

VIII. Überhitzer.

1. Heizgasführung und Strömungsrichtung des Dampfes.

Die Überhitzer werden entweder in Verbindung mit einem Kessel angeordnet — Kesselzugüberhitzer — und

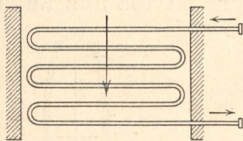


Fig. 130. Gleichstrom.

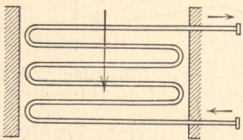


Fig. 131. Gegenstrom.

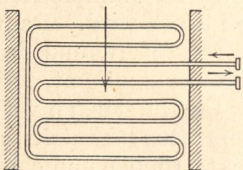


Fig. 132. Geteilter Gegenstrom (hintereinander geschaltet).

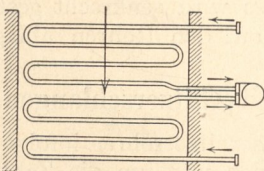


Fig. 133. Kombiniertes Gleichstrom-Gegenstrom (geteilter Dampfstrom).

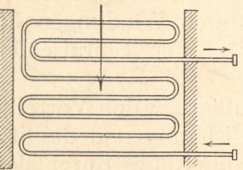


Fig. 134. Kombiniertes Gleichstrom-Gegenstrom (hintereinander geschaltet). Patent Schmidt.

Führung des Dampfes in bezug auf die Heizgase.

fläche bestreichen, wenn ihre Anfangstemperatur keine für die Überhitzerwandung gefährliche Höhe annehmen kann.

Da letzteres aber nicht immer vorauszusehen ist — z. B. bei direkt gefeuerten Überhitzern —, wird die Ausführung der Rohrleitungen oft so gewählt, daß ein Teil

des Dampfes im Gleichstrom zu den die Überhitzerheizfläche berührenden heißeren Gasen strömt, wodurch die Überhitzerwandung geschont wird, während die so abgekühlten Gase die folgende Überhitzerheizfläche im Gegenstrom zur Dampfrichtung berühren, um eine bessere Wirkung zu erzielen. Man unterscheidet bei der gemischten Strömungsrichtung zwischen

- a) einem geteilten Dampfstrom Fig. 133 und
- b) einem kombinierten Dampfstrom (Patent Schmidt) Fig. 134.

Treten die Heizgase nach Verlassen der Überhitzerheizfläche nicht direkt in den Fuchs, sondern berühren

sie noch genügend große Kessel- oder Vorwärmerheizflächen, so ist es bezüglich Ausnutzung der Heizgase gleichgültig, ob sie die Überhitzerwandung in einer der drei oben angegebenen Strömungsrichtungen passiert haben. Nicht gleichgültig aber ist es in bezug auf die Überhitzergröße, denn diese nimmt unter sonst gleichen Verhältnissen zu, je mehr sich die Strömungsrichtung dem Gleichstrom nähert.

Hinsichtlich des Materials der der Heizwirkung ausgesetzten Teile unterscheidet man zwischen Überhitzern mit schmiedeeisernen (Flußstahl-) und solchen mit gußeisernen Wandungen. Während bei letzterer Bauart ausschließlich Rippenrohre (Fig. 135) zur Anwendung kommen, ist die Gestaltung der Überhitzer mit schmiedeeiserner Wandung eine sehr mannigfache, wiewohl die Bildung der Überhitzerheizfläche aus schlangenförmig gebogenen Röhren überwiegend ist. Derartige Rohrleitungen können nun verschiedenartig zusammengebaut sein, und zwar entweder

- a) alle Rohre sind hintereinander geschaltet,
- b) alle Rohre sind nebeneinander geschaltet,
- c) die Rohre sind bündel- oder gruppenweise hintereinander geschaltet.

Die unter a) genannte Bauart ist die ältere, sie erfordert aber große Querschnitte und wird heute wohl nur noch bei gußeisernen Überhitzerrohren ausschließlich angewendet. Ausgenommen sind natürlich kleine Dampfmen gen, bei denen an und für sich schon ein Rohr der

¹⁾ Berner, Die Erzeugung des überhitzten Wasserdampfes. Verlag von Jul. Springer. 1904.

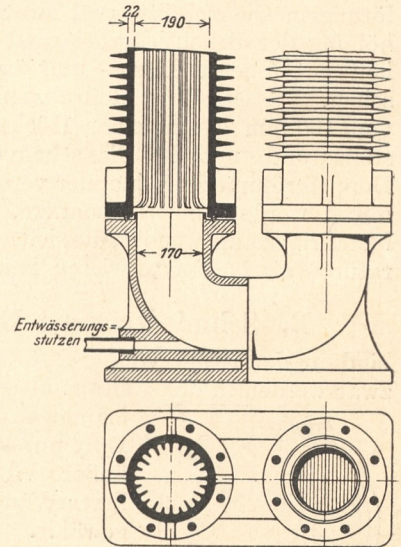


Fig. 135¹⁾. Gußeisernes Überhitzerrohr. Ausführung: E. Schwörer, Colmar i. E.

sonst üblichen kleineren Dimensionen genügt. Die Hintereinanderschaltung hat außer Erzielung zu großer Rohrdurchmesser den Nachteil, daß bei Defektwerden eines Rohres der ganze Überhitzer bis zu seiner Wiederinstandsetzung außer Betrieb gesetzt werden muß.

Die Parallelschaltung aller Überhitzerrohre ist heute die gebräuchlichste Bauart. Sie hat den großen Vorteil, daß bei Defektwerden eines oder mehrerer Rohre diese nur abzuschließen sind, worauf der Überhitzer weiter arbeiten kann, denn die Dampfgeschwindigkeit in den Rohrschlangen ist in der Regel so gewählt, daß es auf eine geringe Querschnittsverkleinerung nicht ankommt.

Die bündel- oder gruppenweise Hintereinanderschaltung der Überhitzerrohre kommt dort in Frage, wo es sich um geringere Dampfmengen und die Erzielung hoher Überhitzungstemperaturen handelt. Sie vermeidet die Nachteile der Hintereinanderschaltung, indem bei Defektwerden einer Rohrschlange der Betrieb wenigstens teilweise aufrecht erhalten werden kann.

2. Formgebung der Überhitzerrohre.

A. Gußeiserne Überhitzer.

Die gebräuchlichste Form ist das Rohr von kreisförmigem Querschnitt, und zwar wird dasselbe zur Erhöhung der Bruchsicherheit und Wärmeaufnahmefähigkeit mit inneren Längs- und äußeren Querrippen versehen. Die einzelnen Rohre werden in einer Lichtweite von 190 mm bis zu einer Höchstlänge von 3 m hergestellt und mittels Flanschenverschraubungen durch Doppelkrümmer miteinander verbunden. Als Dichtungsmittel werden dabei besondere, linsenförmig gestaltete Metallringe angewendet, die sich auch bei höheren Temperaturen als haltbar erwiesen haben.

B. Schmiedeeiserne Überhitzerrohre

sind in der Regel von kreisförmigem, Querschnitt und zwar werden in den weitaus meisten Fällen glatte, nahtlos gewalzte Rohre von geringem Durchmesser — 33 bis 76 mm äußere Weite — und etwas stärkerer Wandung als die normalen gewählt.

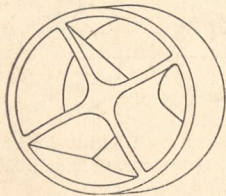


Fig. 136. Sternrohr. D. R. P.
Ausführung: B. Meyer,
Gleiwitz.

Die Ausführungsform Fig. 136 bezweckt, durch die Verwendung eines eingewalzten, schraubenförmig gewundenen Kreuzes die Wärmeübertragung an die durchströmende Dampfmenge zu erhöhen, denn die innere dampfberührte Fläche ist um etwa 50 v. H. größer als die von den Heizgasen bespülte äußere

Fläche ist um etwa 50 v. H. größer als die von den Heizgasen bespülte äußere

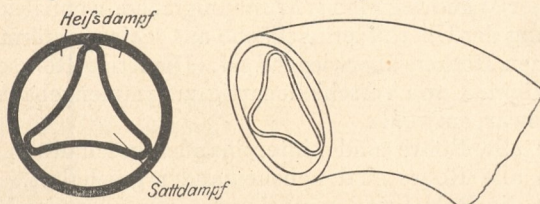


Fig. 137. Doppelrohr. D. R. P. Nr. 148126.
Ausführung: Främbis & Freudenberg, Schweidnitz.

glatte Rohrwandung. Nach angestellten Versuchen¹⁾ ist der Wärmedurchgang für das Sternrohr pro qm Außenfläche auch um 40—50 v. H. höher als für normale glatte Rohre.

Das Doppelrohr (Fig. 137) besteht aus einem äußeren glatten Rohre, in welches ein zweites, dreieckig geformtes

¹⁾ Berner, Die Erzeugung des überhitzten Wasserdampfes. Verlag von Jul. Springer. 1904.

Rohr eingeschoben ist, dessen Wände so nach unten gebogen sind, daß die Ecken gegen die Innenwand des Außenrohres anliegen. Die Rohrenden werden durch Umkehrköpfe derart verbunden, daß der durch das Innere des Dreieckrohres eingeströmte Naßdampf in dem Endstück eine Richtungsänderung erfährt und durch die drei Abteilungen des Außenrohres, das von den Heizgasen bestrichen wird, wieder zurückströmt. Infolge Berührung des inneren Dreieckrohres mit dem Außenrohr wird — ähnlich wie bei dem Sternrohr Fig. 136 — die Wärmeübertragung an die Dampfmenge vergrößert.

Die bekannte Ausführung des Field-Rohres wurde besonders von Dürr für Schiffskesselüberhitzer angewendet. Der Dampf strömt durch das Innenrohr ein und wird bei seiner Rückleitung durch den äußeren ringförmigen Querschnitt überhitzt (Fig. 138).

Die Firma W. Fitzner verwendet als Überhitzerrohr ein normales nahtloses Rohr von 108 mm äußerem

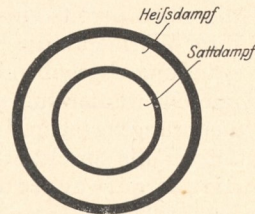


Fig. 138. Field-Rohr.



Fig. 139. Flachgedrücktes
Überhitzerrohr.

Durchmesser, dessen Querschnitt durch Ovalwalzen nach Fig. 139 geformt ist und zwar so, daß der Querschnitt durch die in der Richtung der Dampfströmung zunehmende Abflachung immer kleiner wird. Dadurch wird die Dampfgeschwindigkeit vergrößert, und da mit derselben die Wärmedurchgangszahl k zunimmt, so wird auch am Ausströmungsende des Überhitzers, an welches der Dampf schon mit hoher Temperatur herantritt, noch eine genügende Wärmeaufnahme stattfinden und einer zu starken Erhitzung der Rohrwände vorgebeugt. Die Überhitzerschlangen werden senkrecht angeordnet, und die große Achse des Querschnittes wird senkrecht gestellt, damit sich keine Flugasche auf den Rohren abgelagert.

C. Formgebung der Überhitzerschlangen.

Um Spannungen in den Überhitzerrohren infolge von Wärmedehnungen zu vermeiden und um die Zahl der Dichtungsstellen mit den Verbindungskammern möglichst gering zu halten, verwendet man keine geradlinigen, beiderseits eingewalzten oder angeschraubten Rohre, sondern bildet mit einer oder mehreren Windungen Flachschlangen (Fig. 140 bis 145) oder Spiralschlangen (Fig. 146 bis 148).

Die Schlangenbildung hat außerdem den Vorteil, daß durch die Krümmungen eine Mischung und damit eine gleichmäßige Überhitzung des die Rohre durchheilenden Dampfstromes erzielt wird. Hierin üben besonders die Spiralschlangen eine günstige Wirkung aus, da infolge der großen Durchströmungsgeschwindigkeit etwa übergerissenes Wasser und die spezifisch schweren Satteldampfteilchen fortwährend gegen die äußere Wandung gedrängt und dort verdampft bzw. überhitzt werden.

Können die Rohranschlüsse an die Sammelkästen nicht zickzackförmig angeordnet werden, so sind die Enden der Rohrschlangen entsprechend abzubiegen, damit die dem Feuer ausgesetzten Rohre gegeneinander versetzt liegen und von allen Seiten von den Heizgasen bespült werden können.

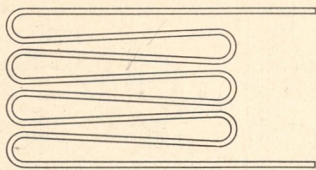


Fig. 140.

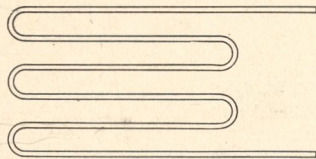


Fig. 141.

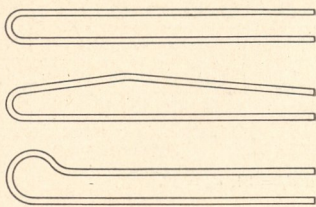


Fig. 142.

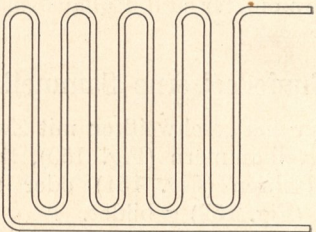


Fig. 143.

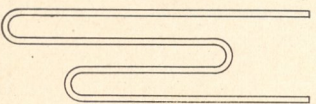


Fig. 144.

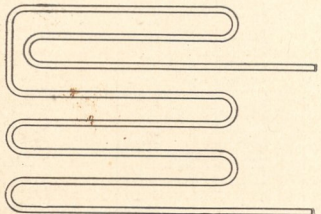


Fig. 145. System W. Schmidt.

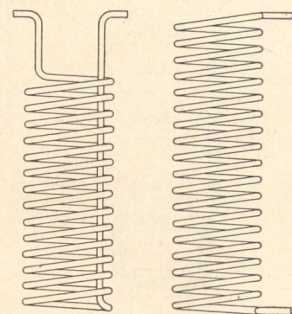


Fig. 146.

Fig. 147.

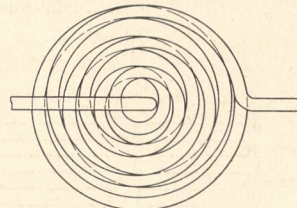
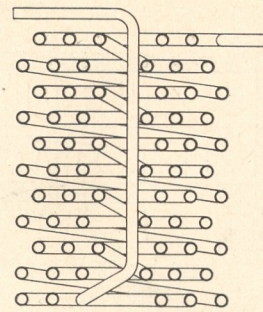


Fig. 148.

Bei hintereinander geschalteten Überhitzerrohren in Spiralförmigkeit (Fig. 148) werden die einzelnen Rohrenden, die zur Bildung der Spirale aneinandergesetzt werden müssen, meist geschweißt, seltener miteinander verschraubt. In letzterem Falle kann zweckmäßig eine Muffenverschraubung (Fig. 156) gewählt werden, wenn die Verbindung im Feuer liegen muß, andernfalls ist eine außerhalb der Feuergase liegende Flanschenverbindung mehr angebracht, da sie sich leichter lösen und nachdichten läßt.

Stets sollten Überhitzerschlangen so eingebaut werden, daß ihre Entwässerung vor Inbetriebnahme des Überhitzers möglich ist. Man bevorzugt daher die Lage der Rohrschlangen nach Fig. 161 oder 162, da sie ein bequemes Entwässern sämtlicher Schlangen am tiefsten Punkte des einen Sammelkastens ermöglicht. Für die Rohrschlangen (Fig. 140 bis 146) werden gewöhnlich Rohre von 33 bis 48 mm äußerem Durchmesser (Zahlentafel Nr. 63) gewählt, da diese noch ohne Sandfüllung gebogen werden können. Die Einzelrohre in Fabrikationslängen von 6—8 m werden vor dem Biegen durch überlappte Schweißung aneinandergesetzt.

3. Formgebung der Sammelkästen.

Wird ein Überhitzer aus mehreren Flach- oder Spiralschlangen (Fig. 140 bis 147) gebildet, so sind für die Verbindung dieser Rohrschlangen Verteilungs- bzw. Sammelkästen oder -rohre erforderlich. Von diesen aus verteilt sich der Dampf in die einzelnen Überhitzerschlangen und durchströmt dieselben in den auf S. 141 benannten Strömungsrichtungen. Werden die Sammelkästen mit Zwischenwänden zur Erzielung der gewünschten Strömungsrichtung versehen, so genügt oft eine Kammer (Fig. 150 bis 154), während gewöhnlich je ein Naß- und Heißdampf-Verteil- bzw. Sammelkasten angeordnet wird. Bei zu langen Flachschnungen unterteilt man dieselben auch wohl und ordnet einen dritten Sammelkasten an. Auch bei einer Änderung der Strömungsrichtung des Dampfes gegenüber den Heizgasen (Fig. 133), sowie bei großen Dampfmen gen (Fig. 71) ist die Anwendung einer dritten bzw. vierten Dampfkammer erforderlich.

Da die Anordnung mehrerer Sammelkästen die Zahl der Dichtungsstellen nur vergrößert und außerdem

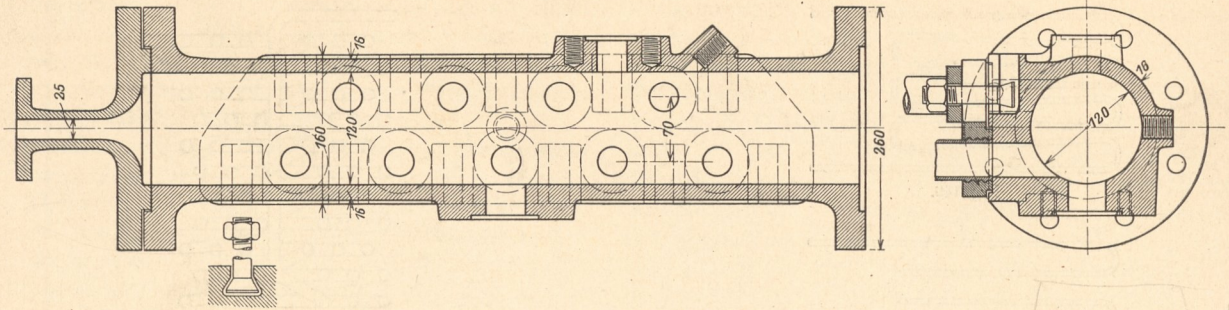


Fig. 149. Gußeisernes Sammelrohr für Rohrschlangen d_i 35, d_a 42. Ausführung: Dinglersche Maschinenfabrik, A.-G., Zweibrücken.

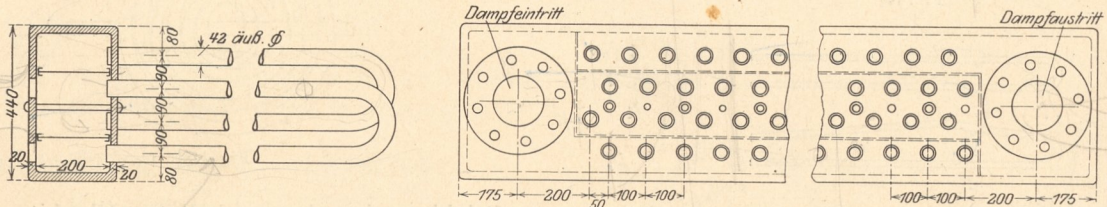


Fig. 150. Geschweißte Überhitzerkammer für Rohrschlangen $d_i = 34$, $d_a = 42$.

ungünstig auf die Herstellungskosten des Überhitzers einwirkt, sucht man sich mit möglichst wenig Dampfkammern zu behelfen.

mit angegossenen Nocken zur Aufnahme von Thermometer, Fernthermometer und Rußausblaseschlauch versehen.

A. Gußeiserne Sammelkästen

sollten stets runden Querschnitt erhalten. Als Material ist zäher dichter Guß aus möglichst phosphorarmem Eisen zu empfehlen. Werden infolge der vorhandenen hohen Kesselspannung oder wegen sehr hoher Überhitzungstemperaturen Stahlgußkästen angewendet, so ist deren Form meist von der Gußeisenausführung nicht verschieden.

Ein gußeisernes Sammelrohr der Dinglerschen Maschinenfabrik zeigt Fig. 149. Naß- und Heißdampfsammelrohr haben die gleiche Ausführung, sie sind

B. Schmiedeeiserne Sammelkästen

werden entweder aus geschweißten mit Zwischenwänden versehenen Einzelkammern (Fig. 150), flachgedrückten dickwandigen Rohren (Fig. 151) oder aus gewalzten Vierkantkästen (Fig. 152) gebildet.

