist dies durch die übliche Rechtslage der Bremsluftpumpe begründet (umgekehrt z. B. in Baden). Bei den preußischen Staatseisenbahnen geschieht der Einbau des Vorwärmers auf folgende Arten:

¹⁾ Die Vereinigten Staaten von Amerika legen z. B. den Vor- wärmer auch unter den Tender in dessen Längsachse.

Vorwärmer liegend quer zur Lokomotivachse, zwischen den Rahmenblechen;

Vorwärmer liegend oben auf dem Kessel, zwischen Dom und Sandkasten;

Vorwärmer liegend auf dem Trittbrett vorn vor der Rauchkammer;

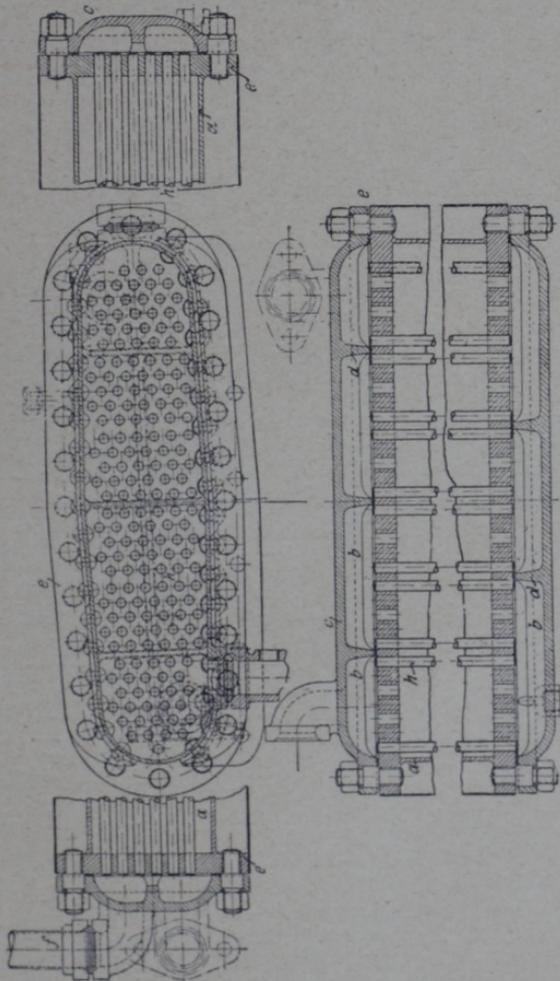


Abb. 117. Vorwärmer Bauart „Schichau“.

Vorwärmer liegend seitlich auf dem Umlaufblech (gebräuchlichste Anordnung).

Bei der neuen österreichischen 1E-Heißd. Zw. G-Lok. ist der Vorwärmer stehend zwischen den Rahmenblechen angeordnet.

IV. Deutsche Vorwärmerbauarten.

Sie beruhen fast alle auf der Oberflächenkondensation des Abdampfes, wobei nur die Dampfwärme zurückgewonnen wird. Vorwärmungen durch den Abdampf wurden bereits im Jahre 1852 bei den hannoverschen Staatseisenbahnen angewendet. Bei der Kondensationsanlage von Kirchweger erwärmte ein Teil des Abdampfes das Wasser in Tender bis zur Siedehitze, wodurch Kohle- und Wasserersparnis eintrat. Hierbei ergab sich aus verschiedenen Versuchen eine Kohlenersparnis von 19 bis 31%. Mit einer anderen, einfacheren, der Rohrbeck'schen Einrichtung wurden Versuche zur Erwärmung des Tenderwassers gemacht, bei der gleichfalls der Auspuffdampf benutzt wurde.

Trotz der augenscheinlichen Vorteile wurde damals die Speisewasservorwärmung bei Lokomotiven nicht eingeführt, da durch die Dampfstrahlpumpe eine einfache, ebenfalls vorwärmende Einrichtung gegeben war, welche die umständlichen, damals üblichen

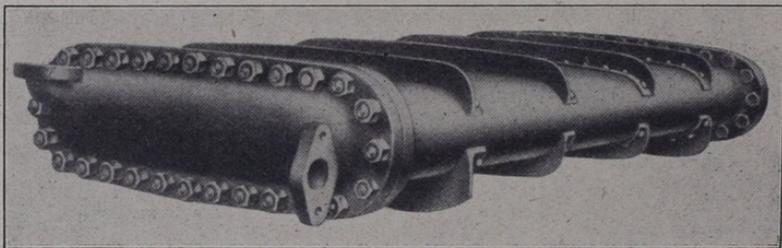


Abb. 118. Vorwärmer Bauart „Schichau“.

langhübrigen Pumpen ersetzt. So geriet die Vorwärmung nach und nach in Vergessenheit, bis der alte Gedanke in den letzten 10 Jahren wieder aufgenommen wurde, um die großen Anforderungen zu bewältigen, die an die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Lokomotiven gestellt wurden.

Seit 1912 sind u. a. die bekanntesten Abdampf-Vorwärmerbauarten in Deutschland: Atlaswerke (Bremen), Schichau (Elbing), Vulkan (Stettin) und Knorr (Berlin-Lichtenberg). Alle von ihnen enthalten ein Röhrensystem aus Messing-, Kupfer- oder Eisenröhren, das vom Kesselspeisewasser in mehrfachen Durchgängen durchzogen und außen durch den Abdampf erhitzt wird.

Abdampfvorwärmer Bauart „Schichau“; Zweikammer-Vorwärmer (Abb. 117 u. 118). Rohre *h* sind aus Messing, Rohrwände *e* aus Flußeisen. An letztere ist Mantel *a* unmittelbar angeschweißt. Kaltes Speisewasser wird an der linken Vorwärmerseite mittels einer Wasserpumpe durch Rohr *f* eingeführt, durchzieht die Rohre mehrmals in Schlangenwindungen, genötigt durch die Rippen *d* in den Deckeln *c* der Wasserkammern, und tritt am vorderen Ende der linken Wasserkammer aus dem Vorwärmer. Abb. 119 zeigt die Einrichtung von Pumpe und Vorwärmer an der verstärkten

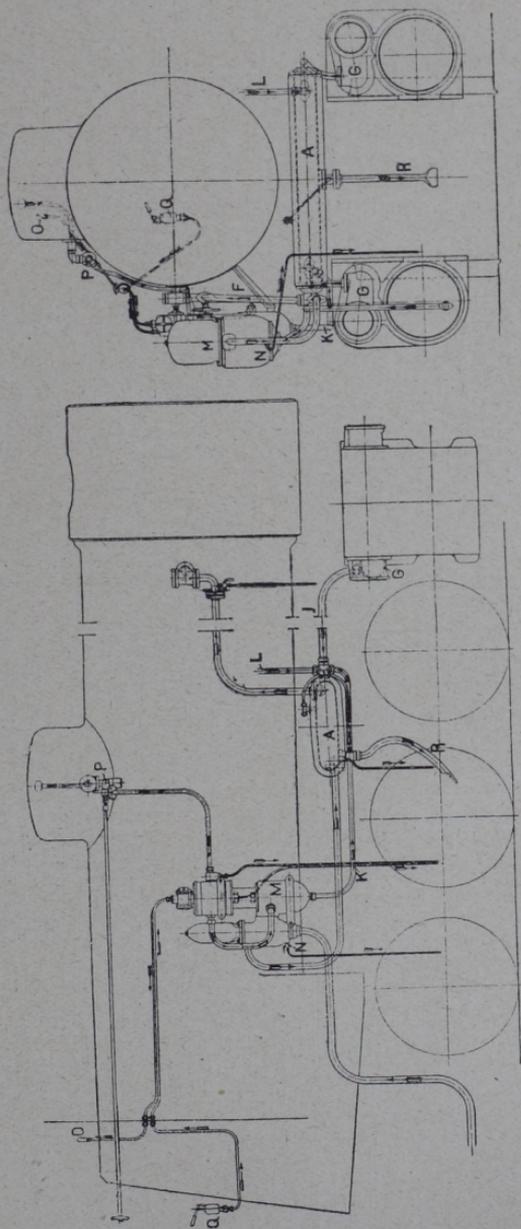


Abb. 119. Schichau-Vorwärmer an der preussischen G₃-Lokomotive.

