

Fachreihe

**VIESSMANN**

# Dampfkessel





**Pharmawerk L.I.F.E. der B. Braun  
Melsungen AG**

Zwei Hochdruck-Dampferzeuger  
Vitomax 200 HS liefern bis zu  
40 Tonnen Dampf pro Stunde zur  
Herstellung von Infusionslösungen.

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1 Ziel der Fachreihe	
1.2 Wasserdampf in der Geschichte	
<b>2 Allgemeine Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Wärmehalt von Dampf	
2.2 Anwendungsgebiete von Dampf	
2.3 Was ist Dampf?	
<b>3 Dampferzeugung</b>	<b>9</b>
3.1 Dampfkessel	
3.2 Rechtliche Grundlagen	
3.3 Bestandteile eines Kesselhauses	
<b>4 Komponenten einer Dampfkesselanlage</b>	<b>15</b>
4.1 Dampferzeuger	
4.2 Brenner	
4.3 Speisewasservorwärmer/Eco	
4.4 Abgassystem	
4.5 Wasseraufbereitung	
4.5.1 Chemische Wasseraufbereitung	
4.5.2 Osmoseanlagen	
4.5.3 Thermische Wasseraufbereitung	
4.6 Kondensatbehandlung	
4.7 Steuer- und Schaltanlage	
<b>5 Auslegung</b>	<b>34</b>
5.1 Druck und Leistung	
5.2 Eigenenergiebedarf einer Dampferzeugeranlage	
5.3 Kesselspeisewasserniveauregelung	
5.4 Erlaubnisverfahren für Dampfkesselanlagen in Deutschland	
5.5 Mehrkesselanlagen	
<b>6 Aufstellung</b>	<b>41</b>
6.1 Aufstellraum	
6.2 Schallemission	
6.3 Transport	
6.4 Einbringung	
<b>7 Betrieb</b>	<b>46</b>
7.1 Betriebsarten	
7.2 Normen und Vorschriften für den Betrieb	
7.3 Service	
<b>8 Sonderbauarten</b>	<b>50</b>
8.1 Abhitzeessel	
8.2 Dampfkessel mit Überhitzer	
<b>9 Referenzanlagen</b>	<b>51</b>
<b>10 Moderne Konstruktions- und Fertigungsmethoden sichern hohe Qualität</b>	<b>54</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Ziel der Fachreihe

Ziel der vorliegenden Fachreihe ist es, Grundzüge zur Nutzung von Wasserdampf und zu dessen Erzeugung in Dampfkesseln zu vermitteln. Da sich die Eigenschaften von Dampf erheblich von denen des sonst in der Heiztechnik üblichen Wärmeträgermediums Wasser unterscheiden, sind einige grundsätzliche Betrachtungen zum Medium „Dampf“ und zur Dampferzeugung vorangestellt, bevor die einzelnen Komponenten einer Dampfkesselanlage vorgestellt werden und Hinweise zu Auslegung, Aufstellung und Betrieb erfolgen.

Die Fachreihe beschäftigt sich ausschließlich mit der Erzeugung von Dampf und geht nicht auf „Heißwasserkessel“ ein. Die Inhalte beziehen sich auf „Landdampf“, also auf die stationäre Dampferzeugung (Bild 1), und klammern Besonderheiten der mobilen Erzeugung, z. B. auf Schiffen, bewusst aus. Sofern Normen und Gesetze angesprochen sind, liegen europäische Regelungen zugrunde. Beispielfhaft fließen auch Betrachtungen ein, die auf deutschen Vorschriften beruhen und nicht ohne weiteres auf andere Länder übertragen werden können.



Bild 1: Stationäre Dampfmaschine



Bild 2: Gysire und Vulkane sind natürliche Erzeuger von Wasserdampf

## 1.2 Wasserdampf in der Geschichte

Wasserdampf ist seit der Nutzbarmachung des Feuers bekannt; er entstand und entsteht unbeabsichtigt beim Löschen der Feuerstelle mit Wasser oder beim Kochen.

Erste Überlegungen zur technischen Nutzung von Wasserdampf werden Archimedes (287 bis 212 v. Chr.) zugeschrieben, der eine Dampfkanone konstruierte. Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) stellte zu diesem Thema erste Berechnungen an, nach der eine 8 Kilogramm schwere Kugel aus einer solchen Kanone verschossen etwa 1250 Meter weit fliegen würde.

Auf Denis Papin geht die praktische Ausführung des Schnellkochtopfes (um 1680) zurück. Dieser erste Druckbehälter wurde bereits mit einem Sicherheitsventil ausgerüstet, nachdem ein Prototyp bei den ersten Versuchen explodiert war.

Die Nutzung der Dampfmaschine ab etwa 1770 machte es notwendig, das Arbeitsmittel Wasserdampf theoretisch und praktisch näher zu untersuchen. Zu den Praktikern gehören James Watt und Carl Gustav Patrik de Laval, die beide durch die Vermarktung ihrer Maschinen zu wohlhabenden Männern wurden.

## 2 Allgemeine Grundlagen

### 2.1 Wärmeinhalt von Dampf

Der Vorteil von Dampf als Wärmeträgermedium liegt darin, dass er im Vergleich zu Wasser eine deutlich höhere Wärmekapazität besitzt (Bild 3).

Bei gleicher Masse und Temperatur ist die im Dampf enthaltene Wärmemenge mehr als 6-mal so groß wie bei Wasser. Dies liegt daran, dass für die Verdampfung von Wasser eine erhebliche Verdampfungsenergie aufgewendet werden muss, die dann im entstandenen Dampf enthalten ist und bei der Kondensation wieder frei wird.

Bekannt ist dieses Verhalten z. B. vom Wasserkochen (Bild 4): Um den Inhalt eines Topfes zu verdampfen, ist eine erhebliche Zeit für die Wärmeaufnahme über die Herdplatte erforderlich. Die in dieser Zeit zugeführte Energie dient einzig der Verdampfung, die Temperatur von Wasser bzw. Dampf bleibt gleich (100 °C bei Normaldruck) (Bild 5).

Daraus ergibt sich ein wesentlicher Vorteil von Dampf als Wärmeträger: Zur Übertragung der gleichen Wärmemenge muss im Vergleich mit Wasser nur ein Sechstel der Masse bewegt werden.



Bild 3: Wärmeinhalt von Wasser und Wasserdampf



Bild 4: Wasserkochen

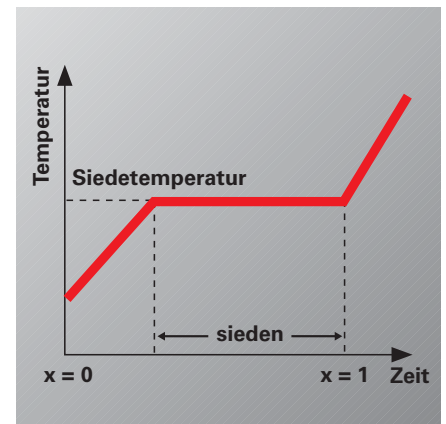


Bild 5: Siedeverhalten

## 2.2 Anwendungsgebiete von Dampf

Wasserdampf wird in vielen Bereichen der industriellen Produktion als Energieträger und als Träger chemischer Substanzen eingesetzt. Typische Einsatzfelder sind unter anderem die Papier- und Baustoffindustrie, Raffinerien, die pharmazeutische Industrie sowie die Verarbeitung von Lebensmitteln im industriellen Maßstab. Dampf treibt Turbinen zur Stromerzeugung an, vulkanisiert Gummiprodukte und sterilisiert Verpackungen.

### Typische Einsatzgebiete für stationär erzeugten Dampf:

- Dampfturbinen,
- Dampfheizungen (Träger der Wärmeenergie),
- chemische Prozesse: als Energieträger sowie als Träger der Reagenzien,
- Lebensmittelindustrie (Fruchtsaferstellung, Brauereien, Nudel- und Käseherstellung, Molkereien, Großbäckereien), auch zu Sterilisationszwecken
- Düngemittelindustrie,
- Vulkanisierung von Gummi-  
produkten,
- pharmazeutische Industrie zu Sterilisationszwecken sowie als Träger therapeutischer Stoffe,
- Baustoffindustrie,
- Papierindustrie,
- Raffinerien (Crackverfahren von Rohöl),
- Holzverarbeitung (Verformung von Holz),
- zum Erzeugen eines Vakuums durch Verdrängung der Luft und anschließende Kondensation.

Die Erzeugung von Wasserdampf für die industrielle Nutzung und seine „Handhabung“ unterscheiden sich in einigen Punkten erheblich von der üblichen Wärmeerzeugung in der Heiztechnik mit Wasser als Wärmeträgermedium. Insbesondere die Hochdruck-Dampferzeugung im größeren Leistungsbereich erfordert eine besondere Ausstattung der Anlagen.

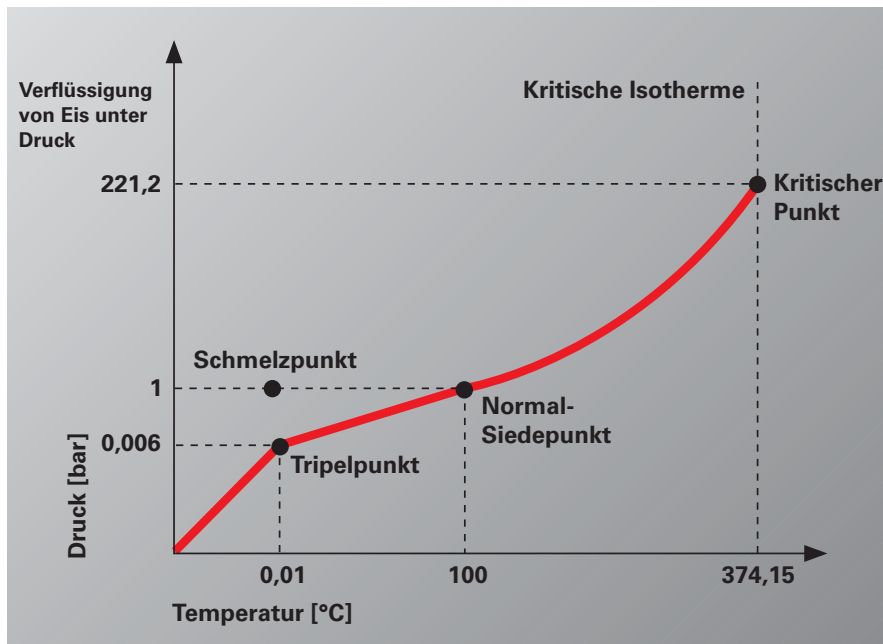


Bild 6: Stoffwerte

## 2.3 Was ist Dampf?

Im Zusammenhang mit dieser Fachreihe geht es nicht um Mischungen von Luft und Wasserdampf, sondern ausschließlich um trockenen Dampf, der in geschlossenen Systemen (Dampfkesseln) erzeugt wird.

Dampf entsteht aus der flüssigen bzw. festen Phase durch Verdampfung bzw. Sublimation.

Im physikalischen Sinne ist Wasserdampf gasförmiges Wasser.

Mit der Zeit stellt sich bei der Verdampfung von Wasser ein dynamisches Gleichgewicht ein, bei dem genauso viele Teilchen der flüssigen bzw. festen Phase in die gasförmige Phase übertreten wie umgekehrt aus dem Gas zurückwechseln. Der Dampf ist dann gesättigt. Wieviele Teilchen von der einen in die andere Phase wechseln, hängt stark von Druck und Temperatur des betrachteten Systems ab.

### Stoffwerte (Bild 6):

Dichte bei 100 °C und 1,01325 bar:  
0,598 kg/m<sup>3</sup>

Spez. Wärmekapazität:  
 $c_p = 2,08 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Wärmeleitfähigkeit:  
> 0,0248 W/(m·K)

Tripelpunkt: 0,01 °C  
entspricht 273,165 K bei 0,00612 bar

Kritischer Punkt: 374,15 °C bei  
221,2 bar

# Allgemeine Grundlagen

## Nassdampf, Heißdampf, Sattedampf

Wenn man Wasser in einer kälteren Umgebung unter Zufuhr von Wärme verdampft, kondensieren Teile des gasförmigen Wassers wieder zu feinsten Tröpfchen. Der Wasserdampf besteht dann aus einer Mischung von feinsten Tröpfchen und gasförmigem Wasser. Diese Mischung bezeichnet man als Nassdampf (Bild 7).

Im T-s-Diagramm (Bild 8) erstreckt sich der Bereich des Nassdampfes bis zum Kritischen Punkt bei 374 °C und 221,2 bar.

Oberhalb dieser Temperatur sind Wasserdampf und flüssiges Wasser in ihrer Dichte nicht mehr voneinander zu unterscheiden, weshalb man diesen Zustand „überkritisch“ nennt. Dieser Zustand ist für die Anwendung von Dampfkesseln nicht relevant. Überkritisches Wasser hat chemisch gesehen besonders aggressive Eigenschaften. Unterhalb des kritischen Punktes ist der Wasserdampf folglich „unterkritisch“, wobei er sich in einem Gleichgewicht mit dem flüssigen Wasser befindet. Wird er in diesem Bereich nach dem vollständigen Verdampfen der Flüssigkeit über die zugehörige Verdampfungstemperatur weiter erwärmt, so entsteht „überhitzter Dampf“ oder „Heißdampf“. Diese Form des Dampfes beinhaltet keinerlei Wassertropfchen mehr und ist in seinem physikalischen Verhalten ebenfalls ein Gas und nicht sichtbar.

Der Grenzbereich zwischen Nass- und Heißdampf heißt „Sattedampf“ oder in Abgrenzung zum Nassdampf gelegentlich auch „Trockendampf“. Auf diesen Zustand sind die meisten Tabellenwerte über Wasserdampf bezogen.

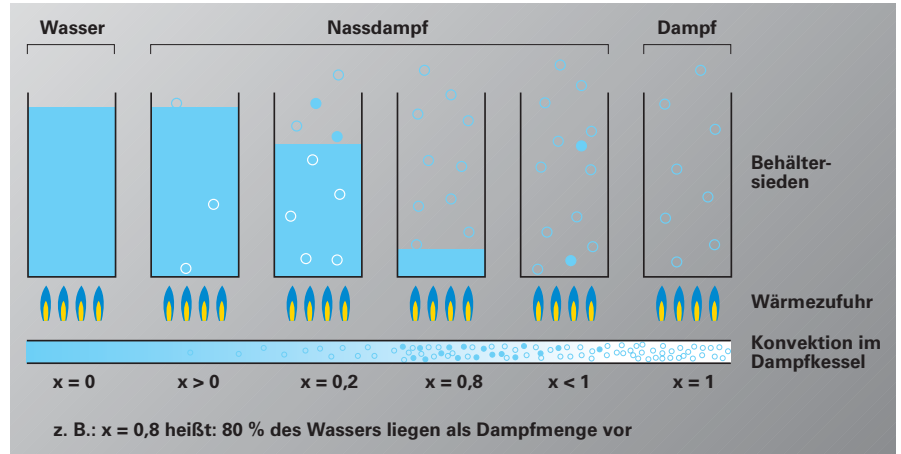


Bild 7: Nassdampf, Heißdampf, Sattedampf

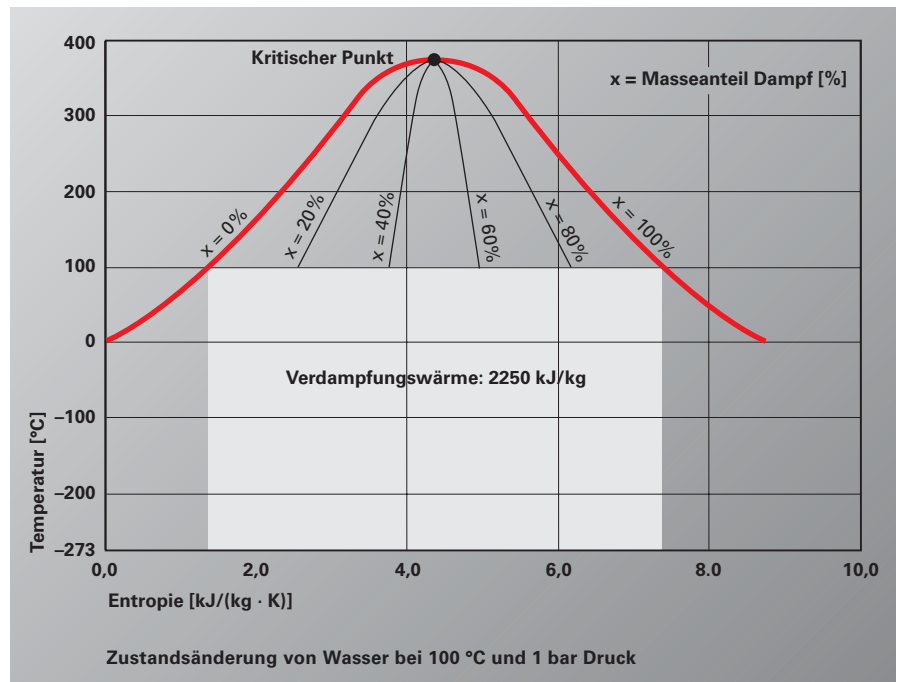


Bild 8: T-s-Diagramm für Wasser

## Kondensation und Siedeverzug

Kühlt man Dampf ab, wird irgendwann die Taupunkttemperatur erreicht, bei der der Dampf wieder gesättigt ist und bei weiterer Kühlung erneut zu einer Flüssigkeit kondensiert. Im Falle des direkten Überganges vom gasförmigen zum festen Zustand, also bei einer Resublimation, nennt man diesen Punkt Frostpunkt. Wird der Dampf unter den Taupunkt abgekühlt, ohne dass dabei Kondensation eintritt, kommt es zu einer Übersättigung. Grund hierfür ist das Fehlen von Kondensationskeimen, z. B. Staub- oder Eispartikel.

In „Gegenrichtung“ kann der Siedeverzug auftreten: Wasser ohne Staubpartikel oder Gasbläschen lässt sich auch über die Siedetemperatur hinaus erwärmen, ohne dass es zum Sieden kommt. Kleinste Störungen, wie zum Beispiel Erschütterungen, die eine Durchmischung nach sich ziehen, können zu einer explosionsartigen Trennung der flüssigen von der Dampfphase führen, was man als Siedeverzug bezeichnet.

## Gefahren durch Wasserdampf

Geringe Mengen Wasserdampf können große Mengen Wärme und damit Energie transportieren. Aus diesem Grund ist das zerstörerische Potenzial von dampfführenden Apparaturen wie Dampferzeuger und Rohrleitungen erheblich.

Ein üblicher Dampfkessel für industrielle Anwendungen ist ein geschlossenes Gefäß. Das heißt, der Dampf steht in der Regel unter einem Druck, der höher ist als der atmosphärische Druck. Während bei Umgebungsdruck aus einem Liter Wasser etwa 1700 Liter Dampf werden, reduziert sich das Volumen bei 7 bar Überdruck auf 240 Liter.

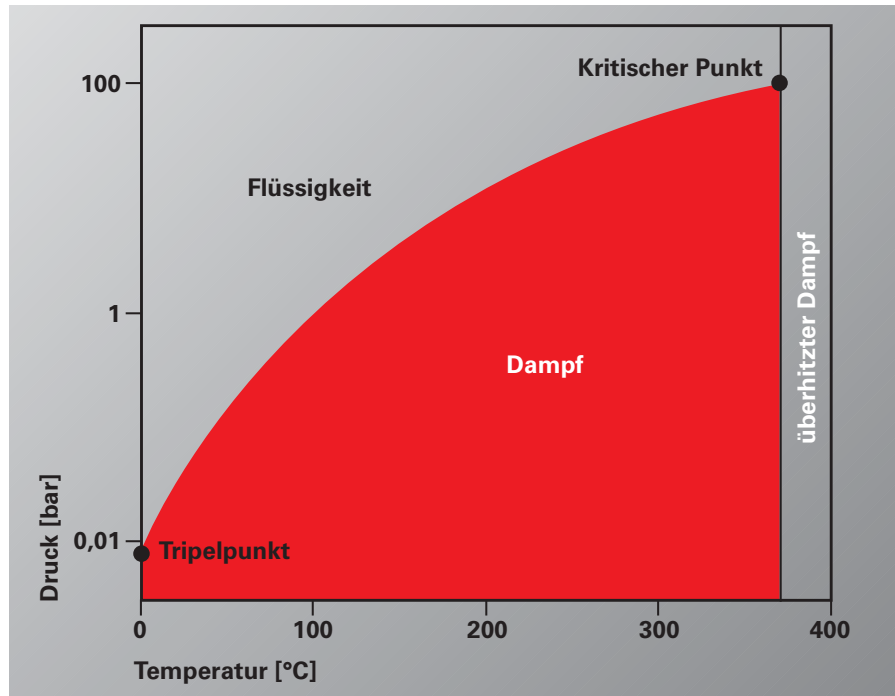


Bild 9: Siedepunktkurve von Wasserdampf

Leicht nachzuvollziehen ist, dass bei einer Öffnung des Behälters schlagartig eine Volumenausdehnung stattfindet, die entsprechende Gefahren mit sich bringt.

Der mit hoher Temperatur und hohem Druck aus einer defekten Rohrleitung frei austretende Wasserdampf (im Zustand des „Heißdampfes“) ist unsichtbar und kann einen Strahl von erheblicher Länge bilden. Ein großflächiger Kontakt mit diesem Strahl ist wegen der augenblicklich eintretenden Verbrühungen tödlich.



# 3 Dampferzeugung

## 3.1 Dampfkessel

Ein Dampfkessel ist ein geschlossenes Gefäß, das dem Zweck dient, Dampfdruck von höherem als atmosphärischem Druck zu erzeugen. Durch das „Einsperren“ des Dampfes steigt der Druck und damit die Siedetemperatur an. Damit wird auch der Energieinhalt des entstehenden Dampfes größer (Bild 10).

Die verschiedenen Kesseltypen kann man entweder nach der Bauform oder der Feuerungs- bzw. der Brennstoffart unterscheiden.

Dampferzeuger werden neben der Bauart durch ihre Dampfleistung und ihren zulässigen Betriebsüberdruck definiert. Zur Hochdruck-Dampferzeugung im größeren Leistungsbereich stehen im wesentlichen zwei Bauformen zur Verfügung: der Wasserrohrkessel und der Flammrohr-Rauchrohr-Kessel (auch als Großwasserraumkessel bezeichnet). Bei ersterem befindet sich das Wasser in den Rohren, die vom Heizgas umströmt werden. Diese Bauform kommt üblicherweise als Schnell-dampferzeuger bis ca. 30 bar oder aber als Wasserrohrkessel bis etwa 300 bar vor.

Solche Drücke können von Flammrohr-Rauchrohr-Kesseln prinzipbedingt nicht bereitgestellt werden. Bei ihnen strömt das Heizgas (Rauchgas) durch Rohre, die von Wasser umgeben sind (Bild 11). Je nach Größe haben diese Kessel einen zulässigen Betriebsdruck bis etwa 25 bar und liefern z. B. 25 Tonnen Dampf pro Stunde. Mit der Bauform des Flammrohr-Rauchrohr-Kessels kann die überwiegende Zahl der in industriellen Produktionsprozessen an die Dampferzeugung gestellten Anforderungen – insbesondere hinsichtlich Druck und Dampfmenge – sicher und wirtschaftlich erfüllt werden. Auch zur Erzeugung von Niederdruckdampf (bis 1 bar) kommt diese Bauform üblicherweise zum Einsatz.