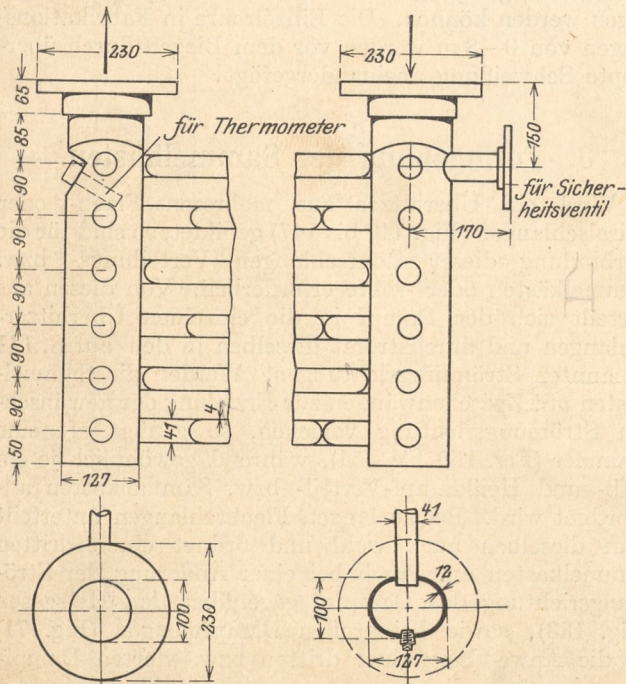


Fig. 151. Schmiedeeiserner Sammelkasten aus flachgedrücktem Rohr für Rohrschlangen $d_i = 33$, $d_a = 41$. Ausführung: Göhrig & Leuchs, Darmstadt.

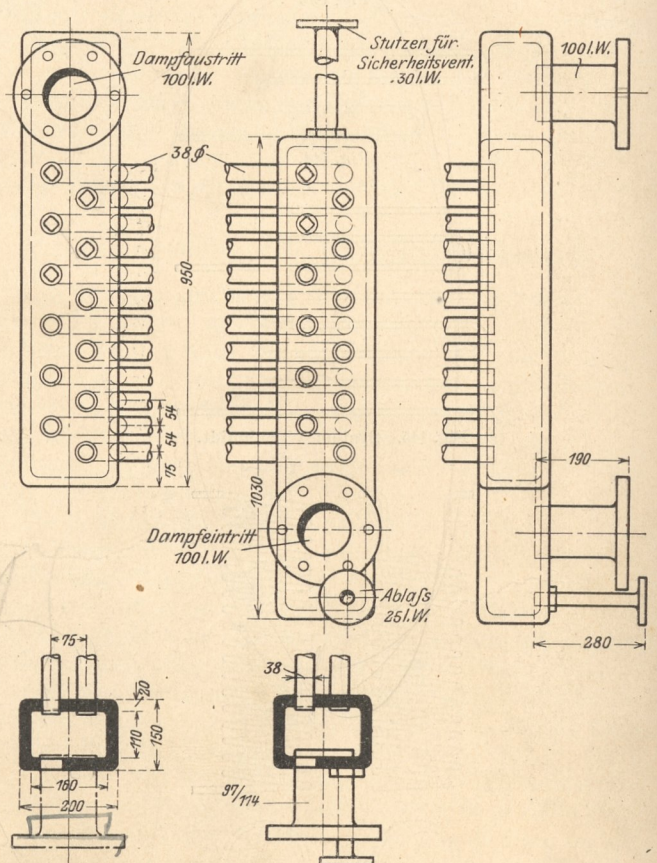


Fig. 152. Schmiedeeiserner Sammelkasten, rhombisch gewalzt, für Rohrschlangen $d_i = 32$, $d_a = 38$. Ausführung: Guillaume-Werke, Neustadt a. H.

4. Lage der Sammelkästen zum Mauerwerk.

Gußeiserne Sammelrohre werden stets außerhalb des Mauerwerks so angeordnet, daß man jederzeit an die Verschraubung der Rohrschlangen gelangen kann.

Schmiedeeiserne Sammelkästen mit Muffenverschraubungen ähnlich Fig. 156 können vollständig den Heizgasen ausgesetzt werden (siehe Fig. 69), während Sammelkästen, in denen die Enden der Heizschlangen eingewalzt sind, meist so eingemauert werden, daß die Vorderseite den Heizgasen ausgesetzt ist, während die Rückseite, in welcher sich die Verschlüsse befinden, von außen leicht zugänglich bleibt. Letztere Anordnung hat den Vorzug, daß die Wärmeausstrahlung gegenüber den vollständig freiliegenden Sammelrohren vermindert und doch die bequeme Zugänglichkeit zu den Verschlüssen bewahrt wird. Die Abdichtung des Mauerwerks zur Verhinderung des Eindringens kalter Luft in die Kesselzige ist auch bei der glatten Kammerwand leichter möglich, als wenn bei außen liegenden Sammelrohren die Enden der zahlreichen Heizschlangen einzeln zu ummauern sind. Man verhütet in letzterem Falle das Einströmen kalter Luft zweckmäßig dadurch, daß man die Isolierung der Sammelrohre bis an das Mauerwerk heranhält und ev. mit Blechhauben überdeckt.

5. Sammelrohre mit Einbauten zur Erzielung gleichmäßiger Dampfgeschwindigkeiten in den Rohrschlangen.

Um bei horizontal liegenden Schlangen, die von unten beheizt werden (Fig. 161 usw.), den dem Feuer zunächst liegenden Rohrschlangen den nasen Dampf und etwa mitgerissenes Wasser zuzuführen und dadurch diese Schlangen vor der schädlichen Einwirkung zu heißer Gase zu schützen, sowie um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Dampfes auf alle Rohrschlangen zu erzielen, sind verschiedene Einrichtungen getroffen worden.

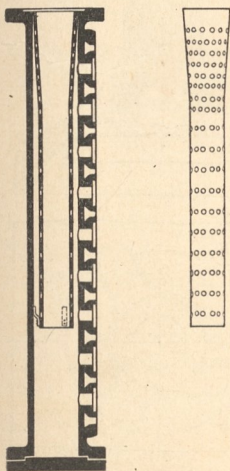


Fig. 153. Verteilungskasten mit Einsteckrohr. D. R. G. M. Ausführung: Dinglersche Maschinenfabrik, A.-G., Zweibrücken.

Die Dinglersche Maschinenfabrik baut im Naßdampfverteilungsrohr ein oben trichterförmig ausgebildetes Einsteckrohr (Fig. 153) ein, welches den Mündungen der Rohrschlangen gegenüber mit kleinen Öffnungen versehen ist, die nach unten zu ev. größer werden und mindestens einen Gesamtquerschnitt gleich der Lichtweite der gegenüberliegenden Überhitzerschlange haben. Unten steht das gelochte Rohr so weit vom Boden des Sammelrohres ab, daß die zwei oder drei unteren Rohrschlangen freibleiben, und denen somit das durch die siebartigen Durchbohrungen des Einsteckrohres zurückgehaltene Wasser zugeführt wird.

Eine gleichmäßige Verteilung des eintretenden Dampfes auf sämtliche Überhitzerrohre bezweckt die Ausführung von Steinmüller (Fig. 154).

Hierbei werden die Rohrenden auf der Dampfeintrittsseite durch Stifte oder Plättchen so weit verengt, daß die Summe der an der Außenwand des Rohrs freibleibenden ringförmigen Querschnitte ungefähr gleich ist der Fläche

des Dampfleitungsrohres, was eine hohe Geschwindigkeit und damit eine gleichmäßige Dampfverteilung auf alle Rohrschlangen gewährleisten soll. Die erwähnten

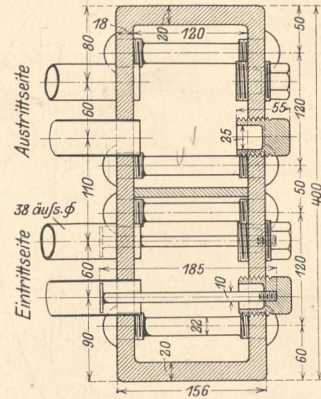


Fig. 154. Überhitzerkammer mit Dampfverteilung. D. R. P. Ausführung: Steinmüller.

Stifte bzw. Plättchen, die zu den Querschnittverengungen dienen, sind an den Verschlussschrauben befestigt und können mit denselben entfernt werden.

6. Verbindung der Überhitzerschlangen mit den Sammelkästen.

Bei gußeisernen oder Stahlgußsammelkästen kann deren Verbindung mit den Rohrschlangen nur mittels

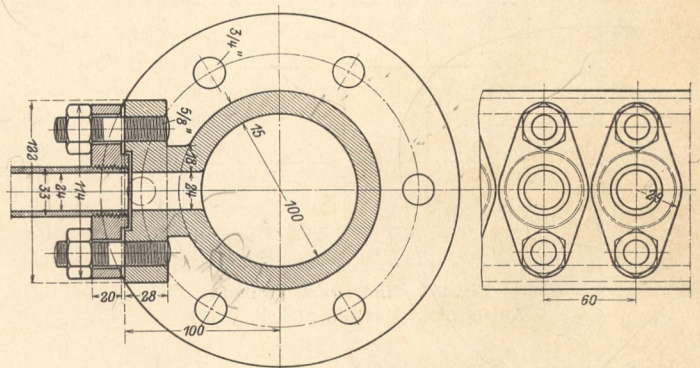


Fig. 155. Flanschverbindung mittels Stiftschrauben.

Flanschung oder Gewindeverschraubung hergestellt werden. Walzstellen sind wegen der beim Einwalzen der Rohre auftretenden Materialspannungen zu vermeiden. Eine gebräuchliche Flanschenverbindung ist die in Fig. 149 gezeichnete. Die Flanschen sind auf die Rohrenden aufgeschweißt oder aufgewalzt bzw. -geschraubt und nachher vernietet. Da je 2 Rohrschlangen durch eine zwischenliegende Schraube und Klemmplatte gehalten werden, gestattet diese Ausführung eine zweckmäßige und gedrängte Anordnung der Überhitzerschlangen. Als Schrauben werden kräftige Schwalbenschwanzschrauben von $\frac{3}{4}$ bis 1" verwendet, die in die seitlichen Schlitzlöcher der Sammelrohre eingeschoben werden. Die größere Anzahl Schlitzlöcher macht das Gußstück kompliziert und verlangt geübte Former, um zu häufige Fehlgüsse zu vermeiden. Einfacher ist deshalb die Flanschenverbindung (Fig. 155), die aber wiederum ihren großen Nachteil in der Verwendung von Stiftschrauben hat. Reißt eine solche Schraube im Betriebe ab, so müssen sämtliche Flanschenverbindungen gelöst und das Sammelrohr abgenommen werden, um die Schraube ersetzen zu können, während bei der

Flanschenverbindung (Fig. 149) die Ersatzschraube bequem von der Seite her eingeschoben werden kann. Als Dichtungsmaterial werden Klingertringe oder Ringe aus gewelltem Nickelblech, deren Vertiefungen mit Graphit ausgestrichen werden, bevorzugt.

Eine Muffenverschraubung der Überhitzerschlangen mit der Kammerwandung, die sich im Betriebe bewährt hat, ist in Fig. 156 gezeichnet. Es wird hier nach Art der Perkins - Verschraubung die scharfe Kante am Ende der Überhitzerschlange auf das gefräste flache Ende des anderen Rohrstücks gepreßt. Schwierigkeit bietet nur das Abflanschen einer im Betriebe defekt gewordenen Rohrschlange. Um diese entfernen oder nach erfolgter Reparatur wieder einlegen zu können, müssen oft mehrere Schlangen entfernt bzw. deren Muffen — sofern sie eingeroftet — aufgekrenzt werden, wobei leicht die Gewindenden Beschädigungen erleiden.

Ähnlich ist es bei Ausführungen, bei denen die Überhitzerrohre in die Kammerwandung eingewalzt sind.

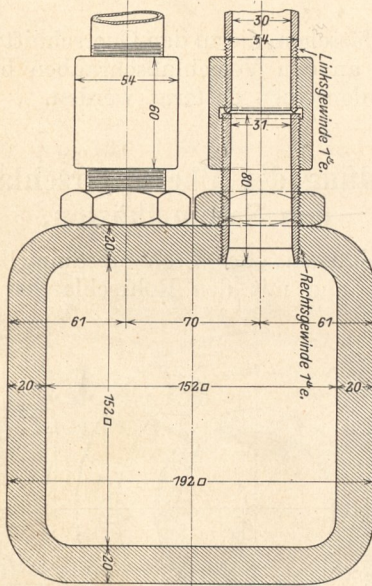


Fig. 156. Muffenverschraubung.
Ausführung: Maschinenfabrik Buckau.

Hier müssen oft mehrere Rohrenden abgeschnitten werden, um eine defekte Schlange auszuwechseln zu können. Am bequemsten gestaltet sich immerhin das Außerbetriebsetzen des Überhitzers bzw. das Auswechseln einer schadhaft gewordenen Heizschlange bei Anwendung der Flanschenverschraubung (Fig. 149). Durch Zwischenlegen einer dünnen Blindscheibe zwischen Rohr und Sammelkasten kann hierbei die Rohrschlange innerhalb kürzester Zeit abgeflanscht werden, während bei erforderlich werdendem Auswechseln die ev. hinderlichen Rohrschlangen schnell und ohne Abschneiden von Rohrenden oder Zerstören von Dichtungsstellen entfernt werden können. Das Einwalzen der Rohrenden in die Kammerwandung hat auch noch den Nachteil, daß bei eventuellem Glühendwerden der Überhitzerschlangen die Spannung in den Walzstellen nachläßt und diese daher undicht werden.

7. Kammerverschlüsse bei eingewalzten Rohren.

In schmiedeeiserne Sammelkästen werden die Rohrschlangen meist eingewalzt und die alsdann zum Einbringen der Rohrwalze erforderliche gegenüberliegende

Öffnung durch kegelförmige Verschlußpfropfen aus Metall (Fig. 157) oder Verschlußdeckel (Fig. 158) verschlossen. Bei bündelförmiger Anordnung von Überhitzerrohren mit geringem Durchmesser werden 3 bis 4 Rohrenden unter einem Verschlußdeckel (Fig. 159 und 160) vereinigt.

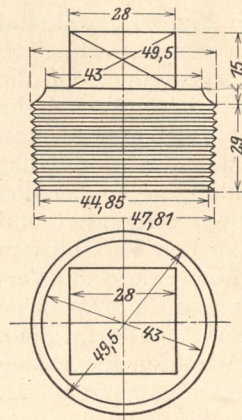


Fig. 157.
Verschlußpfropfen.
Ausführung: Göhrig & Leuchs, Darmstadt.

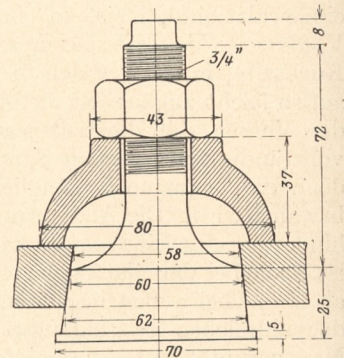


Fig. 158. Kammerverschluß.
Ausführung: Willmann, Dortmund.

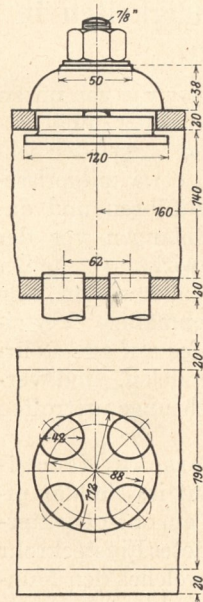


Fig. 159.
Ausführung: Petry-Dereux.

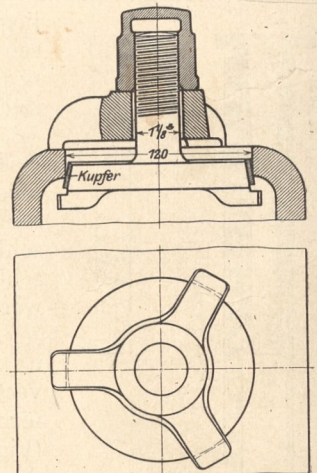


Fig. 160.
Ausführung: Babcock & Wilcox.

Verschlüsse bei bündelweiser Anordnung von Überhitzerschlangen.

8. Kesselzugüberhitzer.

Bei Kesselzugüberhitzern, welche häufiger als die direkt gefeuerten Überhitzer verwendet werden, gelangen die Heizgase erst dann an die Überhitzerheizfläche, wenn ihre Temperatur durch die Berührung mit einem Teil der Kesselwandung bereits herabgemindert ist. Im allgemeinen sucht man die Überhitzer dort einzubauen, wo noch eine Gastemperatur von 500 bis 700 oder 750° C vorhanden ist; man ordnet also den Überhitzer innerhalb der Kesselheizfläche an.

A. Anordnung der Überhitzer innerhalb der Heizfläche.

In bezug auf Führung der Heizgase um die Überhitzerwandung wird unterschieden, ob

1. alle Gase, oder
2. nur ein Teil der Gase

die Überhitzerheizflächen bestreichen und von da an ihre weitere Ausnützung wieder an der Kesselheizfläche erfahren. Die unter 1. genannte Ausführung ergibt die kleinste Überhitzerheizfläche und wird daher bei Neuanlagen fast stets gewählt. Ist dann der Überhitzer zu groß, oder überschreitet die Überhitzungstemperatur aus anderen Gründen die gewünschte Grenze, so tritt der unter 2. genannte Fall ein, indem durch entsprechend eingestellte Umlenkklappen oder -Schieber nur ein Teil der Gase an die Überhitzerheizfläche geführt und der übrige Teil gezwungen wird, seinen Weg direkt an der Kesselheizfläche entlang zu nehmen. Zweckmäßig ist es dabei, wenn die Klappen- bzw. Schieberregulierung so weit ausgedehnt werden kann, daß im Bedarfsfalle die Heizgase vollständig von der Überhitzerheizfläche abgehalten werden können. Wenn, außer bei Defekten, dieser Fall auch im Betriebe wohl kaum eintritt, so ist doch beim Anheizen eines Kessels, wenn die Überhitzerrohre noch nicht von der durchströmenden Dampfmenge gekühlt werden, die vollständige Absperrung von großem Wert, da sie ein Ausglühen der Überhitzerwandungen — Durchbiegen der Flachschlangen und Undichtwerden der Verbindungsstellen — verhindert.

Wird bei der Umschaltung ein Teil der Gase direkt um den Kessel geleitet, so wirkt der Umstand auf die Wärmeübertragung an den Kesselinhalt nachteilig, daß die den Überhitzer verlassenden und dort abgekühlten Gase mit den heißeren direkten Gasen zusammentreffen und letzteren einen Teil ihrer Wärme entziehen. Richtiger würde es sein, die Gase erst dort wieder zusammenzuführen, wo sie gleiche Temperatur haben, was sich aber in der Praxis nur schwer durchführen läßt.

Wilhelm Schmidt baut daher seine Überhitzer vielfach so, daß der eine Teil der Gase aus dem ersten Kesselzuge nach dem Verlassen der Überhitzerwandung nicht mehr an die Kesselheizfläche, sondern direkt in den Fuchs geführt wird, während die übrige Gasmenge den Überhitzer überhaupt gar nicht berührt, sondern den zweiten bzw. dritten Kesselzug bestreicht und lediglich zur Dampfbildung dient. Diese Ausführung bedingt aber größere Überhitzerheizflächen und damit einen größeren Kostenaufwand, um die Gase so weit auszunützen, daß sie mit einer Temperatur ähnlich der Abgangstemperatur der Kesselgase in den Schornstein gelangen.

Bei neuzeitlichen Anlagen, insbesondere solchen, bei denen der Dampf im Kraftbetriebe (Maschinen oder Turbinen) Verwendung findet, wird stets — abgesehen von besonderen Fällen, — der Überhitzer mit dem Kessel angelegt werden, weshalb auch bei den vorbenannten Kesselsystemen, soweit deren Bauart der Anordnung des Überhitzers angepaßt werden muß, letzterer gleich mitgezeichnet und erläutert ist. Es trifft dieses insbesondere zu bei den Wasserrohrkesseln. Bei diesen wird der Überhitzer

- a) zwischen Rohrbündel und Oberkessel,
- b) zu beiden Seiten des Oberkessels, als sog. Zwilingsüberhitzer, oder
- c) über dem Oberkessel

angeordnet. Die Anordnung unter dem Röhrenbündel erfolgt seltener und wohl nur bei Platzmangel. Der

Überhitzer ist dort schwerer zugänglich und weniger leicht zu reinigen.