D-Heißdampf-Güterzuglokomotive. Vorwärmer A liegt unter dem Langkessel. Der Lokomotivzylinder-Abdampf wird bei G entnommen und geht durch Rohr J in den Vorwärmer A. Das Speisewasser gelangt mittels der Knorr-Pumpe M, zu deren Antrieb Dampf bei P entnommen wird, in Pfeilrichtung in den Vorwärmer A. Bei Q wird die Dampfpumpe in Tätigkeit gesetzt. Rohr F leitet das vorgewärmte Speisewasser zum Speisekopf am Kessel N; K und R sind Schlabberrohre zum Abfluß des Niederschlagwassers.

Abdampfvorwärmer Bauart „Vulkan“; Einkammer-Vorwärmer (Abb. 120 u. 121). Er besitzt nach der U-Form gruppenartig, verschiedenen Halbmessern entsprechend gebogene Rohre. Die Anlage arbeitet nach dem Gegenstromprinzip, da sich die Richtung des Abdampfes im Vorwärmer durch Trennungswände im Mantel mehrmals ändert. Während aber der Gegenstrom bei Rauchgasvorwärmern von großem Vorteil ist, werden hier bedeutendere Vorteile bei Führung des Abdampfes im Gegenstrom nicht erzielt, da selbst bei Heißdampflokomotiven nur Abdampftemperaturen von kaum mehr als 150°C vorkommen. Auch ist das Ineinanderliegen der Rohre nicht vorteilhaft; die einzelnen Rohre z. B. bei Undichtigkeit auszuwechseln, bereitet

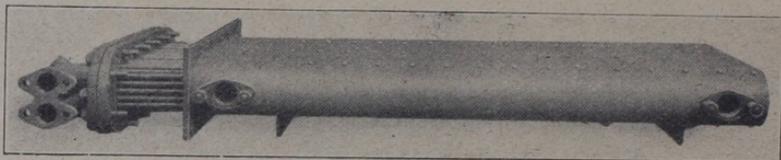


Abb. 120. Vorwärmer Bauart „Vulkan“.

Schwierigkeiten, und es lassen sich nur schwer alle die verschiedenen gekrümmten Ersatzrohre vorrätig halten.

Abdampfvorwärmer Bauart „Knorr“; Ein- oder Zweikammer-Vorwärmer (Abb. 122 bis 124). Er besitzt ein ausziehbares Röhrenbündel zur Untersuchung und Prüfung der Rohre. Letztere sind gruppenweise hintereinander- oder parallel- und hintereinandergeschaltet.

Man baut den Vorwärmer mit verschiedenen großen Heizflächen in zwei Ausführungsformen: mit gebogenen Rohren und einer Wasserkammer (Abb. 122 u. 123) oder mit geraden Rohren und zwei Wasserkammern (Abb. 124). Als Regelgrößen werden gebaut: Vorwärmer mit gebogenen Rohren von 13,6 und mit geraden Rohren von 13,4 qm Heizfläche für Vollbahn-, von 9,2, rd. 4,5 und 2,5 qm Heizfläche für Neben- und Kleinbahnlokomotiven. Auch bei dem Vorwärmer mit U-förmig gebogenen Rohren sind die einzelnen Rohrelemente unter sich auswechselbar, da die U-förmigen Biegungen nach gleichem Krümmungshalbmesser hergestellt sind. Auch können sich bei dem Vorwärmer mit gebogenen Rohren alle Rohre ungehindert für sich ausdehnen, da sie mit beiden Enden in ein und derselben Rohrwand eingewalzt und in der Nähe der U-förmigen Biegung in einer Stützplatte frei gelagert sind. Der Vorwärmer mit geraden Rohren hat dem-

gegenüber den Vorzug, daß seine Rohre leichter von etwaigen Kesselsteinablagerungen gereinigt werden können. Bei beiden Bauarten kommen nur nahtlos gezogene Messingrohre zur Verwendung, da eiserne Rohre, auch verzinkt, nur geringe Lebensdauer besitzen. Die

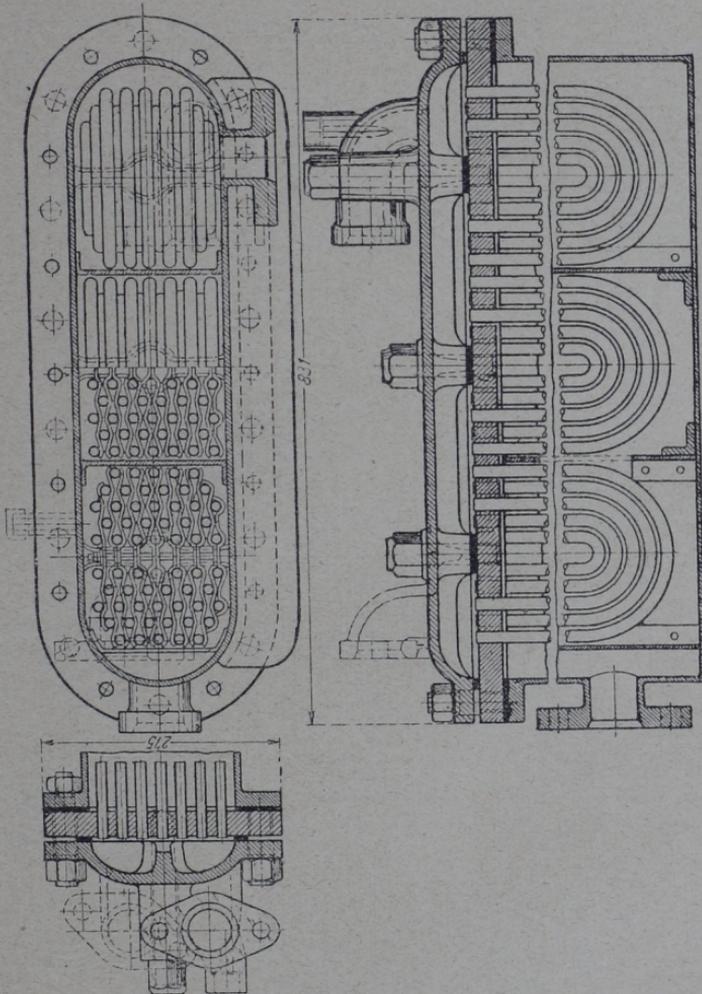


Abb. 121. Vorwärmer Bauart „Vulkan“.

lichte Weite der gebogenen Rohre beträgt 13 mm, die der geraden 19 mm, die Wandstärke in beiden Fällen 1,5 mm.

Ein Vorwärmer-Umschalthahn am Wasserkammerdeckel dient dazu, die Kolbenpumpe als Kesselspeisevorrichtung auch dann betriebs-

fähig zu erhalten, wenn der Vorwärmer schadhaft geworden ist und daher ausgeschaltet werden muß. Ferner wird der Hahn dazu benutzt, eine gleichmäßigere Verteilung der Kesselsteinablagerung im Vorwärmer-Rohrbündel zu ermöglichen und damit die Schädlichkeit der Ausscheidungen selbst zu vermindern. In Verbindung mit einem Sicherheitsspeisekopf kann der Umschalthahn auch zum Auswaschen des Vorwärmers und auf diese Weise zur Reinigung des Rohrbündels

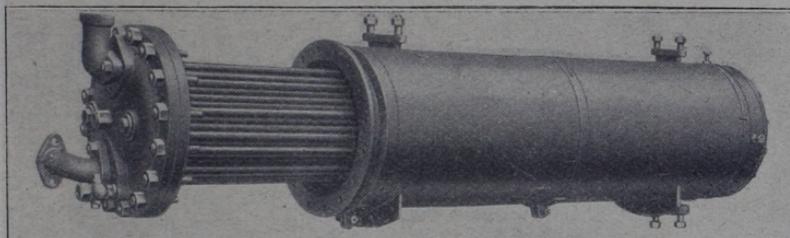


Abb. 123. Einkammer-Vorwärmer Bauart „Knorr“ (Röhrensystem teilweise herausgezogen).