Bild 10: Wärmeinhalt von Wasserdampf

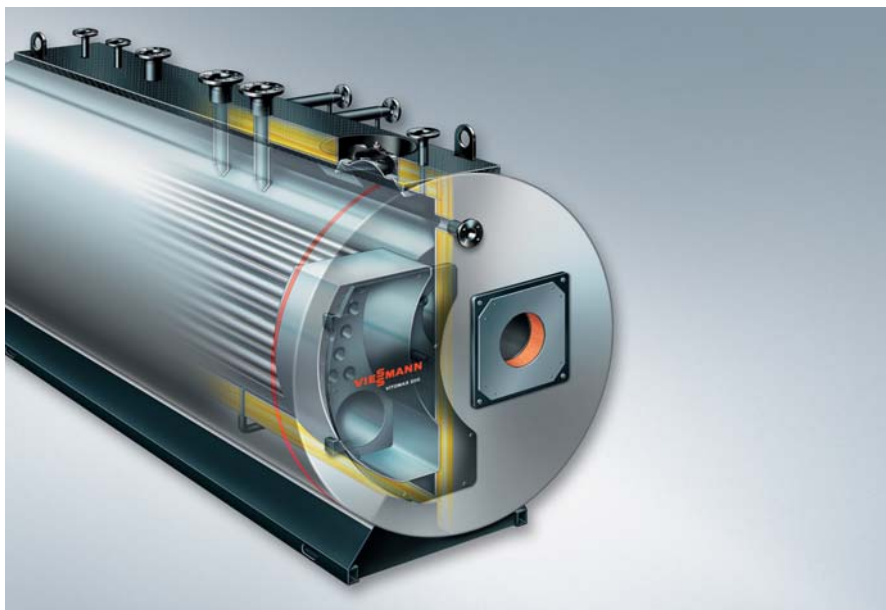


Bild 11: Vitomax 200 HS – Hochdruck-Dampferzeuger



Bild 12: Vitomax 200 HS – Hochdruck-Dampferzeuger Typ M237, Dampfleistung: 0,5 bis 3,8 t/h



Bild 13: Vitomax 200 HS – Hochdruck-Dampferzeuger Typ M235, Dampfleistung: 4,0 bis 25,0 t/h

# Dampferzeugung

## 3.2 Rechtliche Grundlagen

Bereits 1985 entstand die Forderung nach einheitlichen technischen Regelungen, um einen europaweiten Binnenmarkt ohne Handelshemmnisse zu erreichen. Bis zum Jahr 1997 allerdings galten in den Ländern der Europäischen Union noch separate Vorschriften für die Herstellung von Druckgeräten und damit auch für Dampferzeuger.

Für Druckgeräte trat am 29. Mai 1997 die „Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Druckgeräte“ (DGRL) mit einer Übergangsfrist von 5 Jahren für die Mitgliedsstaaten in Kraft.

Die DGRL gilt für alle Dampfkessel mit einem zulässigen Betriebsdruck von mehr als 0,5 bar oder einer Betriebstemperatur von mehr als 110 °C und einem Volumen von mehr als 2 Litern. Bei den Inhaltsangaben ist zu beachten, dass immer das Gesamtvolumen des Dampfkessels betrachtet werden muss.

Für Dampfkessel, deren Betriebsdruck unter 0,5 bar liegt und deren Betriebstemperatur 110 °C unterschreitet, wird die DGRL nicht angewendet. Für diese Anlagen gilt z. B. die Gasgeräte-Richtlinie.

In der DGRL werden alle Verfahren bis zum Inverkehrbringen des Druckgerätes geregelt. Neben dem Druckgerät selbst fallen auch alle Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktionen und druckhaltende Ausrüstungsteile in den Geltungsbereich dieser Richtlinie.

In der Anlage II der DGRL sind die befeuerten Druckgeräte (Dampfkessel) in Kategorien unterteilt (Bild 14).

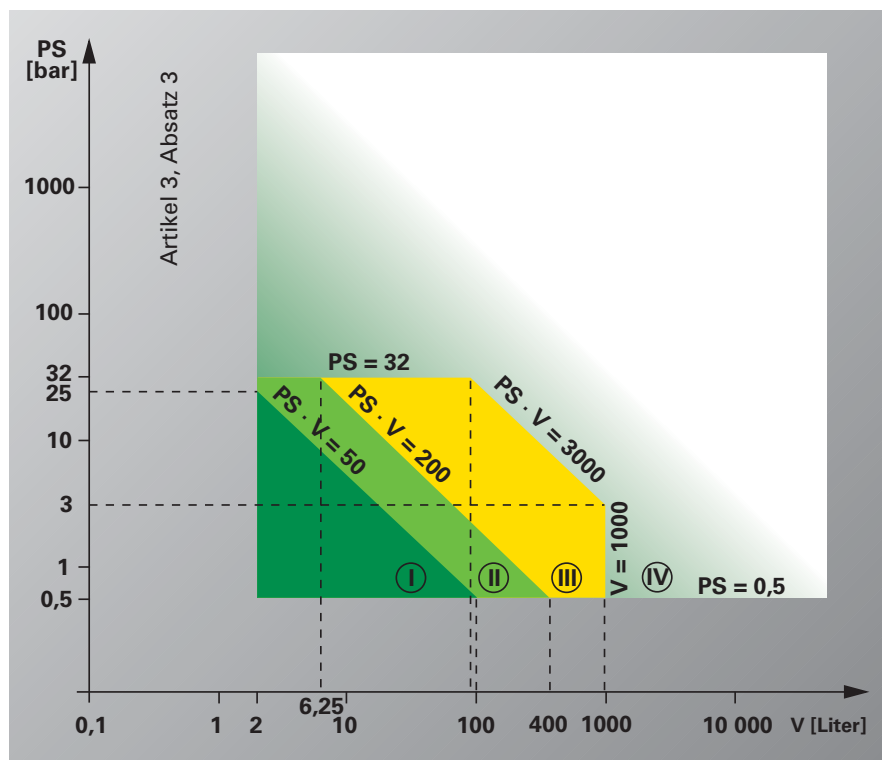


Bild 14: Nach EHI (Association of the European Heating Industry, Leitfaden zur Anwendung der Druckgeräte-Richtlinie 97/23/EG) modifiziertes Diagramm der DGRL

Die Hochdruck-Dampfkessel der Viessmann Serie Vitomax 200 HS sowie die Niederdruck-Dampfkessel Vitomax 200 LS fallen auf Grund der Formel:

Druck • Inhalt

in die Kategorie IV des Diagramms.

Nur die Kessel der Serie Vitoplex 100 LS (Dampferzeuger mit einem zulässigen Betriebsdruck von 1 bar) mit einem Inhalt von weniger als 1000 Litern fallen in die Kategorie III.

Aus den Kategorien III bzw. IV leiten sich die nach der DGRL möglichen Modulkategorien ab.

Mit den Modulkategorien wird geregelt, welche Prüfungen der Hersteller selbst durchführen kann und welche Prüfungen durch eine unabhängige Prüfstelle („Benannte Stelle“ nach DGRL) durchzuführen sind.

Viessmann Hochdruckdampferzeuger der Kategorie IV werden bevorzugt nach dem Modul G geprüft. Das heißt, dass eine durch den Hersteller beauftragte „benannte Stelle“ alle Prüfungen am Kessel durchführt. Die Prüfungen bestehen aus der Entwurfsprüfung (Prüfung der Druckteilberechnung und der Konstruktion entsprechend der Normvorgaben), der Kontrolle der Fertigungsverfahren, der Bauüberwachung, der Festigkeitsprüfung (Druckprüfung) und einer Schlussprüfung.

# Dampferzeugung

Die mit der Prüfung beauftragte Stelle fertigt nach erfolgreich abgeschlossener Schlussprüfung nach Modul G eine Konformitätsbescheinigung aus.

In der Konformitätserklärung (Bild 17) wird durch den Hersteller erklärt, dass der Dampferzeuger die geltenden Anforderungen der DGRL oder ggf. andere relevante Richtlinien erfüllt. Zum Zeichen der Erfüllung dieser Anforderungen bringt der Hersteller an dem Kessel die CE-Kennzeichnung an.

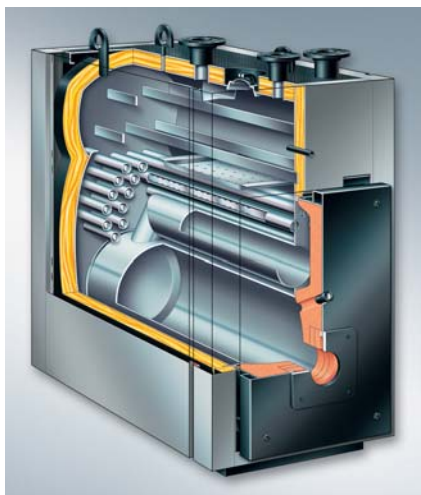
Für Serienkessel ist eine Fertigung nach Modul B (EG-Baumusterprüfung) möglich. Bei diesem Modul führt der Hersteller die Prüfungen an jedem Serienkessel selbst durch. Voraussetzung ist, dass der Hersteller ein zugelassenes Qualitätssicherungssystem für die Herstellung, die Schlussprüfung und alle anderen mit der Herstellung verbundenen Prüfungen besitzt und einer Überwachung durch eine benannte Stelle unterliegt.

Mit der Anbringung des CE-Kennzeichens, der Erstellung der Konformitätserklärung durch den Hersteller und dem Nachweis der Prüfungen entsprechend dem aus dem Bild 14 abzuleitenden Modul kann der Kessel ohne jegliche Handelshemmnisse im Bereich der EU-Mitgliedsstaaten in Verkehr gebracht werden. Die EU-Mitgliedsstaaten müssen davon ausgehen, dass der Kessel sämtliche Bestimmungen der geltenden Richtlinien, z. B. der DGRL, erfüllt (Konformitätsvermutung).

Für Staaten, die nicht zur EU gehören und auch nicht die DGRL anerkennen, müssen zwischen dem Hersteller und der in dem Land zuständigen Überwachungsbehörde gesonderte Vereinbarungen getroffen werden.



**Bild 15:** Anlage mit drei Vitoplex – ein Niederdruckdampferzeuger und zwei Warmwassererzeuger



**Bild 16:** Vitoplex 100 LS Niederdruck-Dampf-erzeuger, 260 bis 2200 kg/h



**Bild 17:** Konformitätserklärung für Kessel

# Dampferzeugung

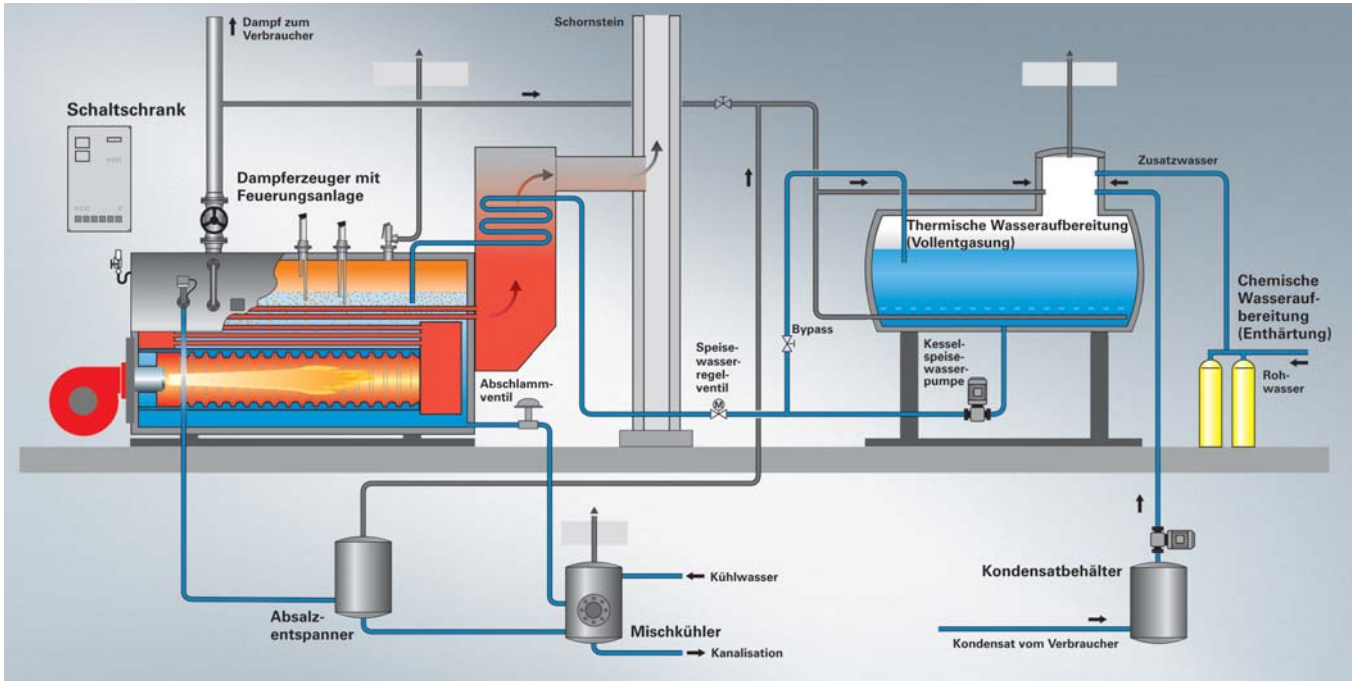


Bild 18: Bestandteile einer Dampfkesselanlage

## 3.3 Bestandteile eines Kesselhauses

Eine funktionsfähige Kesselanlage besteht neben dem Dampferzeuger mit seinen Sicherheits-, Regel-, Anzeige- und Absperrarmaturen aus zusätzlichen Baugruppen, die für den Betrieb notwendig sind (siehe Bild 63, Seite 32/33).

In diesem Abschnitt soll ein Überblick gegeben und das Zusammenwirken der Baugruppen dargestellt werden. Details zu den Baugruppen werden in den nachfolgenden Abschnitten detailliert beschrieben.

Eine typische Kesselanlage besteht aus nachfolgenden Hauptkomponenten:

### 1. Kesselhaus/Kesselauflage

Die bauliche Ausführung des Kesselhauses richtet sich nach den Bauordnungen der Bundesländer. Die Anforderungen an die Aufstellung der Kessel im Raum und in Verbindung mit den umgebenen Räumen und deren Nutzung sind in der TRD 403 (Technische Regeln Dampf) geregelt.

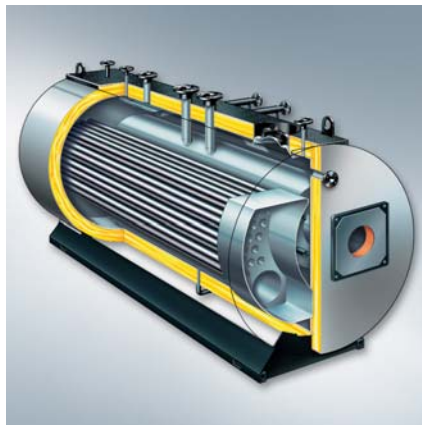


Bild 19: Vitomax 200 HS  
Hochdruck-Dampferzeuger Typ M237,  
Dampfleistung: 0,5 bis 3,8 t/h

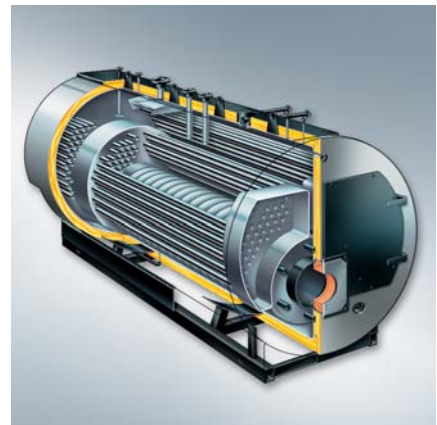


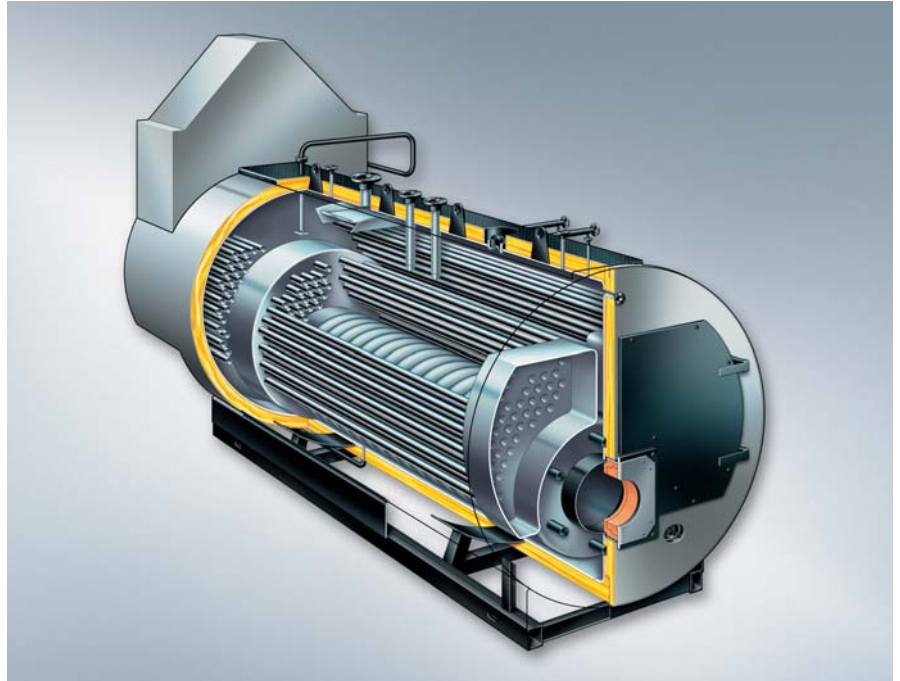
Bild 20: Vitomax 200 HS  
Hochdruck-Dampferzeuger Typ M235,  
Dampfleistung: 4,0 bis 25,0 t/h

# Dampferzeugung

Zum Kesselhaus gehören ebenfalls die für die Verbrennungsluftversorgung notwendigen Be- und Entlüftungsöffnungen, Einrichtungen für die Beleuchtung der Kesselanlage und auch Möglichkeiten für eine Kommunikation nach außen.

## 2. Dampferzeuger

Der Dampferzeuger wird neben der Bauart durch seine Dampfleistung und seinen zulässigen Betriebsüberdruck definiert. Zum Dampferzeuger gehören die Sicherheits-, Regel-, Anzeige- und Absperrarmaturen, das Speisewasserpumpenmodul, die Feuerung (Brenner) und die Schaltanlage. Die Auswahl der Einzelkomponenten richtet sich nach der vom Betreiber gewünschten Betriebsweise der Anlage und den Brennstoffen.



**Bild 21:** Vitomax 200 HS Öl-/Gas-Hochdruck-Dampferzeuger mit in der Abgaskammer integriertem ECO, Dampfleistung: 4,0 bis 25,0 t/h

## 3. Economiser

Zur Erhöhung des Kesselwirkungsgrades wird dem Dampferzeuger ein Speisewasservorwärmer (Economiser – ECO) in Form einer integrierten oder nachgestellten Baugruppe nachgeschaltet. Im ECO wird das Speisewasser durch das Abgas erwärmt und das Abgas dadurch abgekühlt (Bild 21).

## 4. Brennstoffversorgung

In Deutschland und seinen Anrainerstaaen werden seit Jahren Heizöl EL und Erdgas als Hauptbrennstoffe eingesetzt. Andere Brennstoffe wie Schweröl, Abfallöle, Flüssiggas, Biogase, Gichtgas etc. bleiben nur auf Einzelfälle beschränkt.

Zur Brennstoffversorgung bei Heizöl gehören die Lagertanks, Füllrichtungen, Zwischentanks, Heizölpumpen (Bild 22), Heizölleitungen mit den Ölarmaturen und Sicherheitsabsperrarmaturen.

Bei Gasfeuerungen zählen Gebäudeschnellschlussventil, Gasleitungen im Kesselaufstellungsraum, Be- und Entlüftungsleitungen und die Brennergasrampe zur Brennstoffversorgung (Bild 23).



**Bild 22:** Doppelpumpenölaggregat (Quelle: Weishaupt)



**Bild 23:** Gasrampe

# Dampferzeugung

## 5. Abgassystem

Dazu zählen die Abgasleitungen zwischen Kessel / Economiser und Schornstein, Abgasschalldämpfer und der Schornstein.

## 6. Chemische Wasseraufbereitung

Die Art der Aufbereitungsverfahren richtet sich nach folgenden Punkten:

- chemische Zusammensetzung des Rohwassers
- Qualität des Kondensates
- Menge des zurückgeführten Kondensates
- Anforderungen an die Dampfqualität
- Absalzrate des Dampferzeugers

Auf Basis dieser Kriterien wird das notwendige Verfahren für die Wasseraufbereitung ausgewählt. Zum Bereich der Wasseraufbereitung gehören auch die Einrichtungen zur Konditionierung des Speisewassers.

## 7. Thermische Wasseraufbereitung

Für die Entfernung der im Speisewasser für den Kesselbetrieb schädlichen gelösten Gase, wie Sauerstoff und Kohlendioxid, sind Einrichtungen zur thermischen Entgasung notwendig. Durch die Temperaturerhöhung nimmt die Löslichkeit des Wassers für diese Gase ab, dadurch wird der Gasgehalt im Speisewasser reduziert.

## 8. Thermische Apparate

Zur thermischen Wasseraufbereitung zählen Einrichtungen zum Austreiben der im Wasser befindlichen Gase wie z. B. eine Vollentgasungsanlage, Behälter für die Abkühlung der Abschlamm- und Absalzwasser des Dampferzeugers, Wärmetauscher für die Energiegewinnung aus dem Wasser der Absalzung und Kondensatsammelbehälter einschließlich der dazugehörigen Kondensatpumpen.



Bild 24: Abgasanlage  
(Quelle: ASETEC)



Bild 25: Schornsteinfuß

## 9. Überhitzer

Überhitzer dienen der Überhitzung des Dampfes über die Satttdampf-temperatur hinaus (siehe auch Seite 50 Punkt 8.2 Dampfkessel mit Überhitzer).

## 10. Rohrleitungen

Alle für die Weiterleitung der Medien erforderlichen Rohrleitungen, Armaturen, Dampfverteiler und Entwässerungsleitungen sind ebenfalls als Kesselhauskomponenten zu betrachten.

Alle genannten Komponenten werden durch die Überwachungsbehörden bei der Beurteilung einer Kesselanlage betrachtet.

# 4 Komponenten einer Dampfkesselanlage

## 4.1 Dampferzeuger

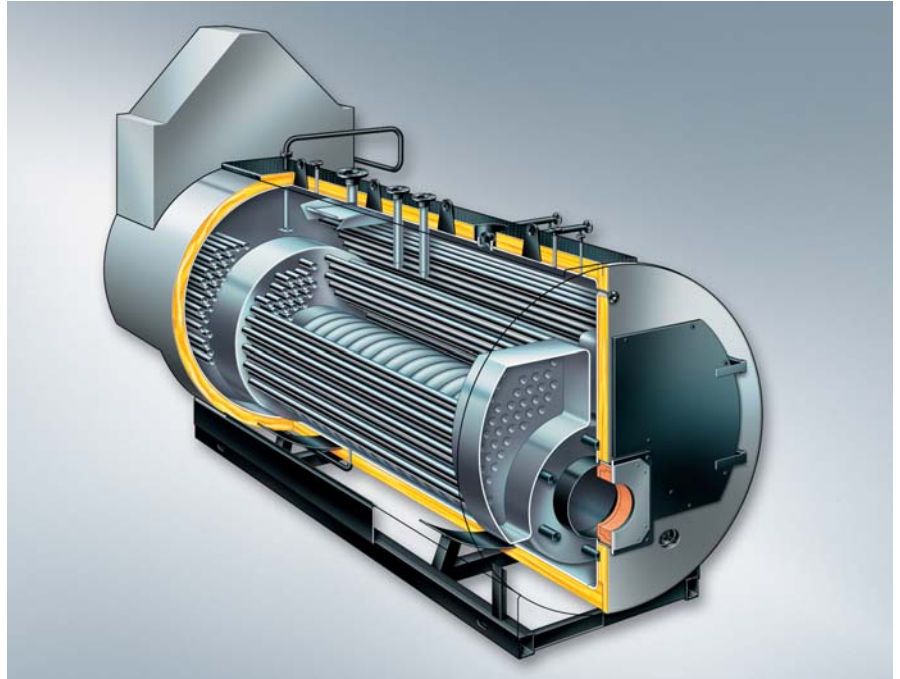
In Deutschland sind mehr als 50% der in Betrieb befindlichen Hochdruckdampferzeuger Großwasserraumkessel der Bauart Dreizug, so auch die Hochdruckdampferzeuger Vitomax 200 HS (Bild 26 und 27).

Mit der Dreizugbauweise lässt sich eine besonders schadstoffarme und damit umweltschonende Verbrennung erzielen. Die Heizgase strömen am Brennkommerende über eine wassergekühlte Wendekammer in den zweiten Zug. In einer weiteren Wendekammer im Bereich der vorderen Kesseltür gelangen die Heizgase in den dritten Zug, der als Konvektionsheizfläche ausgebildet ist. Da die Heizgase den Brennraum durch die hinten liegende Wendekammer verlassen und keine rückströmenden Heizgase den Flammkern umschließen, kann die Flamme mehr Wärme abgeben und wird dadurch besser gekühlt. Dieser Umstand, sowie die kürzere Verweilzeit der Heizgase in der Reaktionszone reduzieren die Stickoxidbildung.