Bei Flammrohrkesseln kann der Überhitzer in ziemlich einfacher Weise hinter dem Feuerrohr angeordnet und mit Umschaltklappen versehen werden. Je nach der Lage der Rohrschlangen soll hier unterschieden werden zwischen Überhitzern mit

1. liegenden Schlangen,
2. sehenden Schlangen und
3. hängenden Schlangen.

Bei kombinierten Flammrohr-Rauchrohrkesseln erfolgt die Anordnung der Überhitzer ähnlich wie bei den Flammrohrkesseln, d. h. die Gase werden auch hier nach dem Verlassen der Flammrohre zunächst an den Überhitzer geführt, bevor sie ihren weiteren Weg an der Kesselheizfläche vorbei nehmen.

Im nachstehenden soll nur von solchen Überhitzern die Rede sein, die aus Dampfschlangen gebildet sind, das sind Rauchrohrüberhitzer, d. h. solche, bei denen die Heizgase durch die vom Dampf umspülten Rohre ziehen, und solche mit plattenförmigen Wandungen nicht in dem Maße wie Dampfrohrüberhitzer bewährt haben.

a) Überhitzer mit liegenden Schlangen

zeigen die Ausführungen der Dingerschen Maschinenfabrik (Fig. 161 und 162). Gase und Dampf bestreichen hier die Überhitzerwandung in gemischter Strömungsrichtung wobei sämtliche Rohre nebeneinandergeschaltet sind. Die wagerechte Lage der Rohrschlangen bietet den Vorteil, daß die einzelnen Überhitzerschlangen bequem entwässert werden können, und daß die heißen Gase nicht alle Schlangen gleichmäßig, sondern diese nacheinander treffen. Sollte die unterste Schlange im Betriebe defekt werden, so kann sie leicht durch Zwischenlegen einer dünnen Blindscheibe zwischen Rohrschlange und Sammelrohr abgeflanscht und darauf der Überhitzer sogleich weiter betrieben werden. Durch die zwischen die Rohrschlangen gelegten Flacheisenstäbe stützen sich die oberen Schlangen auf die unteren, wobei gleichzeitig die Rohrbiegungen der direkten Einwirkung der Heizgase wirksam entzogen werden.

Die Regelung der Überhitzung erfolgt in Fig. 161 durch Ablenkung der Heizgase mittels Drehklappen, während für die vollständige Absperrung des Überhitzers aus dem Gasstrom — beim Anheizen usw. — noch Schamotteschieber vorgesehen sind. Wird der Überhitzer hohen Gastemperaturen ausgesetzt, so erfolgt die Regelung und vollständige Absperrung unter Umständen nur mittels Schamotteschieber (Fig. 162 und 163).

Bei den Überhitzern von Piedboeuf (Fig. 164) sind die Rohrschlangen ebenfalls wagerecht gelagert, aber gruppenweise, und zwar im Gegenstrom zu den Heizgasen, hintereinandergeschaltet. Die Enden der Flachschlangen sind in schmiedeeiserne Sammelkammern eingewalzt und die Rohrlochöffnungen in den äußeren Kammerwänden durch konische Metallstöpsel geschlossen. Eingebaute Umschaltventile ermöglichen es, in der üblichen Weise den Überhitzer von dem Dampfstrom auszuschalten, während es im Bedarfsfalle auch bei vollkommen umgelegten Rauchgasklappen nicht möglich ist, die Überhitzerschlangen der Einwirkung der Heizgase vollständig zu entziehen.

Die Anordnung eines gemeinschaftlichen, indirekt beheizten Überhitzers zur Überhitzung des Dampfes aus zwei oder mehreren Kesseln ist der Firma Topf & Söhne

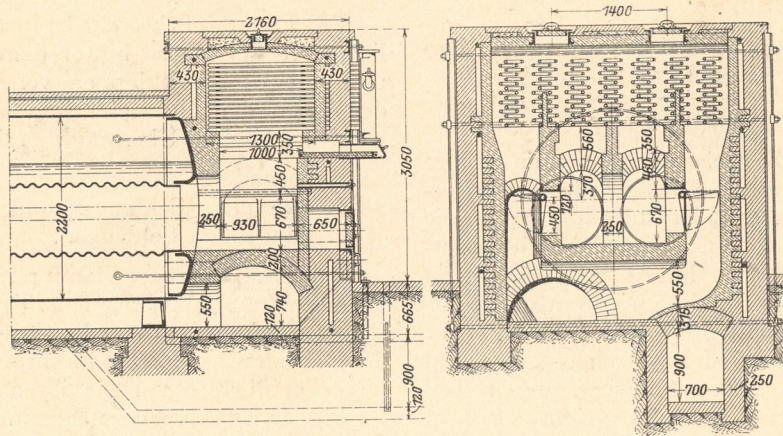
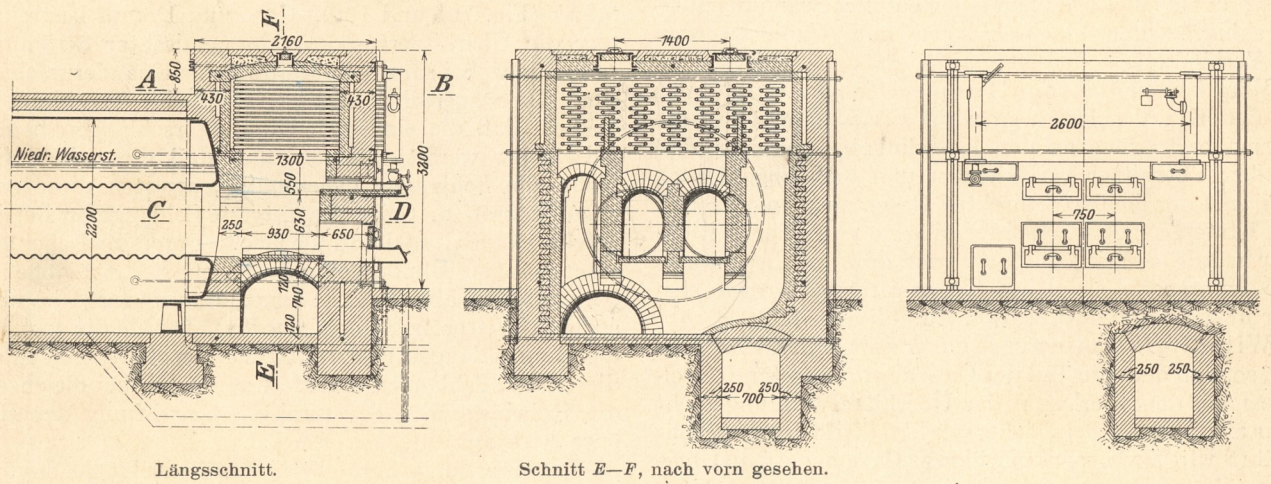
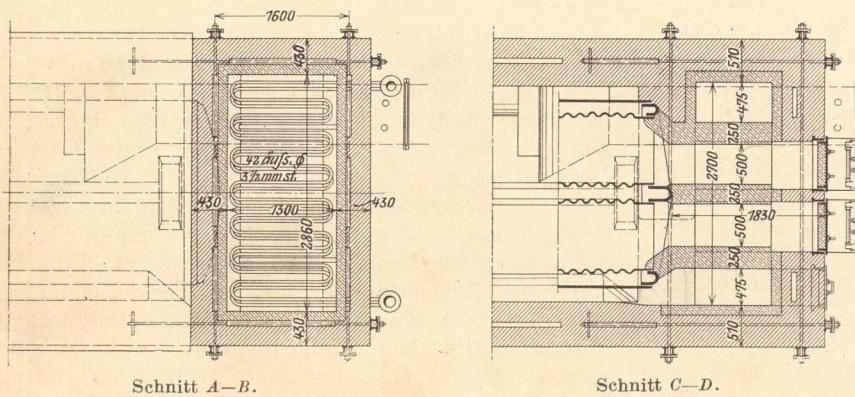


Fig. 161. Überhitzer von 36 qm Heizfläche mit Klappen- und Schieberregulierung.
(Die Überhitzerschlangen sind liegend angeordnet und nebeneinandergeschaltet.)
Ausführung: Dingersche Maschinenfabrik, A.-G., Zweibrücken.



Längsschnitt.

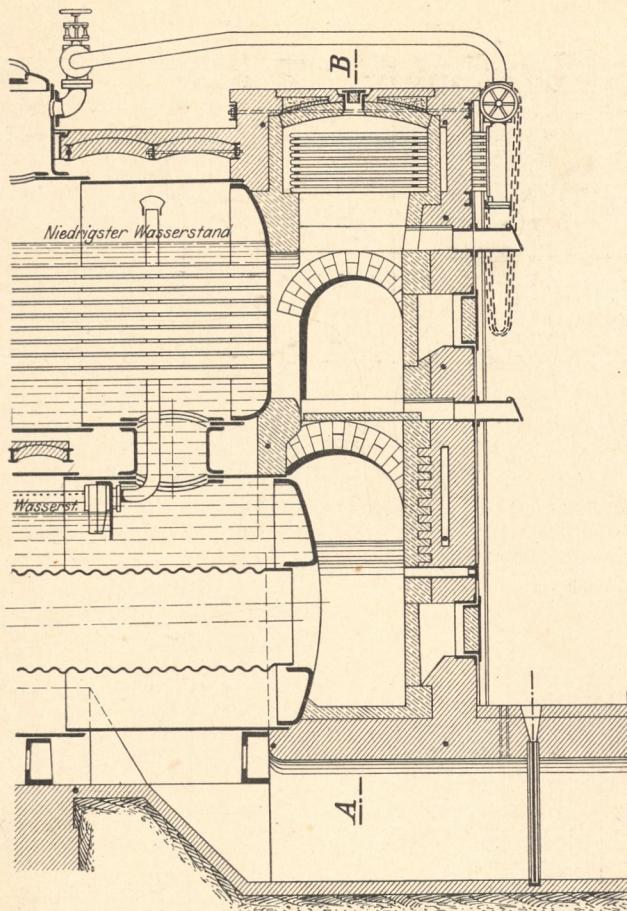
Schnitt E-F, nach vorn gesehen.



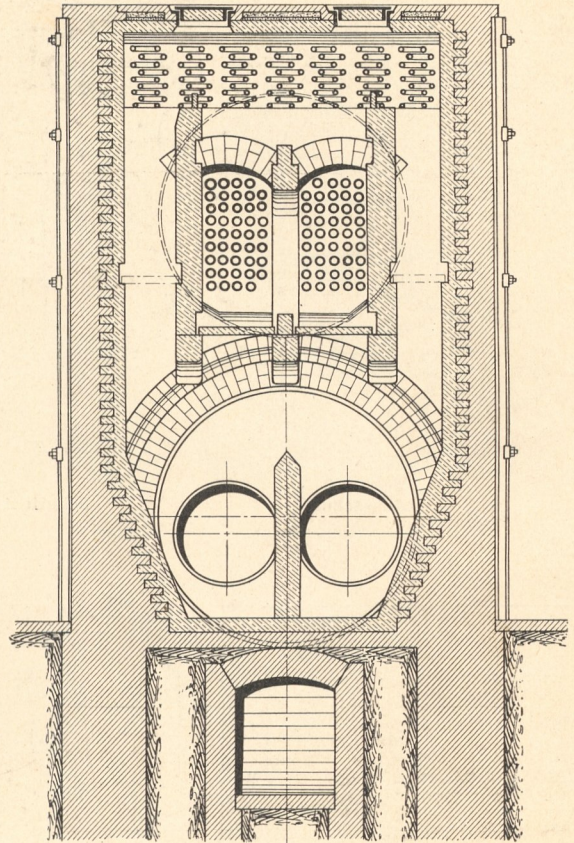
Schnitt A-B.

Schnitt C-D.

Fig. 162. Überhitzer von 36 qm Heizfläche mit Schieberregulierung.
(Die Überhitzerschlangen sind liegend angeordnet und nebeneinandergeschaltet.)
Ausführung: Dingersche Maschinenfabrik, A.-G., Zweibrücken.



Längsschnitt.



Schnitt A—B, nach vorn gesehen.

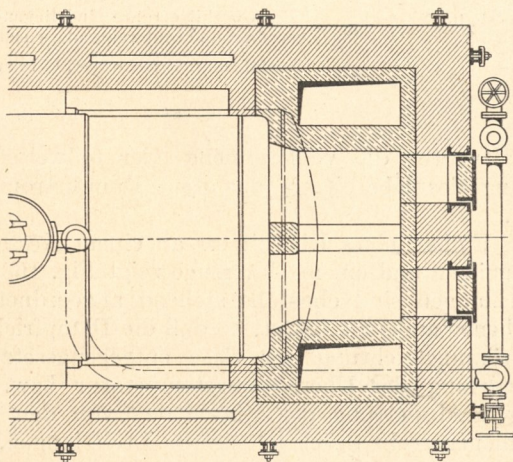


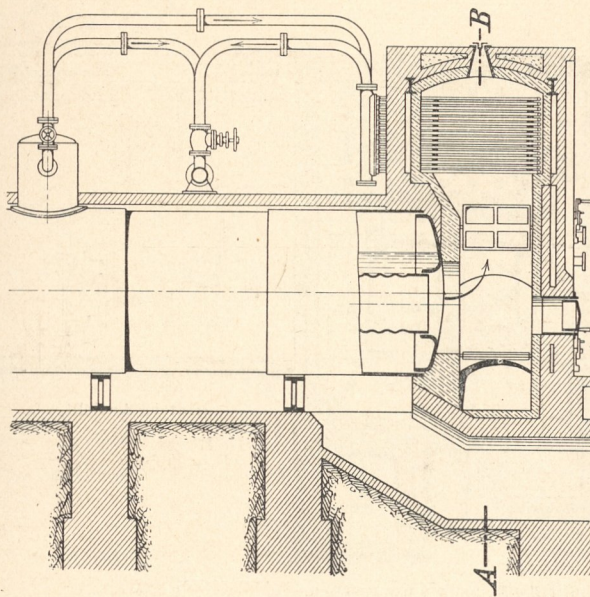
Fig. 163. Überhitzer hinter kombinierten Flammrohr-Rauchrohrkesseln. Regulierung mittels Schiebern.
(Die Überhitzerrohre sind liegend angeordnet und nebeneinandergeschaltet.)

Ausführung: Dinglersche Maschinenfabrik, A.-G.,
Zweibrücken.

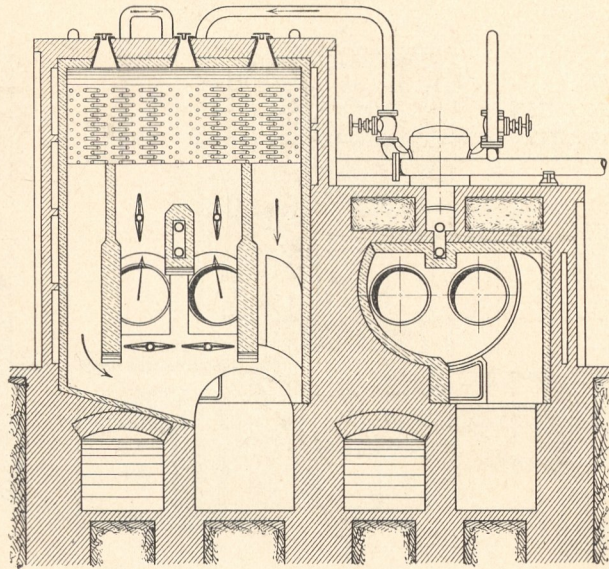
patentiert. Der Überhitzer (Fig. 165) hat zwei Verteilungskammern, denen der Dampf aus den beiden Kesseln getrennt zugeführt wird, sowie zwei Heißdampfsammelkammern, durch die der überhitzte Dampf nach dem gemeinschaftlichen Hauptdampfrohr strömt. Die Überhitzerschlangen liegen in der bekannten Weise über dem einen Kessel und sind durch Flacheisenzwischenlagen gegeneinander abgestützt. Die Regelung der Über-

hitzungstemperatur erfolgt durch Umlegen der vier Drosselklappen.

Bei dem Überhitzer von Schwörer (Fig. 166) sind die einzelnen Überhitzerrohre (siehe auch Fig. 135) hintereinandergeschaltet. Die gußeisernen Rohre besitzen im Vergleich zu den dünnwandigen schmiedeeisernen Überhitzerschlangen sehr viel Material, das als Wärmespeicher dienen und in bezug auf den



Längsschnitt.



Schnitt A-B, nach vorn gesehen.

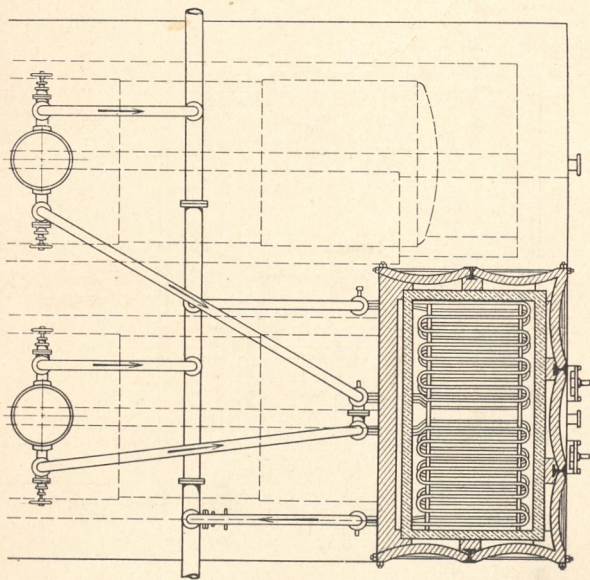


Fig. 165. Anordnung eines gemeinschaftlichen Überhitzers für 2 Kessel. D. R. P.

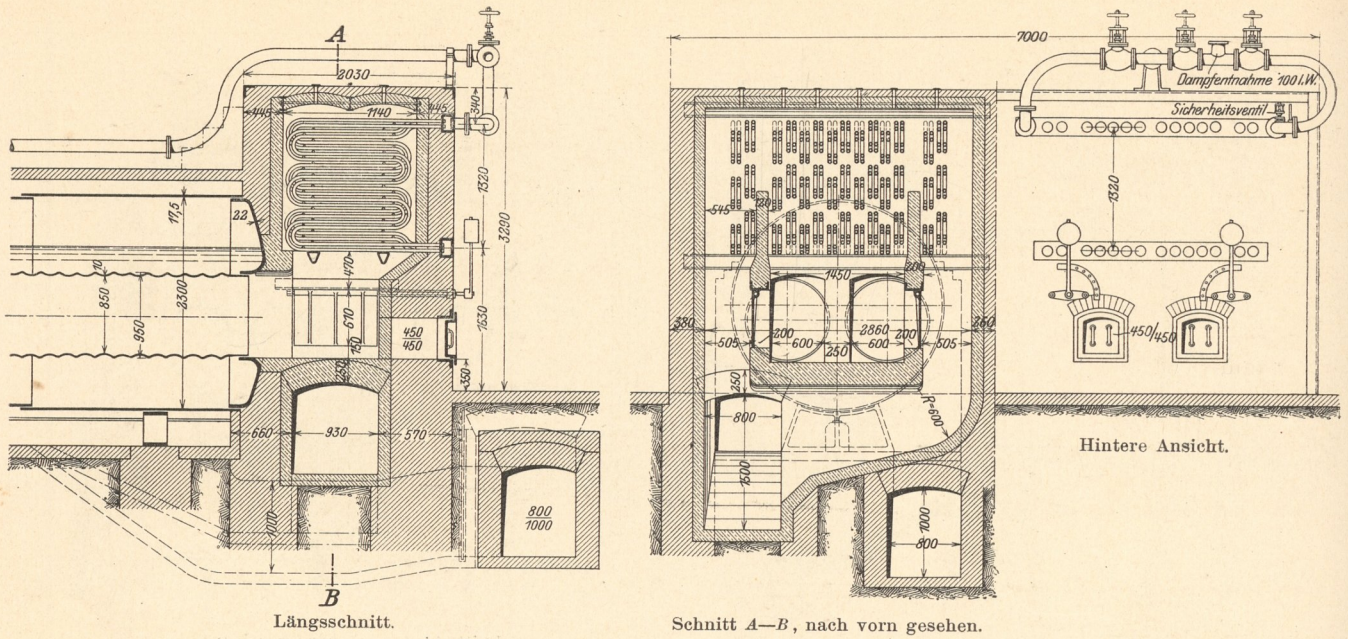
Ausführung: J. A. Topf & Söhne, Erfurt.