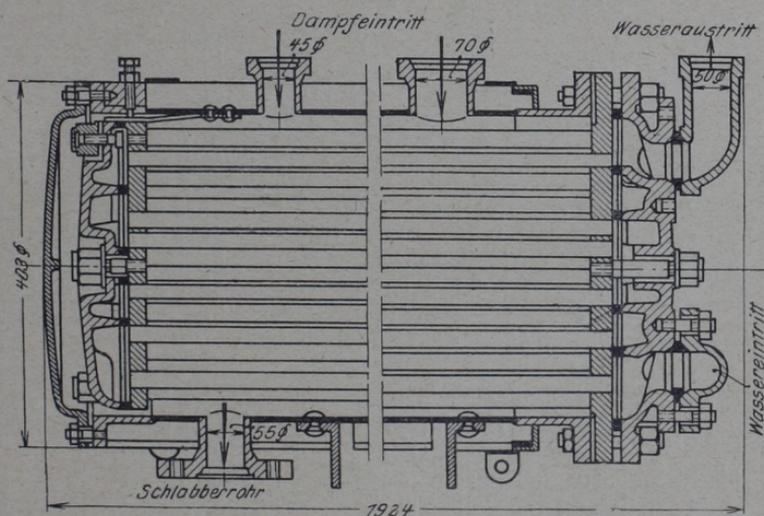


Abb. 124. Zweikammer-Vorwärmer Bauart „Knorr“.

von den ausgefallten Kesselsteinbildnern benutzt werden. Es ist ein Vierweghahn mit zwei geraden und zwei gekrümmten Stutzen zum unmittelbaren Anschluß an den Wasserkammerdeckel des Vorwärmers, oder der Hahn hat vier gerade Anschlußstutzen und einen besonderen Fuß zum Einbau in die Druckleitung an beliebiger Stelle der Lokomotive.

Abdampfvorwärmer Bauart „Württemberg“; Zweikammer-Vorwärmer (Abb. 125). Mit geraden weiten Flußeiseneröhren aus-

Dampfverteilungsrohr a sechs Wasserrohrbündel b im Kreise gelagert. Diese Bündel aus Messing verbinden sechs zu einem Kopfstück c vereinigte runde Wasserkammern der einen Seite durch Hin- und Rückleitungen in ununterbrochenem Strome wechselseitig mit sechs voneinander getrennten runden Kammern d der anderen Seite, die so im Gehäuse gelagert sind, daß sich jedes Rohrbündel für sich frei ausdehnen kann. Das Speisewasser verteilt sich aus der unteren Mittelkammer in zwei Strömen nach rechts und links und gelangt in je sechsfacher Hin- und Rückleitung sehr weitgehend unterteilt zur oberen Mittelkammer. Der Vorwärmer zeichnet sich durch einfache, als Drehkörper ausgebildete Bauteile aus. Die Rohrbündel sind leicht zur Reinigung herauszuziehen. Rippen im mittleren Dampfverteilungsrohr a sollen eine Entölung des Dampfes herbeiführen. Der Vorwärmer ist mit einem Umschalter ausgerüstet, wodurch die Speisevorrichtung die Vorwärmerrohre kräftig ausspült.

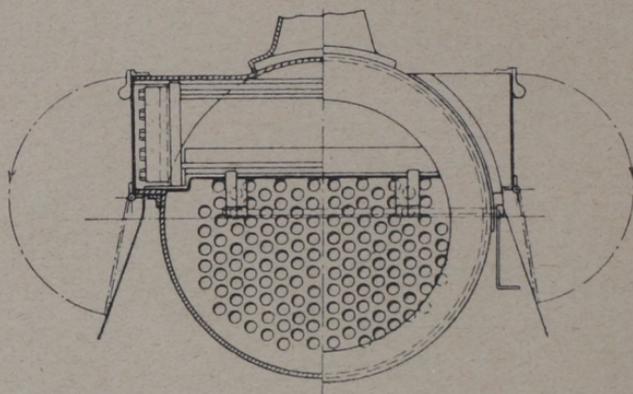


Abb. 128. Abgasvorwärmer Bauart „Werle“ der Lokomotivfabrik Jung.

Abgasvorwärmer Bauart „Werle“ (Lokomotivfabrik Jung) (Abb. 128). In der Rauchkammer sind quer zur Kesselachse sechs Wasserrohrbündel aus Messing so gelagert, daß die Zugänglichkeit der Siederohre gewahrt bleibt. Diese Bündel verbinden in zwei Gruppen vier voneinander getrennte Wasserkammern der einen Seite in sechsfacher Hin- und Rückleitung wechselseitig mit vier Kammern der anderen Seite. Die einzelnen Rohrbündel können sich unabhängig voneinander frei ausdehnen. Das Speisewasser tritt oben vorn ein und durchströmt weitgehend unterteilt und auf verhältnismäßig langem Wege den Vorwärmer. Die Heizgase werden durch Ablenkleche gezwungen, die Rohre von allen Seiten zu bespülen. Eine besondere Klappe gibt beim Anheizen einen unmittelbaren Weg ins Freie. Drehklappen am Außenkasten und Deckel an den Wasserkammern ermöglichen eine leichte Reinigung und Auswechslung der Rohre. Der freie Durchgangsquerschnitt zwischen den Vorwärmerrohren entspricht der Summe der freien Heizrohrquerschnitte, so daß die Feueranfandung nicht beeinträchtigt wird. Er übt im Gegenteil eine ausgleichende Wirkung auf die Zugstärke in den oberen und

unteren Siederrohrreihen aus. Infolge der Zerteilung der Heizgase wirkt der Vorwärmer gleichzeitig als Funkentlänger. Zusammen mit einem Abdampfvorwärmer kann er das Speisewasser auf 130 bis 140° C bringen. Ein Umschalter zum Ausspülen des Vorwärmers ist vorgesehen.

V. Ausländische Vorwärmerbauarten.

a) Englische Bauarten.

Bauart „Threvithick“, Direktor der Ägyptischen Staatsbahnen. Viele Versuche mit seinen Vorwärmern¹⁾ liegen vor. Auf Grund derselben wurde eine Vereinigung von Abdampf- und Abgasvorwärmung angebracht an einer 2B-P.L. für die Ägyptischen Staatsbahnen (Abb. 129c). Die Lokomotive hatte 4 Vorwärmer: einen senkrecht stehenden (Abb. 129a) in der Saugleitung der Speisepumpe (Pumpen-Abdampfvorwärmer), zwei wagerecht liegende (Abb. 129b) seitlich neben der Rauchkammer beiderseits zwischen Außen- und Innenrahmen (Maschinen-Abdampfvorwärmer) und einen (vgl. Abb. 129c) in der Rauchkammer (Abgasvorwärmer).

Das Speisewasser wird zunächst durch den Abdampfvorwärmer geleitet, woselbst der Pumpenabdampf niedergeschlagen wird. Das hier um etwa 8° C angewärmte Wasser wird sodann durch eine Speisepumpe angesaugt, durch Abdampfvorwärmer II auf der rechten Lokomotivseite gedrückt, und von dort weiter, quer hinweg über die Innenzylinder, durch Abdampfvorwärmer III auf der linken Lokomotivseite. Durch eine Lenkplatte in II wird das Speisewasser einmal hin- und hergeführt, während es III nur einmal durchfließt. In II hat das Wasser eine weitere Temperaturerhöhung erhalten; III verläßt es mit etwa 100° C bei 105° Abdampf Temperatur. Von III aus wird das Wasser noch in den durch die Heizgase beheizten Abgasvorwärmer IV geleitet, der sich als Ringraum mit 3 Reihen Heizrohren dem Rauchkammermantel anpaßt, und gelangt, auf rund 135° erwärmt, in den Lokomotivkessel. Eine Kohlenersparnis von 20,6 % für 1 km und eine Wasserersparnis für 1 cbm verdampftes Wasser von 19,7 % ergaben sich bei Versuchsfahrten.