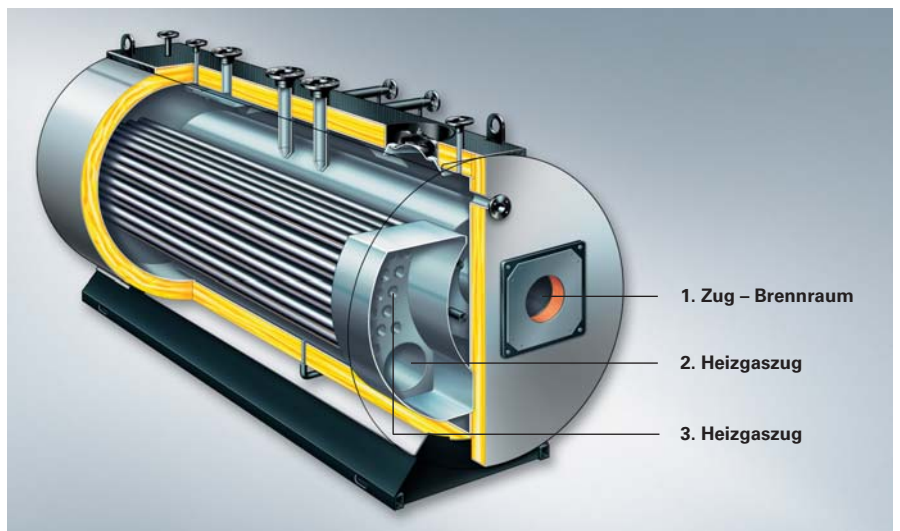
Das Konstruktionsprinzip Großwasserraumkessel zeichnet sich durch einen großen Wasserinhalt, einen großen Dampfraum und daraus resultierend ein gutes Speichervermögen aus. Der Kessel gewährleistet damit eine stabile Dampfversorgung auch bei starken und kurzfristigen Lastschwankungen.

Die große Ausdampfoberfläche in Verbindung mit dem günstig gestalteten Dampfraum und dem eingebauten Tropfenabscheider (Demister) sichern trocknen Dampf.

Aufgrund der drei Züge lässt sich eine hohe Dampfleistung bei geringen Anheizzeiten garantieren.



**Bild 26:** Vitomax 200 HS Öl-/Gas-Hochdruck-Dampferzeuger mit in der Abgaskammer integriertem ECO, Dampfleistung: 4,0 bis 25,0 t/h



**Bild 27:** Dreizugkessel Vitomax 200 HS

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

Die Wärmeübertragung teilt sich innerhalb der Züge wie folgt auf:

- 1. Zug und Wendekammer  
ca. 35 %
- 2. und 3. Zug/Rauchrohrzug  
ca. 65 %.

Die Konstruktion der Vitomax 200 HS zeichnet sich durch nachstehende Besonderheiten aus:

- schadstoffarme Verbrennung mit niedriger Stickoxid-Emission durch niedrige Brennraumbelastung
- großer Dampfraum und große Ausdampffläche sowie ein integrierter Tropfenabscheider erhöhen die Dampfqualität
- hohe Servicefreundlichkeit durch wassergekühlte hintere Wendekammer ohne Ausmauerung
- große Reinigungstür
- stabile Abdeckung auf der Oberseite des Kessels (gehört zum Lieferumfang) – erleichtert die Montage und schützt die Wärmedämmung vor Beschädigungen (Bild 28)
- hohe Betriebssicherheit und lange Nutzungsdauer durch weite Wasserwände und große Abstände zwischen den Heizgasrohren
- große Wasserinhalte sorgen für gute Eigenzirkulation und sichere Übertragung der Wärme
- geringe Abstrahlungsverluste durch 120 mm Verbund-Wärmedämmung und wassergekühlte Vorderwand
- niedriger heizgasseitiger Widerstand durch Konvektionsheizflächen mit großen Heizgasrohren.

Die maximalen Leistungen der Dampferzeuger werden durch die europäische Norm EN 12953 bestimmt und sind für die Hersteller bindend.

Die Kessel können bei der Verfeuerung von Gas bis zu einer Leistung von 25 t/h und bei Betrieb mit Heizöl bis 19 t/h gefertigt werden. Die zulässigen maximalen Betriebsdrücke können je nach Leistungsgröße der Kessel bis zu 25 bar betragen.



**Bild 28:** Stabile Kesselabdeckung – im Lieferumfang der Vitoplex Heizkessel ab 575 kW und der Vitomax Kessel



**Bild 29:** Dampfkesselanlage

In einigen Ländern werden durch Zulassungsbehörden ab Kesselleistungen von 12 MW bei Ölbetrieb und von 15,6 MW bei Gas Messstellen zur Flammrohrtemperaturüberwachung gefordert. Diese Messstellen können bei den Vitomax 200 HS problemlos integriert werden.



**Bild 30:** Dampfverteilung



# Komponenten einer Dampfkesselanlage

Zum Dampferzeuger gehören die Sicherheits-, Regel-, Anzeige- und Absperrarmaturen, das Speisewasserpumpenmodul, die Feuerung (Brenner) und ein Schaltschrank zur Ansteuerung aller kesselspezifischen Regel- und Steuerungseinrichtungen. Die Auswahl dieser, dem Dampferzeuger zuzurechnenden Einzelkomponenten, richtet sich nach der vom Betreiber gewünschten Betriebsweise der Anlage und den Brennstoffen.

Von besonderer Bedeutung sind Abschamm- und Absalzventile am Dampferzeuger. Sie sind erforderlich, um einen dauerhaft zuverlässigen Betrieb des Dampfkessels sicherzustellen. Im Betrieb bilden sich im Kessel Schlammablagerungen, die periodisch entfernt werden müssen. Hierzu dient ein so genanntes Abschammventil (Bild 31), mit dessen Hilfe Kesselwasser aus der unteren Kesselzone abgelassen wird. Wird dieses schlagartig geöffnet, so entfernt das schnelle Ausströmen von Wasser wirksam den Schlamm aus der unteren Kesselzone.

Bei der Dampferzeugung bleiben die durch die Dosierung im Wasser gelösten Salze zurück und erhöhen die Salzkonzentration des Kesselwassers. Eine zu hohe Salzkonzentration führt zur Bildung einer Feststoffkruste, verschlechtert damit den Wärmeübergang und sorgt für Kesselkorrosion sowie Schaumbildung, wobei der Schaum mit Wasser in die Dampfanlage gelangen kann. Damit sinkt die Dampfqualität und die entstehenden Wasserstaus belasten die Armaturen. Außerdem werden die Wasserstandsregler, die einen ausreichenden Wasserstand im Kessel sichern, in ihrer Funktion beeinträchtigt. Absalzventile haben deshalb die Aufgabe, ein Überschreiten der zulässigen Salzkonzentration zu verhindern. Über eine im Kessel montierte Absalzelektrode wird der Salzgehalt gemessen und bei Überschreiten eines vorgegebenen Sollwertes des Absalzventil geöffnet (Bild 32).



Bild 31: Automatisches Ventil zum periodischen Abschlammen des Kessels



Bild 32: Absalzventil

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## 4.2 Brenner

Brenner haben die Aufgabe, den Energieinhalt von Brennstoffen als Wärme nutzbar zu machen. Üblicherweise werden in Großwasserraum-Kesseln flüssige und/oder gasförmige Brennstoffe verfeuert. In seltenen Fällen wird auch Kohlestaub oder Holz verbrannt, dieses wird aber auf Grund der geringen Verbreitung hier nicht näher betrachtet.

### Verbrennungsluft

Verbrennen lassen sich Gas oder Öl nur unter Zugabe von Sauerstoff (Luft). Aus diesem Grunde ist jedem Brenner ein Verbrennungsluftgebläse zugeordnet. Je nach Anbringung unterscheidet man zwischen Mono- oder Duoblockbrenner. (Monoblock: Gebläse am Brenner angebaut, Duoblock: Gebläse separat stehend).

Das Verbrennungsluftgebläse hat die Aufgabe, die stöchiometrisch erforderliche Luftmenge zuzüglich des praktisch erforderlichen etwa zehnpromzentigen Zuschlags zu liefern und die anlagenbedingten Widerstände zu überbrücken. Dies sind u. a. der Widerstand des Kessels, des Brenners, des Economisers und des Abgasschalldämpfers.

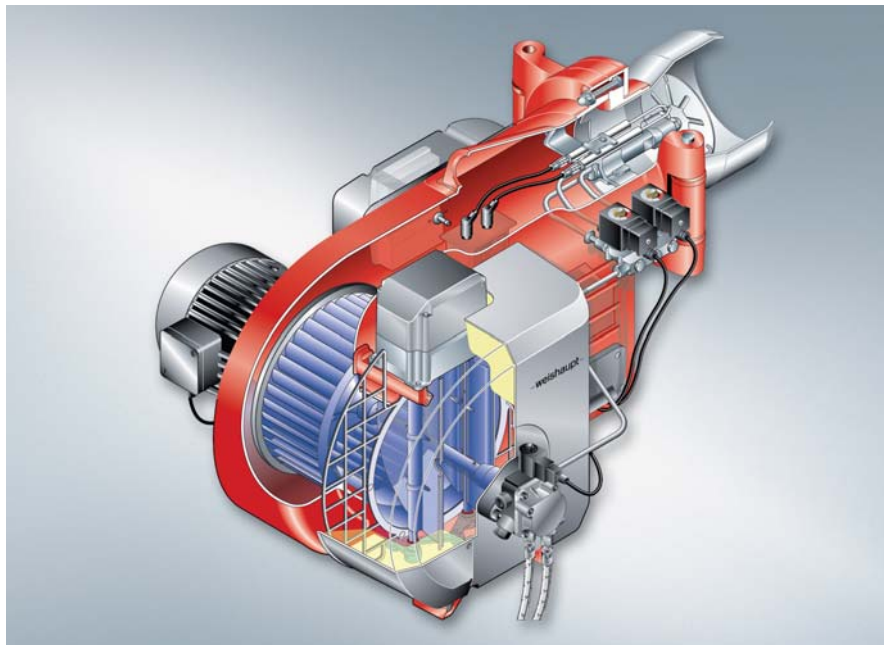
Um eine schadstoffarme Verbrennung und eine lange Lebensdauer von Kessel und Brenner zu sichern, sollte die Temperatur der angesaugten Verbrennungsluft zwischen 5 °C und 40 °C liegen. Außerdem sollte die Luft frei von korrosiven Bestandteilen wie Chlor- oder Halogenverbindungen sein.

### – Heizöl

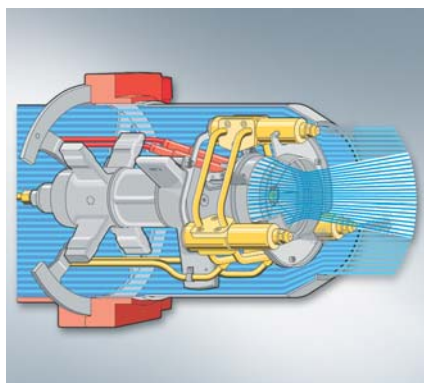
Heizöle werden in folgende Kategorien aufgeteilt:

HEL: Heizöl Extra Leicht  
 $H_u = 42,7 \text{ MJ/kg}$   
S-Öl: Schweröl  
 $H_u = 40,2 \text{ MJ/kg}$

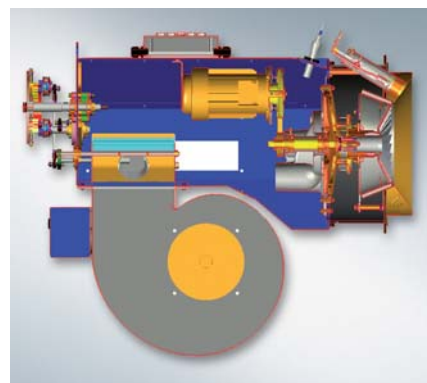
Länderabhängig gibt es Unterschiede in der Zusammensetzung der Öle.



**Bild 33:** Druckzerstäuber-Brenner  
(Quelle: Weishaupt)



**Bild 34:** Schnitt durch einen Druckzerstäuber  
(Quelle: Weishaupt)



**Bild 35:** Drehzerstäuber  
(Quelle: Saacke)

Die DIN 51603 T1 und T3 beschreibt die Mindestanforderungen der oben genannten Heizöle. Darüber hinaus gibt es vor allem in außereuropäischen Ländern Öle, die nicht in obige Kategorien einzuteilen sind, aber üblicherweise verbrannt werden. Je nach Art des Öls gibt es unterschiedliche Brennervarianten. Man unterscheidet zwischen Druckzerstäubern, Dampfdruckzerstäubern und Drehzerstäubern.

### Druckzerstäuber

Hierbei wird das Öl mittels Pumpendruck durch eine Düse in einen Ölnebel zerstäubt. Diese Brenner werden überwiegend zur Zerstäubung von Leichtöl verwendet (Bild 33 und 34).

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## Dampfdruckzerstäuber

Unter Zuhilfenahme von Dampf wird das Öl im Brennerkopf zerstäubt. Dieses Verfahren wird üblicherweise erst in sehr großen Leistungsbereichen eingesetzt.

## Drehzerstäuber (auch Rotationszerstäuber genannt)

Hierbei wird das Öl in einen sehr schnell rotierenden Becher aufgegeben. Durch die Rotation und die konische Innenkontur des Bechers wandert das Öl in Richtung Brennräum und wird an der Becherkante durch Zentrifugalwirkung und durch die mit hoher Geschwindigkeit austretende Zerstäuberluft fein zerstäubt. Drehzerstäuber werden bevorzugt bei der Schwerölverbrennung eingesetzt (Bild 35). Sie sind auch geeignet für die Verbrennung von Leichtöl, Öl-Reststoffen wie Öl-Fettgemischen oder Entfettungsrückständen, für Tier- und Frittierfette sowie Rapsöl (RME).

## – Gasförmige Brennstoffe

In Betracht kommt hier die Familie der Erdgase. Flüssiggase und Stadtgase werden hier auf Grund ihrer geringen Bedeutung nicht näher betrachtet.

Erdgas ist ein Naturgas welches hauptsächlich aus Methan ( $\text{CH}_4$ ) besteht. Je nach Fundort sind die Zusammensetzungen unterschiedlich. Üblicherweise beinhaltet Erdgas u.a. inerte Gase (nicht brennbare Bestandteile) sowie evtl. schwerere Kohlenwasserstoffe. Erdgas ist schwerer als Stadtgas jedoch leichter als Luft.

Erdgas H:  $H_u = 36 \text{ MJ/kg}$   
Erdgas L:  $H_u = 32 \text{ MJ/kg}$

Die Zumischung von Bio- und Klärgas ist vielfach möglich, häufig können beide Gase auch ohne Erdgaszumischung verbrannt werden. Zu beachten ist die Veränderung des Heizwertes bei Zumischungen, so

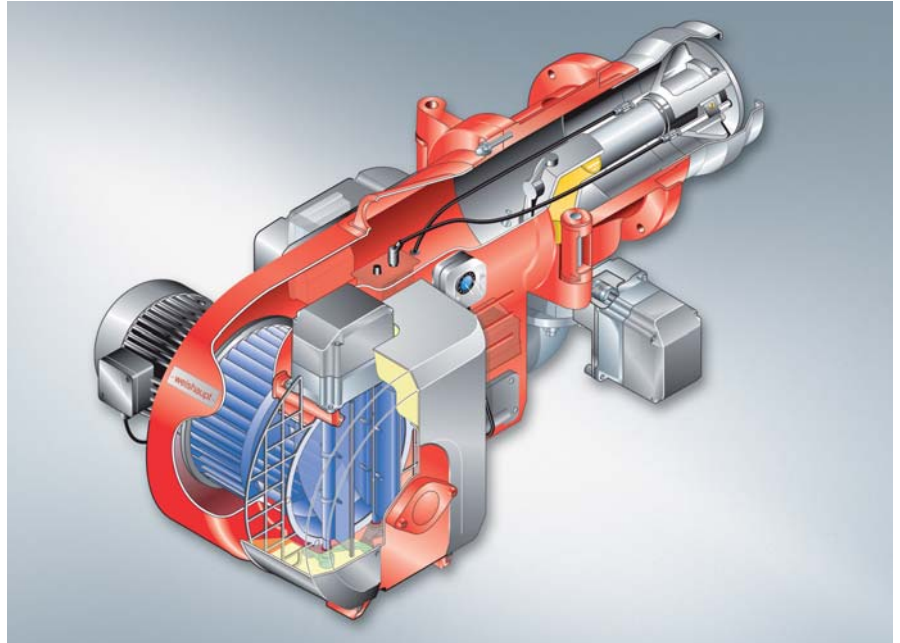


Bild 36: Gasbrenner  
(Quelle: Weishaupt)

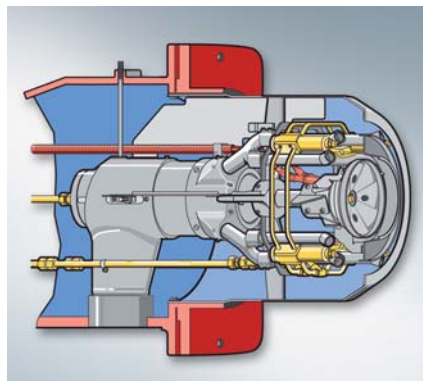


Bild 37: Zweistoffbrenner (Quelle: Weishaupt)

dass eine Brenneranpassung bzw. der Einsatz eines Sonderbrenners notwendig ist. Generell sollte bei der Anlagenausführung der Schwefelgehalt der eingesetzten Gase berücksichtigt werden, da ggf. besonders hochwertige Materialien wie Edelstahl für die gasberührten Armaturen eingesetzt werden müssen.

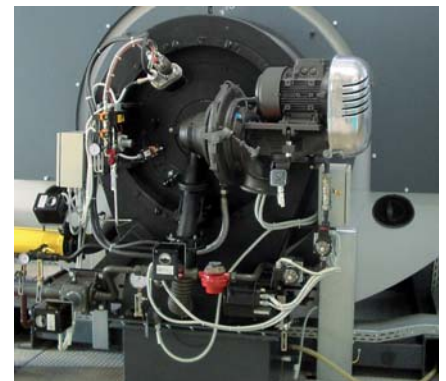


Bild 38: Zweistoffbrenner für Öl und Gas am Vitomax 200 HS

## – Zweistoffbrenner

Hierbei handelt es sich üblicherweise um Brenner, die mit Gas oder Öl betrieben werden können. Die Umstellung erfolgt manuell oder automatisch, z. B. auf Basis von Sperrzeiten, die der Gasversorger vorgibt und die eine zeitweise Umstellung auf Öl erfordern. Diese Variante trifft man vorzugsweise bei größeren Anlagen, um die Versorgung abzusichern.

# Komponenten einer Dampfesselanlage

## 4.3 Speisewasservorwärmer/Eco

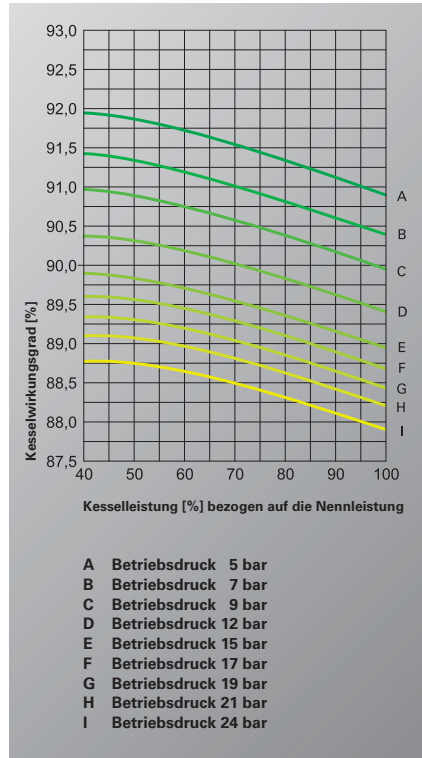
Ein Economiser ist ein Abgas-/Wasser-Wärmetauscher, der im Dampf-erzeuger integriert (Bild 26, Seite 15) oder als separate Baugruppe hinter dem Kessel angeordnet ist. Bei Dampfesseln werden solche Economiser zur Vorerwärmung des Speisewassers genutzt.

Die Abgastemperaturen am Kesselaustritt liegen ca. 50 K über der Satt- dampftemperatur. Dieser Wert ist auf Grund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei der Wärmeübertragung mit akzeptablem Aufwand nicht weiter zu verringern. Aus dieser vergleichsweise hohen Abgastemperatur errechnet sich ein feuerungstechnischer Wirkungsgrad von 89 bis 91%. Der Abgasverlust kann somit bis 11% betragen.

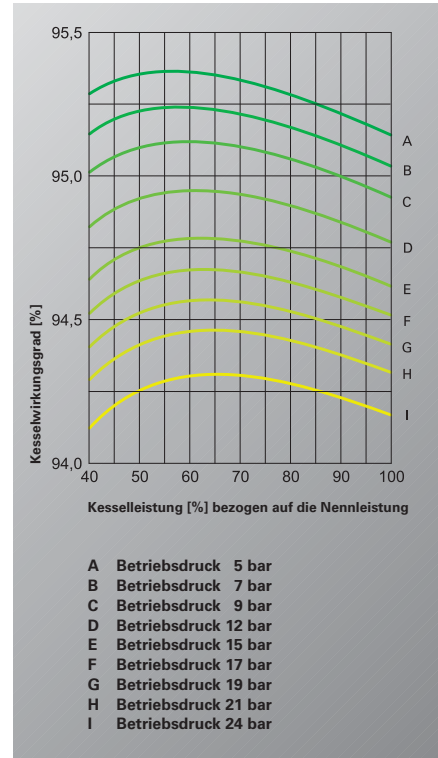
Die Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) fordert einen maximalen Abgasverlust von 9%. Zur Unterschreitung dieses Grenzwertes werden deshalb bei Dampf-erzeugern in vielen Fällen Speisewasservorwärmer (Economiser – ECO) eingesetzt.

Die ECO werden grundsätzlich dem 3. Zug bei Großwasserraumkesseln nachgeschaltet. Dort erfolgt dann die weitere Abkühlung der Abgase durch das Kesselspeisewasser im Gegenstrom. Die wärmetechnische Auslegung erfolgt nach den gegebenen Parametern Abgasmenge und -temperatur, Speisewassermenge und -temperatur und der gewünschten Abgastemperatur nach dem ECO. Je nach Größe der Heizfläche erfolgt die Abkühlung der Abgase bis auf ca. 130 °C.

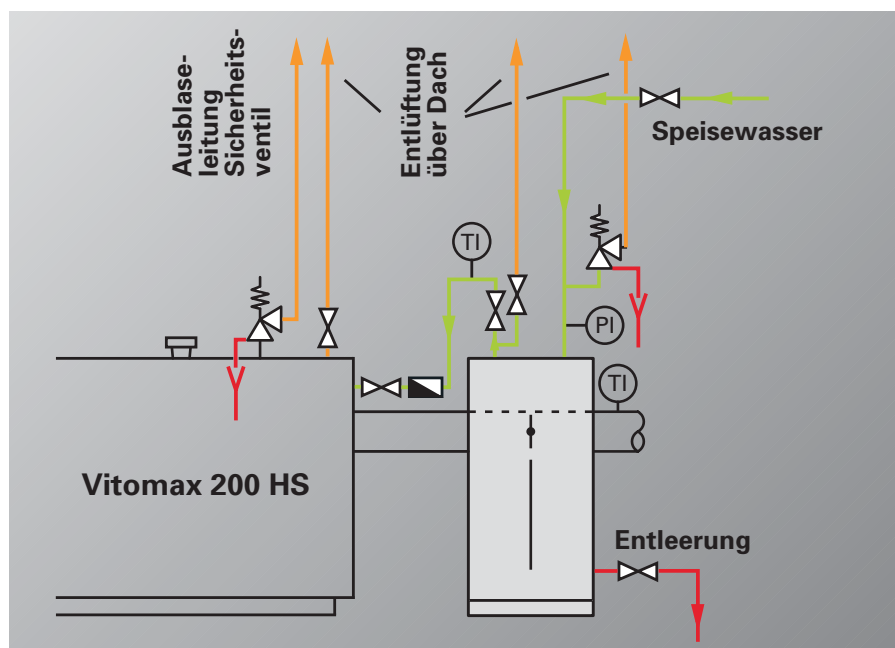
Im Lieferprogramm sind für die Vitomax Dampf-erzeuger zwei Größen von Economisern für eine Abkühlung der Abgase auf 180 °C bzw. 130 °C Standard. Das Speisewasser erwärmt sich von 102 °C (Eintrittstemperatur) auf ca. 135 °C (bei 130 °C Abgastemperatur). Auf Kundenwunsch werden andere Werte ausgelegt und angeboten. Damit ist ein feuerungstechnischer Wirkungsgrad von 95% erreichbar.