Die U-förmig gebogenen Überhitzerrohre sind bei den Steinmüller-Überhitzern (Fig. 169) in eine schmiedeeiserne Kammer eingewalzt (siehe auch Fig. 154) und verschieden lang ausgeführt, damit die Zugänglichkeit und bequeme Reinigungsmöglichkeit der Flammrohre gewahrt bleibt. Da bei der Ausführung in Fig. 169 Lenklappen oder -Schieber nicht vorgesehen sind, kann die Regelung der Überhitzungstemperatur nur durch Mischung von Satttdampf und Heißdampf erfolgen. Dafür nimmt aber der Überhitzer nur sehr wenig Platz in Anspruch, so daß er leicht in bestehende Anlagen ohne große Umänderungen am Mauerwerk eingebaut werden kann.

Bei dem Prégardien-Überhitzer (Fig. 170) sind U-förmig gebogene Überhitzerrohre in schmiedeeiserne, autogen geschweißte Kammern eingeschweißte, so daß keinerlei Dichtungsstellen vorhanden sind. Mehrere der hier gezeichneten Elemente werden zu einem Überhitzer

(Fig. 171) zusammengestellt, wobei darauf Rücksicht genommen ist, daß erforderlichenfalls ein schadhaft gewordenes Element während des Betriebes schnell ausgebaut und ersetzt werden kann.

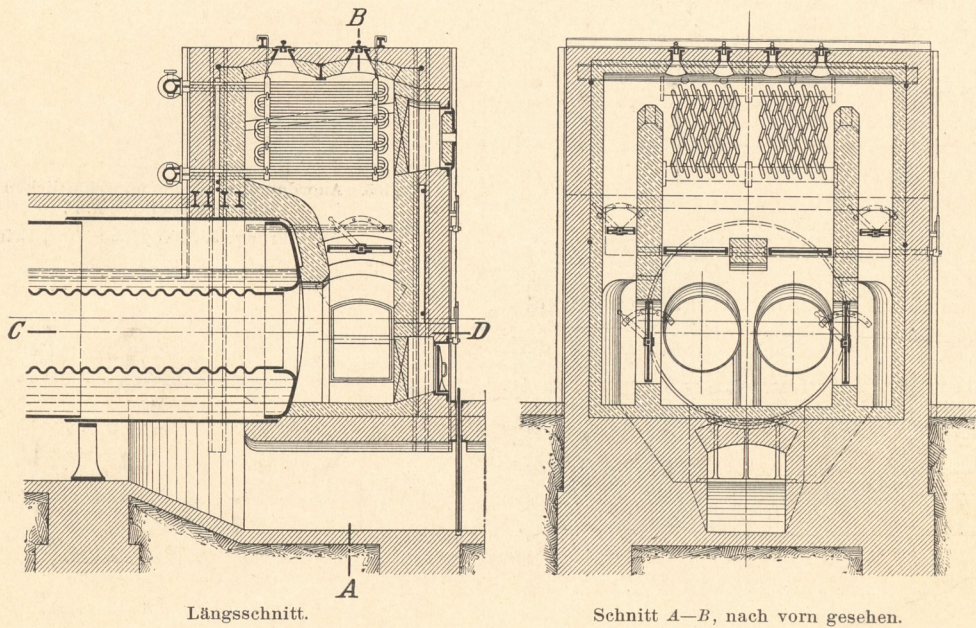
Klappen zur Regelung der Dampftemperatur sind bei der Anordnung des Prégardien-Überhitzers in Fig. 171 nicht vorhanden, da bei der Inbetriebsetzung des dort gezeichneten Kesselsystems (Stirlingkessel, Fig. 101) die Dampferzeugung so schnell erfolgt, daß gleich nach dem Anheizen die Überhitzerrohre von Dampf durchströmt, d. h. gekühlt werden. Fällt die Überhitzung zu hoch aus, so wird diese geregelt, indem ein oder mehrere Elemente entfernt und durch kurze Verbindungsrohre ersetzt werden. Die Anordnung der Dampfzu- und Ableitung ist daher so gewählt, daß die Verkleinerung der Heizfläche erfolgen kann, ohne die Querschnitte der Dampfwege zu vermindern.



Längsschnitt.

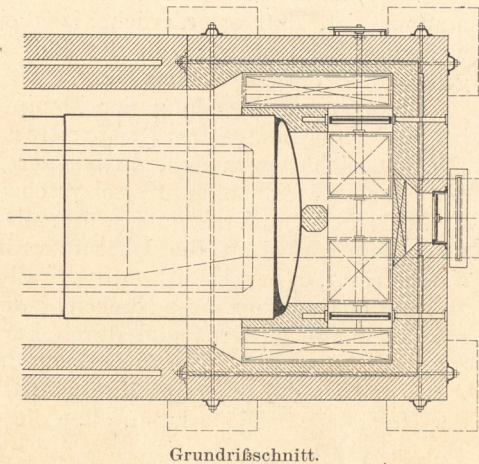
Schnitt A-B, nach vorn gesehen.

Fig. 167. Überhitzer von 43 qm Heizfläche mit Klappenregulierung.
 (Die Überhitzerschlangen sind stehend angeordnet und gruppenweise hintereinandergeschaltet.)
 Ausführung: Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk bei Köln.



Längsschnitt.

Schnitt A-B, nach vorn gesehen.



Grundrißschnitt.

Fig. 168. Überhitzer mit Klappenregulierung.
 (Die Überhitzerschlangen sind stehend angeordnet und im
 Gegenstrom nebeneinandergeschaltet.)
 Ausführung: Främs & Freudenberg, Schweidnitz.

In Fig. 172 ist ein Überhitzer gezeichnet, dessen Flachschlangen hängend angeordnet sind, deren Windungen aber trotzdem wagerecht und zwar so geführt werden, daß die Gase den Überhitzer zunächst im Gleichstrom und dann im Gegenstrom zur Dampfriehung bestreichen. Hierdurch wird der erste Teil der Heizfläche, der von den heißesten Gasen getroffen wird, wirksam gekühlt und geschont (siehe auch Fig. 133).

Der Zentrifugalüberhitzer (Fig. 173) besteht aus 6 nebeneinandergeschalteten Doppelschlangen, die bei 38 mm innerem und 48 mm äußerem Durchmesser eine Heizfläche von zusammen 24,6 qm haben und hinter den Flammrohren eines Cornwallkessels von 80 qm Heizfläche eingebaut sind. Die Rohrschlangen haben schraubenförmige Windungen, wodurch der Dampfstrom fortwährenden Richtungsänderungen unterworfen ist, so daß infolge der Fliehkraft der nasse und schwere Dampf ständig nach außen an die Heizfläche gedrängt wird.

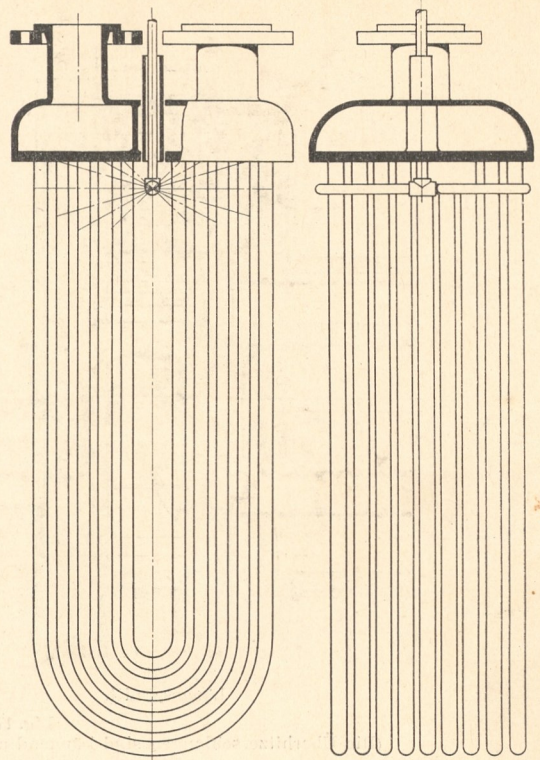


Fig. 170.
Prégardien-Überhitzer.

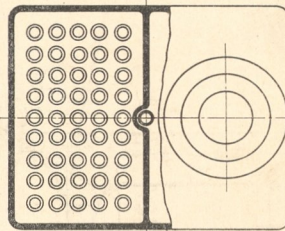


Fig. 171. Anordnung des Prégardien-Überhitzers an einem Stirling-Kessel.
(Hängende Überhitzerrohre ohne Reguliervorrichtung.)
Ausführung: Hannoversche Maschinenbau-A.-G. vorm. Georg Egestorff, Hannover-Linden.

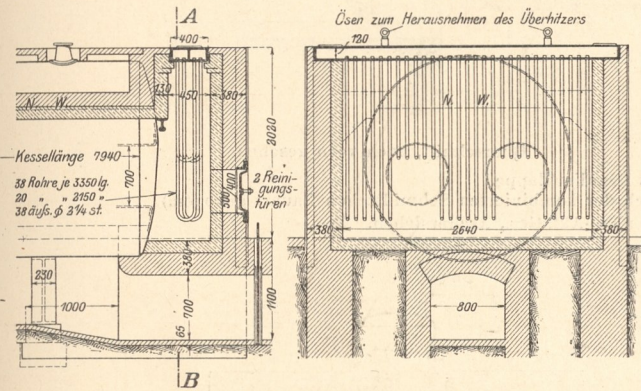
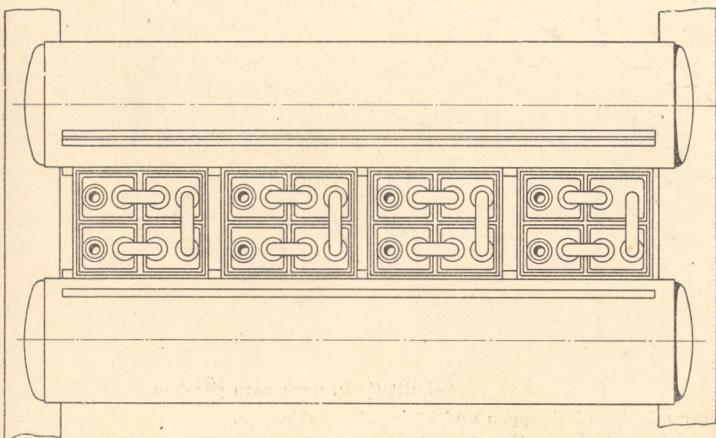
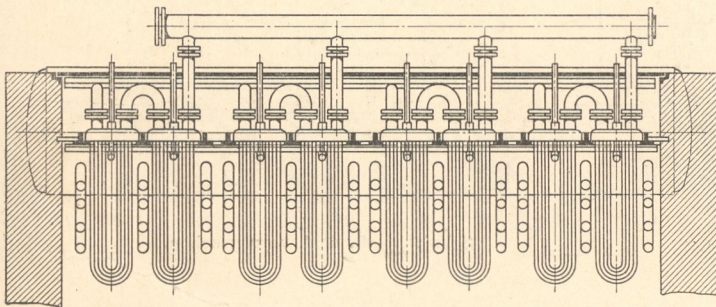
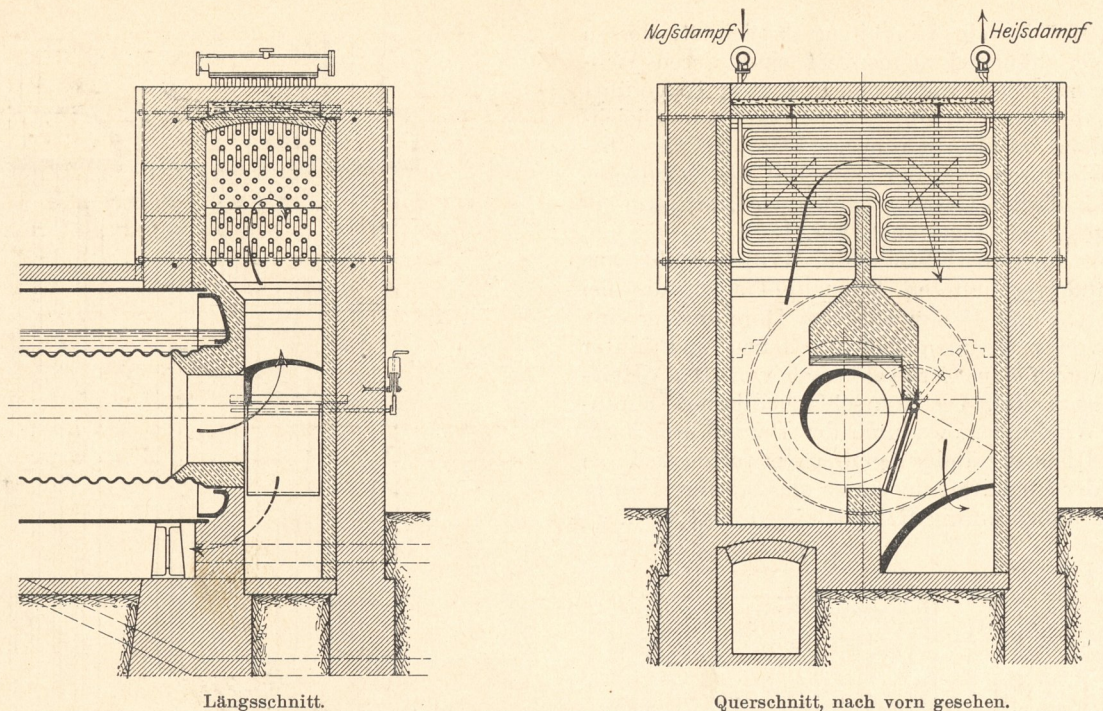


Fig. 169. Überhitzer ohne Reguliervorrichtung mit hängenden Rohrschlangen von 20,4 qm.
Ausführung: L. & C. Steinmüller, Gummersbach.



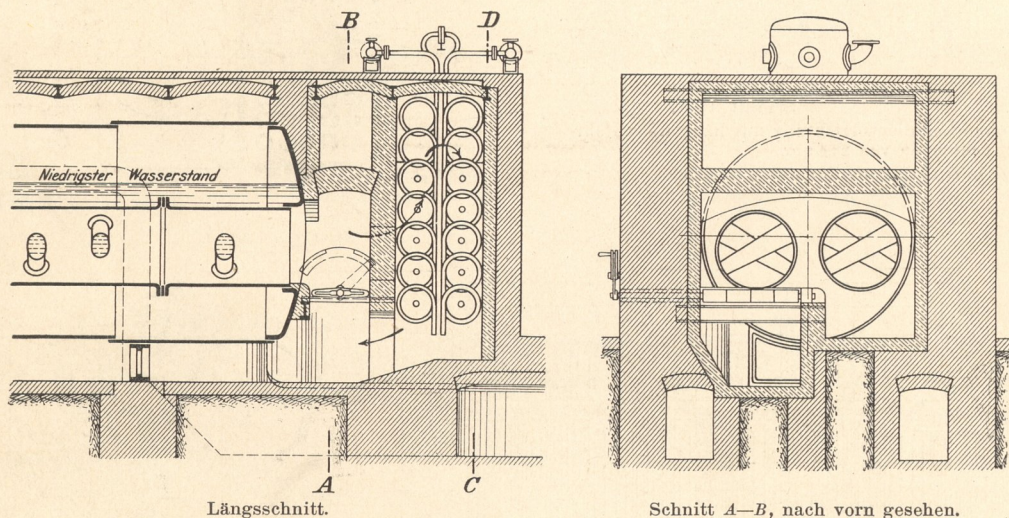
BIBLIOTHEK DER
TECHN. HOCHSCHULE
G R A Z.



Längsschnitt.

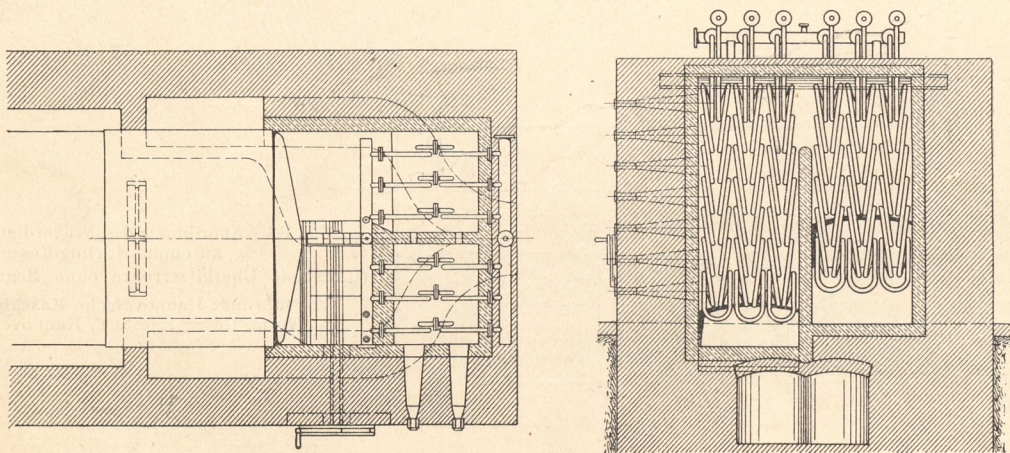
Querschnitt, nach vorn gesehen.

Fig. 172. Überhitzer mit Regulierklappe.
 (Die Überhitzerschlangen sind hängend angeordnet und nach der kombinierten Schmidtschen Bauart gebogen.)
 Ausführung: Ascherslebener Maschinenbau-Akt.-Ges., Aschersleben.



Längsschnitt.

Schnitt A-B, nach vorn gesehen.



Grundrißschnitt.

Schnitt C-D, nach vorn gesehen.

Fig. 173. Zentrifugalüberhitzer mit Regulierklappen und hängenden Schlangen.
 Ausführung: Johann Weber & Co., Darmstadt.

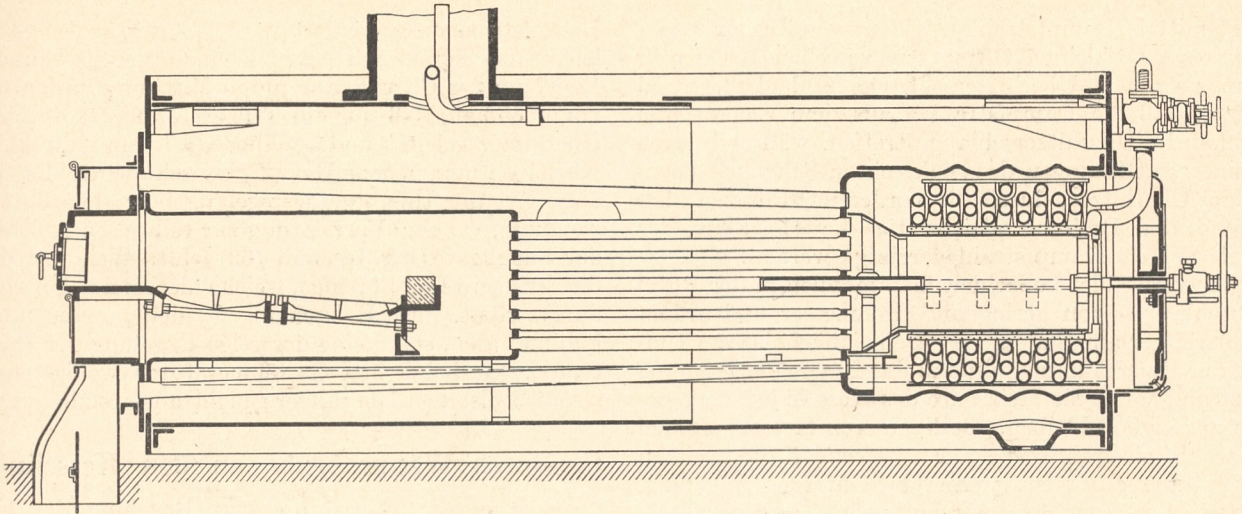


Fig. 174. Spiralrohrüberhitzer an einem Lokomobilkessel; Anordnung innerhalb der Kesselheizfläche.
Ausführung: Gebrüder Lutz, A.-G., Darmstadt.