Bauart „Weir“ (Abb. 130); der Dampfraum des Abdampfvorwärmers wird gebildet von einem Zylinder a mit Stützen b und c für den Eintritt des Maschinen- und des Pumpenabdampfes, sowie mit einer Nocke d für den Abfluß des Niederschlagwassers. Die beiden Rohrplatten e sind durch Schrauben an dem zylindrischen Vorwärmermantel befestigt. Die außen vom Dampf, innen vom Wasser bespülten Kupferrohre werden in die Rohrwände e eingewalzt. Die beiden Deckel f sind innen mit Rippen versehen, durch die das Wasser gezwungen wird, zweimal den Vorwärmer zu durchfließen. Der Wasserraum des Vorwärmers steht unter Kesseldruck. Speisung durch Dampfpumpen eigener Bauart. Die Speisewassertemperatur beträgt etwa 100° C; die Kohlenersparnis infolge Vorwärmung ist mit 12 bis 14% angegeben. Versuchsweise bei preußischen D-Güterzuglokomotiven angebracht.

Bauart „Drummond“; Abdampfvorwärmer unterhalb des Tenders. Vorwärmung des Wassers durch Überleiten eines Teiles

¹⁾ Vgl. Sauer, Z. V. D. I. 1007, S. 11 und Schneider, Z. V. D. I. 1913, S. 738 usw.

des Abdampfes aus den Zylindern in den Tender-Wasserkasten auf etwa 82° . Obgleich ein Teil der dem Vorwärmer zugeführten Wärme wieder an die Außenluft abgegeben wird, steht der Vorwärmer in Gebrauch bei englischen Tenderlokomotiven.

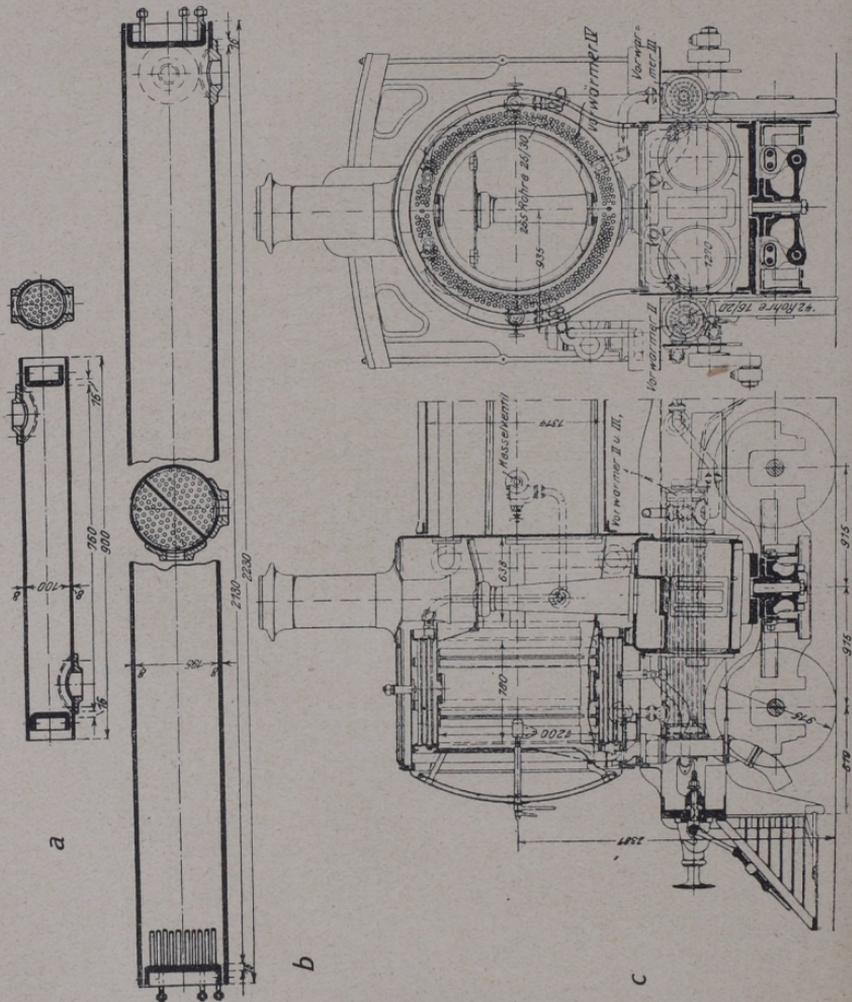


Abb. 129. Vereinigter Abdampf- und Abgasvorwärmer Bauart „Threvithick“.

β) Französische Bauart.

Bauart „Caille-Potonié“; Abdampfvorwärmer u. a. an französischen, rumänischen und amerikanischen Lokomotiven. Es ist ein kastenförmiger länglicher Vorwärmer mit einem Röhrenbündel aus Kupferröhren von 18/20 mm Durchmesser. Die

Rohre werden außen vom Wasser, innen vom Dampf bespült. Das Wasser wird durch den Vorwärmer hindurchgesaugt; er steht also nur unter schwachem Überdruck (rd. 0,5 at). Speisung mit Dampf-pumpe eigener Bauart (früher einfache, später Doppelpumpe), die für die Förderung heißen Wassers in den Lokomotivkessel besonders

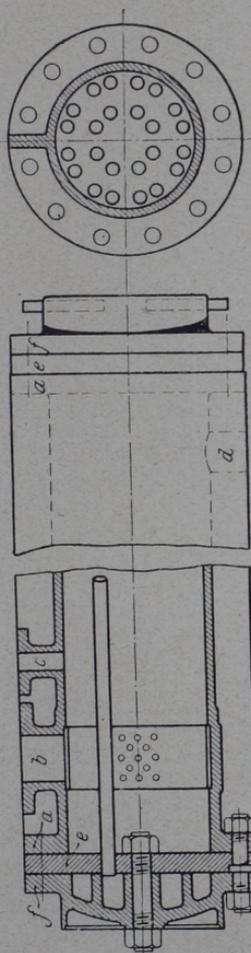


Abb. 130. Vorwärmer Bauart „Weir“.

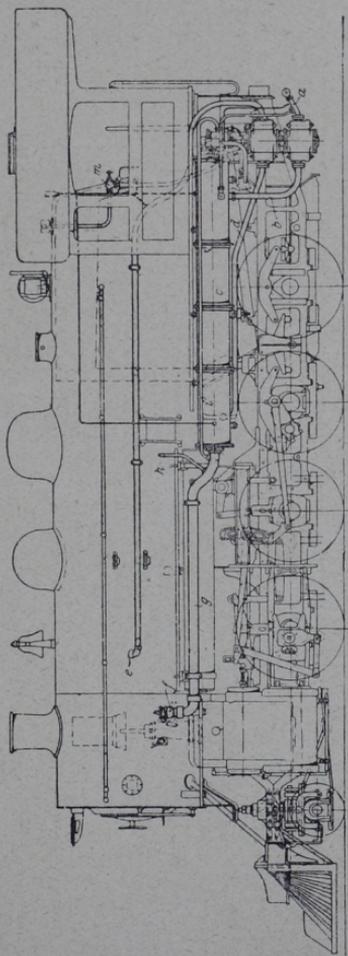


Abb. 131. Vorwärmer Bauart „Caille-Potonie“.

durchgebildet ist. Da heißes Wasser schwer anzusaugen ist, müssen Pumpe und Vorwärmer tiefer als der Tender-Wasserbehälter liegen; infolgedessen fließt das angewärmte Wasser der Pumpe unmittelbar zu.

Abb. 131 zeigt einen Caille-Potonie-Vorwärmer *c* von 30 qm Heizfläche mit Doppelpumpe an einer amerikanischen

1D-Lokomotive. Der Pumpe auf der rechten Lokomotivseite hinten unterhalb des Führerhauses wird mittels Absperrventil m der Betriebsdampf vom Kessel zugeführt. Ein Teil des Maschinenabdampfes (dem Blasrohr entnommen) gelangt, unter Einschaltung des Druckreglers f durch Leitung g in den Vorwärmer. In diese Leitung g münden auch ein die Abdampfleitungen h bzw. i der Westinghouse-Brems- bzw. Dampfspeisepumpe. Das kalte Speisewasser tritt vom Tender her durch Leitung a in die Niederdruckstufe der Pumpe und gelangt mit geringem Überdruck durch Leitung b in den Vorwärmer c. Es verläßt ihn durch Rohr d, um in der Hochdruckstufe der Pumpe auf den Kesseldruck gebracht zu werden. Bei e gelangt das Wasser in den Kessel. Leitungen k und l führen den überschüssigen Abdampf bzw. das Niederschlagwasser aus dem Vorwärmer ab. Bei Versuchsfahrten auf französischen und rumänischen Bahnen ergaben sich Kohlenersparnisse von 16 bis 17 %.