**Bild 39-1:** Kesselwirkungsgrad in Abhängigkeit vom Betriebsdruck ohne Economiser (Werte über alle Kesselgrößen gemittelt, Restsauerstoffgehalt im Abgas 3 %, Speisewassertemperatur 102 °C)



**Bild 39-2:** Kesselwirkungsgrad in Abhängigkeit vom Betriebsdruck mit Economiser 200 (Werte über alle Kesselgrößen gemittelt, Restsauerstoffgehalt im Abgas 3 %, Speisewassertemperatur 102 °C)



**Bild 40:** Schaltschema für einen absperrbaren ECO mit Armaturen und Bypass

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

Aufgrund der Erfahrungen mit Economisern kann davon ausgegangen werden, dass eine Senkung der Abgastemperatur um 20 °C den Wirkungsgrad um etwa 1% erhöht.

Der integrierte ECO besteht aus Stahlrohren, die z. B. mit einer spiralförmig vollverschweißten Rippe versehen sind (Bild 41 und 42). Die volle Anbindung der Rippe an das Rohr gewährleistet einen optimalen Wärmeübergang zwischen Abgas und Speisewasser und führt gleichzeitig zu einer kompakten ECO-Baugruppe.

In der Praxis haben sich zwei Varianten der Anordnung der ECO durchgesetzt. Die Vorzugsvariante ist der „integrierte ECO“. Hier wird der ECO in den Abgassammelkasten des Kessels schon fertig im Herstellerwerk eingebaut. Der ECO ist dabei über die Speiseleitung unabsperkbar mit dem Kessel verbunden. Kessel und ECO sind somit ein gemeinsames Bauteil, mit Abnahme und Zulassung als Gesamtbaugruppe, es werden keine zusätzlichen Absperr- und Sicherheitseinrichtungen benötigt.

Auf dem ECO ist eine Abgashaube aufgesetzt, die entsprechend der Kundenanforderung mit dem Abgasanschluss und Reinigungsöffnungen für das ECO-Rohrpaket versehen ist.

Die zweite Variante ist ein nachgestellter ECO (Bild 43), der entsprechend dem im Kesselhaus vorhandenen räumlichen Gegebenheiten aufgestellt werden kann. Dieser ECO ist grundsätzlich wasserseitig absperkbar ausgeführt und kann mit einem eingebauten abgasseitigen Bypass ausgerüstet werden.

Dies wird in folgenden Fällen angewendet:

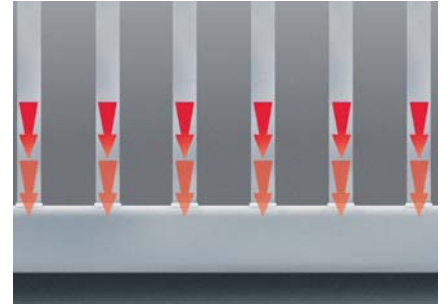
- Vermeidung von Taupunktunterschreitung
- Einsatz von mehreren Brennstoffen mit unterschiedlichen Zusammensetzungen (z. B. Erdgas und S-Öl mit Schwefel)

Die Abgastemperatur nach dem ECO kann bei dieser Ausführung auch über die Bypassstellung geregelt werden.

Der nachgestellte ECO benötigt zusätzlich Absperrventile für den Speisewasserein- und -austritt, Entleerungsventil, Sicherheitsventil und Manometer und ist nach DGRL als ein gesondertes Bauteil zu betrachten.

Zur optimalen Ausnutzung der Wärmeenergie der Abgase sollten bei Dampferzeugern mit ECO auch modulierende Brenner und eine stetige Speisewasserregelung eingesetzt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass die im Brennerbetrieb anfallende Wärmeenergie der Abgase permanent zur Speisewasservorwärmung genutzt werden.

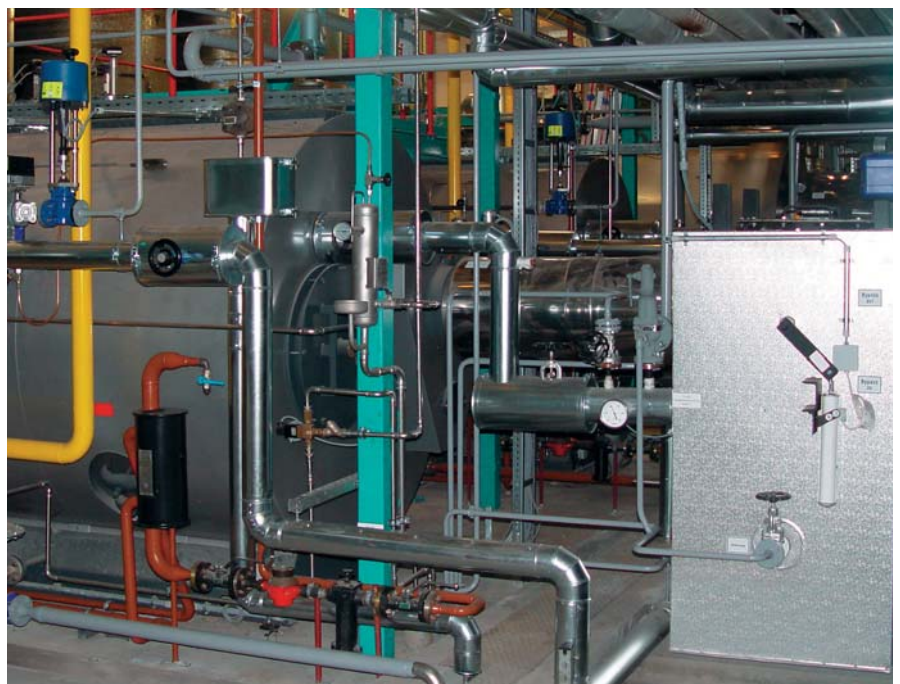
Unter Beachtung der mit dem ECO erreichbaren Verbesserung des Wirkungsgrades der Kesselanlage und der damit verbundenen Brennstoffkosteneinsparungen sollten Neuanlagen immer mit einem ECO ausgerüstet werden.



**Bild 41:** Vollständige Einbindung der Rippe und Wärmeübergang (Quelle: Rosink)



**Bild 42:** Eco-Rohre mit verschweißten Stahlrippen (beispielhafte Darstellung)



**Bild 43:** Dampfkessel Vitomax 200 HS mit nachgeschaltetem Economiser (rechts)

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## 4.4 Abgassystem

Wesentliche Bestandteile von flüssigen und festen Brennstoffen sind Kohlenstoff und Wasserstoff. Bei einer vollkommenen Verbrennung enthalten die entstehenden Abgase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### Bauarten

Für die Abführung der Abgase gibt es zwei unterschiedliche Druckzustände. Danach unterscheidet sich auch die Bauart der Abgasanlagen. Bei der Abführung im Überdruck drückt der Brenner die Abgase durch den Dampfkessel und das Abgassystem bis zur Mündung. Bei der Abführung im Unterdruck reicht der Druck des Brenners nur bis zum Abgasstutzen. Danach übernimmt der Schornstein die Abführung der Abgase, im Abgassystem herrscht ein Unterdruck. Dieser Unterdruck entsteht durch den thermischen Auftrieb der warmen Abgase und der statischen Höhendifferenz zwischen Eintritt und der Mündung, da der Luftdruck mit steigender Höhe abnimmt. Dem Auftrieb entgegen stehen die Rohrreibung und die Widerstände der eingebauten Komponenten wie Bögen und Schalldämpfer. Aus diesem Grund muss jede Abgasanlage in der Rohrdimensionierung nach EN13384 ausgelegt werden.

### Dimensionierung

Grundsätzlich gilt, dass bei der Abführung der Abgase im Überdruck kleinere Rohrquerschnitte benötigt werden als im Unterdruckbetrieb. Wird die Abgasanlage im Überdruck betrieben, muss sie druckdicht hergestellt werden. Dieses wird mit Hilfe von geschweißten Leitungen oder Stecksystemen mit Dichtungen realisiert, vorrangig bei „alten“ Schornsteinanlagen bzw. bei Brennwertnutzung.



Bild 44: Abgasschalldämpfer

Bei Abgasleitungen im Unterdruckbetrieb genügt ein kondensatsicheres System, welches nicht überdruckdicht sein muss, da die Abgase an den Stößen aufgrund des Unterdruckes nicht entweichen können.

Die Abgasanlage muss mindestens ein Meter über Dach und bei Anlagen über 1 MW mindestens zehn Meter über Flur und drei Meter über First ausgeführt werden. Grundsätzlich sollte die Umgebungsbebauung beachtet werden, um schädliche Einflüsse durch die Abgasanlage zu vermeiden. Außerdem ist die Vorbelastung durch bereits vorhandene Abgasleitungen hinsichtlich aller Emissionen, also auch Lärm zu berücksichtigen.

Details sind häufig auch regional geregelt, Ansprechpartner sind die jeweiligen Gewerbeaufsichtsämter.

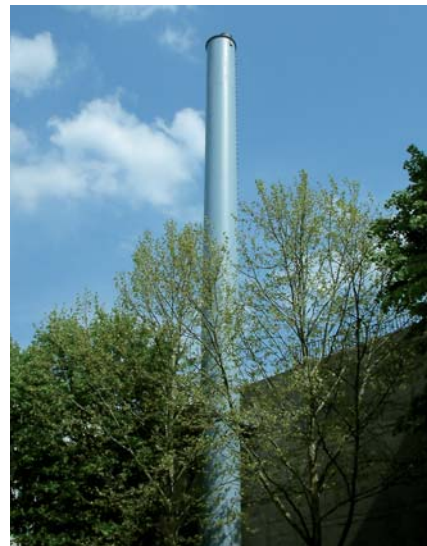


Bild 45: Abgasanlage  
(Quelle: ASETEC)

### Werkstoffe

Für den senkrechten Teil der Abgasanlage kommt heutzutage üblicherweise Edelstahl zur Anwendung. In vereinzelt Fällen wird bei Dampfkesselanlagen auch Schamotte eingesetzt. Die Abgasverbindungsleitungen (zwischen Schornstein und Dampferzeuger) werden ebenfalls meist in Edelstahl, seltener in Normalstahl (St 37.2) ausgeführt. Kunststoffabgasleitungen sind bei Großkesselanlagen unüblich.

### Brandschutz beachten

Der statisch tragende Außenmantel kann aus verschiedenen Werkstoffen bestehen. Er muss nur den statischen Erfordernissen und bei Anlagen innerhalb von Gebäuden den brandschutztechnischen Anforderungen genügen. So muss der Schornstein im Gebäude in F90-Qualität ausgeführt sein. Bei Schornsteinen außerhalb des Gebäudes hat der Außenmantel nur die Aufgabe, das abgasführende Rohr zu tragen. Hierbei wird meistens Stahl mit einer Oberflächenbeschichtung oder auch Mauerwerk und Beton eingesetzt.

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## 4.5 Wasseraufbereitung

Das reinste in der Natur vorkommende Wasser ist Regenwasser. Dieses Wasser enthält jedoch aus der Atmosphäre aufgenommene gasförmige (gelöste) Elemente, im wesentlichen Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid, zunehmend auch Schwefelverbindungen („saurer Regen“). Bei der Versickerung im Erdreich kommen weitere Stoffe wie z. B. Eisen und Kalk hinzu. Die Beschaffenheit des Wassers ist somit auch davon abhängig, welchen Weg es im Erdreich „durchlaufen“ hat.

Die TRD und die EN 12953 fordern für den Betrieb von Dampfkesseln „eine zweckmäßige Aufbereitung und Überwachung des Speise- und Kesselwassers“.

In der EN 12953 Teil 10, der TRD 611 und in der Viessmann-Planungsunterlage „Wasserqualitäten“ sind die Anforderungen an das Speise- und Kesselwasser definiert (Bild 46 und 47).

Ziel der Wasseraufbereitung ist es, aufbereitetes Wasser für einen unbedenklichen Kesselbetrieb bereitzustellen. Dies bedeutet, dass störende Bestandteile des Wassers entfernt, bzw. durch Zugabe von Chemikalien gebunden werden müssen.

Als Rohwasser (für den Kesselbetrieb unaufbereitetes Wasser) kann Oberflächen-, Brunnenwasser oder schon aufbereitetes Trinkwasser zum Einsatz kommen. Oberflächen- und Brunnenwasser kann Bestandteile, wie z. B. Schwebstoffe, Trübstoffe, organische Verunreinigungen, Eisen- und Manganverbindungen enthalten, die in Wasseraufbereitungsvorstufen entfernt werden müssen. Bei Einsatz von Trinkwasser sind diese Vorbehandlungen nicht notwendig.

In Kesselanlagen mit Großwasserraumkesseln werden in den meisten Fällen zwei verschiedene Aufbereitungsverfahren nebeneinander eingesetzt (z. B. Ionenaustausch und thermische Wasseraufbereitung).

Tabelle 5-1 — Speisewasser für Dampfkessel (mit Ausnahme von Einspritzwasser) und Heißwasserkessel

Parameter	Einheit	Speisewasser für Dampfkessel mit Feststoffgehalt		Zusatzwasser für Heißwasserkessel
		> 0,5 bis 20	> 20	Gesamtbereich
Betriebsdruck	bar ( $\approx$ 0,1 MPa)	> 0,5 bis 20	> 20	Gesamtbereich
Aussehen	—	klar, frei von Schwebstoffen		
Leitfähigkeit bei 25 °C	$\mu$ S/cm	siehe Tabelle 5-2		
pH-Wert bei 25 °C <sup>a</sup>	—	> 9,2 <sup>b</sup>	> 9,2 <sup>b</sup>	> 7,0
Gesamthärte (Ca + Mg)	mmol/l	< 0,01 <sup>c</sup>	< 0,01	< 0,05
Eisen (Fe)	mg/l	< 0,3	< 0,1	< 0,2
Kupfer (Cu)	mg/l	< 0,05	< 0,03	< 0,1
Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	nicht festgelegt, nur Anhaltswerte für Kesselwasser relevant, siehe Tabelle 5-2		—
Sauerstoff (O <sub>2</sub> )	mg/l	< 0,05 <sup>d</sup>	< 0,02	—
Öl/Fett	mg/l	< 1	< 1	< 1
Organische Substanzen	—	siehe Fußnote <sup>e</sup>		

<sup>a</sup> Bei Kupferlegierungen im System muss der pH-Wert im Bereich 8,7 bis 9,2 gehalten werden.  
<sup>b</sup> Mit enthartetem Wasser > 7,0 unter Berücksichtigung des pH-Wertes des Kesselwasser nach Tabelle 5-2.  
<sup>c</sup> Bei Betriebsdrücken < 0,5 MPa ist eine Gesamthärte von 0,05 mmol/l zulässig.  
<sup>d</sup> Beschränkt auf kontinuierlichen Betrieb und/oder unter Einsatz eines Speisewasservorwärmers; bei intermittierendem Betrieb oder Betrieb ohne Entgaser sind Filmbildner und/oder überschüssige Sauerstoffbindemittel zu benutzen.  
<sup>e</sup> Allgemein sind organische Substanzen Mischungen von verschiedenen Verbindungen. Die Zusammensetzung solcher Mischungen und das Verhalten ihrer Komponenten unter den Bedingungen des Kesselbetriebs sind schwer vorherzusehen. Organische Substanzen können sich zu Kohlensäure oder anderen sauren Produkten zersetzen, die die Säureleitfähigkeit erhöhen und Korrosion und Ablagerungen verursachen. Sie können ebenso zu Schaum- und/oder Belagbildung führen, die so gering wie möglich zu halten sind.

Bild 46: Tabelle 5-1 der EN 12953-10 Speisewasser für Dampfkessel

Tabelle 5-2 — Kesselwasser für Dampf- und Heißwasserkessel

Parameter	Einheit	Kesselwasser für Dampfkessel			Kesselwasser für Heißwasserkessel
		Speisewasserleitfähigkeit > 30 $\mu$ S/cm	Speisewasserleitfähigkeit $\leq$ 30 $\mu$ S/cm	> 0,5	
Betriebsdruck	bar ( $\approx$ 0,1 MPa)	> 0,5 bis 20	> 20	> 0,5	Gesamtbereich
Aussehen	—	klar, kein stabiler Schaum			
Leitfähigkeit bei 25 °C	$\mu$ S/cm	< 6 000 <sup>a</sup>	siehe Bild 5-1 <sup>a</sup>	< 1 500	< 1 500
pH-Wert bei 25 °C	—	10,5 bis 12,0	10,5 bis 11,8	10,0 bis 11,0 <sup>b, c</sup>	9,0 bis 11,5 <sup>d</sup>
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/l	1 bis 15 <sup>a</sup>	1 bis 10 <sup>a</sup>	0,1 bis 1,0 <sup>c</sup>	< 5
Kieselsäure (SiO <sub>2</sub> )	mg/l	druckabhängig, nach Bild 5-2			—
Phosphat (PO <sub>4</sub> ) <sup>e</sup>	mg/l	10 bis 30	10 bis 30	6 bis 15	—
Organische Substanzen	—	siehe Fußnote <sup>f</sup>			—

<sup>a</sup> Mit Überhitzer sind 50 % des angegebenen oberen Wertes als maximaler Wert zu betrachten.  
<sup>b</sup> Grundeinstellung des pH-Wertes durch Einspritzen von Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, zusätzlich NaOH-Einspritzung nur, wenn der pH-Wert < 10 beträgt.  
<sup>c</sup> Beträgt die Leitfähigkeit des Kesselspeisewassers hinter stark saurem Kationenaustauscher < 0,2  $\mu$ S/cm und seine Na + K-Konzentration < 0,010 mg/l, ist eine Phosphateinspritzung nicht erforderlich; alternativ dazu kann AVT-Fahrweise (Konditionierung mit flüchtigen Alkalisierungsmitteln, pH-Wert des Speisewassers pH  $\geq$  9,2 und pH-Wert des Kesselwassers pH  $\geq$  8,0) angewandt werden. In diesem Fall muss die Leitfähigkeit hinter stark saurem Kationenaustauscher < 5  $\mu$ S/cm betragen.  
<sup>d</sup> Sind NE-Werkstoffe, z. B. Aluminium, im System vorhanden, können sie einen niedrigeren pH-Wert und eine niedrigere Leitfähigkeit erforderlich machen, jedoch hat der Schutz des Kessels Vorrang.  
<sup>e</sup> Wird Phosphat verwendet, sind unter Berücksichtigung aller anderen Werte höhere PO<sub>4</sub>-Konzentrationen zulässig, z. B. mit ausgeglichener oder koordinierter Phosphatbehandlung (siehe auch Abschnitt 4).  
<sup>f</sup> Siehe <sup>e</sup> in Tabelle 5-1.

Bild 47: Tabelle 5-2 der EN 12953-10 Kesselwasser für Dampfkessel und Heißwassererzeuger

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

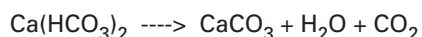
## 4.5.1 Chemische Wasseraufbereitung

### Enthärtung über Ionenaustausch

Im Wasser sind die Erdalkalien Kalzium und Magnesium in Ionenform gelöst. Diese Elemente werden als Härtebildner bezeichnet. Im Kesselbetrieb unter Wärmeeinwirkung würden diese Verbindungen als „Kesselstein“ ausfallen und sich auf den Heizflächen als fester Belag ablagern. Dieser Belag verhindert den Wärmeübergang von der Feuerungs- zur Wasserseite. Anfänglich würde das zu höheren Abgastemperaturen und damit zu einer Wirkungsgradverschlechterung führen. Bei weiterem Anwachsen der Kesselsteindicke kommt es auf Grund der fehlenden Kühlung der Heizflächen zu einer Zerstörung derselben.

Aus diesem Grunde fordern die Wassernormen ein härtefreies Speisewasser.

Vorgang der Kesselsteinbildung  
 $\text{CaCO}_3$  unter Wärmeeinwirkung:

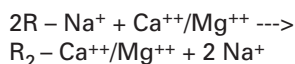


Zur Enthärtung werden Anlagen mit Ionenaustauscherharz eingesetzt. Ionenaustauscher sind kugelförmige Kunstharze mit angelagerten aktiven Gruppen.

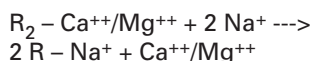
Ionenaustauscher für die Enthärtung haben als aktive Gruppe Natriumionen angelagert. Läuft nun das Hartwasser über den Ionenaustauscher, werden die angelagerten Natriumionen gegen Calcium- und Magnesiumionen, die im Wasser gelöst sind, ausgetauscht. Die für den Kesselbetrieb störenden Härtebildner werden damit aus dem Wasser entfernt.

Ist der Ionenaustauscher erschöpft, d. h. alle Natriumionen sind durch Calcium- und Magnesiumionen ausgetauscht, wird er mit einer Natriumchloridlösung (Steinsalz) regeneriert. Die Natriumionen werden im Überschuss über die Ionenaustauschermasse geleitet und verdrängen die angelagerten Härtebildner. Danach ist der Ionenaustauscher wieder betriebsbereit. Dieser Vorgang lässt sich uneingeschränkt wiederholen.

Beladung:



Regeneration:



R...Ionenaustauscher (Radikale)

Grundsätzlich wird zwischen drei Betriebsweisen unterschieden:

- zeitgesteuert: arbeitet nach fest eingestellten Zeiten
- mengengesteuert: arbeitet nach fest eingestellten Liefermengen
- qualitätsgesteuert: überwacht kontinuierlich die Qualität des Speisewassers.

Ausgeführt werden diese Anlagen als Einzel- oder Doppelanlage. Einzelanlagen sind für diskontinuierlichen Betrieb ausgelegt. D. h. in der Regenerationsphase (mehrere Stunden) steht kein Reinwasser zur Verfügung. Für kontinuierlichen Betrieb sind Doppel-Pendel-Enthärtungsanlagen zwingend.



**Bild 48:** Doppel-Pendel-Enthärtungsanlage von Viessmann

Viessmann hat diese mengen- gesteuerte Doppel-Pendel-Enthärtungs- anlage in verschiedenen Leistungs- größen im Lieferprogramm. Das Enthärtungsmodul besteht aus einer komplett montierten Anlage mit zwei Ionenaustauschersäulen, einem Salz- löser, der Steuerung und ist ohne weitere Montage einsetzbar (Bild 48 und 49).

Die Weichwasserleistung zwischen zwei Regenerationen wird bei der Inbetriebnahme eingestellt und ergibt sich aus der Anlagengröße und der Rohwasserhärte.

Die Anlage arbeitet voll automatisch und es ist nur das Steinsalz für die Regeneration nachzufüllen. Da zwei Ionenaustauschersäulen vorhanden sind, steht immer ein Austauscher zur Verfügung. Die zweite Säule wird regeneriert, bzw. steht dann in Reserve.



# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## **Dosierung von Korrekturchemikalien**

Zur Einhaltung der Alkalität des Speisewassers, zur Resthärtebindung und zur Bindung des Restsauerstoffes werden dem Speisewasser nach der Ionenaustauschung oder der Osmose Korrekturchemikalien zugegeben. Hier gibt es von den Wasseraufbereitungsfirmen eine Vielzahl von Produkten. Die Einsatzbedingungen sollten immer mit einer Wasseraufbereitungsfirma abgestimmt werden.

## **4.5.2 Osmoseanlagen**

In den letzten Jahren werden zur Entsalzung vermehrt Osmoseanlagen eingesetzt. Die Osmose ist ein physikalisches Verfahren, arbeitet ohne Chemikalien und ist damit sehr umweltfreundlich. Die Ausbeute an entsalztem Wasser (Permeat) beträgt ca. 80% des eingesetzten Wassers (Bild 50).

Bei der Osmose wird das Rohwasser mit einem Druck von ca. 30 bar durch eine Membran gedrückt. Die Poren der semipermeablen (halbdurchlässigen) Membran lassen die Wassermoleküle durch (Diffusion), die gelösten Salze bleiben auf der Eintrittsseite und werden aus der Anlage ausgeschleust.

Zu beachten ist, dass das Rohwasser vor der Osmoseanlage keine Feststoffe enthalten darf und die Härtebildner vorher stabilisiert werden (über Feinfilter und Dosierung). Die Feststoffe würden die Poren der Membran verkleben und die Leistung der Anlage würde sich schnell verringern.

Osmoseanlagen sollten möglichst kontinuierlich betrieben werden und sind deshalb üblicherweise mit einem Puffertank für das Permeat ausgerüstet.



**Bild 49:** Parametrierung der Ionenaustauscheranlage



**Bild 50:** Osmoseanlage

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## 4.5.3 Thermische Wasseraufbereitung

Wasser kann Gase nicht in beliebiger Menge speichern. Die Speicherfähigkeit ist nach dem Gesetz von William Henry (englischer Chemiker, 1775 bis 1836) in Abhängigkeit vom Partialdruck des Gases und von der Temperatur des Wassers berechenbar. So enthält Wasser bei einer Temperatur von 25 °C ca. 8 mg O<sub>2</sub>/kg.