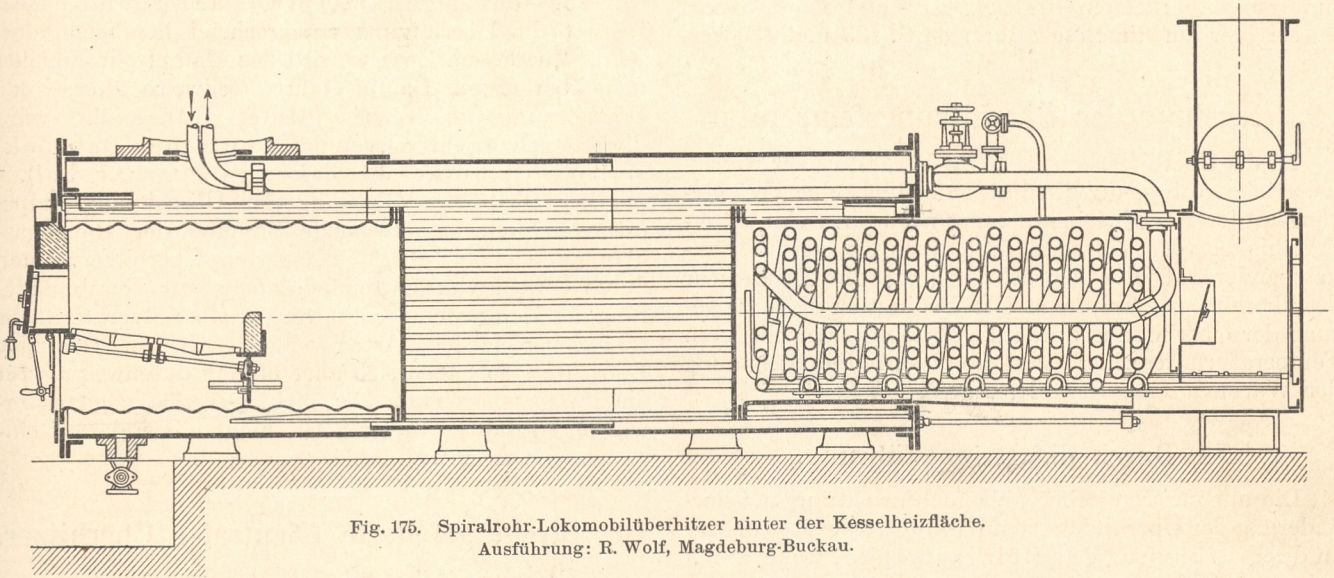


Fig. 175. Spiralrohr-Lokomobilüberhitzer hinter der Kesselheizfläche.
Ausführung: R. Wolf, Magdeburg-Buckau.

Hierdurch wird die Wärmeaufnahme des Dampfes außerordentlich begünstigt (S. 165), weshalb man bei derartig gebildeten Rohrschlangen unter sonst gleichen Verhältnissen mit kleineren Heizflächen auszukommen vermag.

Die Sammelrohre sind bei dem Göhrichschen Überhitzer aus Schmiedeeisen gefertigt und die zur Befestigung der Rohrschlangen erforderlichen Stützen in die Sammelrohre eingeschweißt. Die Regelung der Überhitzungstemperatur wird durch Rauchgasklappen sowohl wie durch Umschaltventile ermöglicht. Fig. 669 zeigt die bequeme Reinigung der Zentrifugalschlangen von Ruß und Flugasche mittels Dampfstrahles während des Betriebes.

Erwähnt sei hier auch der Berninghausche Überhitzer (Fig. 43), bei welchem die Spiralschlangen so angeordnet sind, daß sie vor Inbetriebnahme des Überhitzers an ihrem unteren Ende vollständig entwässert werden können.

In Fig. 174 ist sodann noch ein Spiralrohrüberhitzer gezeichnet, der in der Feuerbüchse eines Lokomobilkessels innerhalb der Kesselheizfläche angeordnet ist. Die Gase werden hierbei nach dem Bespülen des Überhitzers durch entsprechend lange Rohre bis zur vorderen Kesselstirnwand geführt, machen also einen längeren Weg, als dieses bei der sonst üblichen Bauart von Lokomobilkesseln Fig. 31 und 34 der Fall ist.

B. Die Anordnung der Überhitzer hinter der Kesselheizfläche.

Vielfach werden die Überhitzer hinter Heizrohrkesseln, die keine Außenzüge haben — Lokomobil- und Lokomotivkessel, sowie stehende Kessel — derart gelagert, daß sämtliche Gase erst nach dem Verlassen des Kessels den Überhitzer bespülen und dann gleich in den Schornstein entweichen. Da hierbei die den Überhitzer treffenden Gase selten eine höhere Temperatur als 400 bis 500° C haben, bedingt eine derartige Anordnung größere Heizflächen und Anschaffungskosten als bei der Unterbringung innerhalb der Kesselheizfläche, sie hat aber andererseits den Vorteil der größeren Haltbarkeit. Die Möglichkeit der Ablenkung der Heizgase ist bei den geringen Gastemperaturen kein Erfordernis.

Wolf sieht nach Fig. 175 an seinem Lokomobilkessel einen Spiralrohrüberhitzer vor, bei welchem nur eine Spiralschlange in Anwendung kommt, die Überhitzerrohre sind hier also hintereinandergeschaltet. Erforderlich werdende Verschraubungen werden mit metallischer Dichtung ähnlich Fig. 156 nach Art der Perkinsverschraubung ausgeführt. Die Heizgase bestreichen den Überhitzer im Gegenstrom zur Strömungsrichtung des Dampfes und erfahren dadurch bei reichlich bemessener Heizfläche eine gute Ausnützung. Die Reinigung der Kessel- und Überhitzerrohre von Ruß und Flugasche

erfolgt mittels Dampfstrahles. Zu diesem Zweck ist ein drehbares mit kleinen Öffnungen versehenes Knierohr derart zwischen Überhitzerschlange und Außenwand gelagert, daß die Dampfstrahlen aus dem wagerechten Schenkel die Überhitzerschlange treffen, während durch die hinteren Öffnungen des senkrechten Schenkels ebenfalls der Überhitzer, durch die vorderen Öffnungen aber während der Drehung gleichzeitig die Heizrohre des Kessels mittels Dampfstrahl gereinigt werden.

Lanz verwendet bei seinen Lokomobilen in der Regel Flachschlangen von geringem Durchmesser und ordnet die Überhitzer am Ende der Kesselheizfläche so am Umfange der Rauchkammer an, daß das Innere der letzteren frei ist und somit die Heizrohre des Kessels jederzeit bequem zugänglich bleiben. Bei kleineren Kesseln werden auch wohl Spiralarüberhitzer angewendet, die in einem Stutzen oberhalb oder, wenn ein Unterzug zugänglich, unterhalb der Rauchkammer angeordnet werden.

Betreffend Anordnung der Schmidtschen Überhitzer hinter Heizrohrkesseln — Lokomotiv- und Schiffskesseln — sei hier auf die Beschreibungen S. 133 und 139 verwiesen.

9. Regelung der Überhitzungstemperatur.

Ist die Überhitzerheizfläche im Verhältnis zur Kesselheizfläche groß genug gewählt, so bedingt eine Veränderung in der Kesselbeanspruchung nach oben eine Regulierfähigkeit der Überhitzungstemperatur, da mit zunehmender Kesselbeanspruchung auch die Temperatur des überhitzten Dampfes steigt. Bedingt ist diese Steigerung der Überhitzung durch die Erhöhung der mittleren Temperaturunterschiede und die gleichzeitige Steigerung der Wärmedurchgangszahl (S. 165).

A. Durch die Heizgasführung.

Die am meisten gebräuchliche Einrichtung zur Veränderung der Überhitzungstemperatur ist die Regelung in der Zuführung der Heizgasmenge, wobei durch entsprechend angeordnete Klappen (Fig. 164) oder Schieber (Fig. 162) ein mehr oder weniger großer Teil der Heizgase von der Überhitzerheizfläche abgelenkt wird. Die Möglichkeit der vollständigen Ablenkung der Gase kommt im Betriebe nur beim Defektwerden des Überhitzers in Frage, sie ist dagegen beim Anheizen des Kessels ein wirksames Mittel, die Überhitzerschlangen vor dem Verbrennen bzw. Ausglühen zu schützen.

Je weiter die Umschaltvorrichtungen an das Ende der Heizfläche verlegt werden, bzw. je kälter die Heizgase sind, bevor sie die Klappen oder Schieber berühren, um so größer ist natürlich die Haltbarkeit der letzteren. Ein unbedingtes Erfordernis ist es, die Klappen oder Schieber so anzuordnen, daß durch die Umlenkung der Gase die Kesselheizfläche nicht verkleinert wird.

Um die Ablenkung der Gase während des Anheizens entbehrlich zu machen, ist bei den Überhitzern (Fig. 85 und 86) eine Einrichtung getroffen, die es ermöglicht, durch Umschalten eines Dreiwegehahnes den Überhitzer während der Anheizperiode mit Wasser aus dem Oberkessel zu füllen und ihn so während dieser Zeit vor der schädlichen Einwirkung der Heizgase zu schützen.

B. Durch Mischung von Sattedampf mit Heißdampf.

Da die Verbindung eines Überhitzers mit dem Dampfraum des Kessels stets so erfolgt, daß ersterer, wenn nötig, innerhalb kürzester Zeit vollständig aus dem

Dampfstrom ausgeschaltet werden kann, so ist es auch leicht möglich, durch entsprechende Ventilstellung die Regelung der Überhitzung durch Mischung in der Weise vorzunehmen, daß nur ein Teil des Dampfes durch den Überhitzer geleitet und nachher wieder mit direkt dem Kessel entnommenem Dampf gemischt wird. Es findet diese Art der Überhitzungsregelung besonders dort Anwendung, wo eine Vorrichtung zur teilweisen Ablenkung der Rauchgase (Fig. 166 und 169) fehlt. Weil aber durch die geringere Dampfmenge, welche hierbei den Überhitzer durchströmt, die Heizschlangen nicht genügend gekühlt werden, sollte eine derartige Regelung der Dampftemperatur bei hohen Gastemperaturen wenigstens bei schmiedeeisernen Überhitzern nicht angewendet werden.

C. Durch Wärmeabgabe an den Kesselinhalt.

Eine neuere Einrichtung zur Regelung der Überhitzungstemperatur besteht darin, daß durch Abgabe der überschüssigen Dampfwärme an den Kesselinhalt die Überhitzung entsprechend herabgemindert wird. Zu diesem Zwecke wird das Dampfrohr, welches den überhitzten Dampf führt, teilweise durch den Wasserraum des Kessels geleitet. Ausgeführt wird diese Regelvorrichtung von den Deutschen Babcock-Wilcox-Dampfkesselwerken in Oberhausen¹⁾.

Die selbsttätige Regelung der Überhitzungstemperaturen durch entsprechende Stellung der Rauchgasklappen oder bei direkt gefeuerten Überhitzern auch durch Öffnen von Luftenlaßklappen zur Herabminderung der Heizgastemperatur vor der Überhitzerheizfläche ist auf verschiedene Arten versucht worden. Derartige Einrichtungen haben sich aber bislang durchweg als für die Praxis ungeeignet oder nicht zuverlässig genug erwiesen, so daß an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden soll.

10. Direkt gefeuerte (Zentral-) Überhitzer.

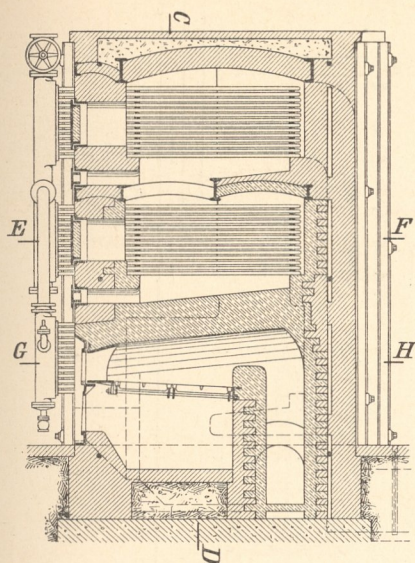
Sie kommen insbesondere dort zur Anwendung, wo die Dampfverbrauchsstelle sehr weit von der Dampferzeugungsstelle entfernt liegt, d. h. wo die eventuell an den Kesseln gewonnene Überhitzung ganz oder größtenteils durch Abkühlung an den Rohrwandungen wieder verloren gehen würde.

Das etwa von den Kesseln übergerissene und infolge von Abkühlungsverlusten in den Rohrleitungen entstandene Wasser wird mit in den direkt gefeuerten Überhitzer geleitet, und zwar wird es behufs Schonung der Rohrschlangen in einen dem Feuer zunächst gelegenen Gleichstromteil geführt.

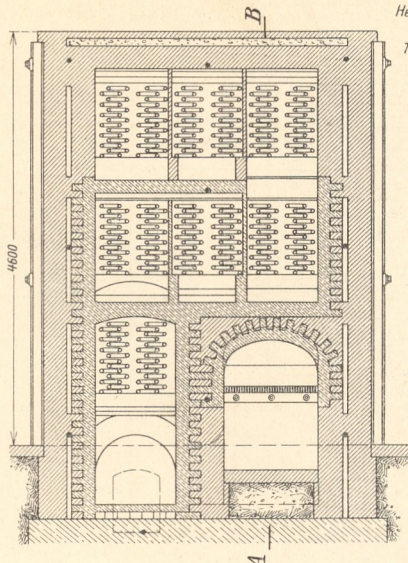
A. Überhitzer mit liegenden Schlangen.

Ein direkt gefeuerter Überhitzer mit liegenden Schlangen ist in Fig. 176 dargestellt. Der Dampfstrom wird hierbei geteilt und am Anfang der Heizfläche mit den heißesten Gasen im Gleichstrome, im übrigen jedoch im Gegenstrom geführt. Hierdurch wird einerseits größtmögliche Schonung der Überhitzerschlangen, andererseits eine möglichst vollkommene Abkühlung, d. h. Ausnützung der Heizgase erreicht. Das in dem Dampfstrom mitgeführte Wasser wird dabei stets dem kleineren Gleichstromventil zugeleitet, um die Kühlung der von den Gasen zunächst getroffenen Überhitzerschlangen auf alle Fälle sicherzustellen.

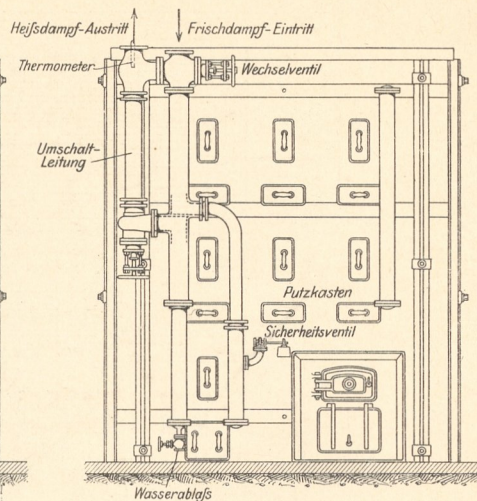
¹⁾ Zeitschr. f. Dampfk. u. Maschinenbetrieb 1909, Nr. 42.



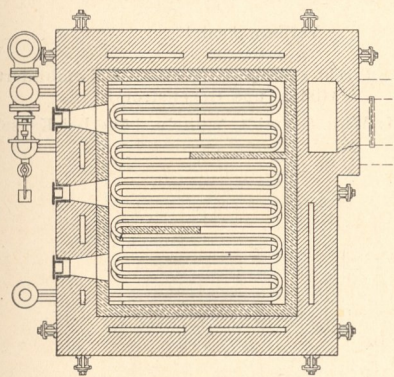
Schnitt A-B.



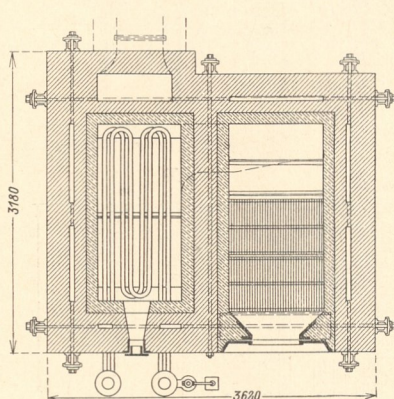
Schnitt C-D.



Vordere Ansicht.



Schnitt E-F.



Schnitt G-H.

Fig. 176. Direkt gefeuerter Überhitzer.
Ausführung: Dingersche Maschinenfabrik,
A.-G., Zweibrücken.
Heizfläche = 100 qm.

B. Überhitzer mit stehenden Schlangen.

Stehend sind die Heizschlangen bei dem direkt gefeuerter Überhitzer Schmidtscher Bauart (Fig. 177) angeordnet. Die Verbindung der Flachschnagen bzw. der Sammelrohre ist hierbei derart gewählt, daß der Dampf die dem Feuer zunächst liegenden Schlangen erst dann im Gleichstrom zu den Gasen durchströmt, wenn er bereits etwa $\frac{2}{3}$ der Gesamtheizfläche im Gegenstrom passiert hat, also schon entsprechend überhitzt ist.

Der Zentralüberhitzer (Fig. 178) ist aus \sqsubset förmig gebogenen und stehend angeordneten Rohren gebildet, die unten in Blechkörper von etwa 600 mm Durchmesser eingewalzt sind. Dieser Überhitzer ist für ein größeres Dampfquantum berechnet, welches auf eine hohe Temperatur überhitzt werden soll. Die gesamte Dampfmenge wird zunächst im vorderen Drittel der Heizfläche im Gleichstrom und darauf im weiteren Teile der Heizfläche behufs besserer Ausnützung der Heizgase im Gegenstrom zu denselben geführt. Der Dampf gelangt also schon mit einer gewissen Überhitzung an das Ende der Heizfläche.

C. Überhitzer mit hängenden Schlangen.

Direkt gefeuerter Überhitzer mit hängenden Rohren bzw. Flach- oder Spiralschlangen sind in Fig. 179 bis 181 wiedergegeben.

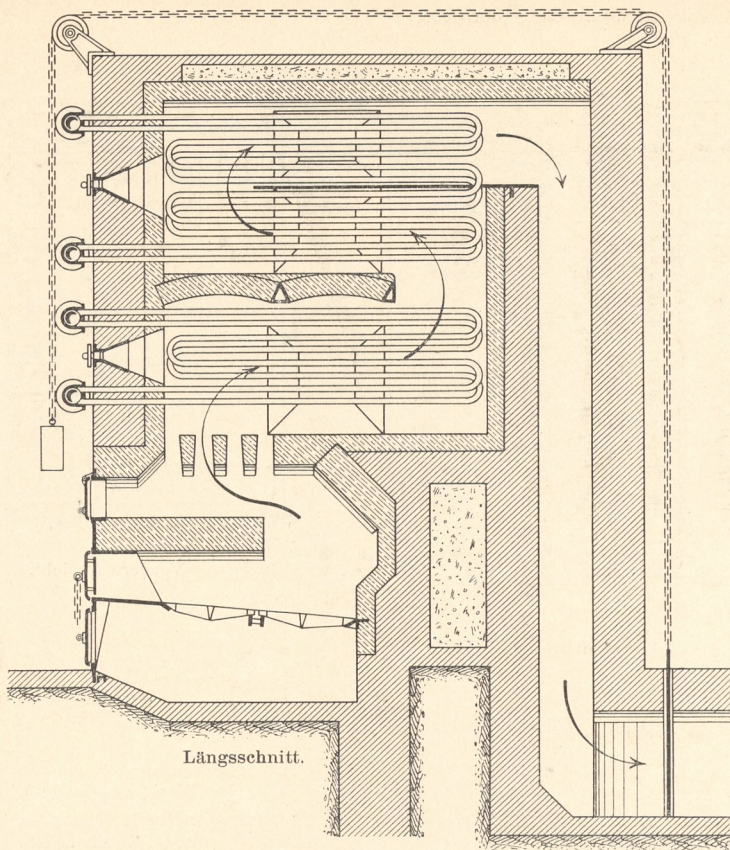
Bei dem Schwörer-Überhitzer (Fig. 179) sind ähnlich wie in Fig. 166 die gußeisernen Rohre von größerem Durchmesser im Gegenstrom zu den Heizgasen hintereinandergeschaltet, während bei dem Steinmüller-Überhitzer (Fig. 180) die einzelnen \sqsubset förmig gebogenen schmiedeeisernen Rohre oben derart in eine mit Querwänden versehene Kammer eingewalzt sind, daß der Dampf das vordere Drittel der Heizfläche im Gleichstrom und nachher im Gegenstrom zu den Heizgasen den Überhitzer durchströmt.

Der Zentrifugalüberhitzer (Fig. 181) wird aus einer Anzahl spiralförmig gebogener Schlangen gebildet, welche oben an den längsseitig angeordneten Verteil- bzw. Sammelrohren angeschraubt sind, so daß auf der ganzen Länge des Überhitzers der Dampf rechts- bzw. linksseitig ein- und auf der gegenüberliegenden Seite austritt.

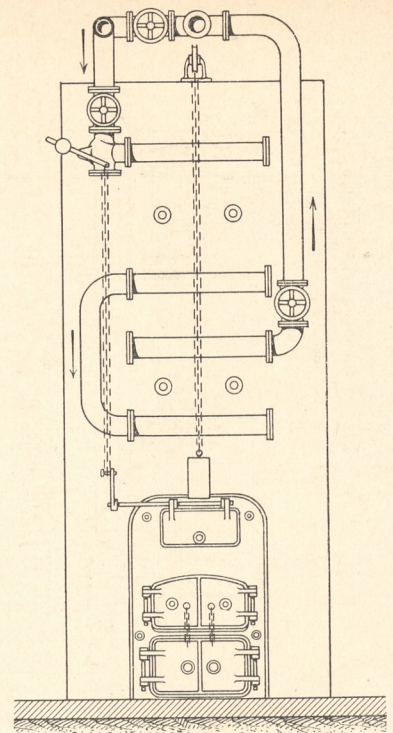
11. Ausrüstungsteile der Überhitzer.