γ) Amerikanische Bauarten.

Bauart „Baldwin - Lokomotivwerke“¹⁾; Abgasvorwärmer, besonders für große Mallet-Lokomotiven. Vorwärmer steht unter vollem Kesseldruck. Speisevorrichtung (Dampfstrahlpumpe) zwischen Wasserbehälter und Vorwärmer. Der runde Vorwärmer liegt wagerecht im Kessel unmittelbar hinter der Rauchkammer. Durch zwei Rohrwände wird er vorn und hinten begrenzt, in denen die manchmal 2,75 m langen wagerechten Rohre aus Eisen von 57 mm Durchmesser eingewalzt sind. Der Vorwärmer ist ganz mit Wasser gefüllt; der Dampf bestreicht die Röhren innen. Das von den Strahlpumpen kommende Wasser tritt unten in den Vorwärmer ein und verläßt ihn oben, um durch eine kurze Rohrleitung in den Kessel zu fließen. Ein in der Achse des Vorwärmers liegendes weites Rauchrohr nimmt das Hoch- und Niederdruckzylinder verbindende Dampfrohr auf. Durch die durchziehenden Rauchgase wird der Zwischendampf getrocknet. Im Vorwärmer wird das Speisewasser auf 120° C vorgewärmt; mit etwa 240° C verlassen die Rauchgase den Schornstein. Vorwärmerheizfläche bei einer von den Baldwinwerken ausgeführten 1D + D1-Malletlokomotive 157 qm.

Bauart „Gaines“; Vereinigung von Abdampf- und Abgasvorwärmung. Zu jeder Lokomotive gehören zwei Abdampfvorwärmer nach Abb. 132 a (je einer außerhalb auf der linken bzw. rechten Lokomotivseite liegend) und ein Abgasvorwärmer nach Abb. 132 b aus zwei gebogenen Röhrenbündeln (je eines innerhalb der Rauchkammer links bzw. rechts stehend). Die Speisevorrichtung (Dampfpumpe) liegt zwischen Wasserkasten und Vorwärmer. Vom Tender tritt das Wasser in die Saugleitung der Pumpe auf der linken Maschinenseite und wird von dort in den linken Abdampfvorwärmer gedrückt, tritt sodann in einen gleichen Abdampfvorwärmer auf der rechten Maschinenseite, gelangt durch eine Leitung daselbst in den Abgasvorwärmer in der Rauchkammer und von dort zum Speisekopf im Lokomotivkessel. Der Abdampfvorwärmer (Abb. 132 a) besteht im wesentlichen aus einem 9¹/₂ mm starken Blechmantel mit aufgenieteten Flanschen, aus

¹⁾ Vgl. Schneider, Z. V. D. I. 1913, S. 736, Abb. 8.

den zwei Rohrwänden und aus Stahlgußvorlagen an der Ein- und Austrittsseite. Der Vorwärmer steht unter vollem Kesseldruck. Lenkbleche *a* in den Kammern der Vorlagen führen den Dampf, so daß er dreimal eine Gruppe gerader eiserner Röhren von 32 mm Durchmesser durchstreicht. 69 qm wasserberührte Heizfläche hat der hier dargestellte Vorwärmer. Der Abdampf der Luft- und Speisepumpen, sowie ein Teil des Maschinenabdampfes dienen zur Vorwärmung. Der Abgasvorwärmer (Abb. 132 b)¹⁾ besteht im wesentlichen aus zwei gebogenen Röhrengruppen und zweimal zwei Stahlgußvorlagen. Das

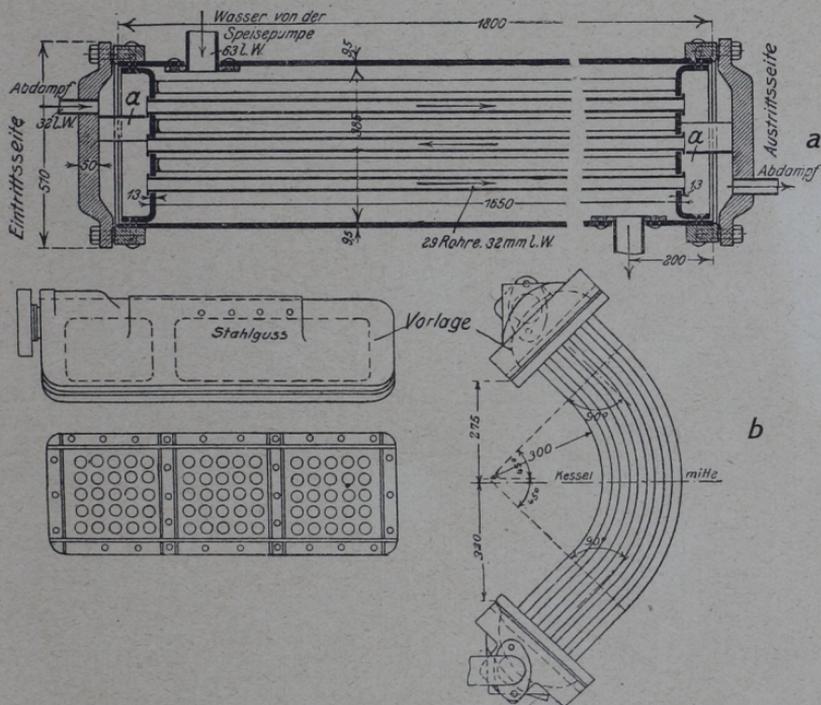


Abb. 132. Abdampf- und Abgasvorwärmer Bauart „Gaines“.

Wasser durchfließt die beiden Rohrgruppen nacheinander. Äußere Heizfläche jeder Gruppe hier 8,4 qm.

Bei der 1D+D+D1-Malletlokomotive der Eriebahn liegt der Abdampfvorwärmer in Gestalt eines langen, walzenförmigen Körpers von 508 mm Durchmesser unterhalb des Tenders in seiner Mittelachse. Der Vorwärmer faßt 31 Rohre von 57 mm Durchmesser und je 7,3 m Länge. Der Abdampf der hinteren Niederdruckzylinder, die zum Tenderantrieb dienen, strömt zunächst durch diesen Vor-

¹⁾ Hier eine Hälfte dargestellt, d. h. eine Röhrengruppe.

wärmer von rd. 40 qm Heizfläche und entweicht sodann hinten durch ein nach oben führendes Standrohr ins Freie. Das vorzuwärmende Speisewasser umspült die Vorwärmerrohre von außen; es fließt hinten dem Vorwärmer zu und wird vorn von den Speisepumpen angesaugt.

Amerikanischer „Einspritzvorwärmer“ (Abb. 133); seit 1918 bei der Pennsylvaniabahn in Gebrauch.¹⁾ Er steht unmittelbar neben der Speisepumpe an der Lokomotivaußenseite.

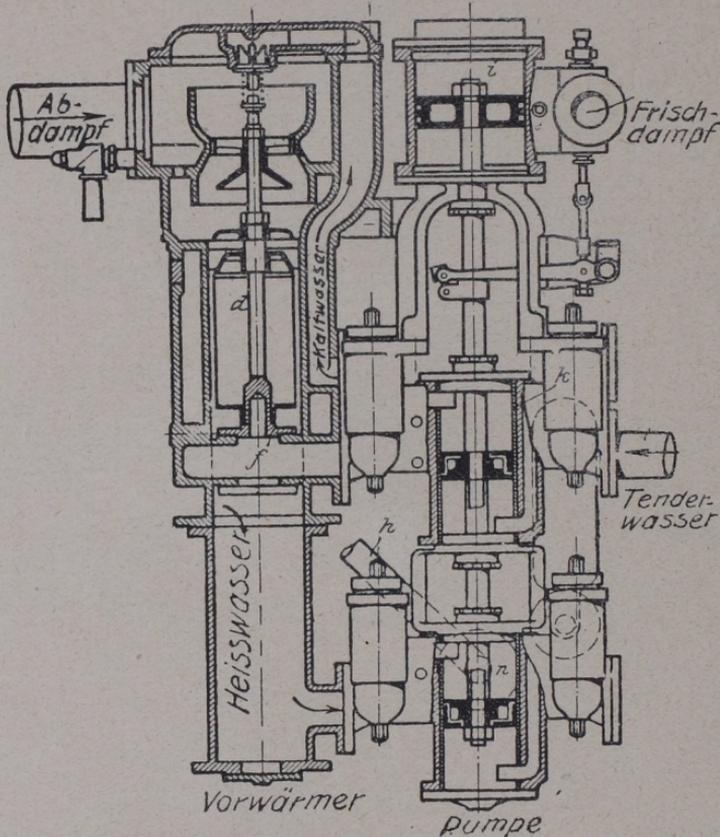


Abb. 133. Amerikanischer „Einspritzvorwärmer“.