Wird das Wasser erwärmt, nimmt das Lösungsvermögen für Gase ab. Im Extremfall, wenn das Wasser verdampft (Situation im Dampfkessel), werden sämtliche gelösten Gase abgegeben. Die Gase gehen häufig andere Verbindungen ein. Der freie Sauerstoff z. B. kann sich mit ferritischem Stahl des Kessels verbinden. Bei Dampfkesseln führen diese Verbindungen zu dem gefürchteten Lochfraß. Besonders im Bereich der Speisewasseraufgabe kann es in kürzester Zeit zu punktförmigen Abtragungen kommen.

Deshalb ist es wichtig, dem Kessel Speisewasser die gelösten Gase zu entziehen. Ein bewährtes Mittel für diesen Zweck ist die thermische Speisewasser-Entgasung.

In der Entgasungsanlage wird das Speisewasser durch Erwärmen bis nahe an die Siedetemperatur von allen Gasen weitgehend befreit. Parallel zur Entfernung der gelösten Gase wird das Wasser gleichzeitig mit einem geringen Dampfauflastdruck auf eine Temperatur von 80 bis 105 °C (je nach Apparateauswahl) gehalten, um die erneute Aufnahme von Gasen zu vermeiden.

Zu beachten ist, dass neben Frischwasser auch Kondensat zurückgeführt werden kann, was ebenfalls der Entgasung zu unterziehen ist.

Je nach den Anforderungen an die Qualität des Speisewassers kommen unterschiedliche Bauarten von thermischen Entgasern zum Einsatz.

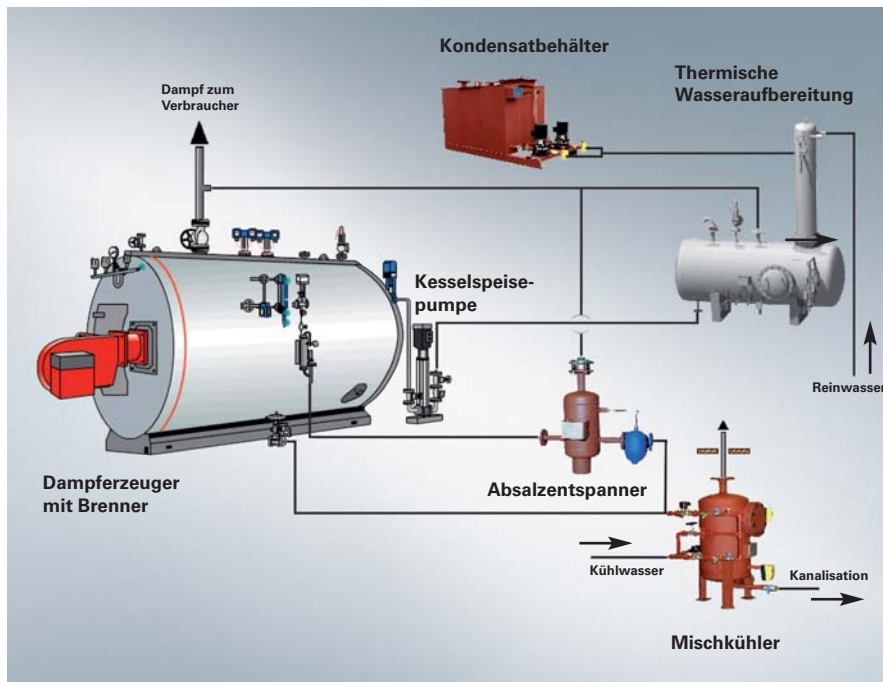


Bild 51: Dampfkessel mit thermischen Apparaten

Hinweise zur Beschaffenheit von Kesselwasser sind in der TRD 611, der EN 12953 und den Merkblättern des VdTÜV enthalten. Die Einhaltung der dort angegebenen Grenzwerte sind Voraussetzung für den zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb einer Kesselanlage.

Für Großwasserraumkessel wird empfohlen, Speisewasser mit einem O<sub>2</sub>-Gehalt < 0,05 mg/kg zu verwenden.

### Die Teilentgasung

Mit Teilentgasung bezeichnet man Entgasungen, die bei atmosphärischem Druck betrieben werden. Teilentgaser sind über die Entlüftungsleitung ständig mit der Atmosphäre verbunden.

Teilentgasung ist die einfachste Form einer thermischen Speisewasseraufbereitung.

Der Teilentgaser ist mit Einbauten zur Verteilung und Verrieselung des zugeführten Frischwassers und des zurückgeführten Kondensates ausgerüstet.

Die Versorgung mit Heizdampf zum Austreiben der Gase erfolgt über eine zentral im unteren Bereich des Behälters eingebaute Lanze. Die Dampfzufuhr wird im einfachsten Fall durch einen mechanischen Temperaturregler angepasst und auf größer 90 °C geregelt. Die Frischwassernachspeisung erfolgt über eine elektrische Niveauregelung.

Teilentgaser kommen in erster Linie in Kesselanlagen mit kleiner Leistung und niedrigen Drücken zum Einsatz. Der bei diesem Entgaser etwas höhere Bedarf an Sauerstoffbindemitteln (siehe Kapitel 4.5.1 – Chemische Wasseraufbereitung) wird in Kauf genommen.

# Komponenten einer Dampfkesseanlage

## Die Vollentgasung

Die thermische Vollentgasung ist das effektivste Verfahren zur Entfernung der im Speisewasser gelösten Gase. Man unterscheidet Hochdruck-, Niederdruck- und Vakuum-Entgasungen.

### – Die Hochdruckentgasung

Die Hochdruckentgasung wird in Prozessen mit der Forderung nach hohen wärmetechnischen Anlagen-Wirkungsgraden eingesetzt. Wegen der hohen Investitionskosten kommt sie jedoch selten zur Anwendung.

### – Die Niederdruckentgasung

Die Niederdruckentgasung hat sich in den weitaus meisten Bedarfsfällen als die beste Lösung erwiesen. Mit der Bezeichnung Vollentgasung ist deshalb auch immer eine Entgasung gemeint, die mit einem geringen Überdruck (ca. 0,1 bis 0,3 bar) arbeitet. Der Begriff „Niederdruck“ beschreibt also einen Prozess, der bei geringfügig höherem Druck als in der Umgebung abläuft. Der Betrieb mit Überdruck gewährleistet, dass Kontakte des Speisewassers mit der Atmosphäre und die Rücklösung von Gasen ausgeschlossen sind.

Die Vollentgasung setzt sich aus den Baugruppen Entgaser und Speisewasserbehälter zusammen. Der Entgaser wird in Form eines Domes direkt auf dem Speisewasserbehälter montiert (Bild 52 und 53).



Bild 52: Entgaser der Niederdruckentgasung auf einem Speisewasserbehälter



Bild 53: Rieselentgaser (Quelle: Powerline GmbH)

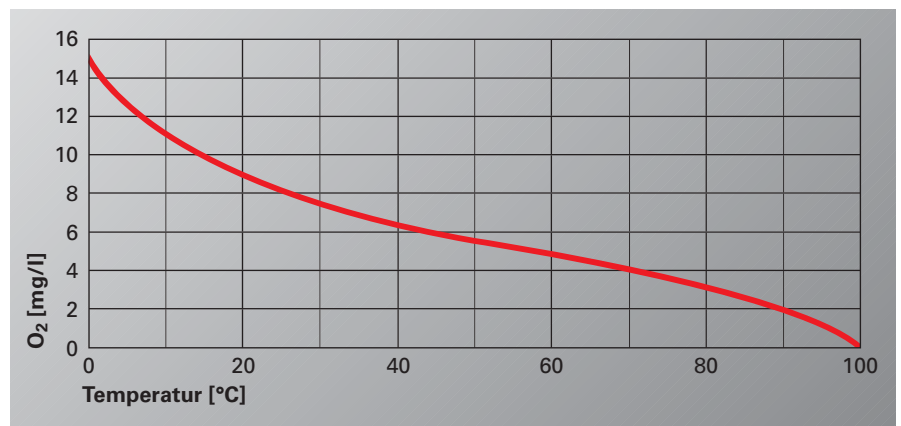


Bild 54: Löslichkeit von Sauerstoff in Abhängigkeit von der Temperatur bei 1 bar in reinem Wasser

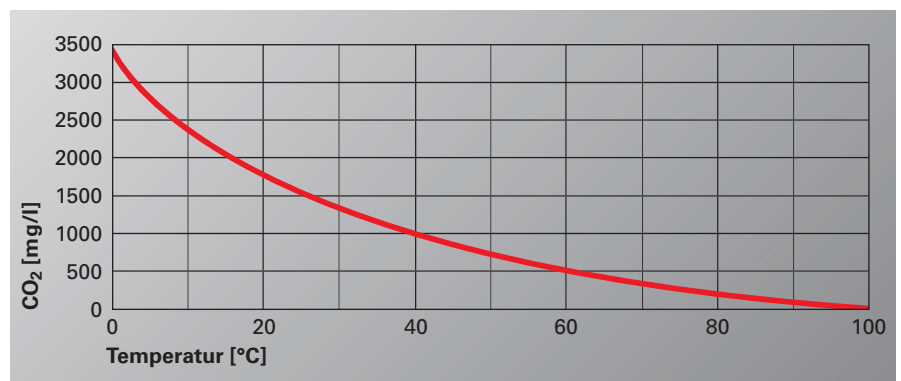


Bild 55: Löslichkeit von Kohlendioxid in Abhängigkeit von der Temperatur bei 1 bar in reinem Wasser (Quelle: TÜV Nord)

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

Die verbreitetste Entgaserbauart ist der Rieselentgaser. Im Rieselentgaser wird das zurückgeführte Kondensat und das zugesetzte Frischwasser über sogenannte Tassen fein verteilt und über die Verrieselung (daher die Bezeichnung Rieselentgaser) stufenweise mit dem Heizdampf zusammengeführt. Die Erwärmung des Wassers und die Abgabe der freigesetzten Gase erfolgt ebenfalls in Stufen.

Als besonders effektiv hat sich eine Weiterentwicklung dieses Entgasers zu einem Rieselentgaser mit einer integrierten Nachkocheinrichtung erwiesen (2-stufige Entgasung).

Zur Vermeidung von Korrosionen sind Entgaser heute komplett aus Edelstahl hergestellt.

Der Speisewasserbehälter dient zur Bevorratung des Kesselspeisewassers in der erforderlichen Menge. Der Behälter ist über den sogenannten Halsstutzen mit dem Entgaser verbunden.

Zur Aufnahme und zur Verteilung des Heizdampfes ist der Speisewasserbehälter mit einer Heizlanze ausgestattet. Hierdurch wird eine Temperatur von 102 °C gewährleistet. Die Lanze ist zentral im unteren Bereich des Behälters fest eingebaut. Bei der einstufigen Entgasung ist die Lanze für den Durchsatz des gesamten Heizdampfes dimensioniert.

Bei der zweistufigen Entgasung dient die Lanze zur Warmhaltung des Wasservorrates.

Bei beiden Varianten ist eine partielle Abkühlung des Speisewassers und die damit verbundene Rücklösung von Gasen ausgeschlossen.

Der Speisewasserbehälter (Bild 56) ist mit Armaturen für die Regelung des Heizdampfes, des Füllstandes und für die Sicherheit sowie mit Anzeigen für die Bedienung und Überwachung ausgerüstet.



Bild 56: Speisewassergefäß mit thermischer Entgasung

## – Die Vakuumentgasung

Die Vakuumentgasung ist wie die Hochdruckentgasung ein Mittel, um den wärmetechnischen Wirkungsgrad einer Anlage zu optimieren. Der Vorteil – Betrieb mit niedrigen Temperaturen – kommt jedoch bei Kesselanlagen, die in der Regel mit Wasser- und Dampftemperaturen deutlich über 100 °C arbeiten, nicht zum Tragen.

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## 4.6 Kondensatbehandlung

Je nach den technologischen Prozessen im Bereich der Dampfanwendung kann der Dampf direkt in das Produkt oder den Prozess eingeleitet werden. In diesen Fällen wird kein Kondensat zurückgeführt. Bei der größten Anzahl der Anwendungen gibt der Dampf seine Wärme allerdings über eine Heizfläche weiter und kondensiert dabei. Das Kondensat wird der Kesselanlage zur weiteren Verwendung zurückgeführt. Technologisch werden zwei Arten der Kondensatrückführung unterschieden.

### 1. Niederdruckkondensat

Bei 90% aller Dampfkesselanlagen wird das Kondensat über offene Kondensatbehälter zurückgeführt. Bei einer Betriebstemperatur von mehr als 100 °C kommt es dabei zu einer Nachverdampfung. Es entstehen ca. 5 bis 15 Gewichts-% in Abhängigkeit von der Druckstufe als Nachdampf aus der Kondensatmenge. Neben dem Energieverlust treten dabei natürlich auch Wasserverluste auf, die durch die Zuführung von Frischwasser mit entsprechender Wasseraufbereitung ersetzt werden müssen. Neben diesen Verlusten nimmt das Kondensat bei offenen Anlagen auch Sauerstoff aus der Atmosphäre auf, der dann zu Sauerstoffkorrosionen im Bereich der Kondensatanlage führen kann.

### 2. Hochdruckkondensat

Bei Hochdruckkondensatanlagen wird das Kondensat in einem geschlossenen System zurückgeführt (ca. 10% der Anwendungsfälle von Dampfkesseln). Unter diesen Bedingungen können keine Verluste durch Nachverdampfung entstehen. Gleichzeitig wird das Eindringen von Luft-sauerstoff in das Kondensatsystem verhindert.

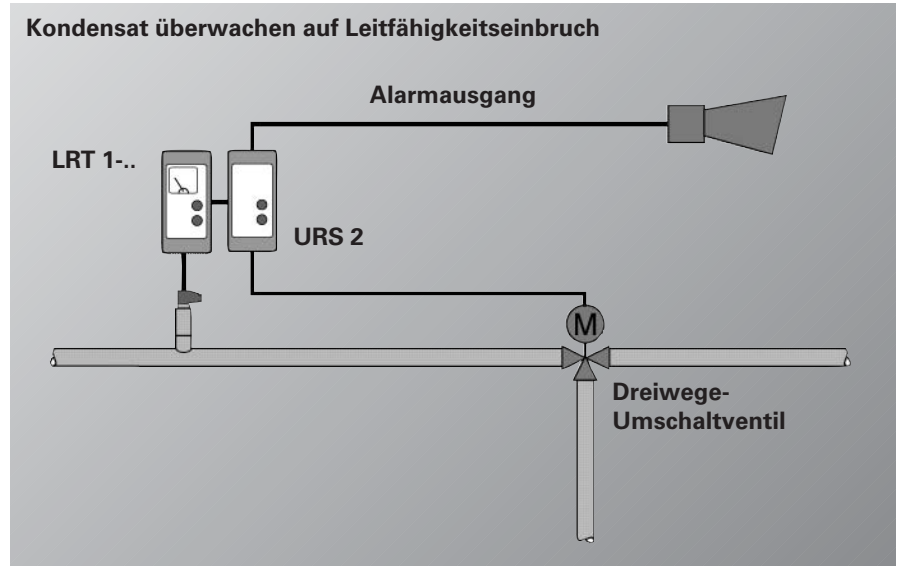


Bild 57: Kondensatüberwachung (Gestra-Leitfähigkeitsmesszelle)  
(Quelle: Gestra)

Derartige Anlagen sind dann sinnvoll, wenn sie mit einem Überdruck von mindestens 5 bar arbeiten. Zu beachten ist, dass alle Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen und Behälter für diesen Druck auszulegen sind. Die Behälter (z. B. Kondensatsammelbehälter, Speisewasserbehälter) sind überwachungsbedürftige Druckgefäße nach DGRL und unterliegen damit der Überwachung durch eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS).

Bei der Planung von Neuanlagen bzw. auch bei einer energetischen Beurteilung von vorhandenen Anlagen ist zu entscheiden, welches System eingesetzt werden soll. Durch eine optimale Kondensatwirtschaft und auch durch eine Nutzung des Nachdampfes lassen sich erhebliche Betriebskosten einsparen.



Bild 58: Kondensat-Sammelbehälter

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## Kondensataufbereitung

Kondensate können auf Grund der technologischen Prozesse und durch Korrosionsprodukte mit Fremdstoffen belastet sein. Da das Kondensat wieder als Speisewasser verwendet wird, müssen die Anforderungen an die Wasserqualität eingehalten werden.

Als typische Kondensatverunreinigungen können auftreten:

- mechanische Verunreinigungen (Korrosionsprodukte)
- Härteeinbrüche (Trink- oder Brauchwasserleckagen bei Wärmetauschern)
- Säuren und Laugeneinbrüche (ungewollte Vermischungen bei der Beheizung von Säure- oder Laugebädern)
- Öle und Fette (Lebensmittelindustrie, Ölvorwärmer).

Je nach Verunreinigung werden die erforderlichen Wasseraufbereitungsverfahren z. B. Filtration, Entölung, Enthärtung, Vollentsalzung vorgesehen. Bei der Planung ist zu beachten, dass die Kesselvorschriften bei einem Betrieb ohne Beaufsichtigung automatische Analysengeräte zur Kondensatüberwachung vorsehen.

Bei der Feststellung von Verunreinigungen im Kondensat ist das verunreinigte Kondensat aus dem Wasser-Dampf-Kreislauf auszuschleusen. Die Probeentnahmestellen müssen immer im Zulauf der Kondensate vor dem Sammelbehälter angeordnet werden, damit das verunreinigte Kondensat nicht in den Behälter fließen kann. Das Kondensat ist über Dreiwegeventile auszuschleusen.

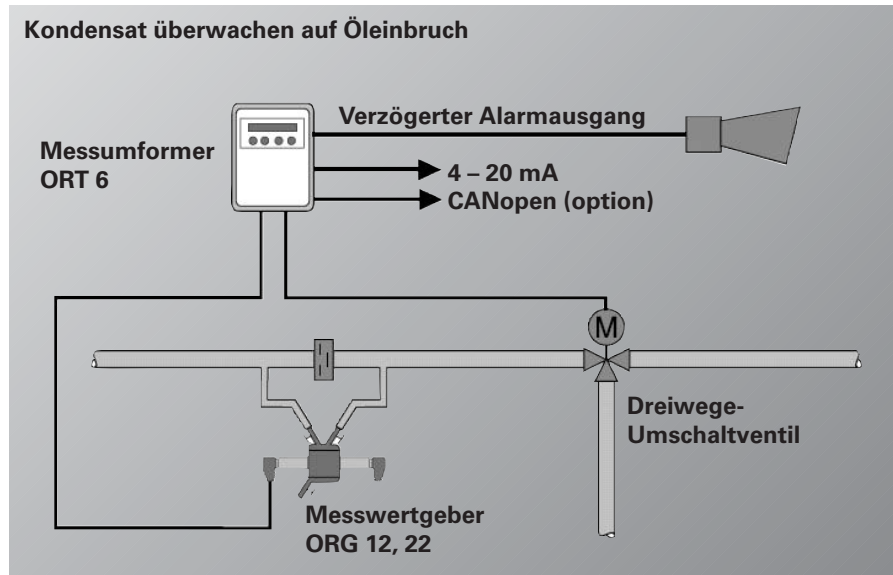


Bild 59: Öleinbruchüberwachung  
(Quelle: Gestra)



Bild 60: Öleinbruchüberwachung  
(Quelle: Gestra)

# Komponenten einer Dampfkesselanlage

## 4.7 Steuer- und Schaltanlage

In der Steuer- und Schaltanlage, z. B. dem Schaltschrank Vitocontrol (Bild 61), befinden sich alle Komponenten zur Ansteuerung der kessel-spezifischen Regel- und Steuerungseinrichtungen von Dampfkesselanlagen.

Darüber hinaus befinden sich im Schaltschrank auch die Komponenten, die für den beaufsichtigungsfreien vollautomatischen Betrieb der Kessel mit 24- oder 72-Stunden-Überwachung nach TRD 604 notwendig sind. Dazu zählen alle Bauteile „Besonderer Bauart“\*, die für den Betrieb einer Dampfkesselanlage erforderlich sind.

Die Ansteuerung der Steuer- und Regelgeräte erfolgt idealerweise über eine Speicher-Programmierbare Steuerung (SPS). Bedienung und Parametrierung des Kessels erfolgen über ein zentrales vollgrafisches Farbdisplay (Touch-Panel) (Bild 62).

Mittels dieses Displays werden auch alle Funktionen mit den dazugehörigen Betriebszuständen, Soll- und Istwerten dargestellt.

Die Erfassung der Betriebsstunden für den Brenner und die Speisewasserpumpen erfolgt ebenfalls über die SPS.

Bei Zweistoffbrennern geschieht die Aufzeichnung der Betriebsstunden des Brenners und die Anzahl der Brennerstarts getrennt nach Brennstoff. Alle Störmeldungen werden mit Datum und Uhrzeit erfasst und protokolliert. Die Störmeldungen werden zusätzlich als Historie gespeichert, so dass das Auftreten von Störungen, deren Quittierung und die Beseitigung der Störung dokumentiert sind.

\* Besondere Bauart liegt vor, wenn im elektrischen und mechanischen Teil in jedem Gerät eine regelmäßig ablaufende Prüfung selbstständig erfolgt (z. B. bei Elektrodenwasserstandgeräten die Überwachung des Isolationswiderstandes, bei Tauchkörpergeräten die automatische Funktionsprüfung, bei außenliegenden Geräten das Durchblasen der Verbindungsleitungen).



Bild 61: Schaltschrank Vitocontrol

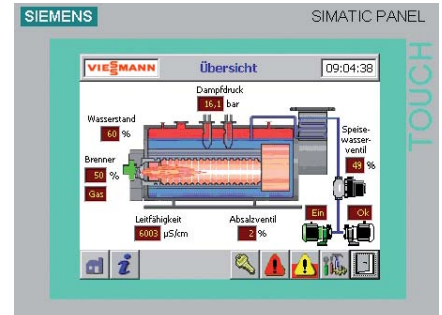


Bild 62: Display

### Hauptfunktionen:

#### Brenner-Leistungsregelung

Der Druck des Kessels wird mit einer Sonde gemessen und als analoges Signal zur SPS übertragen. Die SPS regelt den Druck auf einen vom Bediener vorgegebenen Sollwert. Aus der Abweichung Soll-Druck – Ist-Druck ermittelt der Leistungsregler den Modulationsgrad des Brenners oder die jeweilige Brennerstufe, abhängig von der Konfiguration.

#### Wasserstand-Niveauregelung

Die in der SPS hinterlegte Niveauregelung des Dampfkessels kann als 2-Punkt-Regelung über das Zu- und Abschalten der Speisewasserpumpen oder als kontinuierliche Regelung über ein Speisewasser-ventil realisiert sein.

Durch das Zu- und Abschalten der Speisewasserpumpe(n) bzw. zusätzlich durch die Stellung des Speisewasser-ventils wird dem Kessel die Menge an Speisewasser zugeführt, die benötigt wird, um den Sollwasserstand des Kessels zu halten. Bei Vorhandensein von zwei Speisewasserpumpen erfolgt turnusmäßig bzw. bei Störung einer Pumpe eine Pumpenumschaltung.