A. Thermometer.

Zum Messen der Dampftemperatur ist am Heißdampfsammelrohr bzw. an der Austrittsstelle des überhitzten Dampfes ein Thermometer anzubringen, das dem Heizer Kenntnis gibt über die Höhe der jeweils erzielten Überhitzung und ihn eventuell veranlaßt, eine Regelung derselben vorzunehmen. Auch an der Verbrauchsstelle

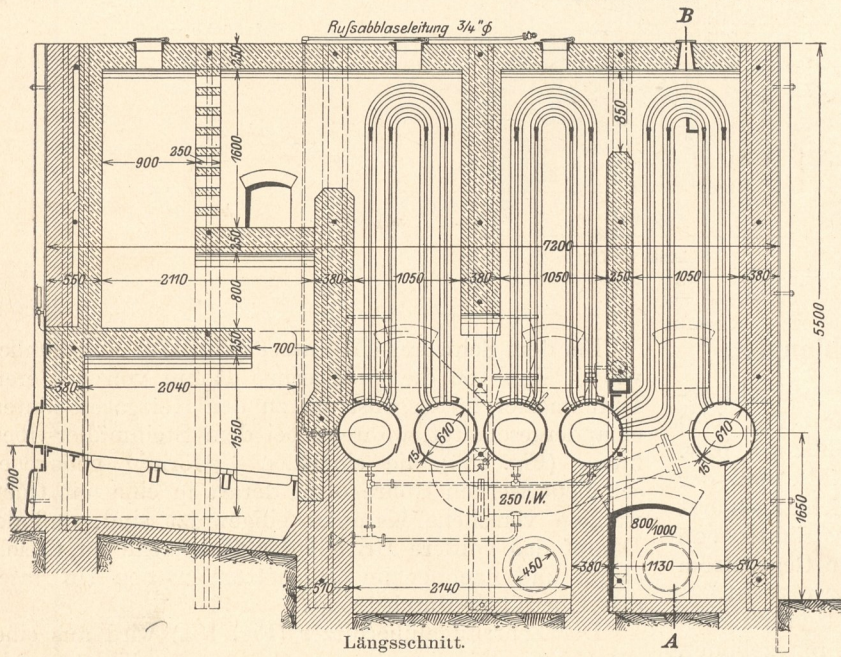


Längsschnitt.

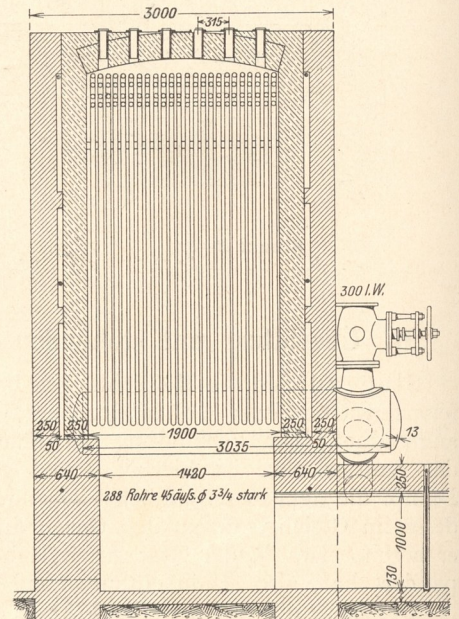


Vordere Ansicht.

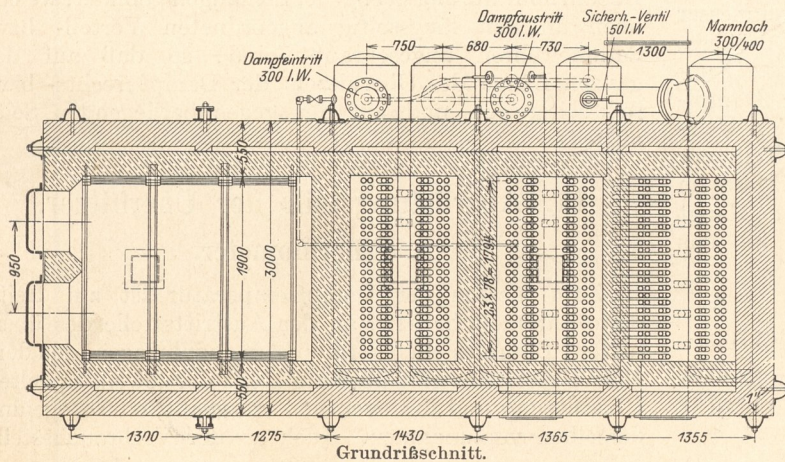
Fig. 177. Direkt gefeuerter Überhitzer (kombinierter Gleich- und Gegenstrom).
Bauart: Wilh. Schmidt, Wilhelmshöhe bei Kassel.



Längsschnitt.



Schnitt A-B, nach vorn gesehen.



Grundrisschnitt.

Fig. 178. Direkt gefeuerter Überhitzer.
Ausführung: Deutsche Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerke, Oberhausen i. Rhld.

Heizfläche = 260 qm,
Rostfläche = 4,1 qm.

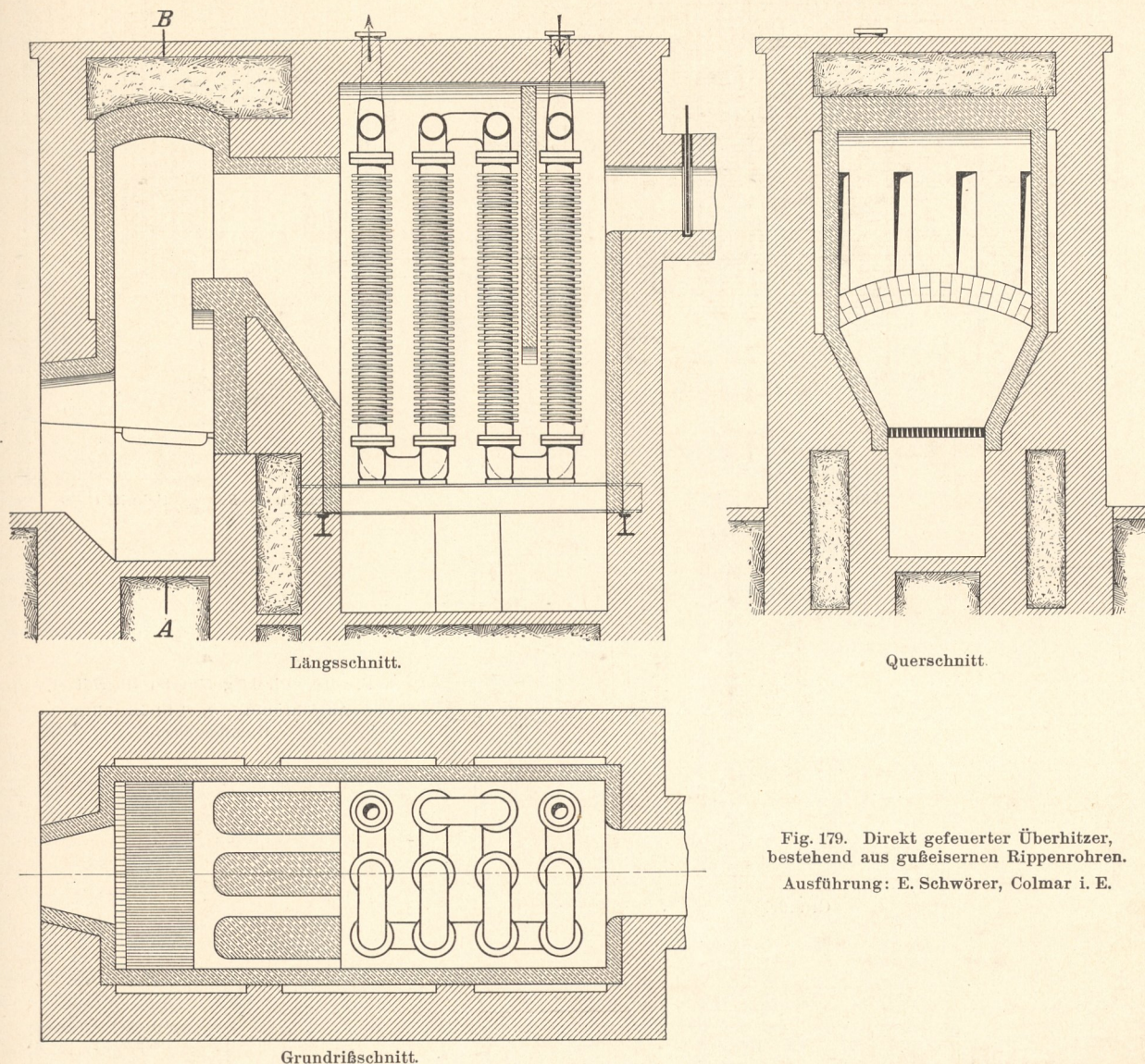


Fig. 179. Direkt gefeuerter Überhitzer,
bestehend aus gußeisernen Rippenrohren.
Ausführung: E. Schwörer, Colmar i. E.

(Maschinen usw.) sollte ein Thermometer nicht fehlen, damit jederzeit der verlustbringende Temperaturabfall in der Rohrleitung erkannt und auf das geringste Maß beschränkt werden kann. Durch sorgfältige Isolierung auch der Flanschenverbindungen kann dieser Temperaturabfall bei kurzen Leitungen eventuell auf $\frac{1}{2}$ bis 1° , bei längeren Leitungen auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}^\circ$ für das lfd. m Rohr beschränkt werden. Der Temperaturabfall ist bei kürzeren Leitungen deshalb größer, weil diese im Verhältnis zu langen Leitungen eine größere Anzahl Flanschen und Ventile erfordern, welche infolge ihrer großen Oberfläche die Wärmeausstrahlung begünstigen.

In der Regel bedient man sich zum Messen der Dampf Temperatur der Quecksilberthermometer, die, mit Kohlensäurefüllung versehen, für Temperaturen bis 550°C brauchbar sind. Seltener findet man, weil zu teuer, elektrische Meßgeräte. Graphitpyrometer sind für die hier in Frage kommenden Temperaturen unzuverlässig und werden daher zum Messen von Dampf temperaturen nicht angewendet.

Um das Quecksilbergefäß des Thermometers nicht dem hohen Dampfdruck auszusetzen, werden Ein tauchröhrchen angewendet, in welche die Thermometer gesteckt werden. Zur besseren Wärmeleitung an das Quecksilbergefäß des Thermometers wird der Zwischen-

raum zwischen diesem und der Wandung des Einsteckröhrchens mit Quecksilber, Öl oder Eisenfeilspänen usw. angefüllt. Quecksilber- und Ölfüllungen sind jedoch nur für Temperaturen, die unter dem Siedepunkt dieser Stoffe liegen, zu benutzen.

B. Sicherheitsventil.

Dasselbe ist erforderlich, damit beim Anheizen oder während des Betriebes, wenn der Überhitzer gegen den Kessel hin noch abgeschlossen sein sollte, durch Erwärmung der eingeschlossenen Wasser- und Dampfmenge keine unzulässig hohen Spannungen im Überhitzer entstehen können. Sind die Verbindungen mit dem Dampfraum des Kessels geöffnet, so dienen die Sicherheitsventile desselben gleichzeitig mit als Ausgleich für den Überhitzer. Sicherheitsventile mit Hebelbelastung sind solchen mit Federbelastung stets vorzuziehen.

Die vollständige

C. Entwässerung der Überhitzerrohre

muß vor Inbetriebsetzung des Überhitzers erfolgen können, damit kein Wasser in die Rohrleitungen oder zur Verbrauchsstelle gelangen und dort zerstörend wirken

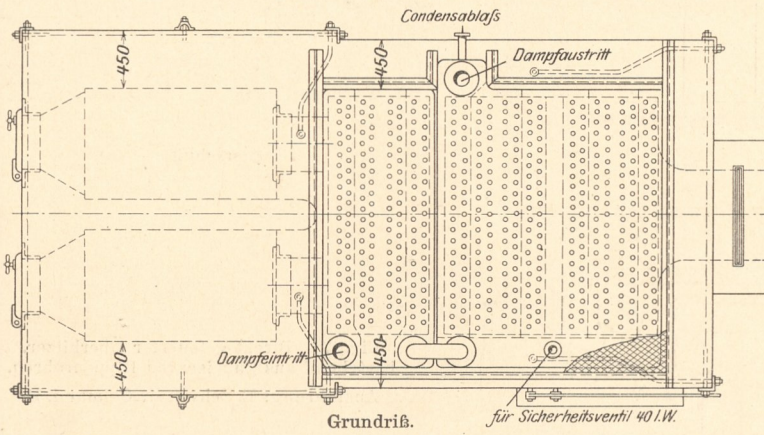
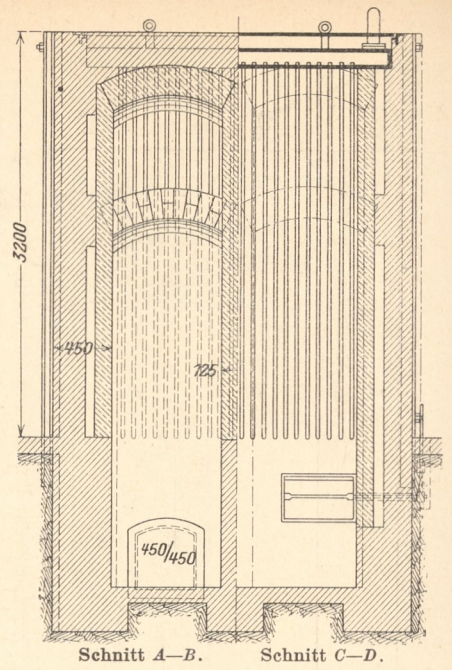
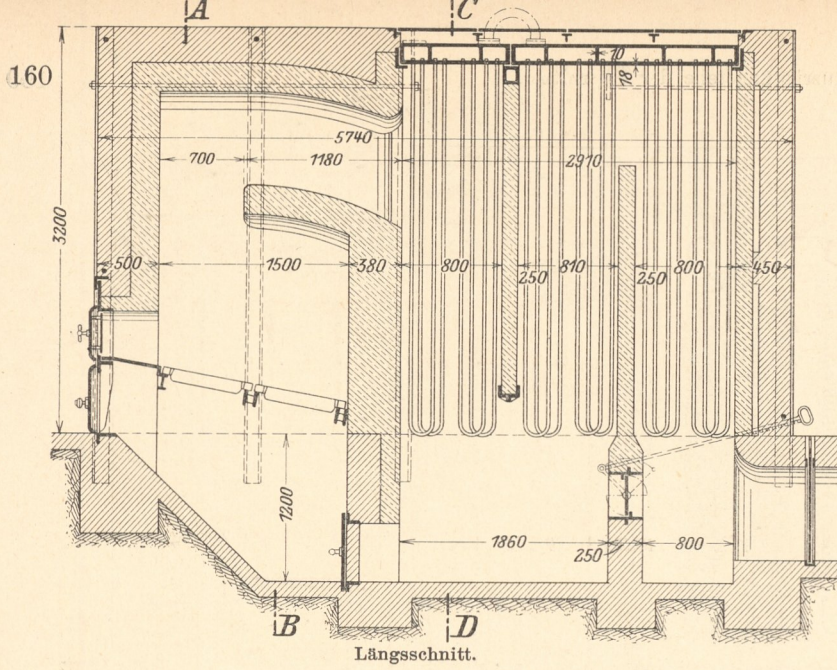


Fig. 180. Direkt gefeuerter Überhitzer.
Ausführung: L. & C. Steinmüller,
Gummersbach.

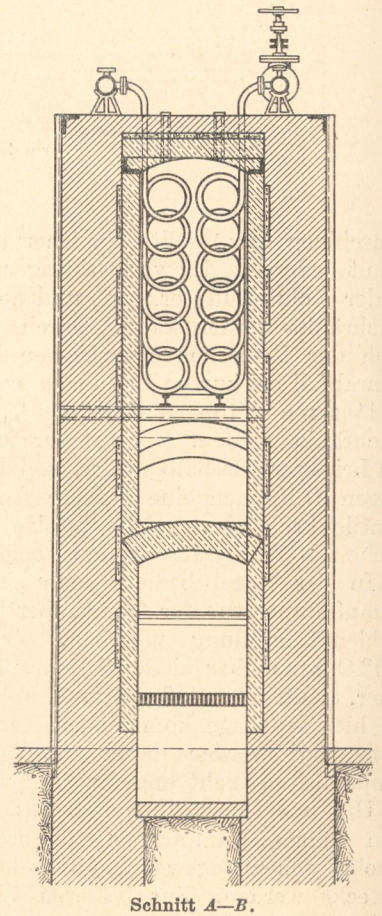
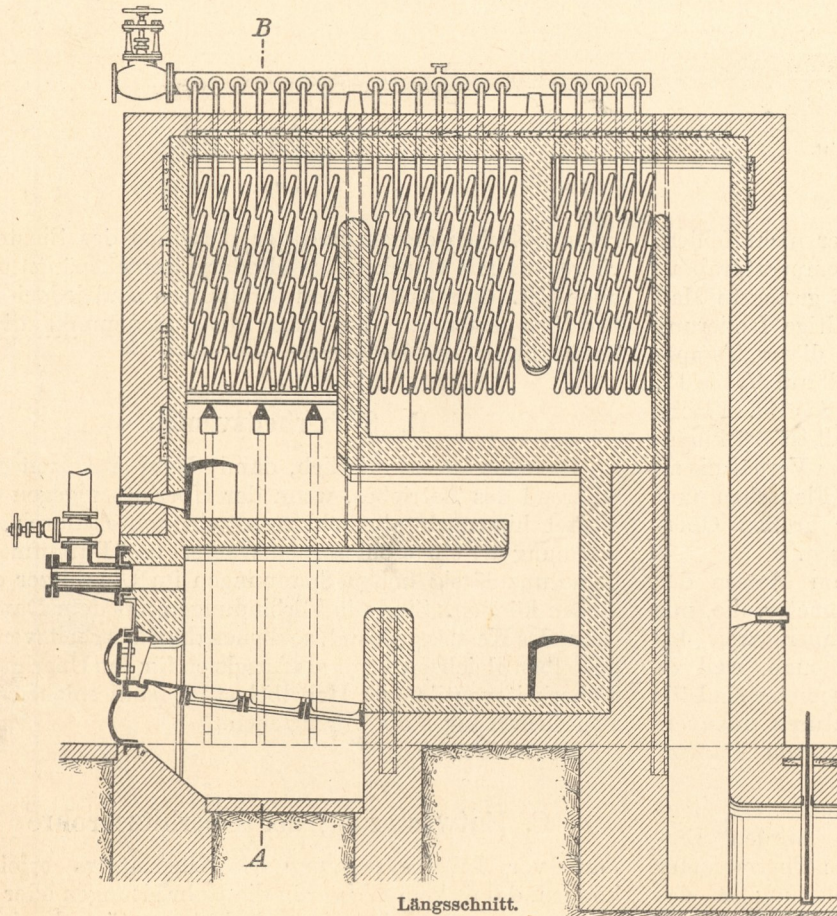


Fig. 181. Direkt gefeuerter Überhitzer. Ausführung: Johann Weber & Co., Darmstadt.

kann. Die Überhitzerrohre sind deshalb möglichst so anzuordnen, daß alles, während des Betriebsstillstandes sich etwa ansammelnde Niederschlagwasser nach einer Stelle hin abfließen kann. Wo dieses nicht zugänglich, bei hängenden Flach- oder Spiralschlangen, ist auf der Dampfaustrittsseite der Sammelkammer ein genügend großes Ventil anzubringen, welches gestattet, den Überhitzer vor Inbetriebnahme energisch auszublasen.

D. Reinigungsvorrichtung.

Eine innere Reinigung der Überhitzerrohre ist gewöhnlich nicht erforderlich, da sich in den beheizten Rohrschlangen Kesselstein nicht, oder, in seltenen Fällen, in denen der Dampf außergewöhnlich viel mitgerissenes Wasser führt, nur in unbedeutendem Maße absetzt. Dagegen kann es vorkommen, daß sich größere Mengen Schlamm ablagern, wenn der Überhitzer beim Anheizen des Kessels mit Wasser aus dem Kessel gefüllt wird. Bei der Entleerung bleibt Schlamm haften und brennt fest, sobald der Überhitzer höheren Temperaturen ausgesetzt wird.