Die Pumpe (rechts) besteht aus drei Zylindern: aus dem Dampfzylinder i, in den Frischdampf vom Führerstand aus geleitet wird und aus zwei Zylindern zum Wasserfördern, nämlich dem oberen Kaltwasserzylinder k zur Förderung des Wassers aus dem Tender in den Vorwärmer und aus dem unteren Heißwasserzylinder n zur För-

¹⁾ Z. V. D. L., 31. Juli 1920, S. 598.

derung des Wassers aus dem Vorwärmer in den Kessel. Der Abdampf strömt ein durch ein Rohr von 150 mm Durchmesser und tritt nach Durchlaufen eines Absperr-Rückschlagventiles und eines Ölabscheiders in den Vorwärmer. Ebendort wird durch ein Rückschlagventil unter dem Vorwärmerdeckel das kalte Speisewasser vom Tender eingespritzt. Das Gemisch schlägt sich nach unten nieder und wird nach Absaugen durch den Heißwasserzylinder n in der Speiseleitung h in den Lokomotivkessel gedrückt. Der Abdampf

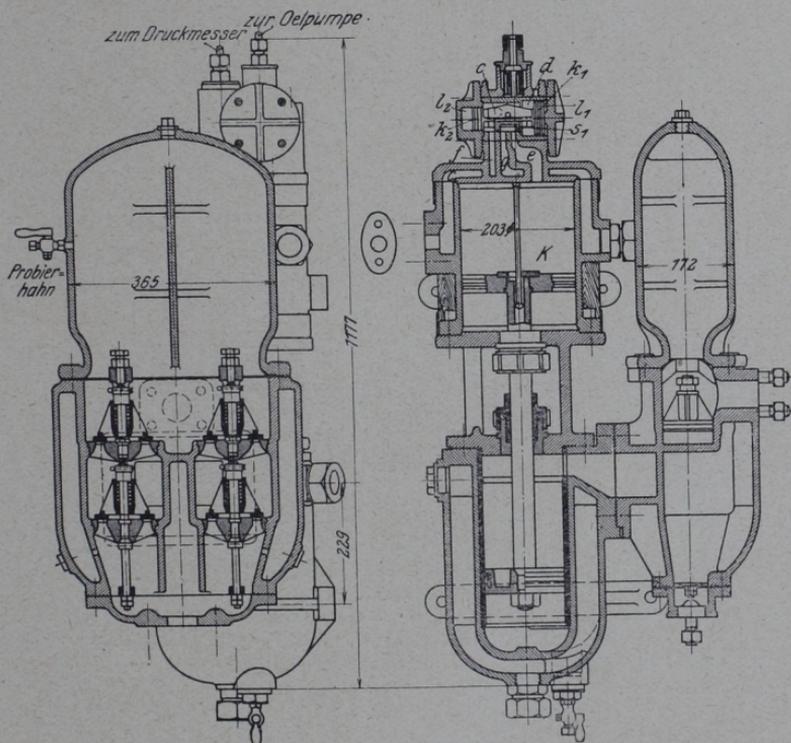


Abb. 134. Speisewasserpumpe Bauart „Knorr“.

der Speisepumpe geht in die Auspuffleitung. Versagt die Heißwasserpumpe, so tritt vermöge des Schwimmers d im Vorwärmer das geförderte Kaltwasser in die Saugleitung zurück, wodurch ein Überfluten der Abdampfleitung vermieden wird.

VI. Speisewasserpumpen.

a) Deutsche Bauart „Knorr“ (Abb. 134).

Schwungradlose, einstufige, doppelwirkende, stehende Dampfkolbenpumpe. Allen ihren Ausführungsgrößen ist gemeinsam: die Vereinigung der beiden federbelasteten Saug- und Druckventilsätze

aus Rotguß in einem seitlich am Pumpenzylinder angebrachten Ventilkasten und die Anordnung eines den Pumpenzylinder ganz oder teilweise umgebenden Heizmantels, der mit dem Abdampf des Dampfzylinders der Pumpe gespeist wird. Da das Abdampfrohr der Pumpe in den Vorwärmer oder den Auspuffraum der Lokomotivmaschine geführt wird, so ist selbst dann, wenn die Speisewasserpumpe nicht arbeitet, der Pumpenzylinder von Dampf umgeben, weil der sich niederschlagende Dampf durch solchen aus dem Vorwärmer oder Auspuffraum ersetzt wird. Mit dem Schutze gegen Einfrieren wird auf diese Weise zugleich der Beginn der Vorwärmung des Speisewassers schon im Pumpenzylinder erreicht. Je nach dem Pumpeneinbau (linke oder rechte Kesselseite) wird der Ventilkasten rechts oder links am Pumpenzylinder angeordnet, so daß er bei Vorwärtsfahrt gut gegen den Luftzug geschützt ist. Regelbauart ist die Rechtslage des Ventilkastens, entsprechend dem Pumpeneinbau links vom Kessel.

Die vier üblichen Ausführungsgrößen sind: Pumpe für 250 l/min (vgl. Abb 134), für 120 l/min, für 60 l/min und für 25 l/min Leistung. Die Leistungen verstehen sich für 50 Doppelhübe in der Minute; doch kann die Leistung bei allen Pumpen durch Herunterregeln der Hubzahl bis auf etwa einen Doppelhub in der Minute in den weitesten Grenzen verändert werden.

Die Dampfsteuerung wirkt mittelbar. Sie ist gekennzeichnet durch zwei Steuerungsorgane, einen Hauptschieber, der den Dampf-Ein- und -Austritt in bzw. aus dem Dampfzylinder regelt, und einen unmittelbar vom Dampfkolben betätigten Umsteuerungsschieber, der seinerseits die Steuerbewegungen des Hauptschiebers überwacht. Die Steuerung ist in dem oberen Deckel des Dampfzylinders untergebracht, der Hauptschieber in wagerechter Lage, der Umsteuerungsschieber senkrecht in der Achse der beiden Zylinder. Der Hauptschieber ist ein mit einem Differentialkolbensatz k_1 , k_2 verbundener Flachschieber s_1 , der Umsteuerungsschieber ein Rundschieber. Im Betrieb steht der Raum d zwischen den beiden Kolben k_1 und k_2 durch den Dampf-eintrittskanal c ständig unter Kesseldruck, der Raum l_2 ständig unter Atmosphärendruck, der Raum l_1 dagegen wird durch Vermittlung des Umsteuerungsschiebers abwechselnd mit Frischdampf gefüllt oder mit der Außenluft verbunden. Der im ersten Falle sich ergebende Überdruck wirkt den Differentialkolbensatz mit dem Flachschieber s_1 in die linke (vgl. Abb. 134) bzw. rechte Endstellung, in der der obere Zylinderraum durch den Kanal e mit Frischdampf beaufschlagt, der untere durch die Kanäle f und g entlüftet wird. Der Dampfkolben K geht abwärts. Im anderen Falle ist der Überdruck nach rechts bzw. links gerichtet; der Hauptschieber nimmt die aus der Abbildung ersichtliche Endstellung ein, der Kesseldampf strömt durch f unter den Arbeitskolben K , der verbrauchte Dampf durch e und g ins Freie, der Kolben K geht aufwärts. Die wechselweise Beaufschlagung des Raumes l_1 mit Frischdampf und Außenluft vermittelt der Umsteuerungsschieber. Seine Bewegung erfolgt durch Anschläge, die gegen das Hubende des Kolbens K in Wirksamkeit treten. Die Arbeitsweise der Pumpen ist die übliche der doppeltwirkenden Wasserpumpen.