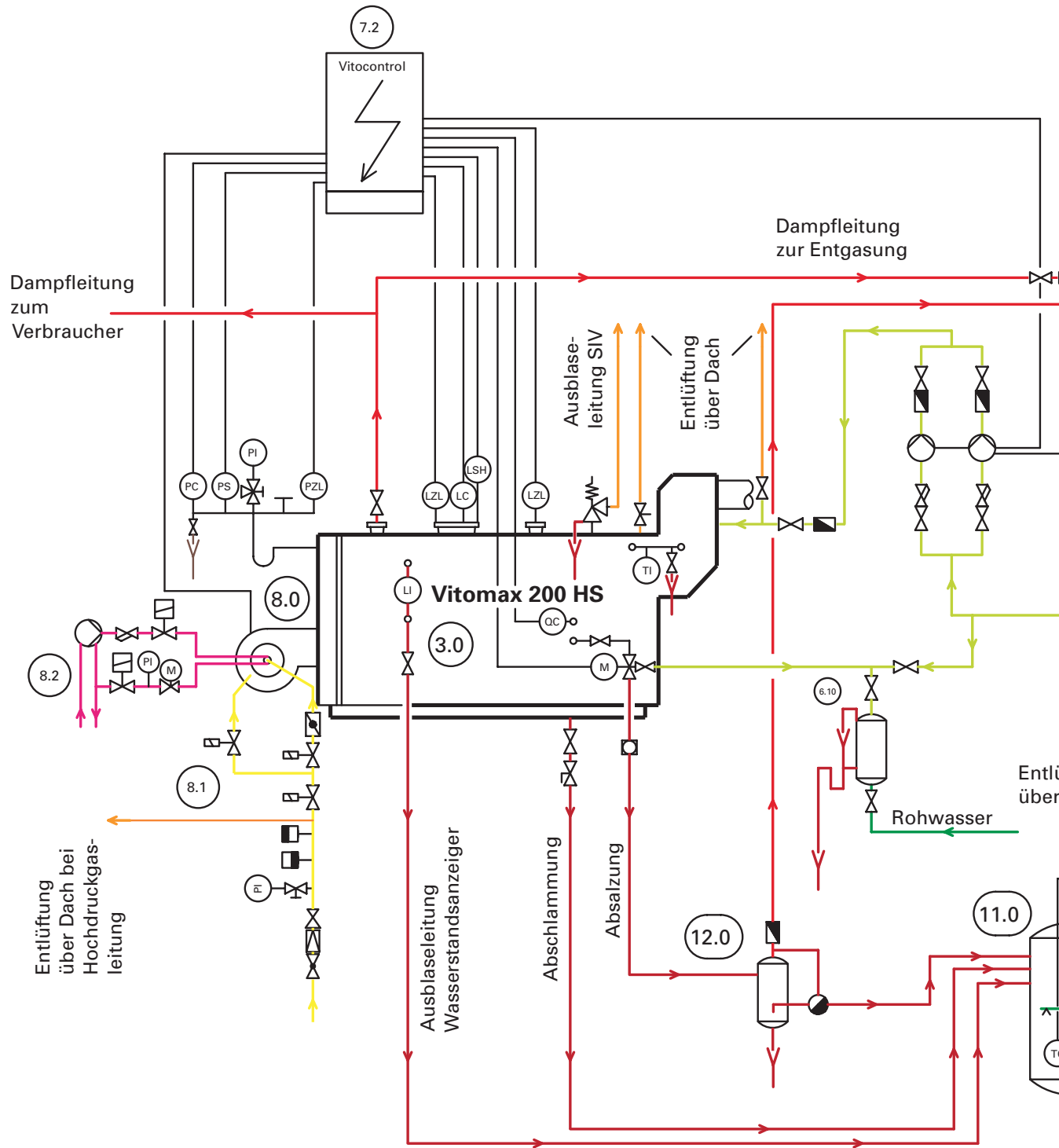
#### Leitfähigkeit Kesselwasser-Absalzregelung

Die Funktion „Absalzung“ wird optional durch eine kontinuierliche Regelung in der SPS realisiert. Die Leitfähigkeit des Wassers wird mittels Sonde gemessen und als analoges Signal auf die SPS geschaltet. Der Sollwert „Salzgehalt“ und die Regelparameter werden über das Bedienteil vorgegeben. Bei zu hohem Salzgehalt öffnet das Absalzventil, es wird salzhaltiges Wasser abgelassen.

#### Abschlammsteuerung

Die Ansteuerung des Abschlamm-ventils kann optional durch die SPS in Abhängigkeit von den hinterlegten Werten für Intervalllänge zwischen zwei Abschlämungen und der Dauer der Ansteuerung des Ventils erfolgen.

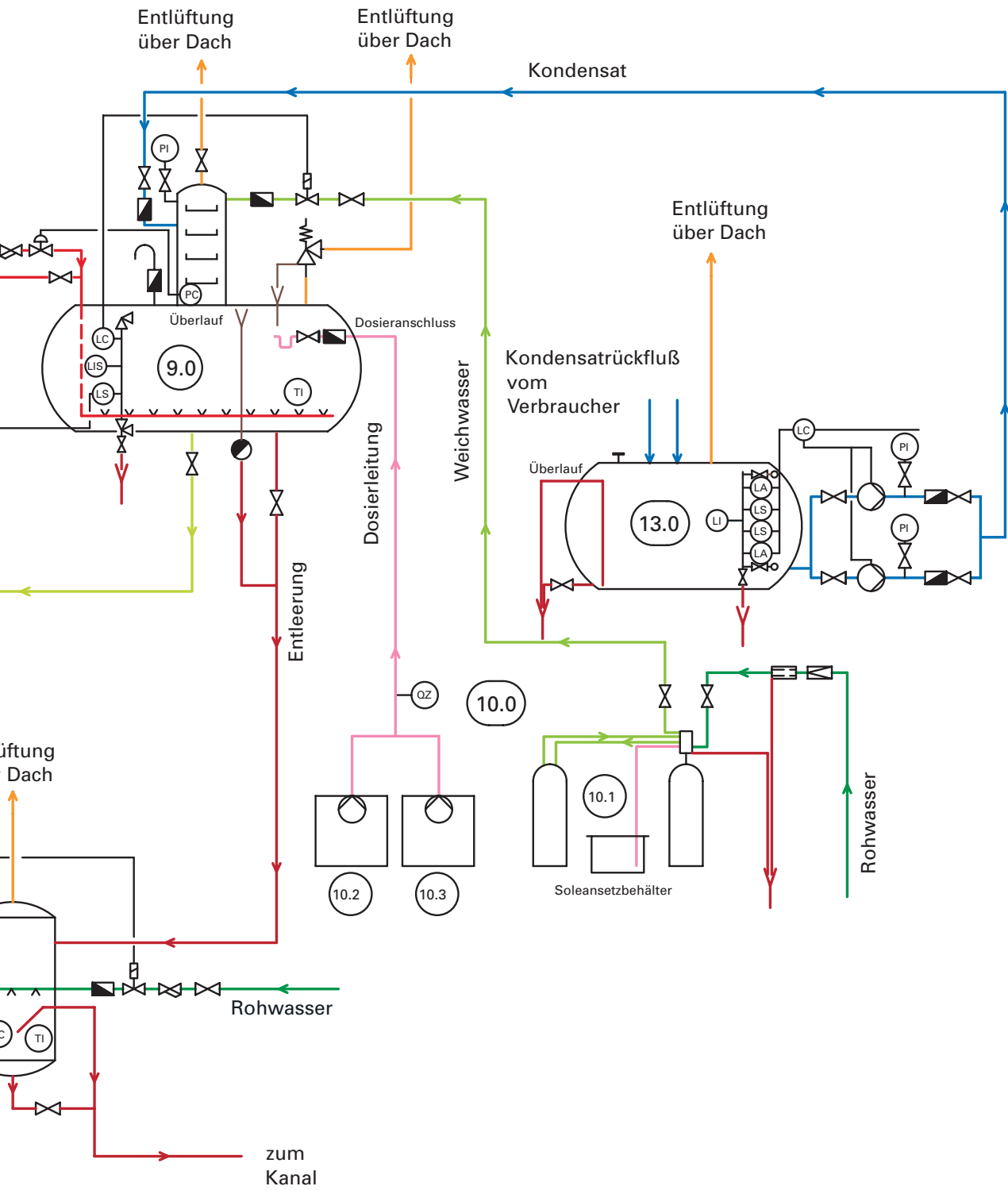
Weitere Funktionen, wie z. B. die Ansteuerung einer Abgasklappe, Ansteuerung einer Bypassklappe, Umschaltung auf zweiten Sollwert (Druck) sind ebenfalls in der SPS integriert.



Leitungsarten	Nummerierung		
<span style="color: red;">—</span> Dampfleitung	3.0 KESSEL	8.1 Gasarmaturenstrecke	10.2 Härtestabilisierung
<span style="color: orange;">—</span> Ausblaseleitung	4.0 ECONOMISER	8.2 Oelarmaturenstrecke	10.3 Sauerstoffbinder
<span style="color: lightgreen;">—</span> Speisewasser	6.10 Probeentnahmekühler	9.0 THERMISCHE WASSERAUFBEREITUNG	11.0 MISCHKÜHLER
<span style="color: green;">—</span> Rohwasser	7.2 Schaltschrank	10.0 CHEMISCHE WASSERAUFBEREITUNG	12.0 ABSALZENTSPANNUNG
<span style="color: yellow;">—</span> Weichwasser	8.0 FEUERUNG	10.1 Doppelpendelenthärtungsanlage	13.0 KONDENSATSTATION
<span style="color: yellow;">—</span> Gasleitung			
<span style="color: pink;">—</span> Oelleitung			
<span style="color: red;">—</span> Abwasser			
<span style="color: blue;">—</span> Kondensat			
<span style="color: pink;">—</span> Dosierung			
<span style="color: black;">—</span> Steuerleitung			

Bild 63: Bestandteile einer Dampfkesselanlage





Diese Zeichnung dient nur zur Information. Die Anordnung von nicht direkt am Kessel befestigten Komponenten, von Komponenten, die nicht zum Lieferumfang von Viessmann gehören sowie der Leitungsverlauf sind nur informativ dargestellt. Die Zeichnung stellt kein RI-Schema dar und kann als solches nicht verwendet werden.



	Kennbuchstabe	als Erstbuchstabe	als Folgebuchstabe
	C		selbsttätige Regelung
	H	Manuell	High
	I		Anzeige
	L	Füllstand	Low
	M	Motor	
	P	Druck	
	Q	Qualität, Analyse	
	S		Schaltung, Steuerung
	T	Temperatur	
	V		Ventil
	Z		sicherheitsrelevanter Steuereingriff

Projekt	<b>Dampfkesselanlage mit Dualbrenner und integriertem Eco</b>		Z.-Nr.	Maßstab
			1	
Plan-Inhalt	<b>Grundlagenschema Vitomax 200 HS</b>		Datum	Name

# 5 Auslegung

## 5.1 Druck und Leistung

Bei der technischen Anwendung des Dampfes werden Drücke allgemein als Überdruck in bar angegeben. Die Leistung des Dampfkessels wird in kg/h oder t/h angegeben. Sie stellt die maximal mögliche Dauerleistung des Kessels dar und wird auf dem Typenschild (Bild 65) vermerkt. Das Zubehör wird auf diese Leistung abgestimmt. Die minimal mögliche Dauerleistung des Kessels wird durch die minimale Brennerleistung bestimmt.

### Arbeitsdruck

Als Arbeitsdruck wird der am Kesselstutzen zur Verfügung stehende Druck bezeichnet. Wie hoch dieser sein muss, wird durch die zu versorgenden Abnehmer und die Gestaltung des zur Verteilung notwendigen Dampfnetzes bestimmt. Der Druck am Kesselstutzen muss also immer höher sein als der am Verbraucher benötigte.

### Zulässiger Betriebsüberdruck

Der zulässige Betriebsüberdruck ist gleich dem Ansprechdruck des Sicherheitsventiles und wird auf dem Typenschild dokumentiert. Er gibt den maximal möglichen Druck an, mit dem der Kessel betrieben werden darf. Um einen möglichst störungsfreien Betrieb des Dampfkessels zu ermöglichen, muss die Differenz zwischen Arbeitsdruck und zulässigem Betriebsüberdruck bei Niederdruck-Dampfkesseln mindestens 0,2 bis 0,3 bar und bei Hochdruck-Dampfkesseln mindestens 1,5 bar betragen.

### Einteilung in Niederdruck- und Hochdruck-Dampfkessel

Als Niederdruck-Dampfkessel werden Dampferzeuger mit einem zulässigen Betriebsüberdruck kleiner gleich 1 bar bezeichnet. Bis 0,5 bar fallen diese Kessel nicht unter die



Bild 64: Hochdruck-Dampferzeuger Vitomax 200 HS (4 t/h, Gärtnerei)

Druckgeräterichtlinie, die Auslegung erfolgt nach „Guter Ingenieurpraxis“. Größer 0,5 bar bis 1 bar erfolgt die Auslegung nach Druckgeräterichtlinie jedoch mit geringeren Anforderungen als Hochdruck-Dampfkessel größer 1 bar.

Für die Ausrüstung und Aufstellung können ebenfalls erleichterte Bedingungen gelten.

Einsatzgebiete für Niederdruck-Dampfkessel sind beispielsweise:

- Großbäckereien
- Fleischereien
- Dampfheizungen

Hochdruck-Dampferzeuger werden als Großwasserraumkessel mit einem zulässigen Betriebsüberdruck größer 1 bis 25 bar gebaut. Einsatzgebiete für Hochdruck-Dampfkessel sind beispielsweise:

- Lebensmittelindustrie (Brauereien, Molkereien)
- Papierindustrie
- Pharmazeutische Industrie
- Baustoffindustrie




VITOMAX 200 HS		VIESSMANN	
Hochdruckdampferzeuger			
Herstell-Daten			
187005172			
Typ	M235 056		
Baujahr	2005		
Zul. Betriebsdruck	PS =	10 bar	
Dampferzeugung	m <sub>D</sub> =	10000 kg/h	
Wasserinhalt: gesamt / NW (LWL)	V =	22400 / 17800 l	
Prüfdruck	PT =	33,7 bar	
CE-0035	 		SQL01079M
Viessmann Werke GmbH & Co KG D-35107 Allendorf			XXXX XXX

Bild 65: Typenschild

## Festlegung der Dampfleistung

Wird dem Kessel durch die Verbraucher mehr Dampf als die maximal mögliche Dauerleistung entzogen, werden verstärkt Wassertröpfchen aus dem Kessel mitgerissen. Das beeinträchtigt nicht nur die Dampfqualität sondern hat auch Verkrustungen an Armaturen und sonstigen Einbauten in der Dampfleitung zur Folge. Außerdem sinkt der Dampfdruck und damit die Temperatur im Kessel, was unter Umständen die ausreichende Versorgung der Verbraucher gefährden kann.

Deshalb ist es wichtig zu wissen, welche Verbraucher durch den Kessel versorgt werden müssen und wie hoch der jeweilige Dampfbedarf ist. Dabei muss beachtet werden, dass neben dem zu Produktionszwecken benötigten Dampf auch der Eigenbedarf z. B. für die thermische Wasseraufbereitung oder den Heizdampf erfasst wird. Aus der Addition der Teilleistungen, ggf. unter Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors, ergibt sich die mindestens zu installierende Dampfleistung (Bild 66).

Ebenso sollten mit dem zukünftigen Betreiber Fragen zur Verfügbarkeit bzw. Besicherung (Sicherung einer Grundversorgung bei Störung oder Wartung, Reservekessel) besprochen werden. Damit kann eine sinnvolle Aufteilung auf mehrere Kesseleinheiten erfolgen.

## 5.2 Eigenenergiebedarf einer Dampferzeugeranlage

Der Eigenenergiebedarf einer Dampferzeugeranlage wird im wesentlichen durch die elektrische Leistung der Antriebe der einzelnen Hauptkomponenten bestimmt. Die Hauptverbraucher sollen nachfolgend kurz beschrieben werden.

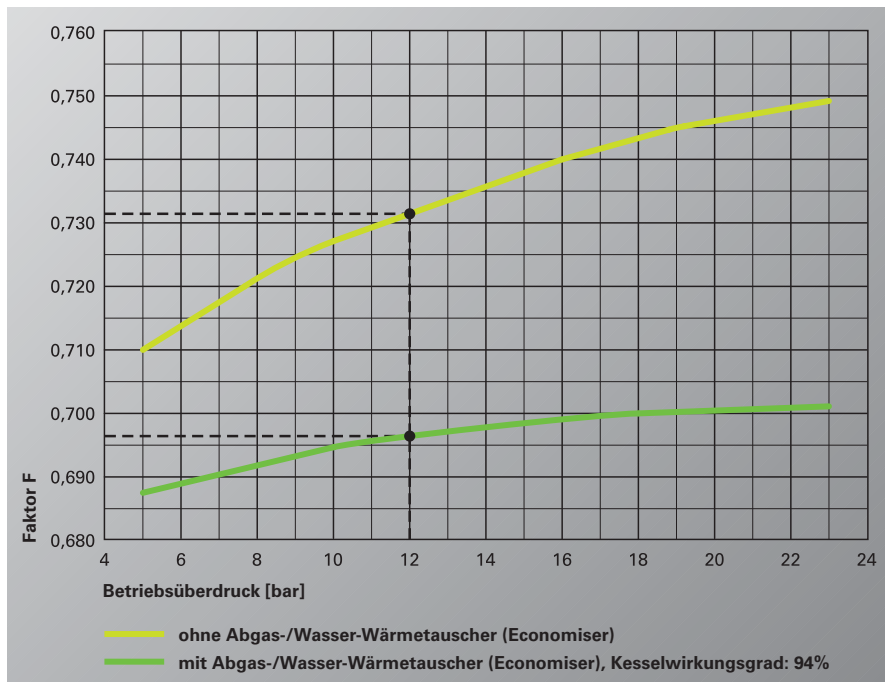


Bild 66: Faktor zur Ermittlung der Feuerungswärmeleistung mittels der Dampfleistung

Feuerungsleistung in kW = Faktor F • Dampfleistung in kg/h

### Beispiel:

Dampfleistung: 10000 kg/h, Betriebsdruck: 12 bar

Betrieb ohne Economiser:

Faktor F = 0,732 (siehe Diagramm) ergibt eine Feuerungswärmeleistung von 7320 kW

Betrieb mit Economiser (Kesselwirkungsgrad 94%):

Faktor F = 0,697 (siehe Diagramm) ergibt eine Feuerungswärmeleistung von 6970 kW

## Kesselspeisepumpen zur Versorgung der Dampferzeuger mit Speisewasser

Je nach zulässigem Betriebsdruck des Dampferzeugers und der zu fördernden Wassermenge wird die notwendige Antriebsleistung des Pumpenmotors bestimmt.

Der elektrische Eigenbedarf der Pumpe richtet sich dann nach der Dampfleistung und dem Betriebsüberdruck des Dampferzeugers zu einem bestimmten Zeitpunkt. Er wird nach folgender Gleichung bestimmt:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot \dot{V}}{\eta}$$

P = Leistungsbedarf [W]  
 $\dot{V}$  = Förderstrom [m<sup>3</sup>/s] ist aus der Heizleistung und dem Temperaturunterschied  $\Delta t$  zwischen Vor-/Rücklauf zu bestimmen  
 $\rho$  = Dichte des Wassers [kg/m<sup>3</sup>]  
 H = Förderhöhe [m]  
 $\eta$  = Wirkungsgrad der Pumpe

Daraus ist zu entnehmen, dass der Leistungsbedarf der Pumpe sowohl zur Förderhöhe als auch zur Fördermenge direkt proportional ist.

# Auslegung

## **Brenneranlage des Dampferzeugers**

Je nach Brennstoffart sind unterschiedliche Verbraucher enthalten:

- Das Verbrennungsluftgebläse saugt die Verbrennungsluft aus dem Kesselaufstellraum oder direkt über ein Kanalsystem von außerhalb des Kesselhauses an und versorgt damit den Brenner.
- Bei flüssigen Brennstoffen (z. B. HEL – leichtes Heizöl) sind außerdem die Hochdruckölpumpen des Brenners elektrisch zu versorgen.

## **Weitere elektrische Verbraucher**

Wenn die Kesselanlage außer Betrieb geht, wird von einer Reihe von Anlagenbetreibern gefordert, den Abgaskanal mit Hilfe einer elektrisch angetriebenen Abgasklappe abzusperren. Mit dieser Maßnahme wird die Auskühlung des Kessels gemindert.

Der Dampf aus dem Dampferzeuger wird zur Versorgung von technischen Verbrauchern und zu Heizzwecken genutzt. Das Kondensat wird in den meisten Fällen in Kondensatbehältern in der Abnehmeranlage gesammelt und dann mit elektrisch betriebenen Kondensatpumpen zurück zur Dampferzeugeranlage gefördert.

Die elektrische Leistung der Kondensatpumpe berechnet sich ebenfalls nach der Formel auf Seite 35.

Weitere elektrische Verbraucher sind die chemische Wasseraufbereitung, Stellantriebe von Absperrarmaturen und Regelventilen, Ringleitungspumpen im Heizölsystem, Magnetventile zur Zusatzwasserregelung und Kleinverbraucher wie Schaltschrankbeleuchtung, Notbeleuchtung des Kesselhauses und Anlagenbeleuchtung.

Um den elektrischen Eigenbedarf zu minimieren, werden häufig elektrische Antriebe mit Frequenzumrichter ausgerüstet. Halbiert man zum Beispiel die Drehzahl einer Pumpe, um die halbe Fördermenge zu realisieren, dann beträgt die zugehörige Antriebsleistung für die Pumpe nur noch ein Achtel.

Im Rahmen der Planung ist die Analyse der Abnehmeranlage eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz von Frequenzumrichtern.

## **Eigenbedarf an Dampf**

Als Eigenbedarf zählt auch der Verbrauch von Heißdampf zur Versorgung der thermischen Wasseraufbereitung. Das Zusatzwasser aus der chemischen Wasseraufbereitung mit einer Temperatur von ca. 10 °C sowie das Abnehmerkondensat mit ca. 85 °C werden mittels Dampf auf 102 °C aufgeheizt, um über den Entgaser die ursprünglich im Wasser gelösten Gase an die Atmosphäre abzuleiten.

Das Zusatzwasser aus der chemischen Wasseraufbereitung gleicht die Wasserverluste des Systems aus, also die Absalz- und Abschlämmverluste sowie die Kondensatverluste bei den Dampfabnehmern.

Je höher der Zusatzwasseranteil ist, desto höher ist also auch der Eigenbedarf an Dampf zur Aufwärmung. Die abgeleiteten Brüden sind ebenfalls Verluste und werden mittels Zusatzwasser ausgeglichen.

## **Zusammengefasst kann gesagt werden:**

Für die Bestimmung des Eigenbedarfs einer Anlage ist immer die entsprechende Anlagenleistung und der augenblickliche Anlagenzustand zu definieren!

# Auslegung

## 5.3 Kesselspeisewasserniveauregelung

Die Kesselspeisepumpen versorgen den Dampferzeuger entsprechend der geforderten Dampfleistung mit Speisewasser. Man unterscheidet die diskontinuierliche und die kontinuierliche Niveauregelung. Die Regelgröße ist dabei der Füllstand des Dampferzeugers.

### *Diskontinuierliche Niveauregelung*

Der Wasserstand wird zwischen zwei fest einstellbaren Schaltepunkten „Pumpe aus“ und „Pumpe ein“ gesteuert. Das Signal der Niveauelektrode wirkt auf die Pumpe (Bild 67).

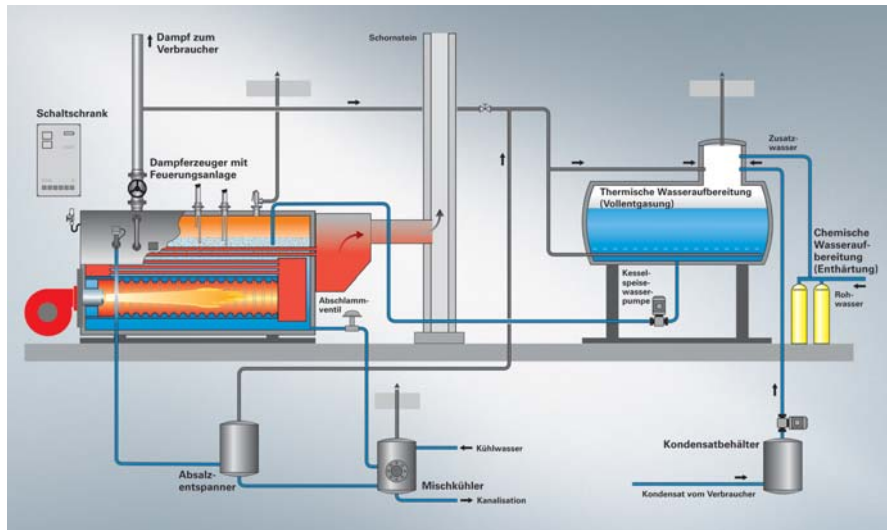


Bild 67: Diskontinuierliche Niveauregelung

### *Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasserregelventil*

Ziel der Regelung ist es, das Niveau im Kessel auf einem festgelegten Sollwert nahezu konstant zu halten. Der Istwert wird kontinuierlich über eine Niveausonde erfasst und in einem Regler mit dem Sollwert verglichen. Bei Lastschwankungen wird dann durch Öffnen bzw. Schließen des Speisewasserregelventils auf das gewünschte Sollniveau geregelt. Mit einer drosselbaren Mindestmengenleitung wird eine bestimmte Menge zum Speisewasserbehälter zurückgefördert. Die Mindestfördermenge gewährleistet die Kühlung der Pumpe (Bild 68).