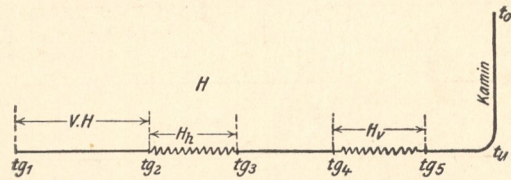
Die gründliche äußere Reinigung der Überhitzerheizfläche von Ruß und Flugasche ist von großem Wert, weil sonst die Wärmeübertragung sehr beeinträchtigt wird, denn Ruß und Flugasche sind so schlechte Wärmeleiter, daß grobe Verunreinigungen leicht am Zurückgehen der Überhitzungstemperatur erkannt werden können.

Ausblasevorrichtungen unter Benutzung eines Dampfstrahles ähnlich Fig. 669 sind am gebräuchlichsten. Bei ihrer Anwendung muß darauf geachtet werden, daß kein nasser Dampf oder gar Wasser an die Rußschicht gelangt, da Ruß bei Berührung mit Wasser eine feste Kruste bildet, die nur schwer wieder beseitigt werden kann. Steht keine Druckluft zum Reinigen der Überhitzer zur Verfügung, so kann man die Rohrschlangen zweckmäßig durch Abklopfen von anhaftendem Ruß und Flugasche befreien, indem man durch die Reinigungsöffnungen ein Stück Holz gegen die Überhitzerrohre setzt und auf dieses mit einem Holzhammer schlägt. Da der Ruß an der stets trockenen Überhitzerwandung nicht so fest anbackt wie an den Kessel- oder Vorwärmerwandungen, fällt er durch die Vibration, die die Schläge verursachen, ab. Überhitzer, bei denen die Rohrschlangen nicht in dieser Weise zugänglich sind, können natürlich nur durch Abblasen gereinigt werden.

12. Bezeichnungen für die Abschnitte VIII und IX.

- p = Dampfspannung in at Überdruck, bzw. in at abs.
 - v_s = spez. Volumen des gesättigten Wasserdampfes, Sattdampfes.
 - v_h = spez. Volumen des überhitzten Dampfes.
 - g = Volumengewinn durch Überhitzung.
 - γ_s = Gewicht von 1 cbm Sattdampf.
 - γ_h = Gewicht von 1 cbm überhitzten Dampfes.
 - t_s = Temperatur des Sattdampfes.
 - t_h = Temperatur des überhitzten Dampfes.
 - t_x = Temperaturabfall des überhitzten Dampfes bis zur Verwendungsstelle.
 - t_{w_1} = Temperatur des Speisewassers (nicht vorgewärmt).
 - t_{w_2} = Temperatur des vorgewärmten Speisewassers.
- Spalckhaver-Schneiders, Dampfkessel.

- tg_1 = Anfangstemperatur der Heizgase, Verbrennungstemperatur.
- tg_2 = Temperatur der Heizgase beim Eintritt in den Überhitzer siehe Fig. 182.
- tg_3 = Temperatur der Heizgase hinter dem Überhitzer siehe Fig. 182.
- tg_4 = Temperatur der Heizgase am Ende der Kesselheizfläche und vor dem Vorwärmer.
- tg_5 = Temperatur der Heizgase hinter dem Vorwärmer.



- Δt = mittlerer Temperaturunterschied zwischen Heizgasen und Wasserdampf bzw. Speisewasser.
- D = Dampfmenge in kg/Std.
- B = Brennstoffmenge in kg/Std.
- x = Verdampfungsziffer = $\frac{D}{B}$.
- y = Wärmeersparnis bezogen auf Sattdampfwärme.
- z = Wärmeersparnis bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes.
- w = Wassergehalt des Dampfes in v. H.
- Q = beliebige Wärmemenge.
- i_s = Gesamtwärme des Sattdampfes bezogen auf 1 kg.
- i_h = Gesamtwärme des überhitzten Dampfes.
- i' = $i_h - i_s$ = Überhitzungswärme.
- H = Kesselheizfläche in qm.
- VH = Vorheizfläche in qm.
- H_h = Überhitzerheizfläche in qm.
- H_v = Vorwärmerheizfläche in qm.
- k = Wärmedurchgangszahl in WE für 1 Std., 1 qm Heizfläche und 1° mittleren Temperaturunterschied.
- k' = CO₂-Gehalt der Rauchgase.
- n = Luftüberschußverhältnis.
- R = Rostfläche des Kessels in qm.
- R_h = Rostfläche des direkt gefeuerten Überhitzers in qm.
- 0,32 = spez. Wärme der Heizgase für 1 cbm (Durchschnittswert).
- 0,264 = spez. Wärme der Heizgase für 1 kg (Durchschnittswert).
- G_v = Heizgasmenge für 1 kg Kohle in cbm.

13. Der überhitzte Wasserdampf.

Wasser, gesättigter und überhitzter Wasserdampf können in demselben Raume nebeneinander vorhanden sein, weshalb auch beobachtet wird, daß aus Leitungen, die überhitzten Dampf führen, Kondenswasser abgeleitet werden kann. Für die Erzeugung überhitzten Dampfes ist es erforderlich, daß zunächst gesättigter Wasserdampf vorhanden ist, dem in einem besonderen, in der Regel aus Rohren gebildeten Apparat — dem Überhitzer — durch Bespülen der Heizgase weiter Wärme zugeführt und der dadurch überhitzt wird.

A. Spezifische Wärme c_p des überhitzten Wasserdampfes.

Bei gesättigtem Wasserdampf kann man von spez. Wärme nicht sprechen, da dessen Temperatur bei

gleichem Druck konstant ist. Die spez. Wärme des überhitzten Dampfes dagegen ist abhängig vom Druck und der Temperatur. Die Schwankungen sind in der Nähe des Sättigungszustandes recht beträchtlich; die Werte von c_p wachsen allgemein mit der Spannung und fallen anfangs mit der Temperatur, um bei weiterer Temperaturzunahme annähernd proportional zu derselben anzusteigen, wie aus Fig. 183 ersichtlich.

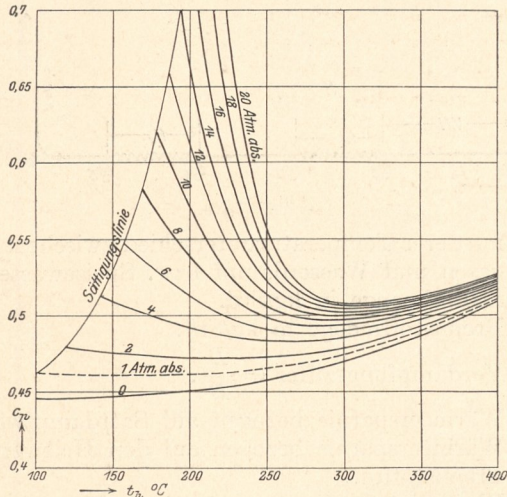


Fig. 183.

Diese Abbildung ist den Veröffentlichungen von Knoblauch und Jakob¹⁾ entnommen, welche durch eingehende Versuche die Werte c_p für den Bereich von 0 bis 20 at und vom Sättigungszustand bis 400° C festgestellt haben.

Wegen der Veränderlichkeit des Wertes von c_p muß man, um die zur Erwärmung einer Dampfmenge von t_1 ° auf t_2 ° nötige Wärmemenge zu berechnen, den Mittelwert von c_p für den Temperaturbereich von t_1 bis t_2 kennen. Solche Mittelwerte sind nach der erwähnten Quelle in folgender Zahlentafel enthalten.

Zahlentafel Nr. 48.

Mittlere spezifische Wärme für die Überhitzung von t_s ° auf t_h °.

$p = \begin{cases} \text{at abs.} \\ \text{at Überdr.} \end{cases}$	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$t_s = \dots\dots\dots$	99	120	143	158	169	179	187	194	200	206	211
$t_h = 100^\circ$	0,463	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
150	0,462	0,478	0,515	—	—	—	—	—	—	—	—
200	0,462	0,475	0,502	0,530	0,560	0,597	0,635	0,677	[0,751]	—	—
250	0,463	0,474	0,495	0,514	0,532	0,552	0,570	0,588	0,609	0,635	0,664
300	0,464	0,475	0,492	0,505	0,517	0,530	0,541	0,550	0,561	0,572	0,585
350	0,468	0,477	0,492	0,503	0,512	0,522	0,529	0,536	0,543	0,550	0,557
400	0,473	0,481	0,494	0,504	0,512	0,520	0,526	0,531	0,537	0,542	0,547

Für Überschlagsrechnungen kann man $c_p = 0,54$ verwenden, während der früher viel gebrauchte Wert $c_p = 0,48$ nur für überhitzten Dampf von atmosphärischer Spannung gelten kann.

B. Erzeugungswärme i' der Überhitzung.

Diese ist, wenn man von trocken gesättigtem Wasserdampf ausgeht,

$$i' = c_p(t_h - t_s). \tag{31}$$

Enthält aber der Dampf übergerissenes Wasser oder ist auf dem Wege vom Kessel zum Überhitzer infolge

Wärmeabgabe der Rohrwandung eine bestimmte Menge Kondensat entstanden, so muß damit gerechnet werden, daß dieses Wasser im Überhitzer erst wieder verdampft und dann auch die daraus entstandene Dampfmenge mit überhitzt werden muß.

In nachfolgendem soll angenommen werden, daß das etwa im Dampf enthaltene Wasser auf seinem Wege zum Überhitzer nicht wesentlich unter die Temperatur der dem Drucke entsprechenden Flüssigkeitswärme abgekühlt wird, daß also für die Verdampfung im Überhitzer nur noch die dem Arbeitsdrucke entsprechende Verdampfungswärme in Frage kommt. Nach Zahlentafel Nr. 3 sind hierfür — nach oben abgerundet — etwa 500 WE erforderlich, die demnach aufzuwenden wären, um 1 kg des im Naßdampf enthaltenen Wassers im Überhitzer nachverdampfen zu können.

Da in der Regel der Wassergehalt w des Dampfes in v. H. der Sattdampfmenge ausgedrückt wird, so ist die für die Verdampfung von w aufzuwendende Wärmemenge bei D kg Dampfgewicht:

$$Q = \frac{D \cdot w}{100} \cdot 500 \tag{32}$$

und die vom Überhitzer überhaupt aufzunehmende Wärme:

$$Q = D \left(\frac{w}{100} \cdot 500 + c_p(t_h - t_s) \right) = D[5 \cdot w + c_p(t_h - t_s)]. \tag{33}$$

Beispiel 14. Es soll 1 kg trockner, gesättigter Dampf von 12 at Überdruck auf 350° C überhitzt werden; wieviel Erzeugungswärme für den überhitzten Dampf ist hierfür erforderlich?

$$i' = c_p(t_h - t_s) = 0,533(350 - 190,6) = 85,2 \text{ WE.}$$

Beträgt aber der Wassergehalt des Dampfes 2 v. H., so sind

$$Q = D[5w + c_p(t_h - t_s)] = 1[5 \cdot 2 + 0,533(350 - 190,6)] = 95,2 \text{ WE aufzuwenden.}$$

Da die Verdampfung des überhitzten Wassers eine immerhin erhebliche Wärmemenge erfordert, wodurch die eigentliche Leistung des Überhitzers beeinträchtigt wird, so ist es ratsam, dafür Sorge zu tragen, daß der Wassergehalt der zu überhitzenden Dampfmenge so niedrig wie möglich gehalten wird. Andererseits kann es sehr oft erwünscht sein, wenn beispielsweise der Überhitzer hohen Gastemperaturen ausgesetzt ist, daß ein geringerer Wassergehalt im Sattdampf enthalten ist, der dann, dem vorderen Teil der Heizfläche zugeführt, zur Schonung der Überhitzerwandungen beiträgt. In letzterem Falle muß natürlich die Heizfläche des Überhitzers entsprechend groß gewählt werden.

C. Die Gesamtwärme i_h des Heißdampfes

setzt sich zusammen aus der

$$\text{Erzeugungswärme } i_s \text{ des Sattdampfes} \\ + \text{Erzeugungswärme } i' \text{ der Überhitzung,}$$

demnach ist

$$i_h = i_s + i' \tag{34}$$

oder

$$i_h = i_s + c_p(t_h - t_s). \tag{35}$$

In nebenstehender Zahlentafel Nr. 49 ist die Gesamtwärme für 1 kg überhitzten Dampfes für verschiedene Drücke und Temperaturen zusammengestellt, mit Benutzung des Wertes c_p nach Zahlentafel Nr. 48.

¹⁾ Z. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 128.

Zahlentafel Nr. 49.

at		Sattdampf		Gesamte Erzeugungswärme i_h von 1 kg überhitzten Dampfes und einer Heißdampftemperatur von				
abs.	Überdruck	Temperatur °C	Erzeugungswärme WE	200°	250°	300°	350°	400°
8	7	169,5	663,5	680,6	706,3	731	756	781,5
9	8	174,4	664,9	679,7	705,9	730,5	755,6	781,1
10	9	178,9	666,1	678,7	705,3	730,4	755,5	781,1
11	10	183,1	667,1	677,5	704,6	729,8	755,1	780,1
12	11	186,9	668,1	676,4	704,1	729,4	754,5	780,1
13	12	190,6	668,9	675	703,3	728,5	753,9	779,6
14	13	194,0	669,7	673,8	702,7	728	753,3	778,7
15	14	197,2	670,5	672,4	702,1	727,5	753	780,5
16	15	200,3	671,2		699,6	725,5	751,2	776,6

D. Das Volumen des überhitzten Dampfes.

Für die Berechnung des spez. Volumens ist die genaueste Gleichung auf Grund von Versuchen von R. Linde und Klebe¹⁾ von ersterem aufgestellt, wie folgt:

$$v = \frac{47,1 T}{p} - (1 + 0,00002 \cdot p) \left[0,031 \left(\frac{373}{T} \right)^3 - 0,0052 \right], \quad (36)$$

worin p in kg/qm abs. gemessen und

$$T = 273 + t^\circ$$

ist. Auf Grund dieser Gleichung sind die Werte der folgenden Zahlentafel Nr. 50 berechnet worden. Für höhere Temperaturen von etwa 400° C an nähert sich das letzte Glied der Gleichung dem Werte Null, so daß die Gleichung dann die Form der einfachen Zustandsgleichung für permanente Gase

$$v = \frac{47,1 \cdot T}{p} \quad (37)$$

annimmt.

Gleichung (36) und nachstehende Zahlentafel Nr. 50 gelten in der Voraussetzung, daß während der Überhitzung der Druck konstant bleibt, sich also nur die Volumen ändern, was im Kesselbetriebe ja auch stets der Fall ist.

Zahlentafel Nr. 50

über spezifische Volumen cbm/kg.

at		Rauminhalt v_h von 1 kg Dampf in cbm bei einer Heißdampftemperatur von					
abs.	Überdruck	Sattdampf v_s cbm/kg	200°	250°	300°	350°	400°
8	7	0,2458	0,266	0,301	0,333	0,365	0,396
9	8	0,2200	0,235	0,267	0,296	0,324	0,352
10	9	0,1993	0,211	0,239	0,266	0,291	0,316
11	10	0,1822	0,19	0,217	0,241	0,265	0,288
12	11	0,1678	0,174	0,198	0,221	0,242	0,264
13	12	0,1556	0,158	0,182	0,203	0,223	0,244
14	13	0,1451	0,146	0,168	0,189	0,207	0,226
15	14	0,1360	0,136	0,156	0,176	0,194	0,212
16	15	0,1279	—	0,146	0,164	0,181	0,198

E. Volumengewinn durch die Überhitzung.

Ist in dem Heißdampfvolumen v_h die Wärmemenge i_h enthalten, so entspricht einer WE das Heißdampfvolumen $\frac{v_h}{i_h}$, ebenso wie beim gesättigten Dampf eine WE dem Volumen $\frac{v_s}{i_s}$ gegenübersteht.

¹⁾ Z. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1705 u. f.

Der Volumengewinn durch die Überhitzung ist demnach $\frac{v_h}{i_h} - \frac{v_s}{i_s}$ oder in v. H. des Naßdampfvolumens ausgedrückt:

$$g = \frac{\left(\frac{v_h}{i_h} - \frac{v_s}{i_s} \right)}{\frac{v_s}{i_s}} \cdot 100 = \frac{v_h \cdot i_s - v_s \cdot i_h}{v_s \cdot i_h} \cdot 100 \quad (38)$$

Ist somit auch nachgewiesen, daß mit derselben Anzahl von Wärmeeinheiten ein größeres Volumen Heißdampf als Sattdampf erzeugt werden kann, so folgt daraus noch nicht ohne weiteres, daß als Folge dieser Volumenvergrößerung auch eine entsprechende Wärmeersparnis auf die mit dem erhitzten Dampf ausgeübte Kraftleistung erzielt werden muß. Diese Wärmeersparnis ist vielmehr bei Dampfkraftanlagen noch von dem Verlauf der Expansionskurve abhängig, woraus sich ergibt, daß z. B. bei der Einzylinderauspuflmaschine die Wärmeersparnis am größten ist, während sie bei Verbundmaschinen geringer und schließlich für 3fach-Expansionsmaschinen am niedrigsten ist. Jedenfalls hat durch Versuche noch nicht bestätigt werden können, daß ein bestimmtes Verhältnis zwischen Volumengewinn und Wärmeersparnis besteht¹⁾. Die tatsächlich vorhandene bessere Wärmeausnutzung des überhitzten Dampfes in Dampfkraftmaschinen ist hauptsächlich auf Vermeidung der Kondensationsverluste des Dampfes während der ersten Expansionsstufe zurückzuführen, während andererseits — wenigstens bei Kesselzugüberhitzern — auch die bessere Ausnutzung des Brennstoffes in der Kesselanlage durch Angliederung der wärmeaufnehmenden Überhitzerheizfläche an die wasserbespülte Kesselheizfläche eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt.

Beispiel 15. Im Verfolg des Beispiels auf S. 162 beträgt nach Gl. (35) die Gesamtwärme des auf 350° C überhitzten Dampfes von 12 at Überdruck

$$i_h = i_s + c_p(t_h - t_s) = 668,9 + 0,533(350 - 190,6) = 753,9 \text{ WE}$$

und das Volumen dieses überhitzten Dampfes nach Zahlentafel Nr. 50

$$v_h = 0,223$$

Der Volumengewinn ist daher laut Gl. (38):

$$g = \frac{v_h \cdot i_s - v_s \cdot i_h}{v_s \cdot i_h} \cdot 100 = \frac{0,223 \cdot 668,9 - 0,1556 \cdot 753,9}{0,1556 \cdot 753,9} \cdot 100 = 29,6 \text{ v. H. des Naßdampfvolumens.}$$

Die Fortleitung des überhitzten Dampfes gestattet gegenüber Sattdampf Rohre von geringerem Durchmesser und infolgedessen geringeren Abkühlungsflächen, da überhitzter Dampf vermöge seines geringeren Gewichtes mit größerer Geschwindigkeit durch die Leitung geführt werden kann, als Sattdampf.

14. Berechnung der Überhitzerheizfläche.

A. Die Temperatur der Heizgase vor dem Überhitzer

schwankt je nach

Art und Menge des verfeuerten Brennstoffes, der Güte der Verbrennung, d. h. der in Frage kommenden Temperatur und Menge der Heizgase und bei Kesselzugüberhitzern entsprechend dem Verhältnis der Rostfläche zur Vorheizfläche, d. h. derjenigen Heizfläche, welche die Gase bestreichen müssen, bevor sie die Überhitzerwandungen berühren.

¹⁾ Berner, Z. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 1117.

Würde bei direkt gefeuerten Überhitzern der Rost ähnlich wie bei den Kesseln unmittelbar an die Überhitzerheizfläche gelegt, so würde die Temperatur t_g der Gase ungefähr gleich der Verbrennungstemperatur über dem Roste sein. Da diese Temperatur aber für die nur durch Dampf gekühlten Überhitzerrohre zu hoch ist, arbeitet man mit größerem Luftüberschuß, um die Verbrennungstemperatur niedriger zu halten und wählt außerdem sogenannte Vorkammern, welche die Gase durchziehen müssen, bevor sie an die Überhitzerheizfläche gelangen. Nimmt man die Verbrennungstemperatur zu etwa 1500°C an, so daß die Gase, nachdem sie die Vorkammer passiert haben, noch mit $\sim 1050 \div 950^\circ\text{C}$ an den Überhitzer gelangen, so kann damit bei einem bestimmten Brennstoff nach Gl. (19) G_v und der CO_2 -Gehalt der Heizgase bzw. nach Gl. (18) (Zahlentafel Nr. 4) auch der Luftüberschuß, mit dem die Feuerung arbeiten soll, berechnet werden.