Im Betrieb wird infolge des in der Druckleitung herrschenden hohen Kesseldruckes die in dem Windkessel eingeschlossene Druck-

luft allmählich vom Wasser verbraucht und muß daher von Zeit zu Zeit ergänzt werden. Hierzu dient der Schnüffelhahn in der Wand der Saugventilkammer, der zu diesem Zweck zu öffnen und 1 bis 2 Minuten lang (je nach dem Inhalt des Windkessels) geöffnet zu halten ist.

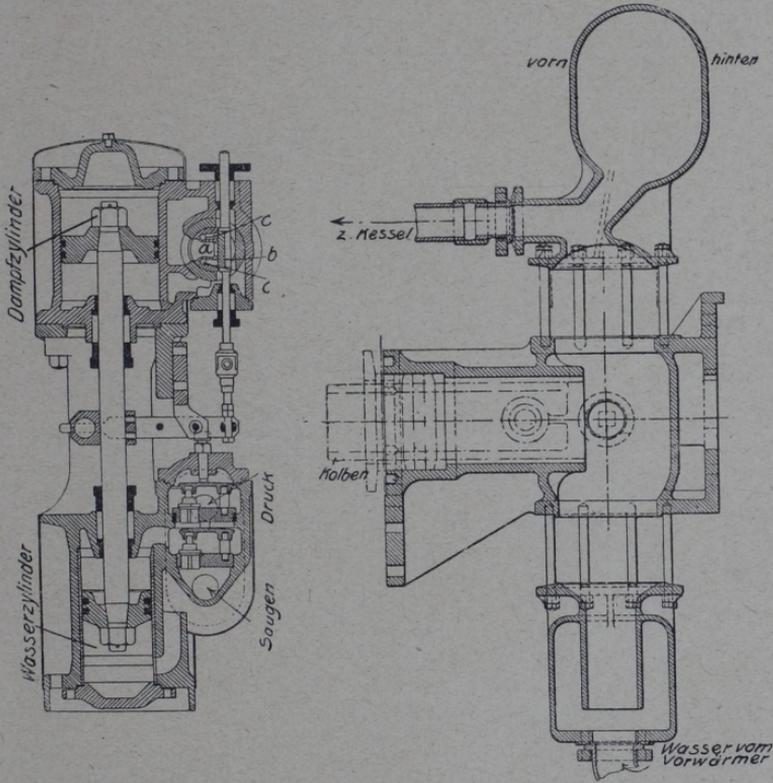


Abb. 135. Speisewasserpumpe Bauart „Weir“. Abb. 136. Amerikanische Speisewasserpumpe.

β) Englische Bauart „Weir“ (Abb. 135).

Die Pumpe besteht aus einem oberen Dampf- und einem unteren Wasserzylinder. Beide Kolben sitzen auf gemeinsamer Kolbenstange. Die Steuerung des Dampfzylinders erfolgt durch einen halbrunden Hauptschieber a, dessen runde Seite dem Zylinder zugewandt ist. Auf seiner flachen Seite bewegt sich, durch Gelenke von der Kolbenstange angetrieben, ein flacher Hiltsschieber b. Dieser läßt durch Kanäle c den Dampf wechselseitig vor beide Stirnseiten des Hauptschiebers treten, wodurch letzterer in seiner Längsachse bewegt wird und abwechselnd Dampf in den oberen oder unteren Einströmkanal treten läßt. Die Regelung der Dampfzuführung geschieht

durch ein Ventil im Führerstand. Zum Ingangsetzen der Pumpe in jeder Stellung ist an ihr ein Hilfsventil angebracht. Die Förderung der Pumpe, die in weiten Grenzen eingestellt werden kann, muß vom Lokomotivführer jeweilig der verdampften Wassermenge angepaßt werden. Die Pumpe wird in fünf verschiedenen Größen von 38 bis 240 l/min hergestellt. Ihr Standort kann sein im Führerhaus (Lankashire- und Yorkshire-Bahn) oder auf dem Rahmen (z. B. Mittel-landbahn).

γ) Französische Bauart „Caille“.

Die Pumpe wird liegend oder stehend — in Verbindung mit dem Caille-Potonié-Vorwärmer — ausgeführt, und zwar als einfache Pumpe, als sogenannte „Pompe mixte“ und als Doppelpumpe. Die „Pompe mixte“ gestattet¹⁾, heißes Wasser ohne Rücksicht auf die gegenseitigen

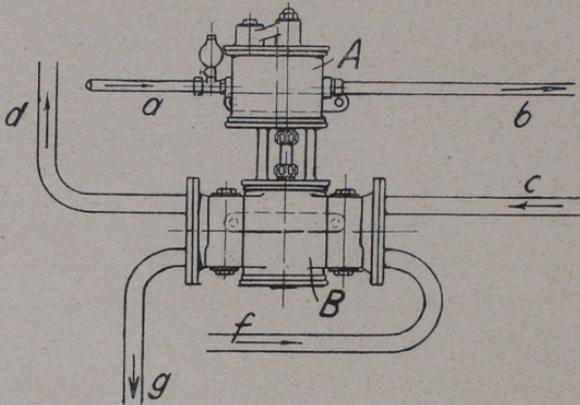


Abb. 137. Speisewasserpumpe Bauart „Caille“.

Wasserstände im Tender oder im Vorwärmer zu speisen. Es sind zwei genau zu gleicher Zeit arbeitende Pumpen, d. h. Druckzeit der einen und Saugzeit der anderen Pumpe finden immer zu gleicher Zeit statt. Die eine der beiden Pumpen liegt zwischen Tender und Vorwärmer, die andere zwischen letzterem und Kesselspeiseventil.

Beide Pumpen zu einem Körper als Doppelpumpe vereinigt zeigt Abb. 137. Oben Dampfzylinder A, unten Pumpenzylinder B. An A ist die Frischdampfleitung a und die Rohrleitung b für den Pumpenabdampf angeschlossen; an B die Saugleitung f für das kalte Tenderwasser, die Leitung g, das kalte Wasser in den Vorwärmer zu drücken, sowie die Heißwasserleitung c vom Vorwärmer her und die Druckleitung d für das vorgewärmte Wasser zum Speisekopf am Kessel.

δ) Amerikanische Bauart (Abb. 136).

Einfachwirkende Kolbenpumpe mit einem Tauchkolben von 178 mm Durchmesser, vom Kreuzkopf angetrieben. Zwei solcher

¹⁾ Organ 1914, 1. Juni, S. 196.

Pumpen sind bei der 1D + D + D1-Malletlokomotive der Eriebahn an jeder Kesselseite angeordnet. Sie werden an den Gleitbahnträgern des Hochdruckgestelles befestigt und von den Kreuzköpfen der Hochdruckzylinder durch einen Umsetzhebel angetrieben, der den Hub der Pumpen auf 254 mm herabsetzt. Regelung des Wasserzuflusses zur Pumpe durch ein Ventil im Führerhaus.

VII. Vorwärmer-Theorie.

a) Bestimmung der Wärmeersparnis bei Anwendung eines Vorwärmers.

Soll das Tenderwasser von 15° auf 100° erwärmt werden, so ist die Wärmeersparnis bei Vorwärmeranwendung folgende:

1. bei Sattedampf,

1 kg Sattedampf von 13 at abs enthält rund 669 WE; somit ist die aus dem Abdampf zurückgewonnene Wärme

$$\frac{100-15}{669} \cdot 100 = 12,7\% \text{ der in 1 kg Dampf enthaltenen oder}$$

$$\frac{100-15}{669-15} \cdot 100 \cong 13\% \text{ der 1 kg Dampf zugeführten Wärmemenge.}$$

2. bei Heißdampf,

1 kg Heißdampf von 13 at abs und 350° Überhitzungstemperatur enthält rd. 753 WE; somit ist die aus dem Abdampf zurückgewonnene Wärme $\frac{100-15}{753} \cdot 100 = 11,3\%$ bzw.

$$\frac{100-15}{753-15} \cdot 100 = 11,5\% \text{ der in 1 kg enthaltenen bzw. 1 kg zugeführten Wärmemenge.}$$

β) Bestimmung, um wieviel Grad das Speisewasser durch den Abdampf der Knorr-Wasser- und Knorr-Luftpumpe vorgewärmt wird

Ausgeführt werden in der Regel bei der Knorr-Speisewasserpumpe

Dampfpumpenzyl.-Durchm. = 203 mm (250 l/min Leistung)

Wasserpumpenzyl.-Durchm. = 140 mm

Bei 80% Gütegrad der Pumpe und bei den angegebenen Pumpenabmessungen ergibt sich für die Förderung von 1000 Liter Wasser ein Dampfverbrauch der Pumpe von $\frac{100}{80} \cdot \frac{203^3}{140^3} = 2,62$ cbm. Bei 5%

Wassergehalt (d. h. 95% Dampf und 5% Wasser) und 10 at abs Druck wiegt 1 cbm Dampf der Pumpe 5,3 kg und der gesamte Dampf $2,62 \cdot 5,3 = 13,85$ kg.