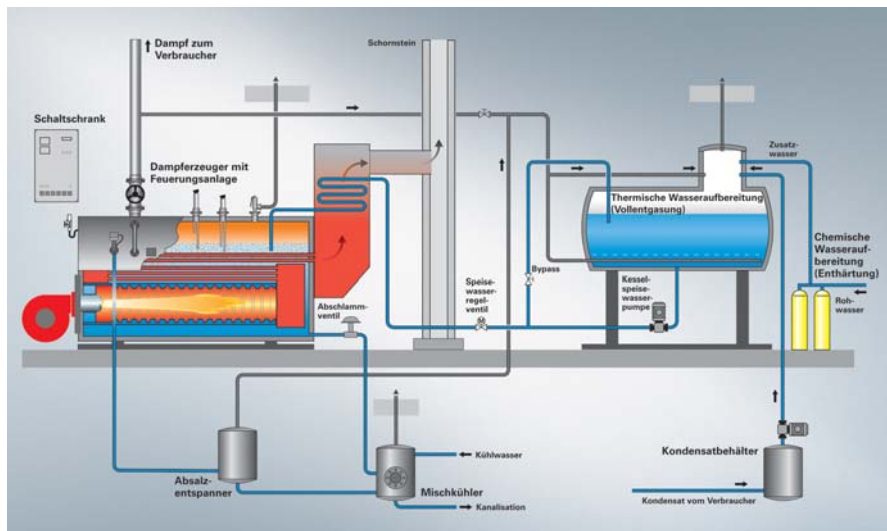


Bild 68: Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasserregelventil

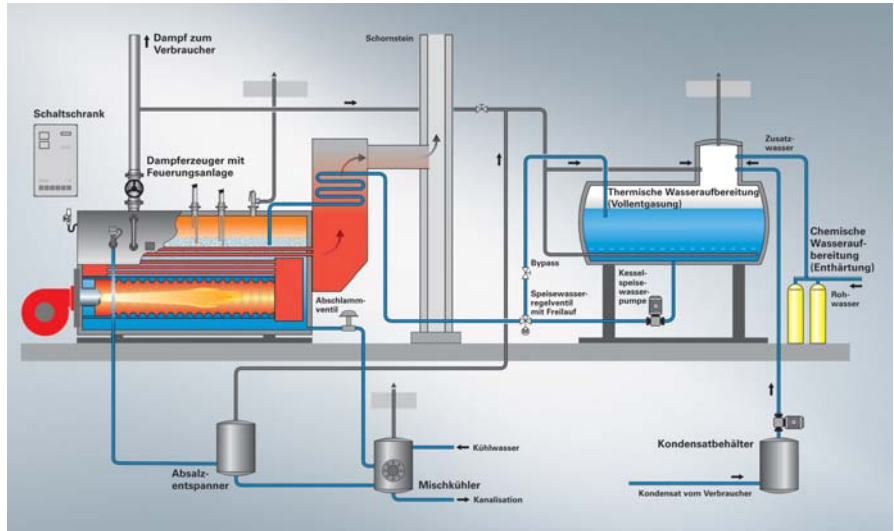
# Auslegung

## **Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasserregelventil mit Freilauf**

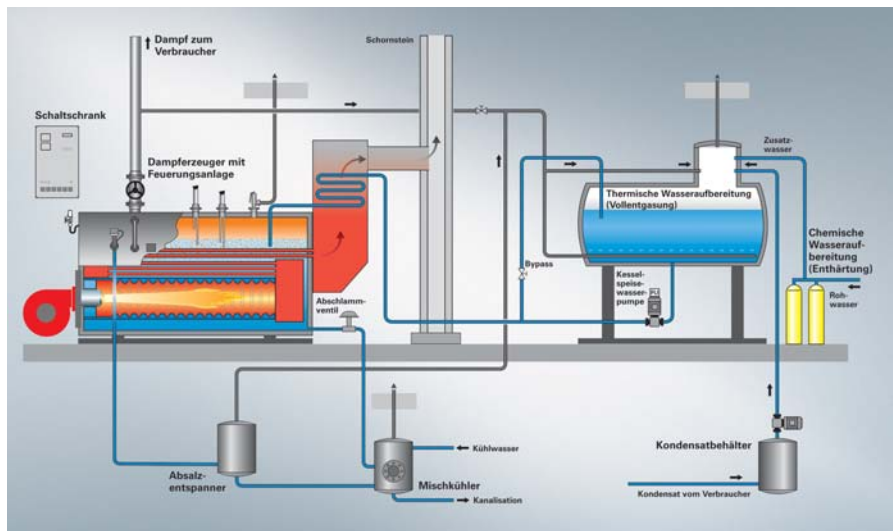
Sobald der Hauptförderstrom eine bestimmte Fördermenge unterschreitet, öffnet das Freilauf-Rückschlagventil (Bypass) so weit, dass stets die erforderliche Pumpenmindestmenge (zwecks Kühlung) abgeführt werden kann (Bild 69).

## **Kontinuierliche Niveauregelung mittels Drehzahlregelung der Pumpe**

Ziel der Regelung ist es, das Niveau im Kessel auf einen festgelegten Sollwert nahezu konstant zu halten. Bei Lastschwankungen wird zur Erreichung des Sollniveaus die Förderleistung der Pumpe durch stufenlose Drehzahlverstellung (hier durch aufgesetzten Frequenzumrichter) dem veränderten Bedarf angepasst. Durch diese bedarfsabhängige Drehzahloptimierung wird elektrische Energie eingespart. Zusätzlich können somit Regelarmaturen vor dem Kessel eingespart werden (Bild 70).



**Bild 69:** Kontinuierliche Niveauregelung mittels Speisewasserregelventil mit Freilauf



**Bild 70:** Kontinuierliche Niveauregelung mittels Drehzahlregelung der Pumpe

# Auslegung

## 5.4 Erlaubnisverfahren für Dampfkesselanlagen in Deutschland

Als rechtliche Grundlage „im Bereich der Sicherheit und des Arbeitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung, der Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes“ gilt die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

Im § 13 sind die maßgeblichen Schritte zur Erlangung der Erlaubnis verankert. Die BetrSichV konkretisiert die grundlegenden Anforderungen aus Europa für das nationale deutsche Recht.

Für die Kessel der Kategorie IV nach dem Diagramm der DGRL (siehe Bild 14, Seite 10) ist eine Erlaubnis für die Montage, die Installation und den Betrieb erforderlich. Als ersten Schritt muss bei einer zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS) nach Wahl des Betreibers (noch bis zum 31.12.2007 sind dies die für den Aufstellungsort der Anlage zuständigen Technischen Überwachungsvereine) eine gutachterliche Äußerung beantragt werden. Dazu ist zu empfehlen, dass im Voraus ein Vorortgespräch mit dem Sachverständigen beim TÜV geführt wird, um schon vor der Beantragung alle technischen Fragen zu klären. Dadurch kann das Verfahren verkürzt und eventuell auch Kosten eingespart werden.

Für die gutachterliche Äußerung werden mindestens nachstehende Unterlagen gefordert:

- Aufstellungszeichnung der Kesselanlage
- Lageplan mit Kesselaufstellungsraum – aus dem Lageplan muss die Zweckbestimmung der benachbarten Räume erkennbar sein
- Formblatt Beschreibung der Kesselanlage
- Beiblätter zur Beschreibung der Kesselanlage
  - Aufstellung
  - Gasversorgung
  - Öllagerung
  - Abgas-Wärmetauscher
  - Feuerung
  - Betrieb ohne Beaufsichtigung
- Elektroschaltpläne für die Sicherheitstechnik und Feuerung

Nach Vorliegen der gutachterlichen Äußerung durch die ZÜS ist durch den Betreiber bei der für den Aufstellungsort zuständigen Behörde (Gewerbeaufsichtsämter) der Antrag auf Erlaubnis zu stellen. Mit dem Antrag sind die Unterlagen für die gutachterliche Äußerung und die durch die ZÜS erstellte Äußerung mit einzureichen.

Die Behörde muss innerhalb von drei Monaten über den Antrag entscheiden. Die Erlaubnis kann mit Auflagen verbunden sein, die bei der Montage zu berücksichtigen sind. Nach Erteilung der Erlaubnis durch die Behörde kann erst mit der Montage und Installation begonnen werden.

# Auslegung

## 5.5 Mehrkesselanlagen

Aus Gründen der Versorgungssicherheit der Dampfkesselanlage, z. B. in Krankenhäusern für die Sterilisation oder aus unterschiedlichem Dampfbedarf über einen bestimmten Zeitraum (Tag/Nacht, Sommer/Winter) werden Mehrkesselanlagen eingesetzt. Die Frage, wie viele Kessel in einer Anlage und mit welcher Leistung aufgestellt werden sollen ist kein sicherheitstechnischer Aspekt, sondern nur von der Versorgungssicherheit unter Beachtung der geringsten Betriebskosten zu betrachten.

Bei einer Einkesselanlage ist zu berücksichtigen, dass der Leistungsbereich des Kessels nur von dem Regelbereich der Feuerung abhängt. Moderne Gasbrenner können bis auf ca. 10% der Kesselleistung geregelt werden. Fällt der Dampfbedarf noch unter diesen Regelbereich geht der Kessel in Aussetzbetrieb. Eine bedarfsgerechte Dampfversorgung ist damit gesichert.

Anlagen mit mehreren Kesseln werden überwiegend mit einer Folgeschaltung betrieben. Die Folgeschaltung gestattet einen dem Dampfbedarf entsprechenden Kesselbetrieb unter der Sicht einer kostengünstigen Betriebsweise und auch unter dem Aspekt einer hohen Versorgungssicherheit. Die kostengünstige Betriebsweise resultiert aus den verminderten Brennerstartvorgängen und dem Betrieb der Kessel im mittleren Lastbereich mit geringen Abgasverlusten.

Jeder Kessel hat grundsätzlich seine eigene Kesselsteuerung und kann über diese Steuerung autark gesteuert und betrieben werden. Als Steuerung sollte eine SPS vorgesehen werden. Die Folgeschaltung, ebenfalls über eine SPS, ist den einzelnen Kesselsteuerungen übergeordnet. Über die SPS der Folgesteuerung



**Bild 71:** Dampfversorgung im Krankenhaus AMH Chorzow Polen – drei Hochdruck-Dampferzeuger Vitomax 200 HS mit 2,4 t/h (8 bar) versorgen die Heizung, Wäscherei und Sterilisation mit Dampf

wird der Führungskessel und die Reihenfolge der weiteren Folgekessel festgelegt. Kessel die z. B. in Revision sind oder auf Grund eines längerfristigen geringeren Dampfbedarfs nicht benötigt werden, deshalb konserviert wurden, müssen aus der Folgeschaltung herausgenommen werden. Der Führungskessel wird entsprechend der Programmierung der SPS nach einem festgelegten Zeitraum und einer festgelegten Reihenfolge automatisch gewechselt. Die Zuschaltung eines Reservekessels erfolgt dann, wenn der Kessel, der in Betrieb ist über einen vorgegebenen Zeitraum mit einer Leistung von z. B. 80% fährt. Die Feuerung des Folgekessels geht in Betrieb und nach Erreichen des Systemdruckes öffnet das Motordampfventil und der Kessel speist in die Dampfsammelleitung mit ein.

Das Abschalten eines Kessels erfolgt dann, wenn die Leistung z. B. unter 35% fällt. Der Folgekessel geht dann außer Betrieb und das Motordampfventil schließt.

Die in Reserve stehenden Kessel werden über einen zweiten Regeldruck, der tiefer als der benötigte Dampfsystemdruck liegt, unter Druck gehalten. Mit dieser Schaltung ist eine schnelle Verfügbarkeit des Kessels bei Anforderung gesichert und der Druckkörper wird vor Stillstandskorrosionen geschützt. Alle konkreten Einstellwerte für die Folgeschaltung sind für jede Anlage gesondert festzulegen und über die SPS vorzugeben.



# 6 Aufstellung

## 6.1 Aufstellraum

### Grundsätzliche Anforderungen

Kesselanlagen sollten in Gebäuden frei von Frost, Staub und Tropfwasser aufgestellt werden. Die Temperatur im Aufstellraum sollte zwischen 5 und 40 °C betragen. Für eine ausreichende Belüftung (Verbrennungsluftzufuhr) ist zu sorgen. Hierbei ist darauf zu achten, dass keine korrosiven Bestandteile (z. B. Chlor- oder Halogenverbindungen) angesaugt werden.

Der Boden ist ausreichend tragfähig und eben auszuführen. Bei der Tragfähigkeit ist das max. Betriebsgewicht, also sowohl die Wasserfüllung als auch angebaute Komponenten, zu berücksichtigen. Die Kessel können ohne Fundament aufgestellt werden. Wegen der Reinigung des Aufstellraumes ist ein Fundament jedoch zweckmäßig.

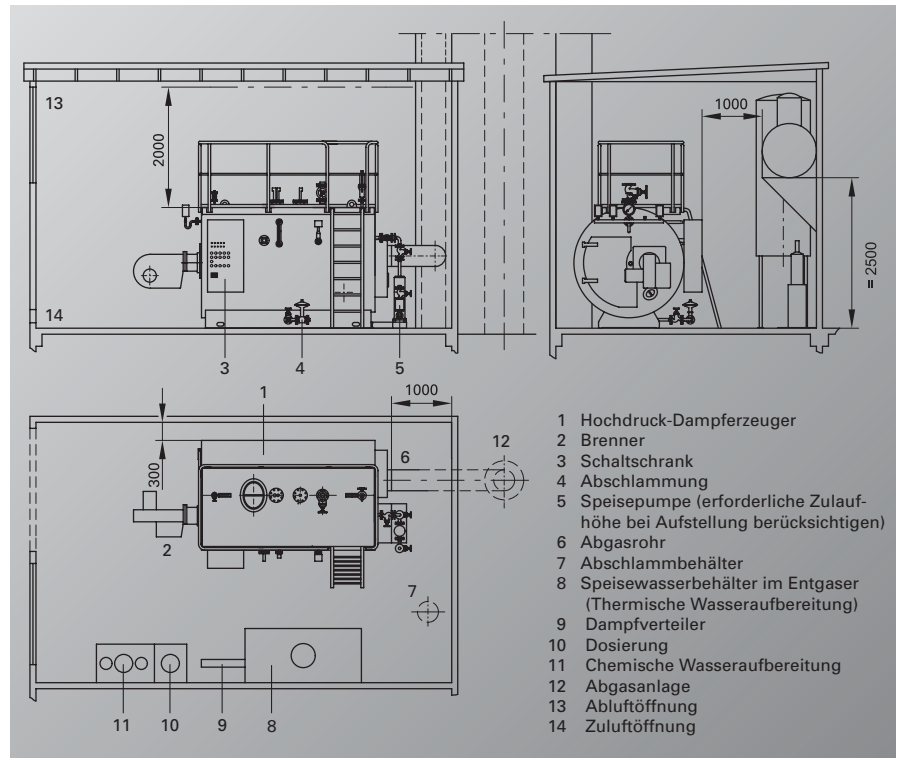


Bild 72: Beispiel für einen Kesselaufstellraum

### Vorschriften

In der DDA-Information (Deutscher Dampfkessel Ausschuss) Ausgabe 2.2002 wird die „Aufstellung und Betrieb von Landdampfkesselanlagen mit CE-Kennzeichnung“ beschrieben. Die Regeln wurden im wesentlichen aus der TRD 403 bzw. in Abhängigkeit vom Wasserinhalt und zulässigem Betriebsdruck für erleichterte Aufstellung aus der TRD 702 übernommen. Außerdem sind die jeweiligen Bauvorschriften der Länder und die Feuerungs-Verordnung zu beachten.

Neben Mindestanforderungen an Freiräume zur Bedienung und Wartung, Rettungswege, Abgasführung, Brennstofflagerung und elektrischen Einrichtungen wird festgelegt, in welchen Räumen Dampfkessel aufgestellt werden dürfen.

Hochdruck-Dampfkessel (der Gruppe IV nach TRD) dürfen nicht aufgestellt werden:

- in, unter, über und neben Wohnräumen,
- in, unter und über Sozialräumen (das sind u. a. Wasch-, Umkleide- und Pausenräume) und Arbeitsräumen.

In den Vorschriften werden erleichterte Aufstellbedingungen in Abhängigkeit des Produktes aus Wasserinhalt und zulässigem Betriebsdruck unter Beachtung einer maximalen Dampfleistung aufgeführt. Die Regelwerke benennen dazu jedoch unterschiedliche Anforderungen, weshalb für den konkreten Fall eine Vorklärung mit den örtlich zuständigen Behörden empfohlen wird.

# Aufstellung

## 6.2 Schallemission

### Geräuschquellen

Unter Schall versteht man mechanische Schwingungen und Wellen in elastischen Medien, wie festen Körpern (Körperschall), Luft (Luftschall) und Flüssigkeiten. Diese Schwingungen treten in bestimmten Frequenzen (= Anzahl der Schwingungen pro Sekunde) auf. Durch das menschliche Ohr werden Schwingungen von ca. 16 Hz (tiefe Töne) bis ca. 16000 Hz (hohe Töne) wahrgenommen.

Jede Art von Schall, durch den Menschen gestört und belästigt werden, wird als Lärm bezeichnet. Um Belästigungen durch Lärm zu vermeiden, wurden vom Gesetzgeber Vorschriften zum Schutz gegen Lärm erlassen. Beispielsweise BImSchG, TA-Lärm, DIN 4109, DIN 45 680, VDI-Richtlinie 2058. In Abhängigkeit von unterschiedlichen Umgebungen und Tageszeiten werden hier Grenzwerte, Mess- und Bewertungsverfahren festgelegt.



Bild 73: Körperschalldämmung

Die von Kesselanlagen ausgehenden Geräusche werden im wesentlichen verursacht durch:

- Verbrennungsgeräusche
- Brenner-Gebläsegeräusche
- Körperschallübertragung

Der überwiegend durch den Verbrennungsvorgang entstehende Luftschall wird durch die Abstrahlung von Brenner, Kessel und Abgasweg übertragen.

Körperschall entsteht durch mechanische Schwingungen der Kesselanlage und wird vorwiegend über Fundamente, Wände und Wandungen der Abgasanlage übertragen. Hierbei können Schalldruckpegel in der Größenordnung von 50 bis 140 dB(A) je nach Frequenz entstehen.

### **Ausgewählte Lärmschutzmaßnahmen**

Schalldämmunterlagen können nur bis zu einer begrenzten Belastbarkeit geliefert werden. Darüber hinaus kann eine Entkopplung nur über bauseitige Maßnahmen, wie z. B. ein schwingungsentkoppeltes Fundament, erreicht werden.

#### **1. Körperschalldämmung**

Schalldämmende Kesselunterlagen vermindern die Übertragung von Körperschallschwingungen auf die Aufstellfläche (Bild 73).

# Aufstellung

## 2. Abgasschalldämpfer

Abgasschalldämpfer werden zur Dämpfung der Verbrennungsgeräusche verwendet (Bild 74). Um die Wirksamkeit zu gewährleisten muss die Ausführung sorgfältig auf die Kessel/Brenner-Kombination, das Abgassystem und den Schornstein abgestimmt werden.

Bei der Planung der Größe des Aufstellraumes sollte beachtet werden, dass Abgasschalldämpfer erheblichen Platzbedarf haben.



Bild 74: Abgasschalldämpfer

## 3. Abgasrohrkompensatoren

Abgasrohrkompensatoren verhindern, dass Körperschallschwingungen von der Kessel-Brennereinheit über den Abgasweg auf den Baukörper übertragen werden. Sie können außerdem die Wärmedehnung der Abgasrohre aufnehmen (Bild 75).

## 4. Brennergebläse – Schalldämmhauben

Schalldämmhauben werden zur Dämmung von Brenner-Gebläsegeräuschen verwendet. Sie dienen also hauptsächlich der Lärmminde rung im Aufstellungsraum (Bild 76).



Bild 75: Abgasrohrkompensator



Bild 76: Brennergebläse-Schalldämmhaube

## 5. Zu- und Abluftführung

Zu- und Abluftführung mit Schalldämpfer versorgen die Brenner gezielt mit Verbrennungsluft und verhindern, dass die im Heizraum entstehenden Geräusche über die Lüftungsöffnungen nach außen übertragen werden (Bild 77).

Um aufwändige Nachrüstungen zu vermeiden, empfehlen wir bereits in der Planungsphase Lärmschutzmaßnahmen vorzusehen. Voraussetzung für eine optimale Lösung ist dabei die enge Zusammenarbeit zwischen Architekten, Bauherren, Planer und Fachfirmen.



Bild 77: Zuluftöffnung des Aufstellraumes mit Schalldämpfer

Ansprechpartner zur Klärung der Emissionsvorgaben ist das Gewerbeaufsichtsamt.

# Aufstellung

## 6.3 Transport

Großwasserraumkessel können auf der Straße oder der Schiene sowie auf dem Wasser transportiert werden. Den Bedingungen des Transportmittels entsprechend ist die Verpackung zu gestalten, ggf. erfolgt ein Transport ohne die besonders empfindliche Wärmedämmung.

Um das Zubehör wie Brenner, Regelungstechnik und Armaturen vor Transportschäden zu schützen, wird dieses separat verpackt und transportiert. Ein weiterer Vorteil dieser Verfahrensweise sind minimal mögliche Transportabmessungen. Montiert wird das Zubehör üblicherweise erst nach erfolgter Aufstellung des Dampfkessels am Einsatzort.

Je größer die Dampfleistung ist, desto aufwendiger ist auch der Transport. Unter Umständen müssen die Speditionen geeignete Fahrtrouten (z. B. eingeschränkte Straßenbreiten oder Brückendurchfahrten, Tragfähigkeit von Verkehrswegen) und polizeiliche Begleitung (Spezialtransporte) berücksichtigen.

Am Aufstellungsort ist durch den Bauherren dafür Sorge zu tragen, dass die Zufahrt bis zum Aufstellungsort gewährleistet ist. Der Transportweg muss ausreichend tragfähig (z. B. keine Erdtanks oder Tiefgaragen) und befestigt sein. Darüber hinaus werden genügend Bewegungs- und Rangierfreiheit benötigt.

Zum Abladen von Kessel und Zubehör und zum Bewegen von schweren Geräten (z. B. Brenner, Pumpen, Armaturen, Schaltanlage) im Kesselhaus sind geeignete Hebezeuge vorzusehen.



Bild 78: Transport eines Dampfkessels



Bild 79: Transport auf der Schiene ohne Wärmedämmung

# Aufstellung

## 6.4 Einbringung

Zur Einbringung des Kessels und der weiteren Komponenten ist eine genügend große Öffnung vorzusehen. Diese Öffnung kann auch im Dach des Kesselhauses oder ein Schacht sein.

Zur Kostenminimierung sollten die Einbringwege möglichst kurz und nicht durch störende Einbauten eingengt werden. Auch hier ist auf genügende Tragfähigkeit zu achten. Hebezeuge sollten möglichst dicht am Einsatzort aufgestellt werden können. Sie müssen ausreichend für die zu hebenden Lasten und zu überwindenden Höhen bzw. Weiten bemessen sein. Sie benötigen ausreichend feste Stellfläche. Unter Umständen kann es notwendig werden, Zufahrtsstraßen oder Straßenabschnitte zeitweilig zu sperren.



**Bild 80:** Die Einbringung eines Großkessels erfordert Erfahrung und Fingerspitzengefühl



**Bild 81:** Einbringung ist oft Maßarbeit



**Bild 82:** Einbringung ohne Wärmedämmung



**Bild 83:** Einbringung eines Kessels durch das Dach



**Bild 84:** Einbringung eines Vitomax 200 HS (Typ M237) in Estland

# 7 Betrieb

## 7.1 Betriebsarten

Je nach Ausrüstung unterscheidet die TRD mehrere Möglichkeiten des Betriebes von Hochdruckdampf-anlagen.

### **1. Betrieb mit ständiger unmittelbarer Beaufsichtigung**

Bei dieser Betriebsart ist es erforderlich, dass der Kessel unter ständiger Beaufsichtigung einer Bedienperson steht. Automatische Einrichtungen für die Wasserstands- und Druckregelung werden dabei nicht gefordert. Diese Handlungen können durch die Bedienperson durchgeführt werden.

### **2. Betrieb mit eingeschränkter Beaufsichtigung**

Die Bedienperson muss sich alle zwei Stunden vom ordnungsgemäßen Zustand der Kesselanlage überzeugen. Der Kessel muss mit Regeleinrichtungen für den Wasserstand und den Druck ausgerüstet sein.

### **3. Zeitweiliger Betrieb mit herabgesetzten Betriebsdruck ohne Beaufsichtigung**

In der beaufsichtigungsfreien Betriebsart wird der Dampferzeuger mit einem Absicherungsdruck von 1 bar betrieben. Für diese Betriebsweise müssen zusätzliche Einrichtungen (Sicherheitsventil, Druckregler, Druckbegrenzer, Manometer) am Kessel installiert sein.