B. Die Temperatur der Heizgase hinter dem Überhitzer

ist abhängig von

der Höhe der Überhitzung und dem Wassergehalt des Dampfes, d. h. von der, von den Gasen an die Überhitzerheizfläche abzugebenden Wärmemenge und

der Größe der für die Überhitzereinmauerung in Betracht kommenden Mauerwerks- bzw. Ausstrahlungsoberfläche.

Die zur Erzielung der Überhitzungstemperatur aufzuwendende Wärmemenge, die also den Heizgasen bei ihrer Berührung mit der Überhitzerheizfläche entzogen werden muß, beträgt nach Gl. (31) $i' = c_p(t_h - t_s)$. Aus 1 kg Brennstoff werden nach Gl. (19) G_v cbm Heizgas von 0° entwickelt, so daß bei einer x fachen Verdampfung auf 1 kg überhitzten Wasserdampfes $\frac{G_v}{x}$ cbm Rauchgas entfallen. (G_v kann auch zweckmäßig aus dem Diagramm Fig. 7 abgemessen werden.)

Bei einer spez. Wärme von 0,32 bezogen auf 1 cbm des Heizgases können demnach der auf 1 kg Wasserdampf entfallenden Rauchgasmenge annähernd $\frac{G_v \cdot 0,32}{x}$ WE für je 1° Temperaturverlust entzogen werden, so daß der Temperaturverlust der Gase zur Erzielung der Überhitzungswärme aus gesättigtem Wasserdampf

$$t g_2 - t g_3 = \frac{i'}{G_v \cdot 0,32} = \frac{x \cdot c_p(t_h - t_s)}{0,32 \cdot G_v}$$

beträgt. Enthält aber der gesättigte Wasserdampf w v. H. Wasser, so ist die vom Überhitzer aufzunehmende Wärmemenge für 1 kg Wasserdampf bzw. der Temperaturverlust der Heizgase an der Überhitzerheizfläche unter Berücksichtigung von Gl. (33)

$$t g_2 - t g_3 = \frac{x[5w + c_p(t_h - t_s)]}{0,32 \cdot G_v}$$

Einschließlich 10 v. H. Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung der für die Ummantelung des Überhitzers erforderlichen Mauerwerksflächen und für die Abkühlung durch Einsaugen von kalter Außenluft wird dann der gesamte Temperaturverlust der Gase im Überhitzer

$$t g_2 - t g_3 = \frac{x[5w + c_p(t_h - t_s)]}{0,90 \cdot 0,32 \cdot G_v} \quad (39)$$

Hiernach kann die Temperatur der Heizgase hinter dem Überhitzer ohne weiteres bestimmt werden, wenn diejenige am Ende der Vorheizfläche, d. h. vor dem Überhitzer, bekannt ist.

Unter Umständen kann der Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung aber erheblich niedriger ausfallen, als oben angenommen, wenn z. B. bei Flammrohrkesseln der Einbau unmittelbar hinter den Flammrohren ähnlich Fig. 169 oder bei Wasserrohrkesseln zwischen Oberkessel und Röhrenbündel erfolgt, wobei nur eine geringe Ausstrahlungsfläche des Mauerwerkes auf den Überhitzer entfällt.

Beispiel 16. Die Verdampfungsziffer $x = \frac{D}{B}$ wird auch als das Verhältnis $\frac{\text{Heizwert} \times \text{Wirkungsgrad des Kessels}}{\text{Erzeugungswärme des Dampfes}}$ berechnet; demnach ergibt 1 kg N-Kohle von 7300 WE bei 90 bis 100°C Speisewassertemperatur und Heißdampf von 12 at und 350°C bei $\eta = 72$ v. H. Kesselwirkungsgrad eine Verdampfungsziffer

$$x = \frac{\eta \cdot h}{i_h - t w_2} = \frac{7300 \cdot 0,72}{754 - 100} = \sim 8.$$

Bei 13 v. H. CO_2 -Gehalt der Rauchgase, entsprechend einem 1,61 fachen Luftüberschuß, entstehen 12,13 cbm Heizgase bezogen auf 0°C .

Der Temperaturverlust der Gase im Überhitzer wird demnach

a) bei 2 v. H. Wassergehalt des Dampfes

$$t g_2 - t g_3 = \frac{x[5w + c_p(t_h - t_s)]}{0,90 \cdot 0,32 \cdot G_v} = \frac{8[5 \cdot 2 + 0,533(350 - 190,6)]}{0,90 \cdot 0,32 \cdot 12,13} = 218^\circ\text{C}.$$

b) Kommt trockener, gesättigter Wasserdampf ohne meßbaren Gehalt an Wasser in Frage, so wird unter den oben angenommenen Verhältnissen

$$t g_2 - t g_3 = \frac{x[c_p(t_h - t_s)]}{0,90 \cdot 0,32 \cdot G_v} = \frac{8 \cdot 0,533(350 - 190,6)}{0,90 \cdot 0,32 \cdot 12,13} = \sim 194^\circ\text{C}.$$

Es hat dieses natürlich zur Voraussetzung, daß alle Gase die Überhitzerwandungen berühren und nicht teilweise durch vorhandene Regelvorrichtungen direkt an der Kesselheizfläche entlang geleitet werden.

Bei Berechnung der Heizfläche von direkt gefeuerten Überhitzern wird $t g_3$ nicht geringer als 300°C angenommen, da andernfalls die Heizfläche zu groß und ein reines Gegenstromprinzip gewählt werden müßte, um eine größere Abkühlung der Gase zu erzielen.

C. Der mittlere Temperaturunterschied

zwischen Heizgasen und Dampf im Überhitzer wird nur mit einer für praktische Zwecke ausreichenden Genauigkeit als der Unterschied zwischen den mittleren Temperaturen der Rauchgase und des Dampfes berechnet aus

$$\Delta t = \frac{t g_2 + t g_3}{2} - \frac{t_h + t_s}{2} \quad (40)$$

Die genauere Gleichung ist im Forschungsheft Nr. 14 bis 16 von Berner angegeben, und es ist dort auch nachgewiesen (S. 117 und 118), daß der Unterschied zwischen den Ergebnissen derselben und der angenäherten Gleichung für die in Frage kommenden Verhältnisse nicht sehr erheblich ist.

D. Wärmedurchgang durch die Überhitzerheizfläche.

Derselbe wird günstig beeinflusst durch zweckentsprechende Formen der Überhitzerrohre, häufige Richtungsänderung der durchströmenden Dampfmenge,

hohe Rauchgastemperaturen, d. h. Erhöhung des mittleren Temperaturgefälles, reine Heizflächen und innige Berührung der Gase mit der Überhitzerwandung.

Um letzteres zu ermöglichen, werden die Überhitzerrohre gegeneinander versetzt angeordnet. Ferner muß die Rauchgasführung so gewählt werden, daß die ganze Heizfläche gleichmäßig von den Gasen bespült wird, daß also keine sogenannten toten Winkel entstehen, weil sonst der Wärmedurchgang an den einzelnen Stellen des Überhitzers verschieden ist und infolgedessen, auf die Gesamtheizfläche berechnet, ungünstig erscheinen würde.

Die Größe des Wärmedurchganges wird durch die

Wärmedurchgangszahl k

zum Ausdruck gebracht, die anzeigt, wieviel WE in 1 Std. durch 1 qm Heizfläche und für 1° mittleres Temperaturgefälle an die zu überhitzende Dampfmenge übertragen wird.

Die Wärmedurchgangszahl steigt mit zunehmender Kesselbeanspruchung. Auch Berner fand bei seinen Versuchen, daß von allen, den Wärmedurchgang beeinflussenden Umständen die Kesselbeanspruchung den größten Einfluß ausübt, und daß bei Kesseln, die mit natürlichem Schornsteinzuge arbeiten, eine annähernde Proportionalität zwischen Kesselbeanspruchung und Wärmedurchgangszahl besteht und die Dampfgeschwindigkeit im Überhitzer, im Gegensatz zu deren mehr oder weniger häufigem Richtungswechsel, nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Hirn und Schmidt fanden bei zahlreichen von ihnen angestellten Versuchen für k die Werte 10 bis 15.

Als mittlere Werte für k können bei gemischter Strömungsrichtung ähnlich Fig. 161 bis 165 wohl gelten

Kesselbeanspruchung auf 1 qm Heizfl. in 1 Std. kg	Wärmedurchgangszahl k
12—15	10—12
15—18	12—13
18—20	13—15
20—25	15—18
25—30	18—20
Direkt gefeuerter Überhitzer	20—25

Bei reinen Heizflächen und fortwährendem Richtungswechsel des Dampfstromes werden unter Umständen bedeutend höhere Werte für k erzielt. So wurde bei dem Zentrifugalüberhitzer (Fig. 173) bei einer Kesselbeanspruchung von etwa 20 kg pro qm Heizfläche und Stunde die Wärmedurchgangszahl k mit $\sim 40^1$, bezogen auf $c_p = 0,54$, ermittelt. Andererseits fand Berner²⁾ bei dem Schlangenrohrüberhitzer (Fig. 175) k gleich 21,0 bei ~ 20 kg Kesselbeanspruchung und $k = 28,7$ bei 28,0 kg Dampferzeugung pro qm Heizfläche und Stunde.

Es soll aber bei der Beschaffung eines Überhitzers nie mit den Höchstwerten gerechnet werden, da im Betriebe wohl eine Regelung der Überhitzungstemperatur nach unten, aber niemals nach oben hin möglich ist.

Die Dampfgeschwindigkeit beim Eintritt in den Überhitzer wird zweckmäßig mit 10 bis 12 m, am Austritt mit 18 bis 20 m in 1 Sek. angenommen, wobei der Spannungsabfall je nach der Anzahl der Rohrbiegungen etwa $\frac{1}{4}$ at betragen wird.

¹⁾ Versuch von Prof. Gutermuth in der Kesselanlage der Technischen Hochschule Darmstadt.

²⁾ Mitteilung über Forschungsarbeiten Heft 14 bis 16.

E. Größe der Überhitzerheizfläche.

Bei der Berechnung der Heizfläche wird, wie bei Kesseln, die von den Heizgasen bespülte Wandung zugrunde gelegt.

a) Bei indirekt beheizten (Kesselzug-) Überhitzern.

Es ist, wie vorher schon gesagt, stets besser, die Überhitzerheizfläche eher zu groß als zu klein zu wählen, da durch Regelvorrichtungen die Überhitzungstemperatur herabgemindert werden kann; man wird deshalb auch die Heizfläche stets für die niedrigste Kesselbeanspruchung und nicht für die Höchstleistung festlegen.

Es ist

$$H_h = \frac{D[5w + c_p(t_h - t_s)]}{k \cdot \Delta t} \quad (41)$$

Beispiel 17. Es soll die Größe der Überhitzerheizfläche zur Überhitzung von 1000 kg Satttdampf von 12 at Überdruck auf 350° C ermittelt werden. Angenommen seien die Wärmedurchgangszahl $k = 13$ und $t_{g_2} = 600^\circ$, dann ist bei Wasserdampf mit 2 v. H. Wassergehalt nach Beispiel 16 der mittlere Temperaturunterschied

$$\Delta t = \frac{600 + (600 - 218)}{2} - \frac{350 + 190,6}{2} = 221^\circ$$

und die Heizfläche a) bei 2 v. H. Wassergehalt

$$H_h = \frac{1000[5 \cdot 2 + 0,533(350 - 190,6)]}{13 \cdot 221} = 33 \text{ qm.}$$

b) Bei trockenem Satttdampf ist nach Beispiel 16 der Temperaturverlust der Gase an der Überhitzerheizfläche = 194° C, somit

$$\Delta t = \frac{600 + (600 - 194)}{2} - \frac{350 - 190,6}{2} = 233^\circ \text{ C}$$

und die Heizfläche

$$H_h = \frac{1000 \cdot 0,533 \cdot (350 - 190,6)}{13 \cdot 233} = 28 \text{ qm.}$$

In Fig. 184 sind nun die für je 1000 kg Dampf berechneten Überhitzerheizflächen aufgetragen, und zwar für Dampfdrücke von 8, 10, 12 und 14 at Überdruck, für 0 und 2 v. H. Wassergehalt des Satttdampfes und für Rauchgastemperaturen am Anfang der Überhitzerheizfläche von 400 bis 900° C.

Die Temperaturen der Rauchgase am Ende der Überhitzerheizfläche sind nach Gl. (39) berechnet, während zur Bestimmung der Überhitzungswärme $i_h - i_s$ Zahlentafel Nr. 49 benutzt wurde.

Da ferner mit einer 8fachen Verdampfung und $k' = 13$ v. H. CO₂, also mit kleinen Gasmengen gerechnet wurde, mögen die berechneten Heizflächen in Fig. 184 für manche Verhältnisse etwas hoch erscheinen, besonders, da ohne Rücksicht auf die jeweilige Kesselbeanspruchung k gleichbleibend mit 13 gewählt ist. Vorstehende Fig. 184 kann daher nur einen ungefähren Anhalt über die jeweils erforderliche Heizfläche geben, während die genaue Größe eines Überhitzers je nach den vorliegenden Verhältnissen von Fall zu Fall zu berechnen ist.

b) Bei direkt geheizten (Zentral-) Überhitzern

wird die Heizfläche H_h ebenfalls aus Gl. (41) bestimmt, wobei für die Ermittlung von Δt die Temperatur der Gase vor der Überhitzerheizfläche $t_{g_2} = \sim 950-1050^\circ \text{ C}$ und als Endtemperatur $t_{g_3} = \sim 300^\circ \text{ C}$ eingesetzt werden kann. Durch Annahme dieser beiden Temperaturen ist nun gleichzeitig diejenige Wärmemenge festgelegt, welche die Gase bei einem Temperaturgefälle von 950 bzw. 1050° auf 300° C und bekanntem CO₂-Gehalt abzugeben vermögen.

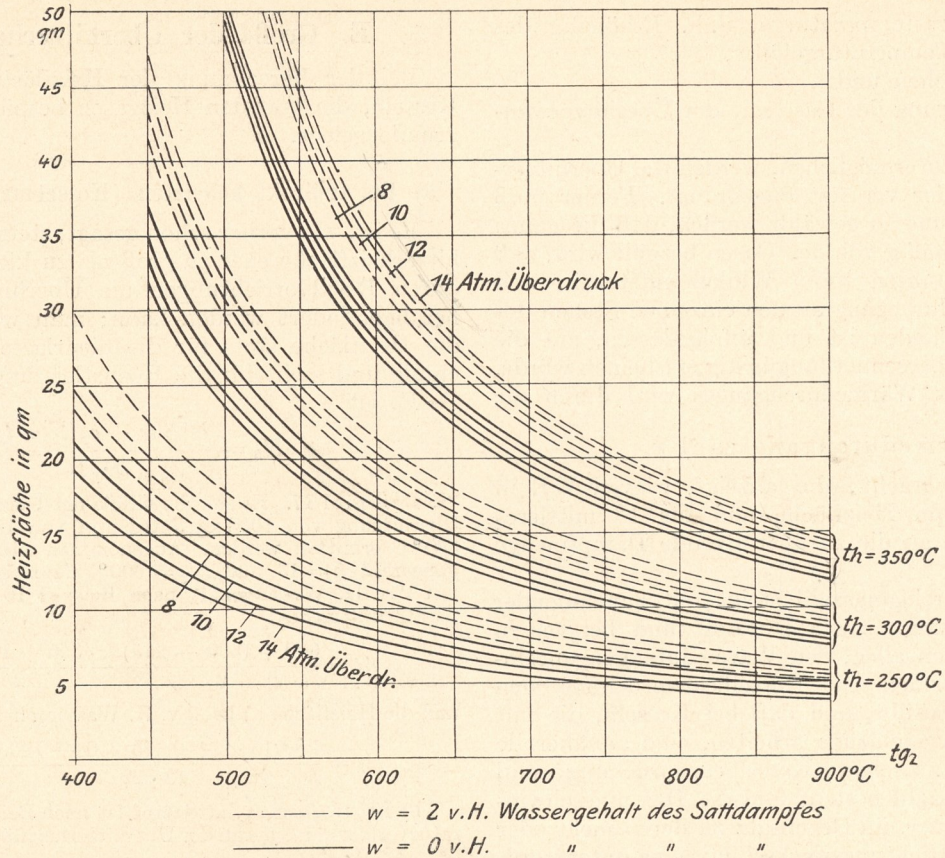


Fig. 184. Heizflächen¹⁾ für Kesselzugüberhitzer zur Überhitzung von 1000 kg Satttdampf.

Der Brennstoffverbrauch eines direkt gefeuerten Überhitzers beträgt demnach bei 10 v. H. Verlust durch Leitung und Strahlung usw.

$$B = \frac{D[5w + c_p(t_h - t_s)]}{0,90 \cdot G_v \cdot 0,32(t_{g_2} - t_{g_3})} \text{ kg} \quad (42)$$

und der Wirkungsgrad ist für den Zentralüberhitzer

$$\eta = \frac{D[5w + c_p(t_h - t_s)]}{B \cdot h} \quad (43)$$

Beispiel 18. Es soll die erforderliche Brennstoffmenge und der Wirkungsgrad für einen Zentralüberhitzer, der 5000 kg Satttdampf von 12 at Überdruck auf 350° C überhitzen soll, berechnet werden. Der Dampf enthält infolge Abkühlung in der Rohrleitung insgesamt 4 v. H. Wasser. Als Brennstoff wird die N-Kohle von 7300 WE verwendet. Die Verbrennung findet in einer Vorkammer statt, damit die Anfangstemperatur der Heizgase von etwa 1500° C durch Mischung mit nachgesaugter Außenluft auf 1050° C herabgesetzt wird, ehe dieselben die Heizschlangen berühren. Die Abgastemperatur sei 300° C.

1. Der Wärmeverbrauch für Verdampfung und Überhitzung ist $Q = D[5w + c_p(t_h - t_s)] = 5000[5 \cdot 4 + 0,533(350 - 190,6)] = 530000 \text{ WE}$.

2. Diese Wärmemenge, vermehrt um 10 v. H. für Ausstrahlung, ist gleich der den Heizgasen entzogenen Wärme, also $Q = 0,9 B \cdot G_v c_p (1050 - 300)$.

Darin ist die Luftmenge G_v zu bestimmen. In Beispiel 4 und 5 wurde ermittelt, daß einer Anfangstemperatur von 1500° ein CO₂-Gehalt der Rauchgase von 13 v. H. und eine Rauchgasmenge von 12,13 cbm entspricht. Um die Temperatur nun auf 1050° herunter zu bringen, müssen 5,2 cbm Luft nachgesaugt werden, so daß das Rauchgasvolumen $G_v = 17,3 \text{ cbm}$ ist. Dasselbe Ergebnis hätte ohne Nachsaugen von Luft natürlich durch Verbrennung der Kohle mit etwa 8,8 v. H. CO₂-Gehalt erreicht werden können, wie sich aus Gl. (21) berechnen läßt.

¹⁾ Die Reihenfolge der Kurven für 8, 10, 12, 14 at Überdruck gilt bei allen 6 Kurvenbündeln von oben nach unten, wie am untersten Bündel für $t_h = 250^\circ \text{ C}$ richtig gezeichnet ist.

Nun ist die gesamte Heizgasmenge

$$B \cdot G_v = \frac{Q}{0,9 \cdot c_p \cdot (1050 - 300)} = \frac{530000}{0,9 \cdot 0,32 \cdot 750} = 2460 \text{ cbm,}$$

die Brennstoffmenge

$$B = \frac{2460}{17,3} = 142 \text{ kg}$$

und der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{Q}{B \cdot h} = \frac{530000}{142 \cdot 7300} = 0,51 \text{ oder } 51 \text{ v. H.}$$

Dieser Wirkungsgrad erscheint ziemlich gering und es ist dazu folgendes zu bemerken:

1. der Wirkungsgrad eines Zentralüberhitzers wird wegen des geringeren Temperaturgefälles immer kleiner sein als der eines Kessels;

2. der wirtschaftliche Nutzen des Zentralüberhitzers ist nicht nur von seinem eigenen Wirkungsgrade abhängig, sondern vor allem von dem günstigen Einfluß auf die Dampfausnutzung.

3. Der berechnete Wert ist nur annähernd richtig wegen der Unsicherheit der Temperaturberechnung.

Größe der Rostfläche.

Bezeichnet $y = \frac{B}{R}$ die Leistung der Rostfläche in kg/qm, so ist

a) für Kessel mit eingebautem Überhitzer

$$R = \frac{D[(i_s - t_w) + w \cdot 5 + e_p(t_h - t_s)]}{\eta \cdot h \cdot y} \quad (44)$$

b) für direkt gefeuerte Überhitzer

$$R = \frac{D[w \cdot 5 + c_p(t_h - t_s)]}{\eta \cdot h \cdot y} \quad (45)$$