Der Wärmehalt dieses Dampfgemisches ist

$$(1-0,05) \cdot 13,85 \cdot 666 + (1-0,95) \cdot 13,85 \cdot 179 = 8900 \text{ WE.}$$

Mit dem Niederschlagwasser gehen $100 \cdot 13,85 = 1385$ WE verloren. Es verbleiben $8900 - 1385 = 7515$ WE, wodurch 1000 Liter Speise-

wasser von 15° um $\frac{7515}{1000} \cong 7^{\circ}$ erwärmt werden.

γ) Bestimmung der Abdampfmenge, die dem Vorwärmer zugeführt werden muß, um 1 kg Wasser von $15 + 7 = 22^{\circ}$ auf 100° vorzuwärmen.

Der Wärmeinhalt i'' von 1 kg überhitztem Abdampf von 100° und 1 at abs Druck ist

$$i'' = 594,7 + 0,477 \cdot t - J^1) \cdot p = 594,7 + 0,477 \cdot 100 - 2,66 \cdot 1 = 645 \text{ WE.}$$

Bei Verdichtung des Dampfes zu Wasser von 100° erhält man $645 - 100 = 545$ WE, d. h. 1 kg Abdampf von 1 at abs vermag im Vorwärmer 545 WE an das Speisewasser abzugeben; also 1 kg Abdampf

erwärmt $\frac{545}{100 - 22} = 7$ kg vorgewärmtes Wasser auf 100° , so daß etwa

$\frac{1}{7}$ des Abdampfes dem Vorwärmer zugeführt und somit dem Blasrohr entzogen werden muß. Um den gleichen Unterdruck in der Rauchkammer zu erhalten, wäre also das Blasrohr enger zu machen. Indessen hat es sich gezeigt, daß bei den Sattdampflokomotiven nach Einbau der Vorwärmanlage die Dampferzeugung auch ohne Verengung des Blasrohres ausreichend bleibt, während bei den Heißdampflokomotiven die Lichtweite des Blasrohres um etwa 5% zu verringern ist, um eine willige Dampferzeugung zu sichern und den sachgemäßen Betrieb der Vorwärmanlage zu ermöglichen.

δ) Bestimmung der Vorwärmer-Heizfläche.

Wärmeübergang zwischen Vorwärmer-Heizfläche, Dampf und Wasser:

$$Q^{\text{WE}} = k \cdot F \cdot \tau$$

Hierin ist

F = Vorwärmer-Heizfläche in qm,

Q = stündlich übergehende Wärmemenge in WE,

τ = mittlerer Temperaturunterschied zwischen Dampf- und Wasserwärme in $^{\circ}$ Celsius,

k = Wärme-Durchgangszahl

$$\tau \text{ folgt aus}^2) \quad \tau = \frac{(t_1' - t_1'') - (t_2'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}, \text{ worin}$$

t_1' = Temperatur des Abdampfes beim Eintritt in den Vorwärmer,

t_1'' = Temperatur des Abdampfes beim Austritt aus dem Vorwärmer,

t_2' = Temperatur des Wassers beim Eintritt in den Vorwärmer,

t_2'' = Temperatur des Wassers beim Austritt aus dem Vorwärmer.

Im vorliegenden Fall kann $t_1' = t_1''$ gesetzt werden, so daß

$$\tau = \frac{t_2'' - t_2'}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1' - t_2''}}, \text{ und für } t_1' = 100^{\circ}, t_2' = 15^{\circ} \text{ und } t_2'' = 85^{\circ}$$

$$\tau = \frac{85 - 15}{\ln \frac{100 - 15}{100 - 85}} = \frac{70}{\ln \frac{85}{15}} = 40,3^{\circ}$$

k folgt aus

$$k = \frac{k_0}{1 + k_0 \cdot \frac{d}{l}}, \text{ worin}$$

¹⁾ J ist eine Hilfsgröße; vgl. Hütte, 22. Aufl., I, S. 420.

²⁾ Vgl. Hütte, 22. Aufl., I, S. 388.

$k_0 = 1700 \sqrt[3]{w}$, wenn w die Geschwindigkeit des Wassers in den Vorwärmerrohren (Formel gültig für w zwischen 0,05 und 2,0 m/sek)

d = Rohrwandstärke in m,

l = Wärmeleitzahl der Wand in WE,

$l = 56$ für Eisen,

$l = 50$ bis 100 für Messing,

$l = 320$ für Kupfer.

Wenn angenommen wird

$w = 1,0$ m/sek, so daß $k_0 = 1700$

Messingrohre von 13/16 mm Durchmesser, so daß $d = 0,0015$ m

Wärmeleitzahl im Mittel $l = 75$ WE, dann wird

$$k = \frac{1700}{1 + 1700 \cdot \frac{0,0015}{75}} = 1644$$

$$\text{Somit wird } F_{qm} = \frac{Q}{1644 \times 40,3} = \frac{Q_{WE}}{66253}$$

Wenn H_w^{qm} die wasserverdampfende Kesselheizfläche bei Heißdampflokomotiven und $\frac{\mathcal{D}}{H_w} \cong 60$ kg die stündliche Dampferzeugung auf 1 qm von H_w , so sind die an das Speisewasser im Vorwärmer übergegangenen Wärmeeinheiten

$$Q = \mathcal{D} \cdot H_w \cdot (85 - 15) = 60 \cdot 70 H_w = 4200 \cdot H_w, \text{ so daß}$$

$$\text{Vorwärmerheizfläche } F_{qm} = \frac{4200 \cdot H_w}{66253} = 0,063 \cdot H_w.$$

Berücksichtigt man Schlammelag im Vorwärmer, wodurch der Wirkungsgrad von F schnell sinkt, so ist zu dem berechneten F noch ein Zuschlag zu machen von 10 bis 20%, so daß

Vorwärmerheizfläche $F_{qm} = 0,069$ bis $0,076 H_w^{qm}$, d. h. die Vorwärmerheizfläche wird **6,9 bis 7,6%** der wasserverdampfenden Kesselheizfläche.

Ist z. B. die indizierte stündliche Dauerleistung einer Lokomotive 1500 PS_i und der Dampfverbrauch für 1 PS_i-st etwa 7,0 kg, so werden stündlich an Wasser verbraucht 10500 kg. Diese 10500 kg/st werden im Vorwärmer von 15 auf 100° erwärmt. Somit ist die hierzu verbrauchte stündliche Wärmemenge $Q_{WE} = 10500 \cdot 85 = 892500$, und es wird

$$F = \frac{Q}{66253} = \frac{892500}{66253} = 13,5 \text{ qm.}$$

7. Verbesserung des Dampfes.

Die nachteiligen Wirkungen unreinen nassen Dampfes sind bei der Dampflokomotive besonders groß. Die hohe Beanspruchung des Dampfkessels, schlechtes Speisewasser, die Erschütterungen der Lokomotive beim Fahren u. a. begünstigen die Entstehung nassen und unreinen Dampfes, während die Betriebssicherheit, vor allem die Verhütung der gefürchteten Wasserschläge, reinen, trockenen Dampf erfordert. Die bisher üblichen dampfreinigenden Vorrichtungen (Wasserabscheider) werden meist nach äußerst einfachen und Jahrzehnte alten Bauweisen hergestellt und erfüllen ihren Zweck nur sehr unvollkommen, so daß man oft auf ihre Anwendung ganz verzichtet.