### **4. Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung über 24 Stunden (BOSB 24h)**

Der Dampferzeuger muss vollautomatisch arbeiten und mit zwei selbstüberwachenden Sicherheitseinrichtungen für die Wasserstandsbegrenzung bei niedrigsten Wasserstand ausgerüstet sein. Die Feuerung mit zusätzlichen Sicherheitseinrichtungen muss ebenfalls für den BOSB zugelassen sein.

### **5. Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung über 72 Stunden (BOSB 72h)**

Hier sind zusätzlich zum 24-Stunden Betrieb der Hochwasserstand über einen gesonderten Schaltverstärker zu begrenzen. Dazu kommen Begrenzer für die maximale Leitfähigkeit des Kesselwassers, Einrichtungen zur Überwachung der Wasserqualitäten (Zusatzwasser, Kondensat) und zusätzliche Anforderungen an den Schaltschrank.

Für Neuanlagen werden, auf Grund des heutigen Standes der Sicherheitstechnik und der Zuverlässigkeit der Geräte, die Kessel für einen BOSB über 24 bzw. 72 Stunden ausgerüstet. Wobei der Trend zu den Anlagen für den BOSB über 72 Stunden geht.

Die Betriebsarten, wie unter 1 bis 3 beschrieben, haben heute so gut wie keine Bedeutung mehr. Als Bedingungen für einen BOSB sind nachstehende Hinweise zu beachten.

Die Bedienperson muss die in den Betriebsvorschriften festgelegten Prüfvorgänge durchführen und diese in das Betriebsbuch eintragen und mit ihrer Unterschrift bestätigen. Eine Zeitschaltuhr für die Einhaltung der Prüfindervalle ist nicht vorgeschrieben.

Zusätzlich ist halbjährlich durch eine Fachfirma, z. B. durch den Service-dienst von Viessmann, eine Überprüfung der Regel- und Begrenzeinrichtungen durchzuführen, die nicht der regelmäßigen Überprüfung durch die Bedienperson unterliegen. Das Aufgabengebiet der Bedienperson erweitert sich bei diesen Anlagen auf die Wartung und stellt damit auch höhere Anforderungen an das Fachwissen, das gegenüber der Bedienung einfacher Anlagen erforderlich ist.

In Verbindung mit modernen Schaltanlagen (z. B. SPS) ist eine Übertragung der Kesseldata an eine Leitwarte möglich. Von dieser Leitwarte können auch Regelfunktionen ausgelöst werden. Weiterhin ist auch bei Zweistofffeuerungen eine automatische Brennstoffumstellung möglich. Ein Entriegeln des Kessels nach Ansprechen einer Sicherheitsabschaltung muss immer am Kessel direkt erfolgen.

## 7.2 Normen und Vorschriften für den Betrieb

Die grundlegende Vorschrift für den Betrieb ist in Deutschland die BetrSichV. Im § 12 ist verankert, dass die Anlagen entsprechend der vom Ausschuss für Betriebssicherheit beim Bundesministerium für Arbeit (BMA) erstellten Regeln (Technische Anleitungen Betriebssicherheit – TABS) zu betreiben sind.

Diese Regeln liegen aber zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vollständig vor und daher gelten entsprechend der Übergangsvorschrift noch für Dampfkessel die TRD.

Bei Neuanlagen ist der Betrieb nur nach erfolgter „Prüfung vor Inbetriebnahme“ statthaft. Bei den Kesseln der Kategorie III und IV muss diese Prüfung durch die ZÜS (Zuständige Überwachungsstelle) durchgeführt werden und der ordnungsgemäße Zustand bescheinigt werden.

Zur Inbetriebnahme gehört, dass für das Bedienen der Kessel ausgebildetes Personal zur Verfügung steht. Bei Hochdruckanlagen sind das ausgebildete Kesselwärter, die nach einem vom BMA bestätigten Ausbildungslehrgang (Durchführung in den meisten Fällen bei den TÜV) geschult wurden. Gleich zu setzen sind Personen, die auf Grund ihrer Ausbildung ebenfalls das notwendige Fachwissen besitzen.

Zum Betreiben gehört auch die Nutzung der Betriebsanleitung. Diese muss alle für den Betrieb, die Wartung und den Revisionen notwendigen Informationen für die Bedienperson enthalten. Dazu zählt ebenfalls eine Auflistung, welche Handlungen an den einzelnen Kesselausrüstungsteilen in welchen Zeiträumen durch das Bedienpersonal durchzuführen sind (Bild 85).

Betrieb der Dampfkesselanlagen Teil I – Allgemeine Anweisungen für den Betreiber von Dampfkesselanlagen Für Dampfkessel der Gruppe IV Ausgabe Juni 1983 (unverändert 8/93)								TRD 601 Betrieb Anhang 1
Checkliste für eine Dampfkesselanlage (Dampf- und Heißwassererzeuger) (S = Sichtprüfung; F = Funktionsprüfung)								
Siehe Abschnitt TRD 601 Blatt 2	Bedienungs-, Wartungs- und Prüfarbeiten pro:	Schicht	Tag	72 Stunden	Woche	Monat	12 Monate	Art der Prüfungen (Beispiele)
3.2.1	Sicherheitsventile				T		F*	Anlüften
3.2.2	Wasserstand – Anzeigeeinrichtung		F				F*	Durchblasen und bei Kesseln mit p < 32 bar Vergleich der Anzeige mit direkt anzeigendem Wasserstand
3.2.3	Fernwasserstände							Gangbarkeit und Durchgang
3.2.4	Füllprobierereinrichtung							Durchblasen und Gangbarkeit
3.2.5	Wasserstandsregler		S				F*	Durchblasen oder Absenken auf Schaltpunkt
3.2.6	Wasserstandbegrenzer						F*	Durchflußverminderung
3.2.7	Strömungsbegrenzer							Vergleichsmessung durchführen
3.2.9/12	Temperatur- bzw. Druckregler						F*	Veränderung des Sollwertes/Prüfaste
3.2.10/13	Temperatur- bzw. Druckbegrenzer						F*	Kontrolle mit Präzisionsthermometer / Null-Punkt-Kontrolle
3.2.8/11	Temperatur- bzw. Druckanzeiger (Manometer)		S					Durch Betätigung
3.2.14	Entleerungs- und Absalzeinrichtungen		F				F*	Durch Betätigung
3.2.15	Kessel – Armaturen		S					Durch wechselseitigen Betrieb
3.3.1	Speise- und Umwälzeinrichtungen		S					Durch analytische Überwachung gemäß TRD 611
3.3.2	Speisewasser- und Kesselwasseruntersuchung		X					Betätigung der Prüflaste
3.3.3	Geräte zur Überwachung des Kesselwassers auf Fremdstoffeinbruch							Schließen und Wiederöffnen der Klappe
3.4.1	Rauchgasklappen – Endschalter						F*	Gangbarkeit
3.4.2	Brennerregelung (Stellglieder für Luft und Brennstoff)						F*	Laufruhe, Kraftübertragung (z.B. Keilriemen)
3.4.3	Verbrennungsluftgebläse, Zünd- und/oder Kühlluftgebläse							Unterbrechung der Impulsleitung
3.4.4	Luftdruck-Mengen-Anzeige und Luftdruckwächter						F*	Gangbarkeit
3.4.5	Brennstoff-Absperreinrichtung		S					Gangbarkeit, Dichtheit
3.4.6	Brennstoffbehälter und -leitungen/Armaturen		S					
3.4.7	Brennstoffdruck-Anzeiger							
3.4.8	Sicherheitsabsperreinrichtung vor dem Brenner (bei 72-Stunden-Betrieb auch in der Rücklaufleitung)		S				F*	Ausschwenken des Brenners, Ziehen der Brennerlanze
3.4.9	Dichtheitskontrollereinrichtung bzw. Zwischenentlüftung							Betätigung
3.4.10	Brennerendlagenschalter							
3.4.11	Gefahrenschalter				F		F*	
3.4.12	Zündung		S					
3.4.13	Durchlüftung						F*	
3.4.14	Flammenüberwachung						F*	Durch Abdunkeln des Fühlers
3.4.15	Beurteilung der Verbrennung		S					
3.4.16	Beurteilung der Feuerräume und der Rauchgaszüge		S					
3.5.1	Kohlenstaubfeuerungen/ Mühlenbedampfungseinrichtungen							Gangbarkeit der Armaturen und Endlagenschalter
3.5.2	Kohlentzuteiler							
3.5.6	Löscheinrichtungen							
3.5.7	Druckentlastungseinrichtungen							
3.6.1	Holzfeuerungen/Luftgebläse für die Brennstoffförderung und Zündeinrichtung							
3.6.2	Rückschlagklappen bei Einblasefeuerungen							
3.7.1	Kohlefeuerungen/Feuerführung							
3.7.2	Mechanische Beschickungseinrichtungen							

Bild 85: Auszug aus der Checkliste für eine Dampfkesselanlage (Dampf- und Heißwassererzeuger)

# Betrieb

Für jeden Kessel muss ein Betriebsbuch vorhanden sein, in dem alle Prüfungen eingetragen und durch den Durchführenden mit Unterschrift bestätigt werden. Das Buch dient zum Nachweis der ordnungsgemäßen Bedienung und Wartung der Kesselanlage und ist auf Verlangen dem Sachverständigen und der zuständigen Aufsichtsbehörde vorzulegen.

Im § 3 der BetrSichV wird der Arbeitgeber verpflichtet eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Bei der Erstellung sind alle Gefährdungen zu ermitteln, die im Bereich der Dampfkesselanlage auftreten können, mit dem Ziel, eine gefahrlose Bereitstellung und Bewertung der Arbeitsmittel sicherzustellen.

Hochdruck-Dampfkessel der Kategorie III (bei einem Produkt aus Volumen in Litern und dem maximal zulässigen Druck in bar von mehr als 1000) und IV unterliegen wiederkehrenden Prüfungen durch die ZÜS.

Der Betreiber hat entsprechend § 15 der BetrSichV die Pflicht, die von ihm ermittelten Prüffristen innerhalb von sechs Monaten nach Inbetriebnahme der zuständigen Behörde mitzuteilen. Die ZÜS hat die ermittelten Prüffristen zu überprüfen. Bei Unstimmigkeiten zu den Fristen zwischen Betreiber und ZÜS entscheidet die Behörde endgültig.

Als Anhaltspunkt für die Prüffristen gelten die Vorgaben des Kesselherstellers, der in der Konformitätserklärung dazu Vorschläge gibt.

Die maximalen Fristen entsprechend der Vorgabe in der BetrSichV betragen für die:

- äußere Prüfung            1 Jahr
- innere Prüfung            3 Jahre
- Festigkeitsprüfung      9 Jahre.

Diese Fristen dürfen nicht überschritten werden.

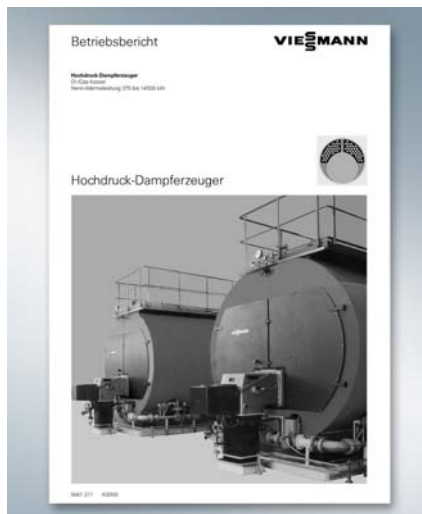


Bild 86: Betriebsbericht



Bild 87: Planungsanleitung zum Vitomax 200 HS



Bild 88: Viessmann Prospekte und Datenblätter



Bild 89: Beratungsgespräch

## 7.3 Service

Der Bereich Großkessel von Viessmann bietet einen umfangreichen Service auf dem Gebiet der Dampferzeuger und dem dazu gehörenden Umfeld an. Der Service beginnt mit der Bereitstellung von Technischen Dokumentationen, wie Fachreihen, Datenblätter, Planungsanleitungen, Konservierungshinweise und Betriebsbücher.

Viessmann Projektingenieure, die deutschlandweit ihren Sitz in den Verkaufsniederlassungen haben, und Dampfkesselspezialisten im Vertrieb Großkesselsysteme in Berlin stehen den Planern, Investoren und Betreibern zu fachlichen Beratungen zur Verfügung.

Die Beratung für Neuanlagen kann beim Planungsbüro, beim Betreiber vor Ort oder mit der Abnahmeorganisation vor Ort (ZÜS – zuständige Überwachungsorganisation) erfolgen.



Viessmann Mitarbeiter erstellen für das Erlaubnisverfahren die notwendigen Formulare für die Beschreibung der Anlage.

Ein weites Feld ist die Beratung zu bestehenden Anlagen wie z. B. zu Fragen der Senkung der Betriebskosten, Verbesserung des Anlagenwirkungsgrades, Modernisierung der Anlage und Brennstoffumstellung. Mitarbeiter des Technischen Dienstes für Großkesselanlagen stehen für vielfältige Aufgaben im Rahmen des Serviceangebotes zur Verfügung.

## – Inbetriebnahmen

Bei der Inbetriebnahme durch Viessmann werden alle Regel- und Begrenzungseinrichtungen der Kesselanlage justiert und geprüft. Die Feuerung wird so eingestellt, dass optimale Verbrennungswerte erreicht werden und die garantierten Emissionswerte eingehalten sind. Im Rahmen der Inbetriebnahme erfolgt die Einweisung des Bedienpersonals. Auf Kundenwunsch wird die Anlage im Rahmen der Prüfungen zur Inbetriebnahme nach der BetrSichV der ZÜS vorgefahren. Über die durchgeführte Inbetriebnahme erhält der Betreiber ein Messprotokoll mit allen ermittelten Messdaten.

## – Überprüfung der Anlage nach TRD 604

Eine wichtige Aufgabe ist die Durchführung der in der TRD 604 geforderten halbjährlichen Überprüfung der Hochdruckdampfkessel, die ohne Beaufsichtigung über 24 oder 72 Stunden betrieben werden. Bei der Überprüfung werden die Regel- und Begrenzungseinrichtungen, die Feuerung, die Wasseraufbereitung, die Qualität des Speise- und Kesselwassers und der Allgemeinzustand der Anlage geprüft. Dem Betreiber und dem Kesselwärter werden sofort Hinweise gegeben, die sich aus der Überprüfung der Anlage ergeben.

Funktionsprüfung nach EN12953-6						
Betreiber:	Kesselherst.:	Baujahr:				
Standort:	Kesseltyp:	Druck:				
Zu Vorgangsnr.:	Herst. Nr.:	Leistung:				
Begrenzeinrichtungen						
Einstellwert	Schaltpunkte		Prüfresultat		Bemerkung	
	ein	aus	I.O.	Fehler		
max. Druckbegrenzer					bar	
Sicherheitsventil					bar	
Wassermangel 1	NW				mm von NW	
Wassermangel 2	NW				mm von NW	
Hochwasser					mm über NW	
Not-Aus						
Sicherheits- und Funktionseinrichtungen						
Einstellwert	Schaltpunkte		Prüfresultat		Bemerkung	
	ein	aus	I.O.	Fehler		
Druckwächter					bar	
Druckregler					bar	
min. Öldruck					bar	
max. Öldruck					bar	
Wasserstandsregler					mm über NW	
Speisepumpen						
Wasserstandsanzeiger						
Abschlämmeinrichtung						
Absaltzeinrichtung						
Brennemotor						
Flammenwächter						
Ölpumpe/Brenner						
Hauptpumpen						
Öllecksonden						
Warneinrichtungen						
Anlagezustand						
Wasserwerte						
	Leitfähigkeit		pH-Wert		Härte	
Speisewasser						
Kesselwasser						
Hinweise						
Datum:	Prüfer:	Betreiber:	letzte Prüfung:			

Bild 90: Funktionsprüfung nach EN 12953-6

Über das Ergebnis wird ein Protokoll mit den festgestellten Messdaten und eventuellen Hinweisen übergeben. Im Betriebsbuch wird ebenfalls die erfolgte Prüfung bestätigt.

## – Wartungsarbeiten

Ein weiteres umfassendes Aufgabenfeld des Technischen Dienstes Großkessel ist die Durchführung von Wartungsarbeiten, wie Vorbereitung des Kessels für die wiederkehrenden Prüfungen (innere Prüfung und Festigkeitsprüfung – Wasserdruckprüfung) durch die ZÜS, Störungsbeseitigung und Erneuerung von Baugruppen. Die Wartungsaufgaben beziehen sich nicht nur auf den Kessel mit seiner Ausrüstung, sondern auch auf die Schaltanlage bzw. sons-

tige Baugruppen des Kesselhauses. Durch den Schaltschrankbau können für bestehende Kessel moderne Schaltschränke mit der neuesten Regel- und Sicherheitstechnik gefertigt werden. Sollten wesentliche Änderungen durchgeführt werden, gehört zum Lieferumfang auch die Erstellung der notwendigen Erlaubnisunterlagen nach BetrSichV.

## – Reparaturen

Bei Mängeln am Druckteil werden in Abstimmung mit der ZÜS erforderliche Reparaturen durchgeführt. Die notwendigen Zulassungen für Schweißarbeiten am Druckteil, als Voraussetzung für die Reparatur, sind beim Technischen Dienst Großkessel vorhanden.

# 8 Sonderbauarten

## 8.1 Abhitzeessel

Abhitzeessel nutzen die Abwärme von Abgasen aus Verbrennungsprozessen oder von heißen Abluftströmen aus industriellen Prozessen zur Erzeugung von Sattdampf.

Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Abhitzeesseln

- Abhitzeessel (AHK) ohne Zusatzfeuerung:  
Hierbei werden ausschließlich die Abgase/Abluftströme zur Erzeugung von Sattdampf genutzt.
- Heißwasser- oder Dampferzeuger mit Abhitzenutzung:  
Hierbei handelt es sich um einen konventionell befeuerten Kessel mit zusätzlicher Abhitzenutzung.



**Bild 91:** Vitomax 200 HS Dampferzeuger mit Abhitzenutzung im Krankenhaus in Maribor, Slowenien (6 t/h, 13 bar Sattdampf)

## 8.2 Dampfkessel mit Überhitzer

Viele industrielle Anwendungen stellen spezifische Anforderungen an die Dampfparameter.

Bei einigen Verfahrensprozessen wird Dampf mit höheren Temperaturen verwendet, als sie sich aus dem Sättigungsdruck ergeben. Dies macht eine Überhitzung von Dampf erforderlich. Dazu hat Viessmann spezielle Dampfüberhitzer gebaut, die zwischen dem zweiten und dritten Abgaszug des Vitomax 200 HS installiert werden.

Bei einer solchen Lösung kann der Überhitzer Dampf mit einer Temperatur von ca. 50 K über der Satt-dampftemperatur erzeugen.



**Bild 92:** Vitomax 200 HS mit Überhitzer



**Bild 93:** Vitomax 200 HS mit Überhitzer, 22 t/h bei 10 bar, während der Fertigung, eingesetzt bei Klaipėdos Kartons AB (Wellpappenherstellung in Klaipėda, Litauen)

## 9 Referenzanlagen



**Beta Sentjernej  
Slowenien**

Vitomax 200 HS Hochdruck-  
Dampferzeuger, Typ M237, 10 bar,  
Dampfleistung: 1,15 t/h



**Sanovel  
Istanbul**

Drei Vitomax 200 HS Hochdruck-  
Dampferzeuger, Typ M235, 10 bar,  
Dampfleistung: je 7 t/h

# Referenzanlagen



**General Hospital of the Peoples  
Liberation Army  
Peking  
China**

Sechs Vitomax 200 HS mit jeweils  
16 t/h, 10 bar



**Denkmalgeschütztes Krankenhaus  
im polnischen Chorzów**

Drei Vitomax 200 HS Hochdruck-  
Dampferzeuger versorgen das  
Krankenhaus mit Wärme, Warm-  
wasser und Prozessdampf  
je 2,4 t/h, 8 bar

# Referenzanlagen



**Emmi Molkerei  
Luzern  
Schweiz**

Vitomax 200 HS  
Hochdruck-Dampferzeuger  
10 t/h, 13 bar



**Textil-Industrie  
Rivolta Carmignani  
Mailand  
Italien**

Zwei Vitomax 200 HS  
Hochdruck-Dampferzeuger  
4 t/h, 13 bar



**Fiat  
Modena**

Vitomax 200 HS Dampfkesselanlage  
2,9 t/h, 10 bar

# 10 Moderne Konstruktions- und Fertigungsmethoden sichern hohe Qualität

Die Viessmann Mittel- und Großkessel werden mit modernsten Verfahren entwickelt. Mit der Methode der Finite-Element-Berechnung werden Spannungsverläufe analysiert und zum Beispiel Rohranordnungen oder Schweißverbindungen optimiert.

Die Vitoplex Kessel werden in Serien mit hohem Automatisierungsgrad gefertigt.

Die Vitomax Großkessel werden in Kleinserien gefertigt bzw. auftragsbezogen hergestellt. Am Ende der Fertigung werden die Heizkessel einer Druckprobe mit dem mindestens 1,57-fachen Betriebsüberdruck gemäß Druckgeräterichtlinie unterzogen. Bei Hochdruckdampf- und Hochdruck-Heißwassererzeugern werden die Schweißnähte gemäß der länderspezifischen Vorschriften mit Ultraschall und Röntgenverfahren geprüft.



Baugruppenfertigung



Verschweißen des Druckkörpers in optimaler Schweißposition



UP-Schweißanlage



Unterpulverschweißen (UP)



Kesselmontage

# Moderne Konstruktions- und Fertigungsmethoden sichern hohe Qualität

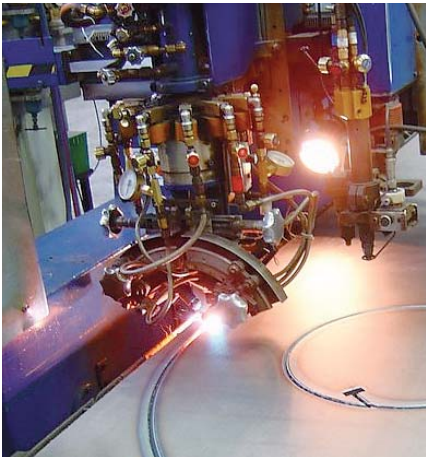


Kesselsolisierung im Werk

Zusammenbau Kesselmantel mit Flammrohr



Siederohrein-schweißung mit mechanischen Einschweißgeräten



CNC-gesteuerte Brennschneidmaschinen mit Fasenschnitt



Serienmäßige Transportverpackung



Verladung im Werk mit mobilen Auto-drehkränen



Wärme komfortabel, wirtschaftlich und umweltschonend zu erzeugen und sie bedarfsgerecht bereitzustellen, dieser Aufgabe fühlt sich das Familienunternehmen Viessmann bereits seit drei Generationen verpflichtet. Mit einer Vielzahl herausragender Produktentwicklungen und Problemlösungen hat Viessmann immer wieder Meilensteine geschaffen, die das Unternehmen zum technologischen Schrittmacher und Impulsgeber der gesamten Branche gemacht haben.

Mit dem aktuellen Komplettprogramm bietet Viessmann seinen Kunden ein mehrstufiges Programm mit Leistungen von 1,5 bis 20000 kW: bodenstehende und wandhängende Heizkessel für Öl und Gas in Heizwert- und Brennwerttechnik sowie regenerative Energiesysteme wie Wärmepumpen, Solarsysteme und Heizkessel für nachwachsende Rohstoffe. Komponenten der Regelungstechnik und Daten-Kommunikation sind ebenso im Programm wie die gesamte Systemperipherie bis hin zu Heizkörpern und Fußbodenheizungen.

Mit 10 Werken in Deutschland, Frankreich, Kanada, Polen und China, mit Vertriebsorganisationen in Deutschland und 34 weiteren Ländern sowie weltweit 112 Verkaufsniederlassungen ist Viessmann international ausgerichtet.

Verantwortung für Umwelt und Gesellschaft, Fairness im Umgang mit Geschäftspartnern und Mitarbeitern sowie das Streben nach Perfektion und höchster Effizienz in allen Geschäftsprozessen sind für Viessmann zentrale Werte. Das gilt für jeden einzelnen Mitarbeiter und damit für das gesamte Unternehmen, das mit all seinen Produkten und flankierenden Leistungen dem Kunden den besonderen Nutzen und den Mehrwert einer starken Marke bietet.

Viessmann Werke  
35107 Allendorf (Eder)  
Telefon 06452 70-0  
Telefax 06452 70-2780  
[www.viessmann.com](http://www.viessmann.com)

Viessmann Werke Berlin  
Kanalstraße 13  
12357 Berlin  
Telefon +49 30 6602-300  
E-Mail: [Vitomax@viessmann.com](mailto:Vitomax@viessmann.com)

**VIESSMANN**

Großkesselfertigung  
im Werk Mittenwalde



Stammsitz  
Allendorf (Eder)